

PERSPECTIVES STRATÉGIQUES POUR LA SANTÉ NUMÉRIQUE AU MAROC

G S T · H A S · C N D P · M S P S

Vers un déploiement de l'intelligence artificielle
éthique et sécurisé dans les hôpitaux au Maroc





Perspectives Stratégiques pour
la Santé Numérique au Maroc

**VERS UN DÉPLOIEMENT
ÉTHIQUE ET SÉCURISÉ DE
L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
DANS LES HÔPITAUX AU MAROC**

National Institutional Acceleration
Association NIA – جمعية نية
التسريع المؤسساتي الوطني



Perspectives Stratégiques pour la Santé Numérique au Maroc (Volume 1 – Chapitre II).

Vers un déploiement éthique et sécurisé de l'intelligence artificielle dans les hôpitaux au Maroc

Référentiel stratégique de politiques publiques — *Policy Brief*

Association NIA (Éd.)

📍 Résidence Al Mannar, Tabriquet
Immeuble n° 6-7, pépinière, 11000 Salé.
🌐 Site web : www.associationnia.org
✉ Courriel : association.nia.maroc@gmail.com

Citation recommandée

Association NIA (Éd.). (2026). *Vers un déploiement de l'intelligence artificielle éthique et sécurisé dans les hôpitaux au Maroc*. Perspectives stratégiques pour la santé numérique au Maroc, vol. 1. ISBN 978-9920-8729-2-8

Copyright

© 2026 Association NIA – Programme D-NIA. Tous droits réservés.

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, stockée dans un système d'extraction ou transmise, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit — électronique, mécanique, par photocopie, enregistrement ou tout autre procédé — sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur.

Clause de non-responsabilité

Les opinions, analyses et recommandations formulées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement la position officielle des institutions citées ou associées.

Informations bibliographiques

📖 ISBN (e-book): 978-9920-8729-2-8

Table des matières

- Informations éditoriale 4
- Préface 5
- Résumé exécutif 6
- Introduction 8

Recommandation I — Cadre légal et normatif

1. **Établissement et renforcement du cadre légal** 15
2. **Élaboration des normes et guides** 19

Recommandation II — Gouvernance, suivi et financement

1. **Registre national des systèmes d'intelligence artificielle** 23
2. **Évaluation et certification par la HAS et les GST** 24
3. **Mécanismes financiers et fiscaux structurants** 26

Recommandation III — Développement d'une infrastructure numérique nationale

1. **Objectif de la recommandation** 29
2. **Approches d'IA recommandées** 30

Recommandation IV — Intégration opérationnelle de l'IA dans le parcours de soins

1. **Objectif de la recommandation** 33
2. **Soutien clinique** 34
3. **Optimisation des flux** 37
4. **Détection précoce** 39
5. **Sécurité et gestion des ressources** 41

Recommandation V — Cadre national de formation et d'évaluation des systèmes IA

1. **Objectif de la recommandation** 43
2. **Formation continue** 43
3. **Mesure d'impact** 46

4. Supervision et traçabilité 52

Recommandation VI — Certification technique, interopérabilité et sécurité des systèmes d'IA

1. **Objectif de la recommandation** 54
 2. Standards techniques et interopérabilité 54
 3. Cadre d'achat public et gestion des fournisseurs d'IA en santé 55
 4. Labellisation et certification des dispositifs d'IA 56
-

Sections complémentaires

- Conclusion 64
- Bibliographie 66
- Table des annexes 74
- Glossaire des acronymes 78

INFORMATIONS ÉDITORIALES

ÉDITEUR

Association NIA – Think Tank Politiques Publiques de Santé

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Ms. Youssra EL KHOULALI (dir.)

AUTEURS

Ms. Meryem JOUTE

Ms. Nissrine EL YADOUNI

Mr. Yahya LAHRIMI

Mr. Nour ABOULFETH

Ms. Hiba KOUDRI

Ms. RimeTAZOUT

RELECTURE SCIENTIFIQUE

Pr. Sabrina GUETIBI

© 2026 Association NIA – Programme D-NIA. Tous droits réservés.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, intégrale ou partielle, de la présente publication est interdite sans autorisation préalable de l'éditeur.

ISBN : 978-9920-8729-2-8

PRÉFACE

Depuis sa création en 2024, l'association NIA s'est donné une mission claire : catalyser la recherche scientifique appliquée au service du progrès national. Notre conviction fondatrice est simple — la science et la technologie sont les fondations de toute civilisation, et le Maroc a vocation à devenir un hub d'innovation compétitif à l'échelle mondiale.



C'est dans cet esprit que nous avons lancé notre programme : “Digital-National Institutional Acceleration” (D-NIA), dédié à l’incubation de projets de recherche et développement en santé numérique. Cette ambition doit beaucoup, à titre personnel, aux travaux de M. Daron Acemoglu et de ses coauteurs, distingués par le prestigieux prix Nobel d'économie 2024 pour leur démonstration lumineuse sur la formation des institutions et leur rôle dans la prospérité des nations. Leur thèse est limpide : la qualité des institutions, et leur caractère inclusif, conditionnent durablement la croissance économique et le développement d'un pays. Transposée à la santé, cette théorie du changement — centrée sur la gouvernance et la qualité institutionnelle du système — a nourri d'intenses réflexions au sein de notre équipe, dont beaucoup trouvent aujourd'hui une application concrète dans nos recommandations.

Face aux défis structurels de l'écosystème marocain de recherche et d'innovation en santé — au premier rang desquels la rareté des données mobilisables pour l'intérêt public —, nous avons créé le Think Tank Politiques Publiques de Santé. Cette initiative réunit des experts et chercheurs engagés dans un double exercice : porter une ambition pour l'avenir de la santé digitale au Maroc, et faire avancer, de manière pragmatique, notre théorie du changement face au statu quo.

Le Groupe de Travail qui en est issu formule des recommandations selon une approche *evidence-to-practice*, structurées autour de trois axes stratégiques — gouvernance des données de santé, déploiement de l'intelligence artificielle, et centre d'excellence en innovation — réunis dans notre série « Perspectives Stratégiques pour la Santé Numérique au Maroc ».

Nous invitons l'ensemble des acteurs concernés à s'appropriier ces recommandations et à dialoguer avec nous. Nous restons à votre écoute.

YOUSSRA EL KHOULALI
PRÉSIDENTE, NIA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Y. El Khoualali', with a stylized flourish at the end.

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

À l'heure où le Royaume du Maroc refonde son architecture sanitaire, l'ambition n'est plus seulement de numériser les hôpitaux, mais de faire émerger une véritable intelligence augmentée au service de la vie. Les présentes recommandations tracent une feuille de route audacieuse pour propulser le système hospitalier marocain dans une ère où la technologie devient l'alliée indéfectible de la compassion médicale. Ce cadre, à la fois opérationnel et normatif, est dédié à concevoir une intelligence artificielle éthique, sécurisée et souveraine au cœur de nos établissements. Pleinement inscrite dans la stratégie nationale Maroc Digital 2030 et portée par l'élan des Groupements Sanitaires Territoriaux (GST), cette vision transforme l'innovation en un levier d'équité sociale. Il s'agit, *in fine*, de bâtir un écosystème où l'algorithme ne remplace jamais le regard du soignant, mais l'illumine, pour offrir à chaque citoyen une santé plus juste, plus humaine et résolument tournée vers l'avenir.

Aujourd'hui, l'IA ne se limite plus à une simple prouesse technologique car elle redéfinit en profondeur l'excellence médicale à l'échelle mondiale. Cette mutation impose au Maroc une mise à niveau stratégique face aux standards internationaux de l'Organisation mondiale de Santé (OMS), l'Organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO) ou de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) afin de garantir la sécurité et la performance de nos propres structures. À cet égard, le Maroc s'est déjà inscrit dans une dynamique de transformation structurelle du système de santé à travers la mise en œuvre des Groupements Sanitaires Territoriaux (GST), qui instaurent un nouveau modèle de gouvernance régionale. L'enjeu réside désormais dans l'articulation de cette organisation avec l'intégration d'outils d'intelligence artificielle responsables, non pas pour accroître la complexité technologique, mais pour assurer une convergence efficace entre les réformes territoriales et l'innovation numérique, au service des professionnels de santé et d'une qualité de soins équitable sur l'ensemble du territoire.

Dans cette perspective, les recommandations proposées s'articulent autour de trois axes structurants, conçues comme les piliers d'une stratégie nationale de déploiement d'une IA sûre, efficace et durable en milieu hospitalier :

01 **Axe juridique**

Instauration d'un cadre légal et éthique aligné sur les conventions internationales et adaptation des textes existants, notamment la loi n° 65-00.

02 **Axe clinique**

Intégration de l'IA dans le parcours de soins, à travers la formation des professionnels, l'évaluation de l'impact clinique et la garantie de la sécurité des patients.

03 **Axe technique**

Développement d'une infrastructure numérique nationale interopérable et sécurisée, fondée sur des standards techniques harmonisés.

La mise en œuvre rapide et coordonnée de ces recommandations est dès lors essentielle pour assurer la sécurité des patients, améliorer la performance clinique et renforcer la confiance dans le numérique au sein de notre système de santé. Leur application permettra également de positionner le Maroc comme un acteur de référence en santé digitale à l'échelle régionale et mondiale, capable de déployer l'intelligence artificielle de manière éthique, sécurisée et au service des citoyens.

INTRODUCTION

1. Contexte national et transformation digitale du secteur de la santé

Dans le cadre du chantier royal de réforme et de structuration du système de santé national au Maroc, l'évaluation de la maturité numérique de ce système apparaît comme une priorité stratégique. Elle constitue un préalable essentiel à la conception d'une base numérique fondamentale, robuste et évolutive, capable de s'adapter aux exigences des années à venir. L'objectif est double : améliorer durablement la prise en charge médicale et doter le système de santé national des infrastructures numériques indispensables à un système moderne, *future-ready*, en mesure de simplifier les parcours de soins, de répondre aux besoins réels des citoyens et de générer des bénéfices concrets pour les patients, leurs familles, ainsi que pour les médecins et l'ensemble des professionnels de santé.

Un tel socle numérique est également nécessaire pour permettre au système de santé marocain de faire face aux défis croissants de performance et de modernisation des technologies de l'information, tout en saisissant les opportunités offertes par l'introduction de nouvelles technologies, notamment celles fondées sur l'exploitation avancée des données de santé.

Les défis auxquels sont confrontés les systèmes de santé sont par ailleurs évolutifs et de plus en plus transnationaux. La pandémie de COVID-19 a mis en évidence que la surveillance épidémiologique, la gestion des crises sanitaires et la continuité des soins ne peuvent plus être appréhendées exclusivement à l'échelle nationale. Les capacités de collecte, de partage et d'analyse des données de santé sont désormais reconnues comme des composantes essentielles de la performance des systèmes de santé, de leur autonomie décisionnelle et de leur capacité à coordonner des réponses efficaces face aux crises sanitaires.

C'est dans ce contexte que l'intérêt croissant pour les outils avancés de traitement des données, et en particulier pour les modèles d'intelligence artificielle, s'est imposé. Leur attractivité repose sur des bénéfices documentés : capacité à analyser de grands volumes de données hétérogènes, soutien à la surveillance sanitaire, optimisation des processus cliniques et organisationnels, et contribution à la gestion des tensions sur les ressources humaines et les charges de travail. Toutefois, la recherche souligne que le potentiel réel de ces technologies dépend étroitement de la qualité des données

disponibles, de l'existence d'infrastructures numériques adaptées et d'un cadre de gouvernance garantissant un usage sécurisé, éthique et aligné sur les priorités de santé publique.

2. Enjeux stratégiques pour le Maroc

La transformation numérique du système de santé marocain fait de l'intelligence artificielle (IA) médicale un enjeu stratégique à moyen et long terme. Elle requiert une structuration cohérente, alignée sur les standards internationaux de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), tout en tenant compte des spécificités nationales¹. Cet alignement garantit la qualité, la sécurité et l'interopérabilité des systèmes, la sécurité des patients, la traçabilité et la responsabilité, renforçant la crédibilité du Maroc dans la santé digitale². L'IA s'inscrit dans la stratégie Maroc Digital 2030, développant innovation, capacités en données de santé (Dossier Médical Partagé, GST) et un écosystème public-privé collaboratif pour générer des bénéfices concrets. Sa réussite nécessite un cadre juridique clair, une gouvernance coordonnée et des infrastructures numériques robustes et interopérables.

3. Positionnement national actuel et barrières à l'adoption de l'IA

Depuis plusieurs années, le Maroc affiche une volonté affirmée de se positionner comme un acteur majeur de l'intelligence artificielle (IA) en Afrique. Cette ambition s'inscrit dans le cadre de la stratégie nationale *Maroc Digital 2030*, qui vise à moderniser l'économie numérique, renforcer l'innovation technologique et positionner le pays comme un hub numérique régional d'ici 2030³. L'IA y est considérée comme un levier transversal, capable de stimuler la transformation digitale des services publics, de favoriser la création d'emplois qualifiés, de soutenir le développement des startups et d'attirer des acteurs internationaux⁴. Dans ce contexte, plusieurs initiatives publiques et privées se multiplient, incluant le soutien à l'écosystème entrepreneurial numérique, la mise en place de hubs technologiques et l'intégration de l'IA dans des cas d'usages concrets au niveau national.

Sur le plan économique et académique, le Maroc dispose d'un tissu de talents en croissance, avec des écoles d'ingénieurs, des universités et des centres de recherche qui intègrent l'IA dans leurs programmes, tandis que des investissements progressent dans des infrastructures numériques telles que les data centers, les réseaux fibre optique et le cloud national. Néanmoins, ces avancées s'inscrivent dans un écosystème encore en construction : l'accès aux données fiables et structurées

reste limité, la dépendance aux technologies étrangères demeure importante et les disparités territoriales freinent une adoption équitable et rapide de l'IA.

Selon l'*AI Preparedness Index* du Fonds monétaire international (FMI)⁵, qui évalue 174 pays selon quatre dimensions — infrastructures numériques, capital humain et politiques du marché du travail, innovation et intégration économique, et cadre réglementaire, ce score situe le Maroc devant certains pays de la région, comme l'Algérie ($\approx 0,37$), et en dessous de pays avancés tels que la France ($\approx 0,70$) ou les États-Unis ($\approx 0,77$). Le FMI souligne que, pour les pays émergents et en développement, les priorités politiques doivent viser la consolidation des infrastructures numériques et la formation professionnelle afin de créer une base solide pour une adoption durable de l'IA.

Pour le système de santé national marocain, l'exploitation des outils d'intelligence artificielle demeure, selon le consensus des experts et l'état des lieux, une perspective à moyen et long terme. Les réformes structurelles en cours ouvrent des opportunités pour un déploiement progressif et scalable, dont le succès dépendra de la robustesse des piliers institutionnels et de la viabilité des dispositifs instaurés.

Les barrières à l'adoption sont nombreuses : accès limité aux données fiables et structurées, disparités territoriales, dépendance aux technologies étrangères et contraintes organisationnelles et réglementaires. Dans ce contexte, le rôle de coordination interministérielle et interinstitutionnelle apparaît comme central pour assurer la cohérence et l'efficacité des initiatives.

La mise en place d'instances gouvernementales spécialisées, opérationnelles et dotées d'une autonomie morale et financière sous la tutelle des ministères concernés, constitue une approche stratégique. Elle permet de centraliser la gouvernance, de coordonner les différents acteurs et de garantir un déploiement structuré et durable de l'intelligence artificielle, prenant en compte la dimension multidisciplinaire et transversale de ce projet.

4. Risques et opportunités du déploiement de l'IA dans les hôpitaux marocains

Le déploiement de l'intelligence artificielle (IA) dans les hôpitaux marocains s'inscrit dans une phase intermédiaire de la transformation numérique du système de santé, marquée par la coexistence

d'avancées structurantes et de fragilités persistantes en matière de gouvernance, d'infrastructures et de ressources humaines. Dans ce contexte, l'IA constitue à la fois un levier stratégique de modernisation hospitalière et une source de risques nécessitant une gestion rigoureuse pour garantir son acceptabilité et sa pérennité.

L'IA offre un potentiel significatif d'amélioration de la qualité des soins et du diagnostic, notamment en imagerie médicale, en biologie et dans l'aide à la décision clinique, avec des effets démontrés sur la réduction des erreurs, la rapidité de prise en charge et la standardisation des pratiques⁶. Dans le contexte marocain, ces outils peuvent contribuer à réduire les inégalités d'accès à l'expertise médicale, en particulier dans les établissements périphériques et au sein des futurs Groupements Sanitaires Territoriaux.

Par ailleurs, l'IA permet d'optimiser l'organisation hospitalière grâce à des systèmes prédictifs améliorant la gestion des flux, des ressources et des temps d'attente, tout en renforçant la sécurité des parcours de soins par le triage aux urgences, la surveillance continue et la prévention des événements indésirables⁷. Enfin, le développement de bases de données hospitalières structurées ouvre des perspectives importantes pour la recherche clinique nationale et la valorisation des données de santé dans un cadre de souveraineté maîtrisée⁸.

La mise en œuvre de l'IA comporte toutefois des risques majeurs. La dépendance à des solutions technologiques étrangères, souvent propriétaires, limite la transparence des algorithmes et peut fragiliser la souveraineté numérique du système de santé. Les biais algorithmiques liés à des données d'entraînement non représentatives de la population marocaine constituent également une menace pour l'équité des soins et peuvent accentuer les inégalités existantes⁹.

À cela s'ajoutent les risques liés à la cybersécurité et à la protection des données de santé, dans un contexte de maturité hétérogène des systèmes d'information hospitaliers. L'absence de standards communs et d'interopérabilité peut par ailleurs conduire à des déploiements fragmentés, nuisant à la continuité et à la coordination des soins. Enfin, sans cadre organisationnel clair, formation adaptée et supervision médicale, l'IA expose à des dérives telles que la surconfiance algorithmique et la dilution des responsabilités, soulignant la nécessité de l'intégrer strictement comme un outil d'aide à la décision¹⁰.

5. Portée des recommandations

Les recommandations de ce chapitre s'inscrivent dans une démarche d'analyse stratégique et d'aide à la décision publique. Elles visent à éclairer les choix des autorités nationales dans un contexte de transformation du système de santé, marqué par la digitalisation croissante et l'émergence de l'intelligence artificielle. Ces recommandations constituent un cadre de référence, et non des directives cliniques ou réglementaires, pour structurer la réflexion et réduire l'incertitude décisionnelle.

5.1 Finalité et nature

Elles visent à identifier les conditions nécessaires à une intégration sécurisée, maîtrisée et équitable de l'intelligence artificielle dans les hôpitaux marocains. Leur approche est non prescriptive, proposant des orientations stratégiques fondées sur les données disponibles, les référentiels internationaux et le contexte national, sans se substituer aux décisions de l'État.

5.2 Publics destinataires

Ces recommandations s'adressent principalement :

- Aux décideurs nationaux et aux structures de gouvernance ;
- Aux institutions de régulation et d'évaluation ;
- Aux responsables de la planification hospitalière et de la transformation numérique ;
- Plus largement, aux acteurs institutionnels, établissements de santé, chercheurs et partenaires techniques.

5.3 Niveau et horizon de décision

Elles ciblent le niveau stratégique et national, concernant la gouvernance, le cadre légal, l'organisation institutionnelle et les prérequis techniques et humains. Leur horizon temporel est moyen à long terme, en cohérence avec la montée en maturité numérique des établissements et la mise en œuvre des réformes structurantes du système de santé, notamment les Groupements Sanitaires Territoriaux.

5.4 Limites et valeur ajoutée

Ces recommandations ne sont pas juridiquement contraignantes et n'imposent pas de mécanismes opérationnels détaillés. Leur valeur réside dans leur capacité à fournir une lecture systémique et anticipatrice, articulant dimensions juridiques, organisationnelles, techniques, humaines et éthiques, pour soutenir une prise de décision progressive, alignée avec les priorités nationales de qualité, d'équité et de soutenabilité du système de santé.

6. Méthodologie d'élaboration des recommandations

Les recommandations formulées dans ce référentiel reposent sur une combinaison de revue de littérature et de consultation d'experts. La revue documentaire a couvert des publications scientifiques et institutionnelles récentes, issues de bases de données académiques et de rapports d'organisations de référence sur le sujet. Elle a été complétée par des échanges avec des experts issus des domaines de la santé publique, du droit numérique et de la gouvernance hospitalière. La sélection des sources a été guidée par leur pertinence thématique et leur crédibilité institutionnelle, sans application de critères formels d'inclusion ou de hiérarchisation des niveaux de preuve, en cohérence avec la nature stratégique du document. Le lien entre les données probantes et les orientations proposées est explicite et traçable à travers les références bibliographiques. Le projet a été soumis à une révision critique par des experts extérieurs au groupe de travail avant publication. Le groupe d'auteurs est pluridisciplinaire, avec des profils identifiés en page éditoriale. Les divergences de vues ont été résolues par discussion collégiale. Le présent référentiel n'est pas assorti d'une procédure formelle de mise à jour ; une révision est cependant recommandée dans un délai de deux à trois ans, ou en cas d'évolution substantielle du cadre réglementaire national ou international.

RECOMMANDATION I — Cadre légal et normatif

La présente recommandation a pour objectif de garantir un déploiement sûr, éthique et encadré de l'intelligence artificielle dans le milieu hospitalier, en posant un cadre éthique solide qui fixe les principes fondamentaux à respecter pour protéger les droits des patients et encadrer l'usage de l'IA. Elle insiste sur la nécessité de normes techniques strictes, afin d'assurer la fiabilité, la sécurité et la performance des systèmes d'IA déployés dans les établissements de santé. Cette orientation s'inscrit dans une dynamique nationale plus large, alors que le Maroc s'apprête à doter son écosystème numérique d'un cadre juridique structurant à travers la future loi-cadre « Digital X.0 », actuellement en examen, et visant à intégrer l'intelligence artificielle dans les usages publics et privés tout en assurant une gouvernance rigoureuse de la donnée et des algorithmes¹¹. Parallèlement, la recommandation préconise la mise à disposition de guides et référentiels pratiques, accessibles aux professionnels et au public, pour orienter la conception et le déploiement de ces technologies, harmoniser les pratiques entre institutions et renforcer la confiance des professionnels de santé, des patients et du grand public dans l'usage de l'IA.

1. Établissement et renforcement du cadre légal

A. Encadrement éthique de l'intelligence artificielle

L'essor de l'intelligence artificielle dans des secteurs stratégiques tels que la santé ouvre des perspectives prometteuses pour son amélioration. Or, cette expansion s'accompagne de risques majeurs parmi lesquels figurent ceux éthiques. Les risques de discrimination et d'inégalités à cause des biais algorithmiques, d'exclusion, de fracture sociale due à l'adoption inégalaire de l'IA, ou encore le manque de transparence et d'explicabilité à cause de l'opacité algorithmique¹², sont tous des enjeux éthiques qui nécessitent une anticipation et une régulation solides.

Compte tenu de l'ampleur du volet éthique et de ses enjeux, plusieurs tentatives pour établir un référentiel de principes éthiques ont animé la scène internationale. C'est dans ce sens que diverses organisations intergouvernementales ont formulé, chacune selon son mandat, des orientations et principes (voir [AnnexeII-1](#)). Certes, « *ces pratiques et politiques, recommandatoires, ont sans doute*

constitué un cadre de réflexion utile. Pourtant, l'agitation ne peut masquer la réalité [...] un encadrement effectif du secteur ne saurait se contenter de principes éthiques mous. »¹³ (sic).

Figure II-1 : Principales mesures contenues dans les textes internationaux de régulation de l'IA

Principales mesures contenues dans les textes de régulation de l'IA		COUNCIL OF EUROPE CONSEIL DE L'EUROPE		Commission européenne		OCDE		UNESCO	
		CdE / CAHAI	CE / GEHN IA	Règlement CE	OCDE	UNESCO			
		CONTRAIGNANT ?	NON-CONTRAIGNANT	CONTRAIGNANT	NON-CONTRAIGNANT	NON-CONTRAIGNANT	NON-CONTRAIGNANT		
Droits de l'homme	5								
Responsabilité	5								
Transparence	5								
Équité, non-discrimination	4								
Intervention et supervision humaines	4								
Sécurité et robustesse	4								
Dignité humaine	3								
Diversité	3								
Protection des données et de la vie privée	3								
Bien-être	2								
Données et gouvernance des données	2								
Démocratie	1								
Documentation technique	1								
Durabilité	1								
Environnement	1								
État de droit	1								
Gestion des risques	1								
Gouvernance et collaboration multipartites et adaptatives	1								
Proportionnalité et innocuité	1								
Sensibilisation et éducation	1								
Sociétés pacifiques, justes et interconnectées	1								
Mesures juridiques fondées sur les droits de l'homme		6	4	2	3	6			
Mesures politiques et sociétales		1	2	0	1	8			
Mesures techniques		2	4	6	2	3			

Source : Adapté de Meneceur, Y., *Analyse des principaux cadres supranationaux de régulation de l'intelligence artificielle : de l'éthique à la conformité*, Conseil de l'Europe, version de travail du 31 mai 2021 (v.0.4), p. 4.

Dès lors, l'adoption d'un cadre normatif sur l'éthique du déploiement de l'IA dans les divers domaines, en l'occurrence la santé, surpasse la simple recommandation et devient impératif surtout pour le Maroc avec sa vision technologique stratégique actuelle. La concrétisation de cette normativité éthique pourrait se faire par le biais d'une loi nationale sur l'éthique de l'IA et les recommandations internationales élaborées dans ce sens demeurent un cadre de référence précieux pour le Maroc.

Une deuxième possibilité s'offre, et qui est celle de l'adhésion aux conventions internationales dans ce sens. Actuellement, la convention-cadre du Conseil de l'Europe sur l'intelligence artificielle et les droits de l'homme, la démocratie et l'État de droit est l'option offerte pour un cadre contraignant.

L'objectif de la convention était de « *dresser un premier cadre juridique commun acceptable par tous et d'ancrer juridiquement certains points sur lesquels un consensus émerge à l'échelle internationale.* »¹⁴. La convention a ainsi mis en avant sept principes généraux qui devraient être ancrés dans les réglementations nationales des parties à ladite convention de manière adaptée à leurs ordres juridiques, et qui sont respectivement ; la dignité humaine, l'autonomie personnelle, la transparence et le contrôle, l'obligation de remise des comptes et responsabilité, égalité, non-discrimination, respect de la vie privée et protection des données à caractère personnel, fiabilité, innovation sûre.

L'adhésion du Maroc à cette convention bien qu'il soit un État hors Union Européenne est possible, à condition que la procédure édictée au niveau de l'article 31 soit menée à bout. Ainsi, après entrée en vigueur de la convention, le comité des ministres du Conseil de l'Europe peut après consultation et obtention du consentement unanime des parties à ladite convention, inviter tout État non-membre du Conseil et qui n'a pas participé à l'élaboration de la convention à y adhérer par une décision prise à la majorité, et à l'unanimité des représentants des parties ayant le droit de siéger au Comité des ministres. Par la suite, la convention entre en vigueur pour le pays adhérent, en l'occurrence le Maroc, trois mois après la date de dépôt de son instrument d'adhésion auprès du Secrétaire général du Conseil de l'Europe.

Or, bien que la convention susmentionnée offre la possibilité de l'adhésion marocaine, il est indispensable de tenir compte de l'une des caractéristiques fondamentales pour une gouvernance d'IA de confiance, et qui est la souveraineté. Dès lors, il reste toujours recommandé de privilégier la mise en place d'un cadre éthique national marocain qui devrait prendre en compte les spécificités de ce dernier, et de faire des diverses initiatives internationales des points de référence.

B. Mise à niveau du cadre réglementaire relatif à la couverture médicale

La transition numérique du système de santé est inévitable, spécialement avec l'expansion de l'IA. Dès lors, l'évolution des pratiques médicales grâce à l'IA dans le diagnostic, et la décision clinique devrait être accompagnée par une mise à niveau et une modernisation du cadre réglementaire et légal établi, en l'occurrence la loi n° 65-00¹⁵ relative à la couverture médicale de base. En l'état, la loi susmentionnée promulguée en 2002 est à vocation très générale, dans son article 7 elle énumère les prestations garanties donnant droit au remboursement et éventuellement à la prise en charge directe des frais par l'Assurance Maladie Obligatoire (AMO). Bien que l'article énumère les prestations

couvertes sans toutefois s'attarder sur l'entité qui les procure, ce qui permettrait d'inclure même les actes de soin assistés par l'IA.

Or, dans un contexte technologique qui s'intensifie et se complexifie avec un rythme soutenu, il est toujours recommandable d'actualiser cette loi et l'élever au niveau des évolutions et des exigences technologiques, spécialement l'IA. Un déploiement fiable de l'IA ne pourrait se faire par un cadre légal imprécis et attardé par rapport à la réalité technologique et ses défis, une telle recommandation devra susciter l'intérêt de la HAS, qui est actuellement et par le biais de la loi n° 07-22¹⁶ l'autorité compétente pour l'encadrement technique de l'AMO, ainsi que la recommandation des projets ou propositions de lois y relatif, et ce conformément aux dispositions respectives de l'article 3 et 4 de ladite loi.

De surcroît, le développement d'une confiance collective envers les actes assistés par l'IA en santé ne pourrait aboutir sans une couverture de ces derniers¹⁷. Certes, les efforts du Maroc pour la modernisation de ses nomenclatures des actes médicaux servant de base pour le remboursement ou la prise en charge, sont indéniables. En effet, depuis 2006, l'AMO disposait de la Nomenclature Générale des Actes Professionnels (NGAP), comme référence. Or, selon l'Agence Nationale de l'Assurance Maladie (ANAM), (actuellement la HAS en vertu de l'article 34 et 35 de la loi 07-22) ladite nomenclature présentait des limites dont la non-prise en considération de l'évolution de la médecine et des nouvelles techniques de soins, ainsi que la non inclusion de plusieurs actes qui par conséquent ne peuvent être remboursés au titre de l'AMO¹⁸, en vue de surmonter l'insuffisance de cette nomenclature, il a été institué par arrêté du ministre de la santé et de la protection sociale, en 2024 la Classification Commune des Actes Médicaux (CCAM)¹⁹, toutefois celle-ci reste encore silencieuse sur les actes médicaux assistés par l'IA. Dès lors, une modernisation du cadre légal et réglementaire entourant la couverture médicale est fortement recommandée pour un déploiement fiable et confiant de l'IA dans le secteur sanitaire.

2. Élaboration des normes et guides

A. Normes, certification et bacs à sables réglementaires

L'Institut Marocain de Normalisation (IMANOR) est l'organe qui a été mis en place par le législateur en 2010 à la place du Service de Normalisation Industrielle Marocaine (SNIMA, entité anciennement

rattachée au ministère chargé de l'industrie)²⁰ par le biais de la loi n° 12-06²¹ relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation, pour l'élaboration, l'harmonisation et la diffusion des normes visant à garantir la qualité, la sécurité et la conformité des produits et services. Vu les mutations technologiques actuelles, notamment le déploiement exponentiel et émergent de l'IA en santé, l'implication anticipative de l'IMANOR par l'élaboration des normes techniques de sécurité et robustesse des SIA, et leur alignement sur les normes et standards internationaux apparaît primordial et stratégique, pour préparer un terrain normatif rigoureux pour une IA fiable et sécurisée.

En sus de la normalisation, l'IMANOR dispose également de la compétence de certification, « *acte qui consiste à attester, après vérification, qu'un produit [...] est conforme aux normes marocaines homologuées ou aux référentiels reconnus ou adoptés conformément aux dispositions de la présente loi.* »²². La certification donc semble une garantie pour une confiance collective quant à la sécurité des produits, dans notre cas les dispositifs médicaux spécialement ceux impliquant l'IA. À l'égard du point de la certification, il convient de distinguer deux piliers, si l'IMANOR est l'autorité compétente pour la certification technique des SIA, la HAS dispose à son tour par le biais de l'article 3 de la loi 07-22, d'une mission de certification des établissements de santé qui diffère de celle de l'IMANOR, la certification de cette dernière est centrée sur l'outil, tandis que celle de la HAS porte sur l'usage clinique.

Or, sur le volet technique, une innovation sûre ne pourrait aboutir par la simple mise en place de normes et la certification de la conformité aux dites normes. Ainsi « *la mise en place d'environnements contrôlés pour le développement, l'expérimentation et l'essai de systèmes d'intelligence artificielle sous la surveillance de ses autorités compétentes* »²³ est recommandable. L'*AI Act* a prévu dans son article 57, la notion de bacs à sable réglementaires en matière d'IA. « *Ces bacs à sable sont des environnements contrôlés où les systèmes d'IA peuvent être développés, testés et validés avant d'être mis sur le marché. L'objectif est de favoriser l'innovation tout en identifiant et en atténuant les risques, notamment ceux liés aux droits fondamentaux, à la santé et à la sécurité [...]. Si un système d'IA est testé avec succès dans un bac à sable, le fournisseur pourra s'en servir comme preuve de conformité à la réglementation.* »²⁴.

B. Élaboration des guides nationaux sur les interactions humains-robots en santé

L'introduction progressive de la robotique chirurgicale et des technologies assistées par l'intelligence artificielle dans le système de santé marocain, désormais portée par des réalisations concrètes, impose la mise en place d'un cadre national de bonnes pratiques. Des établissements de santé ont récemment réalisé des chirurgies robot-assistées à haute précision. Le pays a d'ailleurs déjà installé deux robots chirurgicaux, à savoir un robot Revo-I au centre hospitalier universitaire d'Agadir et un robot Tumai dans un hôpital privé à Casablanca²⁵. Tandis que des opérations de téléchirurgie ont été menées avec succès entre différentes villes, démontrant la capacité du pays à intégrer des technologies médicales avancées, le Maroc se prépare également à acquérir davantage de robots pour une utilisation dans les établissements de santé publics et privés²⁶. L'urologie, la chirurgie viscérale, la gynécologie et la chirurgie thoracique étant les principales spécialités concernées par ce déploiement²⁷.

Ces avancées, bien qu'encourageantes, soulèvent de nouveaux enjeux touchant aussi bien les professionnels que les patients dont on cite la compréhension des capacités et limites des robots notamment chirurgicaux. Bien que ces technologies soient globalement fiables, des études ont montré que des incidents techniques peuvent survenir dans environ 5 % des interventions robot-assistées²⁸, le plus souvent sous la forme de dysfonctionnements récupérables entraînant un arrêt temporaire du système²⁹, mais pouvant, dans des cas plus rares, imposer l'interruption de la procédure ou une conversion vers une chirurgie conventionnelle³⁰. Par ailleurs, au-delà des considérations techniques, l'introduction de la robotique en médecine soulève des enjeux humains et sociaux majeurs, notamment le risque d'isolement social lié au remplacement progressif de la présence humaine par des robots d'assistance³¹, l'impact psychologique et la relation de confiance entre le patient et la technologie, en particulier chez les personnes vulnérables, âgées ou en situation de handicap, pour lesquelles la qualité de l'assistance et la compréhension du rôle du robot sont déterminantes. En l'absence d'un guide clair de bonnes pratiques encadrant les interactions humano-robot, les usages risquent de demeurer hétérogènes, insuffisamment sécurisés ou mal alignés sur les standards internationaux, exposant les professionnels ainsi que les usagers à un manque de repères fiables pour interagir avec ces dispositifs de manière sûre, éthique et éclairée.

Les recommandations internationales mettent d'ailleurs en lumière la nécessité d'un cadre clair. L'UNESCO, dans sa Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle (2021), invite les États à « élaborer des principes directeurs sur les interactions humains-robots »³², en accordant une attention particulière aux impacts sur la santé physique et mentale, aux robots utilisés dans les soins et l'assistance, aux robots conversationnels ou de compagnie, et aux risques de manipulation des biais

cognitifs³³. Ces orientations convergent vers un besoin essentiel, celui de permettre à l'ensemble des utilisateurs d'accéder à des repères clairs favorisant des interactions sûres, compréhensibles et responsables.

Il est ainsi recommandé de confier à la Haute Autorité de Santé (HAS) dans le cadre de ses missions légales relatives à l'élaboration de guides et de référentiels pour la formation continue des cadres et professionnels de santé³⁴, ainsi qu'à la production d'avis, de rapports et de travaux d'évaluation des pratiques et produits de santé³⁵, l'élaboration et la diffusion d'un guide national sur les interactions humains-robots en santé à destination exclusive des professionnels et cadres de santé. L'objectif de ce guide serait de renforcer l'éducation et la montée en compétences des professionnels, en leur fournissant des repères clairs sur les usages appropriés de la robotique et de l'intelligence artificielle en contexte de soin, les limites technologiques, les enjeux éthiques et les responsabilités associées. Un tel outil contribuerait à harmoniser les pratiques à l'échelle nationale, à sécuriser les interactions Homme-robot et à aligner les usages professionnels sur les standards internationaux, tout en consolidant la relation de confiance entre soignants, technologies et patients.

Parallèlement, il est recommandé de confier aux Groupements Sanitaires Territoriaux (GST), dans le cadre de leurs missions de sensibilisation, d'éducation sanitaire des usagers et de promotion de l'éducation thérapeutique³⁶, l'élaboration et la diffusion de guides complémentaires sur les interactions humains-robots à destination du public, notamment des patients, des personnes âgées, des personnes en situation de handicap et, plus largement, des publics vulnérables. Ces guides viseraient à informer, sensibiliser et accompagner les usagers sur le rôle des robots en santé, leurs bénéfices, leurs limites et les bonnes pratiques d'interaction, afin de favoriser une appropriation éclairée de ces technologies, de prévenir les risques d'incompréhension ou d'isolement social, et de soutenir une utilisation respectueuse, sécurisée et adaptée aux situations cliniques et sociales. Cette répartition des rôles entre la HAS et les GST permettrait ainsi de répondre de manière différenciée et complémentaire aux besoins des professionnels et des usagers, conformément à leurs missions légales respectives.

RECOMMANDATION II — Gouvernance, suivi et financement

Intégrer l'IA dans le milieu hospitalier n'est pas l'objectif en soi, mais de garantir à ce que cette intégration soit prolongée dans le temps et réponde aux attentes du développement d'un tel secteur stratégique et vital. Dans ce sens s'inscrit l'objectif de cette recommandation qui incite, premièrement, à la création d'un registre national des systèmes d'intelligence artificielle qui servira d'un socle de suivi des IA déployées dans le milieu hospitalier, deuxièmement, à mettre l'accent sur le suivi, l'évaluation de l'efficacité ainsi la qualité des soins procurés dans les établissements de santé, et la certification de ces derniers sur la base des résultats d'évaluation. Et troisièmement, à prévoir des mécanismes financiers et fiscaux encourageant le déploiement de l'IA en milieu hospitalier.

1. Registre national des systèmes d'intelligence artificielle

L'intégration future de systèmes d'intelligence artificielle dans les établissements de santé soulève des exigences fortes en matière de transparence, de responsabilité et de maîtrise des risques. Pour assurer un déploiement sécurisé et conforme aux standards internationaux, il est indispensable de documenter de manière systématique chaque SIA, afin de répondre aux contentieux potentiels, faciliter les audits de sécurité, garantir le respect des obligations liées aux données de santé et à la cybersécurité, et anticiper les futures exigences réglementaires nationales. Cette documentation doit également permettre de conserver un historique complet des systèmes notamment les versions successives des modèles, ses caractéristiques techniques, les données d'entraînement, ses finalités, les niveaux de performance ainsi que les risques identifiés et les mesures d'atténuation.

Plusieurs pays ont déjà reconnu la nécessité de dispositifs institutionnels centralisant la documentation des SIA en santé. A titre d'exemple, l'Union européenne, à travers l'*AI Act*, impose l'établissement, la mise à jour et la maintenance d'une documentation technique exhaustive pour tous les SIA à haut risque, y compris ceux utilisés dans le secteur médical³⁷. En Angleterre, le *National Health System England* a développé des outils de suivi et d'enregistrement pour les technologies d'IA intégrées aux parcours cliniques, permettant d'assurer un contrôle continu et une évaluation standardisée³⁸. Ces expériences, sans être totalement similaires, convergent vers une logique commune qui soutient qu'une

utilisation responsable de l'IA en santé ne peut être envisagée sans un mécanisme national de traçabilité et de supervision des systèmes déployés.

Au regard de ces enjeux et des tendances internationales, il est recommandé de créer un registre national des systèmes d'intelligence artificielle déployés dans les établissements de santé marocains. Ce registre serait piloté par le Ministère de la Santé et de la Protection Sociale et alimenté de manière obligatoire par les CHU, hôpitaux, pôles d'excellence des futurs GST et autres structures publiques de soins. Chaque SIA déployé ferait l'objet d'une déclaration structurée comprenant ses caractéristiques techniques, son usage clinique, ses performances, ses risques, son fournisseur, son niveau de conformité et son historique de mises à jour. Le registre constituerait à la fois un outil d'archivage sécurisé, destiné notamment à la gestion des contentieux et à l'évaluation continue, et un instrument de gouvernance permettant d'harmoniser les pratiques nationales, de renforcer la transparence et de préparer l'arrivée du futur cadre réglementaire marocain sur l'IA en santé. À terme, ce dispositif constituerait un fondement stratégique pour assurer un déploiement cohérent, responsable et sécurisé de l'intelligence artificielle dans le système hospitalier.

2. Évaluation et certification par la HAS et les GST

Si le déploiement de l'intelligence artificielle en milieu hospitalier est l'avancée majeure que les recommandations formulées visent à soutenir, la garantie de ce déploiement de manière sécurisée et maîtrisée dans le temps demeure une exigence incontournable. Hormis l'IA et son intégration émergente et graduelle dans le domaine de la santé, l'évaluation et la certification des établissements de santé figurent parmi les missions qui ont été attribuées à la HAS en vertu de l'article 3 de la loi 07-22. La certification se fait sur la base de critères, indices et référentiels que l'autorité fixe elle-même. Jusqu'à présent ces référentiels et la procédure de certification reste à l'abri, chose qui reste tout de même compréhensible vu que la HAS est une institution récemment créée rendant son implication effective dans le domaine moins hâtive. Dès lors, afin de renforcer la maturité d'une telle institution stratégique, un retour au modèle français serait fortement recommandable.

La HAS française se porte comme un modèle de référence qui a acquis une certaine maturité au fil des années, puisqu'elle opérait dans le domaine pendant plus de deux décennies³⁹. Cette institution est à son tour compétente pour la certification des établissements de santé pour la qualité des soins, « *La certification est une procédure indépendante d'évaluation obligatoire du niveau de qualité et de*

sécurité des soins dans les établissements de santé, publics et privés. »⁴⁰. Cette procédure se fait sur la base d'un référentiel qui fixe les exigences, les objectifs (12 objectifs répartis en trois chapitres, le patient, les équipes de soins, et l'établissement), ainsi que les critères d'évaluation (dont 92 critères standards qui correspondent aux attendus de la certification, 21 critères impératifs correspondant à des exigences fondamentales et 5 critères avancés relatifs à des exigences souhaitées mais non exigibles dans le contexte actuel), les méthodes de leur évaluation et le processus décisionnel⁴¹. À la fin de l'évaluation la HAS, prend sa décision sur 4 niveaux :

- Un établissement certifié avec mention
- Un établissement certifié
- Qualité des soins à améliorer
- Qualité des soins insuffisante⁴².

Dans son référentiel de l'année 2025 la HAS française avait explicitement pris le pas vers la prise en compte de l'intégration de l'IA et ses implications, parmi les critères de certification. Les critères s'articulaient principalement sur la capacité de l'établissement à piloter l'usage des dispositifs médicaux numériques à usage professionnel, en particulier ceux faisant appel à l'IA. L'initiative de la HAS française à intégrer l'IA dans ses critères de certifications se présente comme un point de référence solide pour la HAS marocaine.

Jusqu'à présent la certification n'est pas une recommandation à part entière, étant qu'elle est d'ores et déjà ancrée dans les attributions confiées à la HAS par le biais de la loi 07-22. La recommandation portera plus sur l'opérationnalisation de cette certification, de façon qu'elle considère toutes les régions du Royaume, sans jamais compromettre le principe d'impartialité durant le processus d'évaluation. Pour cette fin, il serait recommandable d'instaurer une évaluation croisée entre les différents GST. Toujours sous l'autorité et la supervision de la HAS, les experts-visiteurs, (qui sont notamment dans l'exemple français des professionnels de santé), issus de chaque GST seraient chargés d'évaluer les établissements de santé relevant d'un GST autre celui de leur appartenance. Cette logique d'évaluation croisée trouve son fondement dans la procédure de certification menée par la HAS France où *“Les visites ne peuvent pas être effectuées par des experts-visiteurs exerçant une activité professionnelle dans la région de l'établissement. Les experts-visiteurs missionnés par la HAS ne peuvent pas participer à la procédure de certification d'un établissement avec lequel ils ont ou ont eu des intérêts, directs ou indirects, au cours des cinq dernières années.”*⁴³. D'autant plus, pour ancrer

cette logique d'impartialité, il serait nécessaire de prévoir la possibilité légale d'une procédure de récusation possible d'être initiée par l'établissement pour seul motif de conflit d'intérêts⁴⁴.

3. Mécanismes financiers et fiscaux structurants

Afin de déployer l'intelligence artificielle dans les milieux hospitaliers, des investissements particulièrement importants seront nécessaires. L'intégration de technologies d'IA ne se limite pas à l'acquisition de solutions logicielles, elle suppose la mobilisation de ressources financières pour moderniser les infrastructures informatiques hospitalières, sécuriser les environnements de données, déployer des systèmes d'information compatibles, entraîner ou adapter les modèles, et accompagner les professionnels de santé dans leur appropriation de ces outils. Les coûts liés à la gouvernance de la donnée, à la cybersécurité, à l'interopérabilité des systèmes et à la mise en conformité juridique constituent également des postes budgétaires majeurs.

Dans les pays ayant déjà entamé cette transition, comme la France, les investissements sont massifs et structurants. Par exemple, dans le cadre de France 2030, le gouvernement français a dédié 2,5 milliards d'euros à l'intelligence artificielle⁴⁵. Par ailleurs, le volet "santé numérique" de cette stratégie mobilise 7,5 milliards d'euros d'ici 2030, dont 718,4 millions immédiatement réservés pour soutenir l'émergence d'applications numériques en santé (IA, e-santé, imagerie, etc.)⁴⁶. Plus spécifiquement, le plan "Innovation Santé 2030" consacre 670 millions d'euros à la santé numérique, couvrant la R&D, les expérimentations cliniques et la formation des acteurs⁴⁷. Ces montants montrent que le déploiement réussi de l'IA en santé repose sur un effort financier soutenu, planifié et pérenne, capable d'accompagner l'innovation tout en maîtrisant les risques techniques, éthiques et opérationnels.

Dans cette perspective, le Maroc devra envisager des mécanismes de financement structurés, durables et alignés sur la vision stratégique nationale afin d'éviter une dépendance excessive à des initiatives ponctuelles, à des dons technologiques ou à l'acquisition de solutions "clé en main" souvent peu adaptées au contexte marocain. Le déploiement de l'IA en milieu hospitalier exigera non seulement des ressources financières importantes, mais aussi un cadre permettant d'orienter ces investissements vers la création de valeur nationale notamment l'amélioration de la qualité des soins, optimisation des parcours patients, renforcement des capacités hospitalières, et surtout consolidation de la souveraineté numérique sanitaire du Royaume.

Dans ce cadre, il est recommandé de créer un Fonds national dédié à l'intelligence artificielle et aux données de santé, conçu comme un instrument structurant pour financer la recherche appliquée, les projets pilotes hospitaliers, l'infrastructure de données médico-numériques, ainsi que l'innovation portée par les start-ups spécialisées en IA-santé. Ce fonds aurait également vocation à soutenir la montée en compétence des professionnels de santé et à réduire les risques financiers associés à l'expérimentation de technologies sensibles. Sa gouvernance pourrait être confiée à une structure autonome ou à une agence publique existante, selon un modèle multipartite associant le MSPS, les universités, les centres de recherche, l'ADD, la CNDP et les acteurs industriels. Les mécanismes de financement pourraient combiner subventions compétitives, prêts, capital d'amorçage et co-investissement, avec des modalités d'allocation fondées sur des appels à projets thématiques tels que l'imagerie assistée par IA, les systèmes prédictifs hospitaliers, ou l'aide au diagnostic.

En complément de ce fonds, il est également recommandé de mettre en place un ensemble d'incitations fiscales ciblées afin de favoriser l'émergence rapide d'un écosystème marocain performant en IA sanitaire. Ces mesures pourraient inclure un crédit d'impôt dédié aux projets de recherche et développement en IA médicale, des exonérations ou allègements fiscaux pour les start-ups spécialisées en début d'activité, et des dispositifs de déduction accélérée pour les investissements hospitaliers portant sur l'acquisition, l'adaptation ou l'intégration de solutions d'IA. L'éligibilité à ces avantages fiscaux pourrait être conditionnée à l'engagement des acteurs à respecter les normes de protection des données personnelles, les standards éthiques nationaux et internationaux ainsi qu'une traçabilité rigoureuse des dépenses déclarées. Inspirées du modèle français, notamment du Crédit d'Impôt Recherche (CIR) et du Crédit d'Impôt Innovation (CII), ces incitations devraient être adaptées au contexte marocain via une approche graduelle afin de limiter les risques fiscaux, tout en permettant d'attirer, structurer et stabiliser un tissu d'entreprises innovantes dans le domaine de l'IA appliquée à la santé.

RECOMMANDATION III — Développement d'une infrastructure numérique nationale

1. Objectif de la recommandation

Le déploiement de l'intelligence artificielle dans l'hôpital marocain nécessite l'assurance d'une infrastructure robuste capable de protéger les données sensibles des patients et le développement contre tous types d'attaques, ainsi, l'infrastructure devrait être résiliente, pour cela, elle repose sur plusieurs piliers.

Cette incorporation pose des questions concernant le type d'intelligence artificielle à utiliser et son architecture. Pour une intégration dans le domaine de santé, le type proposé est un modèle hybride d'IA, une assimilation de modèles pré-entraînés et de modèles basés sur les APIs.

Une infrastructure numérique nationale sera cruciale pour l'interopérabilité et l'utilité des données puisque chaque hôpital développerait ses propres formats de données et API, un modèle d'IA formé au CHU Rabat serait inutile au CHU Marrakech car les structures de données ne correspondent pas. Une infrastructure nationale imposera également des normes communes (FHIR, SNOMED CT, LOINC).⁴⁸ Cela crée un « langage commun » pour les données de santé à travers le Maroc, permettant aux modèles d'IA et aux outils analytiques de fonctionner de manière transparente dans n'importe quel hôpital. De même, cette infrastructure assure une efficacité économique, comme chaque GST supporterait le coût de la construction, de la sécurisation et de la maintenance de sa propre plateforme de données indépendantes prête pour l'IA. Il s'agit d'un énorme gaspillage de ressources et qui crée douze points de défaillance différents. Les CHU provinciales ne disposent pas du volume de données nécessaire pour former des modèles d'IA robustes. Ils seraient obligés d'utiliser des API internationales tierces non vérifiées, ce qui entraînerait des risques en matière de souveraineté des données et des modèles non adaptés à la population marocaine. Une architecture de référence sera élaborée une seule fois et déployée partout. Cela réduit considérablement les coûts, accélère le déploiement et simplifie la maintenance.

2. Approches d'IA recommandées

Modèles d'IA pré-entraînés

Plusieurs modèles pré-entraînés sont disponibles, notamment VGGNet-16, VGG-19, ResNet, Inceptionv3, ResNet Inception resnet V2, GoogleNet, MobileNet, EfficientNet etc. Leur utilisation présente des avantages significatifs : ils surclassent ou égalent systématiquement les modèles formés *from scratch* avec un réglage fin approprié, sont bien plus robustes aux petits jeux de données⁴⁹ et réduisent le temps de calcul et d'expertise pour l'entraînement. Cependant, il est nécessaire de clarifier qu'ils exigent une adaptation et une validation clinique spécifique au contexte marocain⁵⁰ et de reconnaître que leurs performances dépendent fortement de la qualité et de la pertinence des données de formation originales.

L'utilisation des modèles pré-entraînés donne au développeur toute la responsabilité de l'infrastructure et du déploiement, et un grand contrôle sur la personnalisation, car il peut modifier l'architecture du modèle et l'affiner pour les données utilisées.

Modèles d'IA basés sur des APIs (services externes)

L'utilisation des modèles basés sur des APIs donne toute la responsabilité de l'infrastructure et le déploiement au fournisseur. Elle ne nécessite qu'une connexion Internet pour faire des appels HTTP. Concernant le contrôle et la personnalisation du modèle qui sont des aspects stricts et très limités. L'interaction est principalement via une invite (*prompt*) qui n'est pas souvent offerte et qui augmente le coût de la structure. Cette méthode fonctionne avec une opération basée sur un coût opérationnel à l'usage (paiement par appel API) sans investissement initial. L'évolutivité est automatique et est gérée par le fournisseur (pour qu'un million d'utilisateurs puissent l'appeler simultanément et pour la maintenance et les mises à jour), cependant, la latence réseau et surtout l'envoi des données patients vers des serveurs tiers est un inconvénient primordial. Cette approche implique que toutes les données utilisées sont aussi envoyées vers des tiers, par conséquent, une confiance en ces tiers ainsi qu'à leur politique de confidentialité.

Recommandation : approche hybride

Pour le domaine de la santé, la confidentialité des données est une obligation primaire. Les données utilisées sont de nature sensible, par conséquent, un contrôle maximal est nécessaire. Pour cela, une

approche hybride est la démarche la plus pratique et conforme pour le domaine de la santé. Pour le déploiement de cette approche, il faudra répartir l'utilisation de chaque méthode de façon stratégique.

La mise en œuvre de cette méthode hybride nécessite une collaboration étroite entre le travail des fournisseurs de solution IA et les Responsables de la Sécurité des Systèmes d'Information (RSSI) de l'hôpital. Ces derniers auront pour responsabilité de valider l'architecture de sécurité mise en place, surveiller le chiffrement des données et contrôler les flux d'informations. Les développeurs devront assurer l'intégration technique et l'optimisation des performances. Il s'agit d'un partenariat clé pour établir des protocoles de gouvernance des données clairement énoncés, définir les bornes de traitement possibles pour chaque catégorie de modèle et respecter les réglementations nationales sur la protection des données de santé.

Il est préconisé d'utiliser des modèles hébergés localement par les *stakeholders* hospitaliers et déjà formés pour les tâches nécessitant une manipulation de données extrêmement délicates ou nécessitant un ajustement spécifique aux systèmes internes. Ceux-ci sont donc utiles pour le traitement et la dépersonnalisation des données, en détectant et masquant automatiquement les informations de santé protégées dans les documents, les transcriptions audios et les images avant leur transfert depuis les serveurs. La capacité à rechercher et extraire des documents internes permettra aux chercheurs de consulter une importante base de données interne composée de notes cliniques, d'articles scientifiques ou encore de procédures administratives.

Les modèles basés sur une API sont recommandés pour les tâches qui seront effectuées sur des données déjà anonymisées ou impliquent des informations publiques/non-sensibles. L'intérêt réside dans l'exploitation d'une intelligence supérieure et polyvalente qui sera utile pour l'analyse et synthèse des données de recherche. Après dépersonnalisation, un chercheur dispose de plusieurs articles scientifiques/ notes d'essais cliniques dépersonnalisées. Ces modèles pourraient les résumer individuellement, synthétiser les résultats de plusieurs articles, et générer une ébauche de revue de la littérature.

Les modèles basés sur une API automatiseront aussi des flux de travail administratifs tels que : rédiger des communications administratives génériques, résumer les points clés d'une réunion non clinique ou améliorer la formulation des demandes de subvention.

RECOMMANDATION IV — Intégration opérationnelle de l'IA dans le parcours de soins

1. Objectif de la recommandation

L'intégration de l'intelligence artificielle dans les hôpitaux marocains requiert désormais une intégration opérationnelle pleinement ancrée dans les réalités cliniques et organisationnelles. Introduire l'IA sans tenir compte des dynamiques de l'hôpital reviendrait à superposer une modernité abstraite à un système dont les fondations restent marquées par des défis structurels : surcharge des services, hétérogénéité des équipements, variabilité des compétences numériques et complexité du parcours patient.

Ainsi, l'intégration de l'IA dans le système sanitaire marocain doit s'opérer comme une transformation profonde, réfléchie et contextualisée, qui s'insère avec finesse dans la pratique médicale quotidienne. Elle reposerait sur un ensemble cohérent de piliers fonctionnels permettant d'améliorer simultanément la qualité et la continuité des soins, la performance des organisations et la sécurité des patients. Une intégration effective ne peut être atteinte que si l'IA s'inscrit dans les pratiques, les processus et la gouvernance des établissements, et non déployée sous de projets isolés^{51 52}.

A titre d'exemple, l'adoption hospitalière de fonctions prédictives et d'aide à la décision fondées sur l'IA est déjà tangible dans les pays tel que les Etats Unis, la France, le Royaume-Uni et plus de 15 autres pays européens, ce qui montre que la bascule mondiale vers l'IA en santé est bien confirmée : des enquêtes et synthèses sectorielles documentent une montée rapide de l'utilisation d'algorithmes cliniques intégrés aux dossiers et aux processus hospitaliers, et un renforcement parallèle des dispositifs de gouvernance et d'évaluation^{53 54}.

Cette même intégration s'appuie sur plusieurs piliers fonctionnels : soutien clinique, optimisation des flux hospitaliers, détection précoce des risques et sécurisation des ressources critiques. Des analyses internationales montrent que les pays pionniers ont structuré leur transition autour de ces quatre composantes, permettant une transformation cohérente, progressive et mesurable⁵⁵.

Le Maroc, malgré des initiatives en cours et l'émergence de projets pilotes, demeure en position intermédiaire en matière de maturité numérique (*Network Readiness Index 2023* : 77^e sur 134 économies), ce qui reflète une capacité encore limitée à absorber les innovations avancées par rapport à la tendance internationale. Les diagnostics nationaux et livres blancs sur l'e-santé signalent une adoption fragmentée, des architectures insuffisamment harmonisées et des standards incomplets de pilotage centralisés, conditions qui freinent une intégration systématique et sûre de l'IA au sein des CHU et des GST ^{56 57}.

Cette situation appelle une action publique urgente, structurée et coordonnée afin d'inscrire le système national dans la dynamique mondiale. D'autant plus que l'IA devient indispensable pour répondre à des défis structurels concrets.

La pénurie mondiale de personnels soignants estimée par l'OMS à environ 10 millions de professionnels manquants d'ici 2030⁵⁸ accroît l'urgence d'outils capables d'augmenter la productivité clinique, d'automatiser la chaîne administrative et de renforcer la surveillance préventive. C'est dans ce cadre que se déclinent les quatre piliers opérationnels de la présente recommandation. Le premier concerne le soutien clinique où l'IA épaulé la décision médicale améliore la qualité des soins. Le second pilier porte sur la détection précoce des risques grâce à des modèles permettant d'anticiper les complications, de prévenir les événements indésirables et d'accroître la sécurité des patients. Le troisième vise à optimiser les flux hospitaliers, en mobilisant des outils prédictifs capables de fluidifier les parcours, de réduire les surcharges institutionnelles et d'améliorer l'efficacité organisationnelle. Enfin le dernier pilier concerne la sécurité et la gestion des ressources sanitaires (humaines, matériels, institutionnelles...)

Ensemble, ils constituent la trame d'une intégration effective et responsable de l'IA au sein du système de santé national.

4.2 Soutien clinique

L'intégration opérationnelle de l'IA dans le soutien clinique s'est révélée pertinente et efficace pour améliorer la qualité et la sécurité des décisions médicales. L'IA agit comme un outil d'aide à la décision, s'appuyant sur des données fiables, standardisées et interopérables. Elle vise à renforcer les décisions médicales tout au long du parcours patient. Elle ne se substitue pas au jugement du clinicien : elle agit comme un dispositif de soutien permettant de réduire les erreurs, diminuer les délais de prise

en charge et uniformiser les pratiques dans les différentes structures hospitalières et qui pourrait faire de même au sein des GST. L'IA deviendrait un outil clinique structurant, directement relié au Socle de données, aux protocoles nationaux et aux référentiels internationaux.

L'objectif n'est pas de multiplier les applications technologiques, mais de déployer de manière progressive et encadrée les solutions qui apportent une valeur ajoutée démontrée. Les cas d'usage de l'intelligence artificielle en santé sont nombreux, mais les plus pertinents pour le système sanitaire marocain sont ceux qui renforcent directement la qualité du parcours de soins, la sécurité clinique et l'efficacité organisationnelle, à savoir :

- Une analyse automatisée, rapide et structurée des examens complémentaires, notamment en imagerie médicale, en électrocardiographie et en biologie médicale, rendue possible et accessible grâce des systèmes capables d'identifier des motifs complexes, de classer l'information clinique et de soutenir la décision médicale sans s'y substituer. Ces outils contribuent au dépistage précoce d'anomalies critiques, à la détection d'incohérences cliniques ou biologiques, ainsi qu'à la génération d'alertes en cas de valeurs critiques, aberrantes ou non cohérentes avec le contexte clinique. Ces usages de l'intelligence artificielle doivent se faire dans un contexte de supervision sous la tutelle du professionnel de santé comme le préconise la HAS France dans ses recommandations⁵⁹. Déployée dans un cadre d'usage encadré, raisonné et conforme aux exigences réglementaires, l'IA renforce la sécurité des soins en limitant les erreurs d'interprétation, les confusions de valeurs, d'unités ou de terminologies, et en contribuant à l'homogénéisation des pratiques diagnostiques. Son utilisation, fondée sur une supervision humaine constante, une vérification des résultats générés et une évaluation continue de la performance dans le temps, constitue un levier structurant d'amélioration de la fiabilité diagnostique et de la qualité des prises de décision dans plusieurs spécialités médicales. La littérature met en lumière des opportunités organisationnels et cliniques significatifs, incluant une réduction des erreurs, un gain de temps médical et un recentrage des professionnels sur la décision clinique, la coordination des soins et la relation avec le patient, s'inscrivant dans une logique d'amélioration continue du système de santé.^{60 61 62}.

- Un Système d'aide à la décision (CDSS) recommandant, selon les protocoles nationaux et internationaux, les conduites à tenir, les examens pertinents ou les schémas thérapeutiques optimisés adapté le profil du patient. Leur déploiement permettrait de réduire la variabilité clinique et de limiter les interventions inappropriées : examens redondants, scanners non justifiés, prescriptions antibiotiques inadéquates dans un contexte de progression préoccupante de l'antibiorésistance⁶³. Les

CDSS constituent également un levier d'optimisation des prescriptions et de sécurisation des soins en diminuant les erreurs de médication, les retards transfusionnels ou les dosages inadaptés. En alignant les pratiques entre professionnels et en renforçant la pertinence des actes, ils contribueront à instaurer une gouvernance clinique fondée sur la qualité, la sécurité et la rationalisation des ressources.

- Une mise en place d'un *Digital Twin* clinique ou jumeau numérique clinique fondé sur des algorithmes avancés d'intelligence artificielle et d'apprentissage automatique, qui permettrait de simuler l'évolution dynamique d'une pathologie et la réponse attendue aux divers schémas thérapeutiques. Couplé au système d'aide à la décision, cet outil constitue un véritable complément à la décision clinique, prévoyant les schémas thérapeutiques et chirurgicaux optimisés, adapté au profil du patient.

Dans les pays pionniers, le *Digital Twin* clinique se développe réellement : en France par exemple, des projets hospitaliers explorent sa capacité à simuler les trajectoires de maladie pour améliorer la prise en charge, anticiper les complications, optimiser les plans thérapeutiques personnalisés et renforcer la décision médicale partagée ⁶⁴. Sur le plan économique, des études de marché montrent également que le secteur de la santé investit massivement : le marché mondial des jumeaux numériques pourrait passer de 4,9 Milliards USD en 2024 à plus de 21 Milliards d'ici 2032 ⁶⁵.

Pour le Maroc, l'enjeu est double : améliorer la qualité des décisions cliniques tout en sécurisant l'usage croissant de données complexes. L'absence actuelle d'outils de simulation avancée limite la capacité des équipes hospitalières à évaluer, de façon prédictive, les trajectoires thérapeutiques possibles. Cette contrainte est particulièrement marquée dans les spécialités à forte incertitude face aux traitements thérapeutiques (oncologie, cardiologie, réanimation), où les marges de décision doivent être appuyées sur des modèles robustes et transparents.

L'intégration graduelle et pilotée de ces applications de l'intelligence artificielle au sein des CHU constitue un levier stratégique de modernisation du système de santé, devant être conduite selon une feuille de route nationale garantissant cohérence, équité territoriale et sécurisation des usages. C'est un outil d'aide à la décision, de communication thérapeutique qui permettra de renforcer l'autonomie du patient, d'améliorer la précision des choix cliniques et d'accroître la sécurité des interventions.

Sur le plan institutionnel, leur déploiement devrait s'inscrire dans un cadre strict comprenant une :

- I. Supervision scientifique et éthique par le GST, garantissant l'objectivation des modèles et la validité clinique des simulations
- II. Audit réglementaire par la CNDP, afin d'assurer la protection des données sensibles mobilisées pour générer les jumeaux numériques ainsi que la base de données alimentant les algorithmes
- III. Standardisation technique par l'Agence de Développement du Digital, qui devrait définir les protocoles d'interopérabilité et les exigences en matière de qualité des données
- IV. Pilotage opérationnel par les GST, responsables de l'intégration dans les terrains cliniques, de la formation des équipes et de l'évaluation des impacts sur la prise de décision.

3. Optimisation des flux

Le flux inefficace des patients contribue à la surpopulation des établissements de soins de santé, leur encombrement, et cela peut générer l'insatisfaction des patients vis-à-vis de ces établissements, mais également une prise en charge moins efficace. Pour le Ministère de la Santé et les Groupements Sanitaires Territoriaux (GST) en tant qu'acteurs clés de la gouvernance du parcours de soins dans la réforme sanitaire marocaine l'amélioration du "patient flow" constitue un réel et véritable enjeu prioritaire de performance et de qualité.

Les outils de gestion des flux de patients basés sur l'intelligence artificielle (IA) sont des interventions conçues pour prévoir et surveiller les mouvements des patients de l'admission à la sortie au fur et à mesure qu'ils progressent dans les différents milieux de soins. Ils peuvent considérablement fluidifier ces parcours hospitaliers. Des algorithmes prédictifs analysent les données d'admission (urgences, programmations) pour prévoir les volumes de patients et ajuster en temps réel l'affectation des lits et du personnel.

Les soignants peuvent être réticents à faire confiance à des modèles prédictifs, surtout pour des décisions critiques comme les sorties ou les transferts⁶⁶.

Les approches mobilisées vont de la *machine learning* « classique » au *deep learning* en passant par les jumeaux numériques. Ces derniers consistent en des répliques virtuelles dynamiques d'un hôpital ou d'un service entier, alimentées par les données réelles pour tester sans risque différents scénarios organisationnels.

L'étude de Gayan et Al. (2025) démontre par exemple comment un jumeau numérique couplé à une simulation d'événements discrets peut optimiser les workflows de soins intensifs en temps réel, soulignant son potentiel à rapprocher la pratique clinique de l'idéal théorique⁶⁷. Les bénéfices rapportés incluent une meilleure utilisation des lits et du personnel, une réduction des temps d'attente et une amélioration de la qualité des soins.

Aux États-Unis, durant la pandémie, un centre a utilisé des outils prédictifs et des tableaux de bord IA pour réallouer dynamiquement son personnel et ses lits en réanimation. Résultat : meilleure réactivité face aux pics épidémiques et continuité des soins maintenue⁶⁸.

Au Singapour, la mise en place d'un système de localisation en temps réel pour suivre les patients et les équipements a été adoptée. Cette coordination améliorée a permis de réduire les attentes et de diminuer de 12 % la durée moyenne de sortie des patients⁶⁹.

Toutefois, plusieurs limites sont soulignées. Les modèles exigent de vastes bases de données fiables et peuvent mal réagir aux changements rapides de contexte (covid-19 par exemple)⁷⁰. Donc en tant que responsables de la sécurité et de la confiance des professionnels, le Ministère et les GST doivent composer avec ces limites. Pour ces stakeholders institutionnels, la valeur de l'IA dans la gestion des flux dépendra donc de leur capacité à structurer les données territoriales, à accompagner les équipes dans l'adoption des outils, et à garantir une gouvernance technologique cohérente avec les objectifs d'équité, de qualité et de performance du système de santé marocain.

Sans négliger le fait que les techniques profondes nécessitent beaucoup de données et restent souvent opaques pour les cliniciens. Quant aux jumeaux numériques, bien que prometteurs, ils sont coûteux à développer et difficiles à intégrer aux systèmes d'information hospitaliers existants surtout dans le contexte actuel⁷¹.

L'optimisation des flux devrait donc être un volet essentiel dans l'intégration opérationnelle de l'IA dans le parcours de soins compte tenu de son potentiel prometteur.

4. Détection précoce

La détection précoce constitue un axe prioritaire de modernisation du système de santé. Elle vise à doter les établissements, en particulier les GST, de capacités d'anticipation leur permettant d'identifier

des menaces cliniques avant qu'elles ne se manifestent de manière critique. L'IA devient ainsi un instrument central de prévention des événements graves, en exploitant les données fiables issues du Socle des données et en s'appuyant sur des mécanismes d'analyse en continu. Cette approche permet d'améliorer la sécurité du patient, de renforcer la réactivité des équipes et d'accroître la maîtrise du risque clinique.

Dans le cadre du renforcement de la sécurité du patient, de la réactivité des équipes et la prévention des événements cliniques graves en accroissant la maîtrise du risque clinique, il est recommandé d'utiliser l'IA comme suit :

La détection précoce des signaux faibles (sepsis, arythmies, détériorations cliniques...), permettant l'identification automatisée et en temps réel de situations à haut risque avant une manifestation visible, ces solutions renforcent la capacité des équipes à intervenir de manière anticipée. Les expérimentations internationales démontrent une baisse mesurable des complications évitables et des admissions en soins critiques. Ces systèmes seraient reliés aux capteurs, moniteurs et données de laboratoire, offrant ainsi une vigilance renforcée 24h/24 et serait d'une sensibilité et spécificité s'intégrant dans un intervalle de confiance solide. Leur intégration progressive au sein des hôpitaux marocains offrirait ainsi un gain systémique en efficacité, en réactivité et en qualité des soins mais surtout en temps en réduisant les retards de prise en charge ^{72 73 74}.

Dans cette démarche, voici deux cas concrets où l'utilisation de l'intelligence artificielle semble judicieuse :

Cas d'usage	Résultats attendus
<p>Détection précoce de la rétinopathie diabétique</p>	<p>Le Maroc est un pays endémique du diabète avec plus de 2,8 millions de diabétique ⁷⁵, l'une des complications de cette maladie est la rétinopathie diabétique qui touche 30% des diabétiques ⁷⁶. Elle peut induire la cécité, actuellement il n'existe aucun traitement curatif, mais détecté tôt, la maladie peut se stabiliser. Plus la détection est précoce plus le traitement sera efficace. Dans ce contexte-là, les progrès de l'intelligence artificielle pourraient améliorer la qualité du</p>

	<p>pronostic fonctionnel du patient en la détectant plus tôt. L'IA a montré qu'elle pouvait être plus sensitive par rapport à l'humain lors de la détection de cette complication ⁷⁷. Autre exemple comme le montre cette étude menée au sein de l'hôpital Cheikh Zaid à Rabat où ils ont développé un logiciel qui a permis de détecter des signaux émis par la rétinopathie diabétique à hauteur de 100%, mais là l'étude a été conduite sur un nombre restreint de participant ⁷⁸.</p>
<p>La détection précoce du sepsis</p>	<p>Le sepsis représente une des causes majeures d'admission en service de réanimation, ayant un taux élevé de mortalité, à titre d'exemple entre février 2017 et février 2018 au service de réanimation chirurgicale de l'hôpital militaire d'instruction Mohammed V de Rabat le taux de mortalité par sepsis chez les patients admis pour cette même cause à savoir 30% était de 36,5% ⁷⁹. Avec ce taux élevé de morbidité il en devient évident que l'IA a sa place dans le diagnostic précoce de cette urgence afin d'améliorer le pronostic vital du patient, elle a déjà fait ses preuves à l'étranger où elle a diminué le taux de mortalité, le nombre de jours d'hospitalisation, et le nombre de réadmission⁸⁰. De plus elle a permis une détection précoce de cette urgence de plus de 4 heures⁸¹.</p>

La prévention des risques thérapeutiques en utilisant l'IA pour détecter précocement les interactions médicamenteuses, les contre-indications, les erreurs de posologie, les allergies ou incompatibilités non repérées. En combinant les données du Socle des données et les référentiels de sécurité thérapeutique, elle devient un outil essentiel pour réduire l'iatrogénie évitable et renforcer la pharmacovigilance hospitalière ⁸².

5. Sécurité et gestion des ressources

Un enjeu majeur de l'intégration de l'IA dans le parcours de soins est la sécurisation du patient et du système de santé dans son ensemble. Aujourd'hui, les établissements font face à la détection insuffisante des erreurs cliniques, face à la gestion logistique peu efficiente et face à la pression croissante sur les équipes soignantes.

Sur le plan clinique, l'objectif est de réduire les erreurs évitables et les incidents iatrogènes. Une revue systématique montre que les outils d'IA, lorsqu'ils sont correctement intégrés au circuit de soins, améliorent significativement la détection d'erreurs médicamenteuses et la cohérence des prescriptions, contribuant ainsi à une meilleure sécurité du patient. Ces systèmes fournissent une aide décisionnelle immédiate et standardisée, renforçant la qualité et la fiabilité des actes cliniques⁸³.

Un autre atout essentiel de l'IA réside dans sa capacité à alléger la charge mentale des professionnels de santé en automatisant les tâches répétitives pouvant être attribuées à l'IA, et qui sont souvent sources de stress et de fatigue⁸⁴. Grâce à cette automatisation, les soignants consacrent beaucoup moins de temps au travail administratif et peuvent se recentrer sur l'essentiel : l'écoute et la prise en charge du patient. Plusieurs analyses montrent qu'en réduisant la documentation manuelle et la saisie, l'IA contribue à diminuer le risque d'épuisement professionnel (*burnout*), tout en améliorant l'efficacité organisationnelle⁸⁵.

Concernant la gestion des ressources matérielles et pharmaceutiques, l'objectif est d'assurer une utilisation optimale et anticipée des stocks. Les outils prédictifs basés sur l'IA doivent faire en sorte de permettre de prévoir les besoins réels et de réduire les ruptures ou les surstocks, diminuant ainsi les gaspillages et les coûts associés. Les GST ont tout intérêt à s'appuyer et à gérer ces outils prédictifs pour optimiser les flux matériels et pharmaceutiques⁸⁶.

L'IA peut également jouer un rôle en soutenant le bien-être et l'organisation du personnel soignant en facilitant une planification plus équitable et réactive et dont les systèmes de planification intelligente s'appuient sur les règles professionnelles et les contraintes organisationnelles pour répartir la charge de travail, gérer les imprévus et limiter le recours à l'intérim, améliorant ainsi la qualité de vie⁸⁷.

RECOMMANDATION V — Cadre national de formation et d'évaluation des systèmes IA

1. Objectif de la recommandation

Cette recommandation propose de mettre en place, à l'échelle nationale, un cadre structuré de formation continue pour préparer les professionnels de santé à utiliser l'intelligence artificielle de manière responsable et sécurisée. L'objectif n'est pas uniquement d'introduire de nouveaux outils, mais d'accompagner une transformation durable des pratiques tout en garantissant que les soignants restent maîtres de leurs décisions cliniques.

L'IA peut améliorer les diagnostics, les parcours de soins et la sécurité des patients, mais ces bénéfices ne seront réels que si les équipes comprennent son fonctionnement, ses limites et les risques associés, notamment les biais et la surconfiance. Les recherches montrent qu'une explication suffisante des outils favorise une utilisation équilibrée, tandis qu'une confiance excessive peut compromettre la précision des décisions⁸⁸.

La recommandation insiste donc sur la création d'un dispositif national de formation continue, adapté à tous les métiers (médecins, infirmiers, ingénieurs, gestionnaires), afin de développer une utilisation critique et non dépendante de l'IA. Elle souligne aussi la nécessité d'évaluer rigoureusement les solutions IA avant leur déploiement : essais cliniques, validations externes, analyses de performance et évaluation des risques.

En combinant formation et évaluation stricte, cette approche vise à garantir une intégration équitable, sûre et cohérente de l'IA dans les établissements marocains, au service de la qualité des soins. L'IA doit rester un outil d'appui au jugement clinique, utilisé de manière transparente et sous supervision humaine.

2. Formation continue

L'efficacité de l'intégration de l'intelligence artificielle dans le système de santé marocain repose sur la nécessité que les professionnels soient dotés des compétences appropriées afin d'assurer un usage responsable de cette technologie. Ainsi, la formation continue représente un levier stratégique crucial, tant pour sécuriser la transition numérique que pour assurer une utilisation juste, bénéfique et éthique des technologies. Dans ce cadre, quatre recommandations prioritaires sont proposées, chacune assortie des acteurs concernés et fondée sur les enseignements de la littérature scientifique internationale.

1. Développer de parcours de formation en IA dans le secteur de la santé :

La recommandation consiste à proposer des parcours de formation progressifs couvrant les fondamentaux de l'IA, ses limites, ses biais potentiels et la nécessité d'une supervision humaine. Ces parcours doivent être adaptés aux différents rôles : compréhension des algorithmes pour les médecins, utilisation des outils et interprétation des résultats pour les paramédicaux, et implications organisationnelles pour les gestionnaires. La littérature confirme que la mise en œuvre de l'IA dépend largement de la compréhension des utilisateurs. Après la formation, les équipes participent plus activement aux décisions relatives à la mise en œuvre et favorisent une intégration responsable des outils dans les pratiques de soins⁸⁹.

2. Approfondir les compétences d'usage critique des IA génératives :

Dans la continuité des initiatives de développement des compétences, il est conseillé d'incorporer un module consacré à l'utilisation critique et sécurisée des IA génératives. Cette formation devrait habiliter les professionnels de santé à cerner clairement les risques inhérents à l'utilisation de ces technologies, afin d'assurer une approche réfléchie et éclairée. L'objectif est d'amener chaque professionnel à reconnaître ce que l'IA peut véritablement apporter, tout en comprenant les circonstances dans lesquelles son utilisation pourrait devenir inappropriée ou risquée, particulièrement lorsque cela a le potentiel d'influencer des décisions cliniques en l'absence de validation humaine⁹⁰.

Ce module devra renforcer les réflexes liés à la vérification systématique, à l'analyse critique des résultats obtenus ainsi qu'à l'identification des incohérences. Cette approche doit être intégrée dans un processus d'appropriation progressive, permettant aux équipes de s'initier aux outils à leur propre rythme tout en maintenant un niveau d'exigence élevé en matière de qualité et de sécurité des soins⁹¹.

3. Mettre en place des programmes de formation spécialisés pour les fonctions clés (DSI, DIM, DPO, chercheurs académiques) :

Un ensemble de formations avancées est destiné aux acteurs clés de la gouvernance des données et de l'implémentation des projets d'intelligence artificielle. Ces programmes spécialisés englobent la cybersécurité hospitalière avancée, l'audit des systèmes, la conformité réglementaire, la gestion des risques numériques, l'optimisation des flux de données et la conduite de projets IA⁹². Le renforcement des compétences de ces fonctions stratégiques sécurise la transformation des établissements et garantit un pilotage institutionnel solide et durable, palliant ainsi le manque d'expertise interne souvent constaté dans la supervision de la qualité, de la sécurité et de l'éthique des usages⁹³.

4. Renforcer le développement des compétences nationales spécialisées en IA clinique

Pour garantir une appropriation durable, homogène et sécurisée de l'intelligence artificielle dans le système de santé marocain, il est recommandé d'intégrer une composante dédiée au développement des compétences nationales spécialisées en IA clinique. Cette approche a pour objectif de structurer un continuum de formation allant de l'enseignement initial à la formation continue certifiante, en cohérence avec les standards internationaux et les besoins opérationnels du terrain.

De ce point de vue, rendre obligatoire une formation continue pour les médecins et les infirmiers apparaît comme un levier essentiel. Elle devra se tourner vers des usages cliniques concrets de l'IA, à savoir la détection précoce assistée, l'interprétation des alertes algorithmiques, l'intégration des résultats dans le raisonnement clinique et la mise en oeuvre d'une décision partagée avec le patient. Les retours d'expérience observés au Royaume-Uni et aux États-Unis montrent que l'intégration de formations obligatoires en santé numérique permet d'améliorer significativement la sécurité d'utilisation des outils et de limiter les erreurs liées à une mauvaise interprétation des systèmes algorithmiques^{94 95}.

En même temps, il semble indispensable d'introduire l'intelligence artificielle dans les programmes des facultés de médecine et des instituts de formation en soins infirmiers, afin de se préparer à l'évolution des pratiques professionnelles. Cette intégration doit englober les bases des algorithmes, les limites et les biais des modèles, mais aussi les questions éthiques et réglementaires qui y sont liées. Des initiatives menées en Europe et au Canada ont montré que l'exposition précoce à ces contenus contribue à une meilleure compréhension critique des outils et prépare les futurs professionnels à évoluer dans des environnements de soins de plus en plus numérisés^{96 97}.

Enfin, la mise en place d'une certification nationale des compétences cliniques en IA est un élément structurant pour garantir un niveau homogène d'expertise à l'échelle du territoire. Cette certification, conforme aux exigences de qualité et de sécurité et articulée avec la recommandation relative à l'intégration opérationnelle de l'IA dans le parcours de soins, permettrait à la fois de valoriser les compétences acquises, de renforcer la confiance des institutions et d'encadrer les usages. Des cadres similaires développés en Australie et en Allemagne dans le domaine de la santé numérique illustrent l'intérêt de dispositifs de certification pour accompagner la transformation des systèmes de santé tout en assurant une gouvernance rigoureuse des compétences.^{98 99}

Dans le contexte marocain, cette dynamique pourrait être déployée progressivement à travers des projets pilotes portés par les centres hospitaliers universitaires, en articulation avec les universités et sous l'impulsion du Ministère de la Santé et de la Protection Sociale. L'intégration dans les dispositifs existants de développement professionnel continu, ainsi que la mise en place de partenariats internationaux, permettraient d'assurer un transfert de compétences efficace et une adaptation des référentiels aux spécificités nationales. Cette approche contribuerait à renforcer la souveraineté du pays en matière de compétences en intelligence artificielle appliquée à la santé, tout en garantissant une utilisation éthique, critique et sécurisée au service de la qualité des soins.

3. Mesure d'impact

L'intégration réussie de l'intelligence artificielle dans le système de santé marocain repose sur une capacité institutionnelle à mesurer, analyser et optimiser de manière continue les résultats effectifs des technologies appliquées. La mesure d'impact devrait constituer un aspect clé de la gouvernance, mobilisant tous les intervenants, notamment GST, ainsi que les DSI, DIM, DPO et les autorités régionales et gouvernementales, afin d'assurer une adoption de l'IA qui soit sécurisée, équitable et bénéfique.

Le cadre national insiste sur la nécessité d'établir une approche d'évaluation exhaustive, allant de la qualité des données aux retombées organisationnelles, en se basant sur les leçons tirées de la recherche scientifique internationale.

1. Définir des indicateurs nationaux harmonisés

Ce projet a pour objectif d'établir un socle national d'indicateurs afin d'évaluer de manière uniforme l'impact des solutions d'intelligence artificielle au sein des établissements de santé. Ce système se doit d'être adopté par le GST, ainsi que par les DSI et DIM, dans le but de comparer la qualité des soins, la sécurité des patients, la réduction des erreurs, les délais de prise en charge et l'efficacité organisationnelle. Le cadre souligne l'importance de réduire les disparités de maturité numérique entre les régions en s'appuyant sur des résultats standardisés et facilement comparables.

Des études mettent en lumière que l'absence d'un référentiel commun est l'un des principaux obstacles à la réussite des projets d'IA, empêchant ainsi de démontrer de manière claire leur valeur clinique. En harmonisant les indicateurs, les établissements de santé et les coordinations régionales des GST pourront s'appuyer sur des données mesurées, fiables et comparables pour guider leurs décisions¹⁰⁰. Le tableau ci-après synthétise les principaux indicateurs cliniques sélectionnés afin d'évaluer de manière standardisée l'impact des solutions d'intelligence artificielle dans les établissements de santé.

Tableau II-1 : Principaux indicateurs cliniques d'évaluation de l'impact des solutions d'intelligence artificielle en santé (recommandé)

Indicateur	Définition / mesure	Utilité pour l'évaluation de l'IA
Sensibilité / Spécificité	Capacité à identifier correctement les vrais positifs / vrais négatifs	Vérifie si l'IA améliore la détection par rapport aux cliniciens
<i>Area Under the Curve (AUC)</i>	Mesure globale de la performance discriminante	Permet de comparer l'IA à des scores cliniques classiques
Valeurs prédictives (VPP/VPN)	Probabilité que le diagnostic soit correct	Essentiel pour juger de la fiabilité en pratique courante
Délai diagnostique	Temps entre la première consultation/examen et le diagnostic	Mesure directe du gain en rapidité diagnostique

Délai thérapeutique	Temps jusqu'à la mise en route du traitement	Vérifie si l'IA accélère la prise en charge thérapeutique
Durée de séjour hospitalier	Nombre de jours d'hospitalisation	Mesure l'impact sur l'efficacité du parcours de soins
Mortalité (intra-hospitalière, 30 jours)	Décès durant ou après hospitalisation	Indicateur ultime de bénéfice clinique
Complications / réadmissions	Événements indésirables ou retour hospitalisation	Évalue si l'IA améliore réellement les <i>outcomes</i>
Faux négatifs graves	Cas cliniques où l'IA se trompe avec conséquence sévère	Garantit la sécurité et évite le sous-diagnostic
Équité de performance	Analyse par âge, sexe, comorbidités, origine	Vérifie absence de biais et équité d'accès aux bénéfices
Taux d'utilisation / <i>override rate</i>	Fréquence d'usage et taux de refus des recommandations	Mesure l'acceptation réelle par les cliniciens
Coût par patient / ressources	Analyse économique des soins	Vérifie si l'IA apporte aussi un gain de coût

2. Mettre en œuvre une évaluation continue avant, pendant et après le déploiement

Dans le respect des orientations définies par le document national, chaque outil d'intelligence artificielle introduit dans le GST doit passer par un processus d'évaluation structuré en trois étapes

complémentaires. Ce cadre vise à assurer que chaque technologie déployée améliore effectivement les soins, tout en protégeant la sécurité des patients et le fonctionnement optimal des établissements.

La phase pré-déploiement, est cruciale pour établir clairement les objectifs cliniques de l'outil, identifier les bénéfices anticipés et anticiper les risques associés. À ce stade, les directions des CHU, les équipes cliniques, ainsi que la DSI et le DIM, examinent les impacts possibles sur les pratiques médicales, les processus internes, la qualité des données et la conformité aux réglementations. Cette préparation est essentielle pour garantir que l'outil répond à un besoin réel tout en s'intégrant de manière cohérente dans l'environnement des soins.

La phase pilote, limitée aux services sélectionnés, permet ensuite de tester l'outil dans des conditions réelles, sous une supervision étroite, avec la participation active de la DSI, du DIM et des équipes soignantes, qui suivent son utilisation au quotidien : La précision des résultats, l'ergonomie, la compatibilité avec les systèmes existants, ainsi que l'appropriation par les utilisateurs et la charge de travail associée, sont des éléments essentiels. Cette étape vise à identifier rapidement les éventuels dysfonctionnements ou impacts imprévus avant un déploiement à grande échelle, tout en garantissant que l'outil respecte les normes de qualité et de sécurité.

De plus, la phase post-déploiement permet un suivi continu après la mise en œuvre à large échelle. Les établissements doivent évaluer l'impact réel de l'outil sur les parcours de soins, la sécurité des patients, la fluidité des processus cliniques et la performance opérationnelle. Une surveillance régulière de ces performances est cruciale, car la littérature scientifique montre que l'efficacité des systèmes d'intelligence artificielle peut changer au fil du temps en raison de la dérive des données.

Une étude de He et al. souligne l'importance pour les équipes techniques et cliniques de monitorer ces évolutions et d'ajuster les outils en conséquence¹⁰¹.

Ces trois phases constituent un cadre cohérent et nécessaire pour garantir une intégration maîtrisée de l'intelligence artificielle dans les établissements de santé. Elles permettent de sécuriser les usages, de préserver la qualité des soins et d'assurer que les CHU et les structures de gestion des soins déploient des technologies alignées sur les priorités du système de santé marocain.

3. Intégrer l'analyse des risques et des effets indésirables

Il est recommandé d'intégrer, au sein de chaque établissement de santé, une analyse structurée des risques dans la mesure d'impact des outils d'intelligence artificielle. Cette évaluation doit couvrir l'ensemble des risques identifiés dans le document national : biais algorithmiques, erreurs générées automatiquement, pertes d'information, dépendance excessive des professionnels aux systèmes numériques et ruptures de qualité des données. Pour garantir une approche exhaustive et cohérente, cette analyse doit être conduite conjointement par les cellules qualité, le DIM, le DPO, les directions des soins et les unités de gestion des risques, afin d'assurer une supervision collective et interdisciplinaire des vulnérabilités associées à l'IA¹⁰².

Les travaux internationaux confirment la nécessité de cette vigilance accrue : la surconfiance envers les systèmes d'IA constitue un facteur majeur d'erreurs cliniques, en particulier lorsque les outils sont utilisés sans supervision adéquate. En intégrant cette analyse des risques au cœur de leur évaluation institutionnelle, les CHU et les établissements des GST renforcent leur capacité à protéger les patients, à prévenir les dérives potentielles et à garantir une utilisation sécurisée et maîtrisée des technologies d'intelligence artificielle¹⁰³.

4. Associer les professionnels à la mesure d'impact

Le GST peut associer de manière systématique les professionnels à la mesure d'impact des outils d'intelligence artificielle. Toute évaluation doit intégrer une analyse approfondie des risques liés à l'usage de l'IA (biais algorithmiques, erreurs automatisées, pertes d'information, dépendance accrue aux outils numériques et ruptures de qualité des données). Cette démarche doit être conduite de manière concertée par les équipes qualité, les DIM, les DPO, et les unités de gestion des risques, afin d'assurer une compréhension globale et partagée des vulnérabilités potentielles. L'objectif est d'identifier, en plus des défaillances techniques, les impacts organisationnels pouvant compromettre la qualité ou la sécurité des soins.

La littérature internationale soutient clairement cette orientation : Babic et al. démontrent que la surconfiance envers les systèmes d'IA demeure un facteur déterminant d'erreurs cliniques, en particulier lorsque les outils sont utilisés sans supervision humaine adéquate¹⁰⁴. En intégrant systématiquement les professionnels aux dispositifs d'évaluation et en valorisant leurs retours terrain, les établissements renforcent leur capacité à anticiper les dérives, à protéger les patients et à ajuster précocement leurs pratiques. Cette approche participative constitue un pilier essentiel d'une

gouvernance responsable et d'un déploiement sécurisé des technologies d'intelligence artificielle dans le système de santé marocain.

5. Assurer une transparence institutionnelle complète

Il est également recommandé de mettre en place un dispositif national de transparence afin que les résultats des évaluations des outils d'IA soient accessibles et partagés entre les GST, et le ministère de la Santé. Ce mécanisme doit prévoir la publication régulière de rapports d'impact, la mise en avant des solutions les plus performantes, l'identification des difficultés rencontrées sur le terrain et la diffusion des bonnes pratiques au sein du réseau hospitalier. Une telle démarche permettrait d'alimenter un retour d'expérience structuré et d'orienter de manière éclairée les décisions de généralisation ou d'ajustement.

Les analyses de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) soulignent que la transparence constitue un levier essentiel pour renforcer la confiance des institutions et faciliter l'intégration des technologies numériques dans les systèmes de santé. En rendant visibles les performances réelles des outils d'IA, les autorités sanitaires peuvent mieux comparer les résultats entre régions, détecter les écarts de mise en œuvre et garantir une équité d'accès aux innovations¹⁰⁵.

En conclusion, la mesure d'impact doit devenir un instrument stratégique partagé par l'ensemble des acteurs du système de santé marocain. En associant des indicateurs harmonisés, une évaluation continue, une analyse rigoureuse des risques, l'implication active des professionnels et une transparence institutionnelle renforcée, les GST seront en mesure d'intégrer l'intelligence artificielle de façon responsable, sécurisée et réellement bénéfique pour les patients.

4. Supervision et traçabilité

L'architecture de supervision et traçabilité vise à assurer la transparence, la responsabilité et la continuité d'amélioration des systèmes d'IA déployés dans le parcours de soins. Cette section décrit les mécanismes institutionnels, techniques et opérationnels nécessaires. L'usage de l'intelligence artificielle et son intégration au volet clinique doivent bien rester encadrés par le professionnel de santé. En effet, la réglementation européenne par exemple et les autorités

médicales insistent sur ce qu'ils ont appelé la "garantie humaine" : tout diagnostic, suivi ou traitement proposé par un système d'IA doit être validé et supervisé par le médecin utilisateur¹⁰⁶.

La HAS France cite dans son communiqué du 30 Octobre 2025 : "Chaque usage doit être conscient, supervisé et raisonné. Bien maîtrisée, l'IA générative peut ainsi devenir une alliée au service de la qualité et de la sécurité des soins et accompagnements"¹⁰⁷. De même pour l'Union européenne, à travers son "*EU AI Act*" (Le règlement sur l'intelligence artificielle) qui a tranché et qui a strictement stipulé qu'aucune IA médicale ne peut fonctionner sans supervision humaine¹⁰⁸.

Ce règlement adopté en 2024, classe les dispositifs d'intelligence artificielle appliqués à la santé parmi les systèmes à haut risque. Et cela implique de nombreuses obligations :

- Garantir une supervision humaine effective : Et cela implique la possibilité d'intervenir, corriger ou stopper le système d'IA à tout moment souhaité.
- Garder une traçabilité et mettre en valeur la transparence : C'est-à-dire que chaque décision, prédiction ou action générée par une IA puis validée doit être documentée et explicable.
- Interdire l'autonomie totale : Un algorithme ne peut poser seul de façon unilatérale un diagnostic ou prescrire un traitement sans validation par un professionnel habilité.

Ces instances valorisent donc le fait que l'IA soit assistante à la décision humaine de façon à ce que le professionnel de la santé soit le « maître de décision ». En pratique, cela signifie notamment qu'il ne suffit pas de faire aveuglément confiance à une recommandation algorithmique : chaque résultat doit être validé (vérification des données chiffrées, des noms de médicaments, etc.) et replacé dans son contexte clinique.

Toutes ces exigences se traduisent dans le parcours de soins par des procédures de signalement et d'audit. À titre d'exemple, toute proposition inappropriée émanant de l'IA doit être notifiée selon une procédure de vigilance spécifique. Les fabricants (fournisseurs) doivent quant à eux prévoir des systèmes de remontée des erreurs, que les déployeurs (établissements de santé) utiliseront pour améliorer à la fois leur pratique individuelle et la performance des algorithmes. La finalité étant d'assurer une chaîne de responsabilité : en cas de complication ou de contestation, on puisse identifier précisément les responsables qu'il s'agisse d'une erreur humaine ou d'un dysfonctionnement algorithmique en s'appuyant sur ce qui est documenté.

L'ensemble de la réglementation et des recommandations de ces différentes instances converge vers un même principe : l'IA en santé n'est qu'un outil d'aide à la décision. Pour garantir la qualité et la sécurité des soins, le médecin doit rester le seps final, capable de comprendre et de contester les résultats.

RECOMMANDATION VI — Certification technique, interopérabilité et sécurité des systèmes d'IA en santé

1. Objectif de la recommandation

Afin d'établir un cadre technique national obligatoire qui garantira l'interopérabilité, la sécurité, la qualité des données et la cohérence des systèmes alimentant ou utilisant l'intelligence artificielle dans le secteur de la santé, nous recourons aux normes d'interopérabilité au niveau des GST pour avoir une langue commune permettant aux différents établissements hospitaliers d'utiliser et de contribuer au même système national. Ceci sera atteint en utilisant les références FHIR, SNOMED CT et LOINC, ce qui permettra la création d'un module reproductible grâce à la conception du système d'information hospitalier (SIH) pour un déploiement au niveau des GST. Le modèle pourra ainsi être déployé dans chaque GST à travers le Maroc sans refonte.

2. Standards techniques et interopérabilité

Les protocoles d'interopérabilité dans le secteur de santé sont indispensables, il serait donc recommandé d'utiliser des codes SNOMED CT et LOINC pour assurer que tout diagnostic sera compris par tous les utilisateurs et tous les systèmes reliés.¹⁰⁹

À titre d'illustration, un infirmier pourra saisir les constantes vitales d'un patient (glycémie et tension) via l'interface du système intelligence artificielle (SIA). Le médecin établira le diagnostic, "diabète type 2" qui ensuite sera codé SNOMED CT : "44054006" et prescrira un traitement via le SIH. Le technicien de laboratoire pourra ensuite saisir le résultat du laboratoire "HbA1c" qui sera codé LOINC : "4548-4". Le secrétaire médical saisira les données administratives, telles que les rendez-vous ou les données démographiques des patients.

Concernant les protocoles de sécurité, il serait opportun de mettre en place un modèle de partage centré sur *Federated Learning* qui repose sur l'entraînement de l'IA, de façon décentralisée, et de manière à ce que toutes les données utilisées pour cet entraînement, restent sécurisées et non déplacées¹¹⁰, la CNDP qui est un cadre technique et légal qui fonctionne avec un intermédiaire permettant aux

Pour garantir une transparence algorithmique concernant les solutions IA utilisées, tout fournisseur fournira une documentation exhaustive décrivant les caractéristiques techniques du modèle (architecture, version, hyperparamètres), les données d'entraînement et de validation, les métriques de performance certifiées et les limites d'utilisation. Cette transparence vise à assurer une pertinence et fiabilité des solutions avant tout achat.

6.3.2 Exigence de code source déposé sous séquestre (escrow)

Afin de préserver la continuité des soins et la souveraineté technologique, tout fournisseur de solution IA se voit dans l'obligation de partager le source code complet de son algorithme auprès d'un tiers de confiance. Ce dépôt inclut le source code exécutable et ses dépendances, une documentation technique et d'exploitation, ainsi que les poids, paramètres et jeux de données d'entraînement et de validations (sous forme anonymisée)

6.3.3 Interdiction des fournisseurs non conformes aux normes nationales

Seuls les fournisseurs dont les solutions ont obtenu le label « IA-Santé Maroc » (ou une certification reconnue équivalente) peuvent être admis à répondre aux appels d'offres des établissements publics. Le registre national des algorithmes (cf. section 6.4.3) servira de référentiel officiel pour vérifier la conformité, dès lors, les fournisseurs qui ne respectent pas les standards techniques (FHIR, SNOMED CT, LOINC), les exigences de sécurité (chiffrement, authentification) ou les règles de protections des données sont exclus de tout marché public dans le secteur de la santé.

4. Labellisation et certification des dispositifs d'IA

Pour assurer l'équité et la fiabilité de l'intelligence artificielle utilisée dans le système de santé au Maroc, il est essentiel d'établir un cadre strict d'évaluation technique et de transparence. Les recommandations ci-après illustrent la composition de ce cadre, organisé autour de deux piliers complémentaires :

1-Un processus rigoureux et graduel de certification qui soumet les algorithmes à des évaluations de robustesse, de cybersécurité et d'équité toujours plus poussées.

2-Un registre national des algorithmes et dispositifs d'IA cliniques unique et inviolable, garantissant le suivi, la transparence et la surveillance constante de tous les modèles validés.

Ces deux composantes créent un environnement de confiance qui favorise à la fois l'innovation et la supervision, indispensables pour une intégration réussie et éthique de l'intelligence artificielle dans le contexte clinique.

6.4.1 Labellisation de performance — Niveaux

Une exigence fondamentale de ce système de labellisation est la création d'un registre national des dispositifs d'IA, géré et supervisé par le ministère de la Santé et la Haute Autorité de Santé (HAS). Ce registre sera la source unique de vérité pour tous les algorithmes certifiés, garantissant une traçabilité complète et un contrôle centralisé.

La supervision réglementaire doit se concentrer sur le modèle déployé, identifié par son *hash*, ses poids et sa version, ainsi que sur les preuves de sa validation. Ce qui appuie sur le besoin d'un registre national qui permettra de retracer chaque utilisation (quel modèle a été utilisé pour chaque prédiction clinique) en indiquant ses performances certifiées, comme l'AUC et le biais, ainsi que le cadre autorisé. Il archive ces métadonnées essentielles de manière immuable, garantissant ainsi une surveillance efficace et une responsabilité claire.

Recommandation pour la labellisation destinée aux développeurs d'IA, aux éditeurs et fournisseurs de solutions de santé, et à toute équipe technique du GST :

1-Niveau de Base : Qualification Initiale

Contexte : Phase pilote préliminaire (Études rétrospectives limitées à quelques centaines de patients).

Exigence de Labellisation :

- a) Validation d'une cybersécurité minimale (authentification, chiffrement des données en transit et au repos).
- b) Détection et documentation des biais démographiques minimaux.^{111 112}

- c) Performance technique minimale ($AUC \geq 0.80$ avec la limite inférieure de l'Intervalle de Confiance à 95 % > 0.75).
- d) Enregistrement minimal des métadonnées dans le registre national.

2-Niveau Intermédiaire : Qualification Avancée

Contexte : Extension après une phase pilote réussie, visant une utilisation prospective auprès de milliers de patients.

Exigence de Labellisation :

- a) Robustesse élargie aux variations cliniques et techniques (changements d'équipe, de protocoles.).
- b) Analyse d'équité intersectionnelle poussée (croisement de plusieurs variables socio-démographiques et cliniques).
- c) Tests de performance multi-contextes dans au moins deux environnements GST différents.
- d) Validation de la reproductibilité technique.
- e) Intégration complète dans le registre national avec métriques détaillées et précises.

3-Niveau Avancé : Qualification d'Excellence

Contexte : Déploiement national et surveillance continue.

Exigence de Labellisation :

- a) Tests adversariaux avancés spécifiques au domaine de la santé.
- b) Validation multi-sites avec coordination entre au moins trois établissements.
- c) Mise en place d'un système de surveillance continue de la performance en vie réelle, avec alertes automatisées en cas de dérive (*model drift*)¹¹³
- d) Audit de conformité réglementaire approfondi.
- e) Engagement contractuel pour la mise à jour et maintenance certifiées dans le registre.

Cette architecture permet une montée en compétence progressive, en alignant le degré de qualification et de surveillance avec le stade d'implantation et le volume de données disponibles, tout en garantissant des exigences élevées en matière d'assurance qualité à chaque étape.

6.4.2 Tests de robustesse et cybersécurité

Pour obtenir le label, tout dispositif devra démontrer une résilience face à plusieurs réalités techniques. Les tests suivants, répartis selon le type et but visé, constituent un référentiel minimum de validation technique.

1. Tests de Robustesse (*Robustness Testing*)

Objectif : Garantir la fiabilité du modèle face aux erreurs courantes.

Tests de couverture étendue (*Adequately High Coverage Testing*):

- a) Tests de mutations : Injection d'erreurs aléatoires dans les données médicales
- b) Tests adversariaux : Attaques ciblées sur les modèles de diagnostic
- c) Tests de dégradation progressive : Réduction contrôlée de la qualité des données d'entrée

Tests de préservation d'ordre (*Order-Preservation Testing*) :

- a) Validation des triages : Vérification que les priorités cliniques sont maintenues
- b) Tests de cohérence décisionnelle : Stabilité des décisions face à des variations mineures¹¹⁴

2. Tests de Cybersécurité (*Cybersecurity Testing*) :

Objectif : Protéger le modèle et le système contre toute attaque.

Tests d'intrusion spécialisés en IA

- a) Attaques par injection de modèles : Manipulation des poids du modèle
- b) Tests d'empoisonnement de données : Injection de données malveillantes pendant l'entraînement
- c) Attaques par extraction de modèle : Tentatives de reconstruction du modèle IA

3. Tests de Détection des Biases (*Bias Testing*)^{115 116}

Objectif : Assurer l'équité du modèle pour l'ensemble de la population marocaine.

Complément aux méthodes SHAP/LIME :

Tests de représentativité démographique :

- a) Analyse de disparité : Métriques d'équité (égalité des probabilités conditionnelles, parité démographique statistique)
- b) Tests d'équité intersectionnelle : Combinaisons de caractéristiques protégées
- c) Validation cross-démographique : Performance par sous-groupes ethniques, genre, âge

Tests de biais cliniques :

- a) Analyse des conditions sous-diagnostiquées : Maladies rares ou populations spécifiques
- b) Tests d'influence des comorbidités : Impact des maladies concomitantes
- c) Validation des seuils décisionnels : Adaptation aux prévalences locales

6.4.3 Registre national des algorithmes

La création d'un registre national des algorithmes est un aspect crucial pour le développement et la labellisation des dispositifs cliniques d'IA Sanitaire. Ce registre a pour objectif d'assurer une transparence totale sur les algorithmes déployés, une traçabilité complète des performances et des mises à jour, un contrôle centralisé par les autorités de santé et un audit facilité par l'Observatoire des Algorithmes Publics (ODAP) et autres organismes de régulation. Il assure une interopérabilité entre tous les établissements de santé et renforce la confiance des professionnels de santé et des patients.¹¹⁷

Les *stakeholders* du registre national des algorithmes sont divers, le ministère de la Santé en tant qu'autorité de supervision et de régulation, les Groupements Sanitaires Territoriaux (GST) en tant qu'utilisateurs finaux et responsables de l'implémentation, les éditeurs et fournisseurs de solutions de santé en tant que mainteneurs des algorithmes.

1. Format technique du registre

Le registre sera implémenté selon les principes suivants :

- 1) Format standardisé : JSON Schema ou XML avec validation FHIR
- 2) API RESTful avec *endpoints* standardisés
- 3) Identifiants uniques
- 4) Hash cryptographique du modèle pour intégrité
- 5) Métriques de performance :
 - a) Sensibilité $\geq 80\%$ pour les diagnostics critiques.
 - b) Équité : déviation de performance (AUC, Sensibilité) $\leq 5\%$ entre sous-groupes démographiques majeurs.
 - c) Performance Globale : AUC ≥ 0.85 avec IC 95% attestant la robustesse de l'estimation.¹¹⁸

2. Métadonnées Obligatoires

L'enregistrement est conditionné à la fourniture complète des métadonnées suivantes :

- 1) Identification : Identifiant unique du modèle
- 2) Responsabilité : Institution développeuse de l'algorithme d'IA
- 3) Cadre réglementaire : Date et référence de la certification, label obtenu, périmètre d'utilisation autorisé.
- 4) Hyperparamètres

Tableau II-2 : Métadonnées obligatoires pour l'enregistrement des modèles d'IA

But	Hyperparamètres obligatoires
Audi & Transparence	<i>model_type, max_depth, number_of_layers, dropout_rate, regularization_strength</i>
Performance & Reproductibilité	<i>learning_rate, batch_size, number_of_epochs, optimizer, random_seed</i>

Ce dispositif ne constitue pas une fin en soi, mais un instrument vivant, appelé à évoluer en fonction de la maturité du tissu national en IA sanitaire et des exigences réglementaires à venir. Son efficacité reposera sur trois conditions essentielles : la rigueur de son alimentation par les établissements déclarants, la régularité des audits conduits par l'ODAP et la HAS, et la capacité du Ministère de la Santé et de la Protection Sociale à en exploiter les données pour orienter la politique nationale de déploiement de l'IA.

À terme, le registre national des algorithmes devra s'articuler avec les autres composantes du cadre proposé dans le présent référentiel — notamment le Socle de données de santé, le système de labellisation progressive et le cadre de formation continue — pour former un écosystème cohérent, où chaque outil d'IA déployé dans un établissement marocain est connu, évalué, tracé et constamment surveillé, au service de la sécurité des patients et de la souveraineté numérique du Royaume.

CONCLUSION

La réussite du déploiement de l'intelligence artificielle au sein du système de santé marocain constitue un impératif stratégique qui exige une approche globale, rigoureuse et échelonnée. Cette démarche doit s'ancrer dans une analyse approfondie du contexte national de transformation digitale, tout en répondant de manière proactive aux enjeux stratégiques majeurs que sont l'amélioration de la qualité des soins, l'optimisation de l'allocation des ressources et le renforcement de la souveraineté sanitaire numérique, ce qui exige une reconnaissance honnête des barrières structurelles et culturelles à l'adoption. Pour concrétiser cette ambition, nous recommandons certaines actions interdépendantes et synergiques, conçues pour créer un écosystème propice, sécurisé et centré sur la création de valeur clinique tangible et mesurable. Ce cadre doit impérativement clarifier les questions fondamentales de responsabilité médico-légale, de modalités de consentement éclairé dans un contexte algorithmique, et de propriété ou de garde des données de santé.

Nous recommandons la construction d'une infrastructure numérique nationale interopérable et sécurisée. Celle-ci s'appuiera sur les Entrepôts de Données de Santé (EDS) des GST et des API standardisées, permettant l'intégration technique fiable des services d'IA via des composants comme le Proxy Query Agent.

Pour éviter un écart entre la promesse technologique et la réalité clinique, l'intégration opérationnelle dans les parcours de soins doit être pilotée avec pragmatisme. Elle doit cibler en priorité des cas d'usage cliniques identifiés comme prioritaires et à forte valeur démontrable, tels que l'aide au diagnostic de la rétinopathie diabétique, la prédiction du risque de septicémie ou l'optimisation des plannings opératoires. Ces outils doivent être conçus avec une ergonomie irréprochable, en étroite collaboration avec les futurs utilisateurs finaux, pour s'insérer de manière fluide et non perturbatrice dans les flux existants, agissant comme des assistants et non comme des obstacles. Cette adoption ne sera durable que si elle s'accompagne d'un programme national ambitieux de développement de compétences, incluant la formation continue des professionnels de santé au numérique et à la littératie algorithmique, ainsi que le développement de filières de formation pour les ingénieurs en données de santé. Parallèlement, un cadre national d'évaluation indépendant et scientifique doit être instauré pour certifier, avant tout déploiement, la performance clinique validée, l'équité et la robustesse des algorithmes proposés sur des données représentatives de la population marocaine.

La concrétisation de cette vision ambitieuse d'hôpitaux marocains intelligents, où l'IA est un levier de progrès clinique maîtrisé, repose sur des engagements politiques et institutionnels forts, soutenus et de long terme, se traduisant par des financements dédiés et une coordination soutenue.

Conflits d'intérêt

L'équipe éditorial déclare n'avoir aucun conflit d'intérêt en lien avec le contenu de ce référentiel. Aucun financement externe n'a été mobilisé pour son élaboration.

BIBLIOGRAPHIE

1. Organisation mondiale de la Santé – Ethics and governance of artificial intelligence for health. Disponible sur : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>
2. World Health Organization – Health data governance in the age of artificial intelligence. Disponible sur : <https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2025-11462-51234-78079>
3. Maroc Digital 2030 (Digital Morocco 2030) – Stratégie nationale de transformation digitale, incluant l'IA. Disponible sur maroc.ma [cité 2025 Déc 21].
4. Ibid. – Détails des scores par dimensions : gouvernance, technologie, données & infrastructures.
5. IMF. AI Preparedness Index. Washington, DC: International Monetary Fund; 2023. Disponible sur : <https://www.imf.org/external/datamapper/AIPINote.pdf> [cité 2025 Déc 21].
6. He J, Baxter SL, Xu J, Xu J, Zhou X, Zhang K. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nat Med.* 2019;25:30–36.
7. Topol E. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Lancet.* 2019;394(10200):121–134.
8. UNESCO. Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle. Paris; 2022.
9. Babic B, Gerke S, Evgeniou T, Cohen IG. Beware explanations from AI in health care. *Science.* 2021;373(6552):284–286. / Price WN, Cohen IG. Regulating AI in health care. *Lancet Digit Health.* 2022;4(8):e558–e559.
10. Price WN, Cohen IG. Regulating AI in health care. *Lancet Digit Health.* 2022;4(8):e558–e559. / Oxford Insights. Government AI Readiness Index 2023. Oxford; 2023.
11. Secrétariat Général du Gouvernement, Actualités nationale du Numérique : Journal de la semaine du 03 novembre 2025, le 08 nov. 2025, Rabat, p. 5.
12. Y. RAZKAOUI, « L'éthique numérique à l'ère de l'intelligence artificielle : enjeux, tensions et perspectives », REMSES, vol. 10, n° 2, 2025, pp. 65-66.
13. A. BENSAMOUN, « Maîtriser les risques de l'intelligence artificielle : entre éthique, responsabilisation et responsabilité », La semaine juridique, éd., LexisNexis, n° 5, fév. 2023, p. 283.
14. O. TAMBOU, « La Convention-Cadre du Conseil de l'Europe sur l'IA : premier traité international encadrant les risques de l'IA sur les droits de l'homme, la démocratie et l'Etat de droit, à la valeur ajoutée incertaine », in Le règlement européen sur l'IA et au-delà : Quel encadrement de l'IA ?, O. TAMBOU et M. SWEENY, éd. Bruylant, Larcier, 2025, p. 295.
15. Da., n°1-02-296, 25 Rejeb 1423 (03 octobre 2002) portant promulgation de la loi n° 65-00 portant code de la couverture médicale de base, BO n° 5058, 21 novembre 2002, p. 1334, en sa version française.
16. Da., n°1-23-24, 16 Joumada I 1445 (30 novembre 2023) portant promulgation de la loi n° 07-22 portant création de la Haute Autorité de Santé, BO n° 7253, 4 décembre 2023, p. 10229, en sa version arabe.

17. B. COOMBS, "Health and science. AI cancer screening programs are booming, but you'll likely have to pay for them yourself", CNBC, mai 2024. Disponible sur : <https://www.cnbc.com/2024/05/30/ai-cancer-screening-is-booming-most-not-covered-by-insurance.html>, consulté le 25/11/2025, à 20:00.
18. ANAM, « Rapport d'activités 2022 – Branche assurance maladie obligatoire. Au service de la généralisation de l'AMO de base », 2022, p. 17.
19. Arrêté du ministre de la santé et de la protection sociale n° 2808-23 du 28 rabii II 1445 (13 novembre 2023) fixant la classification commune des actes médicaux. BO n° 7266 6 rejeb 1445 (18 janvier 2024), p. 176, en sa version française.
20. ISO, « IMANOR, Maroc », disponible sur : <https://www.iso.org/fr/member/1931.html>. Consulté le 27/11/2025, à 02:36.
21. Da., n°1-10-15, 26 Safar 1431 (11 février 2010) portant promulgation de la loi n° 12-06 relative à la normalisation, à la certification et à l'accréditation, BO n° 5822, 18 mars 2010, p. 222, en sa version française.
22. L. n° 12-06, art. 2.
23. Convention-cadre du Conseil de l'Europe sur l'intelligence artificielle et les droits de l'homme, la démocratie et l'État de droit, art. 13.
24. Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées en matière d'intelligence artificielle (Loi sur l'intelligence artificielle).
25. J. EL ANZAOUI, M. MRABTI, A. ELBAHRI, M. ALAMI, A. AMEUR, « Morocco, a New Era of Robotic Surgery », Soc. Int. Urol. J., Vol. 5, 2024, p. 372.
26. Ibid.
27. Ibid.
28. E. RAJIH, C. THOLOMIER, B. CORMIER, V. SAMOUËLIAN, T. WARKUS, M. LIBERMAN, H. WIDMER, J-B. LATTOUF, A. M. ALENIZI, M. MESKAWI, R. VALDIVIESO, P-A. HUEBER, P. I. KARAKEWICZ, A. EL-HAKIM, K. C. ZORN, « Error reporting from the da Vinci surgical system in robotic surgery: A Canadian multispecialty experience at a single academic centre », Can Urol Assoc J, vol. 11, n° 5, 2017, p. 197.
29. Ibid., p. 198.
30. Ibid., p. 201.
31. D. LAMBERT, « L'éthique de la robotique, l'interaction « homme-machine » », Intervention Université de Namur, Académie royale de Belgique, 2014, p. 1. Disponible sur : [https://docs-library.unoda.org/Convention_on_Certain_Conventional_Weapons_-_Informal_Meeting_of_Experts\(2014\)/Dominique%2BLambert%2BLAWS%2Bethical%2B2014.pdf](https://docs-library.unoda.org/Convention_on_Certain_Conventional_Weapons_-_Informal_Meeting_of_Experts(2014)/Dominique%2BLambert%2BLAWS%2Bethical%2B2014.pdf).
32. UNESCO, Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle, 2022, p. 38.
33. Ibid., p. 39.
34. L. n° 07-22, art. 3.
35. L. n° 07-22, art. 3 et 9.
36. L. n° 08-22, art. 4.

37. Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle, art. 11 et 18.
38. Site officiel de NHSE : <https://digital.nhs.uk/services/ai-knowledge-repository>, consulté le 26/11/2025.
39. La HAS française a été créée en 2004, par la loi 2004-810 du 13 août 2004 relative à l'assurance maladie. HAS, « Lois et décrets relatifs à la HAS », avr. 2017. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/jcms/c_407729/fr/lois-et-decrets-relatifs-a-la-has. Consulté le 04/01/2026, à 13:34.
40. HAS, « Comprendre la certification pour la qualité des soins », 2020. Disponible sur : https://www.has-sante.fr/jcms/c_411173/fr/comprendre-la-certification-pour-la-qualite-des-soins. Consulté le 26/11/2025, à 02:59.
41. HAS, « Référentiel de certification des établissements de santé pour la qualité des soins », version 2025, p. 8.
42. Ibid.
43. HAS France, direction de l'amélioration de la qualité et de la sécurité des soins, « Procédure de certification des établissements de santé et des structures visées aux articles L.6133-7, L.6321-1, L. 6147-7 et L.6322-1 du Code de la santé publique », avril 2019, p. 7.
44. Ibid., « Toute demande de récusation d'un expert-visiteur par l'établissement ne peut être réalisée que pour un motif de conflit d'intérêts. Elle est formulée par le représentant légal de l'établissement auprès du directeur de la HAS au plus tard deux semaines suivant la désignation des experts-visiteurs. La HAS instruit la demande et notifie sa décision à l'établissement. »
45. Ministère français de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'espace, « La stratégie française en intelligence artificielle », publié le 18 oct. 2024, consulté sur : <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/la-strategie-francaise-en-intelligence-artificielle-49166> le 25 nov. 2025.
46. Ministère français de l'enseignement supérieur, de la recherche et de l'espace, « 1 an de France 2030 : des résultats concrets et des moyens nouveaux pour la santé numérique », dossier de presse, 2022, p. 1.
47. Ministère français de la Santé et de la Prévention, « Innovation Santé 2030 : 670 M€ pour la santé numérique », publié le 09 juil. 2021, consulté sur G-NIUS : <https://gni.us.esante.gouv.fr/a-la-une/actualites/innovation-sante-2030-670-meu-pour-la-sante-numerique> le 25 nov. 2025.
48. Forrey AW, McDonald CJ, DeMoor G, Huff SM, Leavelle D, Leland DS, et al. Logical observation identifier names and codes (LOINC) database: A public use set of codes and names for electronic reporting of clinical laboratory test results. Clin Chem. 1996;42(1):81. doi:10.1093/clinchem/42.1.81.
49. Tajbakhsh N, Shin JY, Gurudu SR, et al. Convolutional neural networks for medical image analysis: Full training or fine tuning? IEEE Trans Med Imaging. 2016;35(5):1299–1312. doi:10.1109/TMI.2016.2535302.
50. Agughasi V, et al. ResNet-50 vs VGG-19 vs training from scratch: A comparative analysis of the segmentation and classification of pneumonia from chest X-ray images. Global Transitions Proc. 2021;2(2).
51. OECD, 2024, AI in Health: Huge potential, huge risks. Paris, OECD Publishing. Disponible à l'adresse : https://www.oecd.org/en/publications/ai-in-health_2f709270-en.html [dernière consultation le 28 décembre 2025].

52. World Health Organization, 2021, Global strategy on digital health 2020-2025. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible à l'adresse : <https://iris.who.int/handle/10665/344249> [dernière consultation le 26 décembre 2025].
53. Chang W, Owusu-Mensah P, Everson J, Richwine C. Hospital Trends in the Use, Evaluation, and Governance of Predictive AI, 2023-2024. Office of the Assistant Secretary for Technology Policy. Data Brief: 80. September 2025. Disponible à l'adresse : <https://healthit.gov/data/data-briefs/hospital-trends-use-evaluation-and-governance-predictive-ai-2023-2024/> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
54. Alessio Dell'Anna, Mert Can Yilmaz, 2025. AI integration in healthcare: Which European countries are at the forefront?, Euronews. Published on 27/11/2025 – 17:15 GMT+1. Disponible à l'adresse : <https://www.euronews.com/my-europe/2025/11/27/ai-integration-in-healthcare-which-european-countries-are-at-the-forefront> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
55. Haute Autorité de Santé, 2025. Premières clefs d'usage de l'IA générative en santé. Saint-Denis La Plaine: HAS. Disponible à l'adresse : https://www.has-sante.fr/jcms/p_3703115/fr/premieres-clefs-d-usage-de-l-ia-generative-en-sante [dernière consultation le 28 décembre 2025].
56. Société marocaine de cardiologie, October 2022. White Paper on e-health in Morocco. Disponible à l'adresse : <https://smcmaroc.org/wp-content/uploads/2023/01/White-paper-on-e-health-in-Morocco.pdf> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
57. Omari Haraké, O. (2025). Artificial Intelligence in Healthcare in Morocco: Potential, Ethical Challenges, and Responsibility Framework; PM World Journal, Vol. XIV, Issue V, May. Disponible à l'adresse : <https://pmworldlibrary.net/wp-content/uploads/2025/05/pmwj152-May2025-Omari-Harake-Artificial-Intelligence-in-Healthcare-in-Morocco.pdf>
58. World health statistics, 2023. Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240074323>
59. Valois Paul, Marc Julie, Collignon Corinne, Pages Frédérique, Divol-fabre Estelle, 2025. Premières clefs d'usage de l'IA générative en santé. Haute Autorité de santé. Version du 23 octobre 2025. Disponible à l'adresse : https://www.has-sante.fr/jcms/p_3703115/fr/premieres-clefs-d-usage-de-l-ia-generative-en-sante [consulté le 10/01/2026].
60. Wu N, Phang J, Park J, Shen Y, Huang Z, Zorin M, Jastrzebski S, Fevry T, Katsnelson J, Kim E, Wolfson S, Parikh U, Gaddam S, Lin LLY, Ho K, Weinstein JD, Reig B, Gao Y, Toth H, Pysarenko K, Lewin A, Lee J, Airola K, Mema E, Chung S, Hwang E, Samreen N, Kim SG, Heacock L, Moy L, Cho K, Geras KJ. Deep Neural Networks Improve Radiologists' Performance in Breast Cancer Screening. IEEE Trans Med Imaging. 2020 Apr;39(4):1184-1194. doi: 10.1109/TMI.2019.2945514. Epub 2019 Oct 7. PMID: 31603772; PMCID: PMC7427471. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31603772/>
61. Brinker TJ, Hekler A, Enk AH, Klode J, Hauschild A, Berking C, Schilling B, Haferkamp S, Schadendorf D, Holland-Letz T, Utikal JS, von Kalle C; Collaborators. Deep learning outperformed 136 of 157 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. Eur J Cancer. 2019 May;113:47-54. doi:

- 10.1016/j.ejca.2019.04.001. Epub 2019 Apr 10. PMID: 30981091. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30981091/>
62. Valois Paul, Marc Julie, Collignon Corinne, Pages Frédérique, Divol-fabre Estelle, 2025. Premières clefs d'usage de l'IA générative en santé. Haute Autorité de santé. Version du 23 octobre 2025. Disponible à l'adresse : https://www.has-sante.fr/jcms/p_3703115/fr/premieres-clefs-d-usage-de-l-ia-generative-en-sante [consulté le 10/01/2026].
 63. Global antibiotic resistance surveillance report 2025: WHO Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS). Geneva: World Health Organization; 2025. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible à l'adresse : <https://www.who.int/publications/i/item/9789240116337>
 64. Dumas, Mathilde ; Fay, Anne-Florence ; Charpentier, Emmanuel ; Matricon, Julien, 2023. Le jumeau numérique en santé : État des lieux et perspectives d'application à l'hôpital. Paris : médecine/sciences (Med Sci Paris), Vol. 39, n° 12, p. 953-957. Disponible à l'adresse : <https://doi.org/10.1051/medsci/2023163> [consulté le 28 décembre 2025].
 65. Pawar Sachin, 2024. Global Digital Twin in Healthcare Market – Rapport d'analyse de la taille, de la part et des tendances du marché mondial des jumeaux numériques dans le secteur de la santé – Aperçu et prévisions jusqu'en 2032. Global : Data Bridge Market Research. Disponible à l'adresse : <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-digital-twin-in-healthcare-market> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
 66. Artificial Intelligence for Patient Flow: Emerging Health Technologies. 2024 Apr.
 67. Gayan, Hussain M, Zaman M, Khan WA. A health digital twin framework for discrete event simulation based optimised critical care workflows. *npj Digital Medicine*. 2025 Jun 19;8(1).
 68. Bracken A, Reilly C, Feeley A, Sheehan E, Khalid Merghani, Feeley I. Artificial Intelligence (AI) – Powered Documentation Systems in Healthcare: A Systematic Review. *Journal of Medical Systems*. 2025 Feb 18;49(1).
 69. Zamani H, Fereshteh Parvaresh, Mehdi Nasr Isfahani. Optimizing patient flow logistics: strategic challenges, tactical solutions, and future directions. *BMC Health Services Research*. 2025 Oct 21;25(1).
 70. Wolff J, Klimke A, Marschollek M, Kacprowski T. Forecasting admissions in psychiatric hospitals before and during Covid-19: a retrospective study with routine data. *Scientific Reports*. 2022 Sep 23;12(1).
 71. Gayan, Hussain M, Zaman M, Khan WA. A health digital twin framework for discrete event simulation based optimised critical care workflows. *npj Digital Medicine*. 2025 Jun 19;8(1).
 72. Amirsavadvakouhi, A., Mirtajani, SB., et al., 2025. The Role of Artificial Intelligence in the Prediction, Diagnosis, and Management of Sepsis in the Intensive Care Unit (ICU). THE EUROPEAN SOCIETY OF MEDICINE Medical Research Archives, Volume 13 Issue 10. Disponible à l'adresse : <https://esmed.org/MRA/mra/article/view/6564> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
 73. Ding Y, Sohn JH, Kawczynski MG, Trivedi H, Harnish R, Jenkins NW, Lituiev D, Copeland TP, Aboian MS, Mari Aparici C, Behr SC, Flavell RR, Huang SY, Zalocusky KA, Nardo L, Seo Y, Hawkins RA, Hernandez Pampaloni M, Hadley D, Franc BL. A Deep Learning Model to Predict a Diagnosis of Alzheimer Disease by Using 18F-FDG PET of the Brain. *Radiology*. 2019 Feb;290(2):456-464. doi: 10.1148/radiol.2018180958.

- Epub 2018 Nov 6. PMID: 30398430; PMCID: PMC6358051. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30398430/> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
74. Bassin L, Raubenheimer J, Bell D. The implementation of a real time early warning system using machine learning in an Australian hospital to improve patient outcomes. *Resuscitation*. 2023 Jul;188:109821. doi: 10.1016/j.resuscitation.2023.109821. Epub 2023 May 5. PMID: 37150397. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37150397/> [dernière consultation le 28 décembre 2025].
75. International Diabetes Federation. Morocco [en ligne]. [sans date]. Disponible à l'adresse : <https://idf.org/our-network/regions-and-members/middle-east-and-north-africa/members/morocco/> [consulté le 1 mai 2026].
76. WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2020. WHO Europe is focusing on eye screening for people with diabetes. WHO Europe. 13 November 2020. Disponible à l'adresse : <https://www.euro.who.int/en/health-topics/noncommunicable-diseases/diabetes/news/news/2020/11/who-europe-is-focusing-on-eye-screening-for-people-with-diabetes> [consulté le 1 mai 2026].
77. Tahir HN, Ullah N, Tahir M, Domic IS, Prabhakar R, Meerasa SS, Abdelneam AI, Tahir S, Ali Y. Artificial intelligence versus manual screening for the detection of diabetic retinopathy: a comparative systematic review and meta-analysis. *Front Med (Lausanne)*. 2025 May 7;12:1519768. doi: 10.3389/fmed.2025.1519768. PMID: 40400628; PMCID: PMC12092458. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40400628/> [consulté le 01/05/2026].
78. Farahat Z, Zrira N, Souissi N, Benamar S, Belmekki M, Ngote MN, Megdiche K. Application of Deep Learning Methods in a Moroccan Ophthalmic Center: Analysis and Discussion. *Diagnostics (Basel)*. 2023 May 10;13(10):1694. doi: 10.3390/diagnostics13101694. PMID: 37238179; PMCID: PMC10216938. Disponible à l'adresse : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37238179/> [consulté le 01/05/2026].
79. EL GHALI Tanae, 2018. INCIDENCE, EVOLUTION ET FACTEURS PRONOSTIQUES DU SEPSIS EN REANIMATION. Thèse. Doctorat en médecine. Rabat: Université Mohammed V – Faculté de médecine et de pharmacie. Disponible à l'adresse : <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/16756> [consulté le 01/05/2026].
80. Haas R, McGill SC; Authors. Artificial Intelligence for the Prediction of Sepsis in Adults: CADTH Horizon Scan [Internet]. Ottawa (ON): Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health; 2022 Mar. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK596676/> [consulté le 01/05/2026].
81. Solís-García, J., Vega-Márquez, B., Nepomuceno, J.A. et al. Comparing artificial intelligence strategies for early sepsis detection in the ICU: an experimental study. *Appl Intell* 53, 30691–30705 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10489-023-05124-z>. Disponible à l'adresse : <https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-023-05124-z> [consulté le 01/05/2026].
82. European Medicines Agency, 2025. Review of AI/ML applications in medicines lifecycle, 2024, Horizon Scanning Short Report [en ligne]. Amsterdam : European Medicines Agency. Série : EMA/571739/2024. Disponible à l'adresse : https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/review-artificial-intelligence-machine-learning-applications-medicines-lifecycle-2024-horizon-scanning-short-report_en.pdf [dernière consultation le 28 décembre 2025].






83. Choudhury A, Asan O. Role of artificial intelligence in patient safety outcomes: systematic literature review. *JMIR Med Inform.* 2020 Jul 24;8(7):e18599.
84. Bracken A, Reilly C, Feeley A, Sheehan E, Khalid Merghani, Feeley I. Artificial Intelligence (AI) – Powered Documentation Systems in Healthcare: A Systematic Review. *Journal of Medical Systems.* 2025 Feb 18;49(1).
85. Keng C, DiGiorgio A, Ehrenfeld JM, Spear J, Miller BJ. Unburdening Patients and Clinicians Through Automation and Artificial Intelligence: Informatics Strategies for Reducing Administrative Burden. *Journal of Medical Systems.* 2025 Oct 7;49(1).
86. Akande Sodiq Adedunjoye, Enyejo JO. Artificial Intelligence in Supply Chain Management: A Systematic Review of Emerging Trends and Evidence in Healthcare Operations. *International Journal of Scientific Research and Modern Technology.* 2023 Dec 30;3(12):257.
87. Abdalkareem ZA, Amir A, Al-Betar MA, Ekhan P, Hammouri AI. Healthcare scheduling in optimization context: a review. *Health and Technology.* 2021 Apr 10;11(3).
88. Rosenbock D, Peifer A, Reuter L, Stieglitz S, Ziefle M. How explainable artificial intelligence can increase or decrease clinicians' trust in AI applications in health care: systematic review. *J Med Internet Res.* 2023;25:e47807. doi:10.2196/47807. PMID: 39476365.
89. He J et al. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature Medicine.* 2019. / Rajkomar A et al. Ensuring data quality in clinical machine learning. *JAMIA.* 2018.
90. Topol E. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *The Lancet.* 2019.
91. He J et al. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature Medicine.* 2019. / Rajkomar A et al. Ensuring data quality in clinical machine learning. *JAMIA.* 2018.
92. Price WN et al. Regulating AI in health: safeguarding future innovation. *The Lancet Digital Health.* 2022.
93. Haute Autorité de Santé. (2023). Premières clefs d'usage de l'IA générative en santé : Guide pour les professionnels et les organisations. HAS.
94. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med.* 2019;25(1):44–56.
95. NHS England. Artificial Intelligence: How to get it right – Putting policy into practice for safe data-driven innovation in health and care. 2019.
96. Wartman SA, Combs CD. Reimagining medical education in the age of AI. *AMA J Ethics.* 2019;21(2):E146–52. / European Commission. Ethics guidelines for trustworthy AI. 2019.
97. European Commission. Ethics guidelines for trustworthy AI. 2019.
98. Australian Digital Health Agency. National Digital Health Workforce and Education Roadmap. 2020.
99. Braun M, Hummel P, Beck S, Dabrock P. A primer on an ethics of AI-based decision support systems in the clinic. *J Med Ethics.* 2020;46(12):e3.
100. He J. et al. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature Medicine,* 2019. / Babic B. et al. On the dangers of overreliance on AI. *Nature Machine Intelligence,* 2021.
101. He J, Baxter SL, Xu J, et al. The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature Medicine.* 2019;25(1):30–36.

102. Babic B. et al. On the dangers of overreliance on AI. *Nature Machine Intelligence*, 2021.
103. Ibid.
104. Agafonov O, Babic A, Sousa S, Alagaratnam S. Editorial: Trustworthy AI for healthcare. *Front Digit Health*. 2024;6:1427233. doi:10.3389/fgth.2024.1427233.
105. OECD. *Artificial Intelligence in Society*. Paris: OECD Publishing; 2021.
106. Académie nationale de médecine. *Intelligence artificielle et responsabilité médicale. Rapport adopté le 24 septembre 2025*. Paris: Académie nationale de médecine; 2025.
107. Haute Autorité de santé. *L'IA générative en santé : oui, avec un usage responsable*. 2025 Oct 30.
108. Union européenne. Règlement (UE) 2024/1689 du Parlement européen et du Conseil du 13 juin 2024 établissant des règles harmonisées concernant l'intelligence artificielle et modifiant les règlements (CE) n° 300/2008, (UE) n° 167/2013, (UE) n° 168/2013, (UE) 2018/858, (UE) 2018/1139 et (UE) 2019/2144 et les directives 2014/90/UE, (UE) 2016/797 et (UE) 2020/1828 (règlement sur l'intelligence artificielle), 13 juin 2024.
109. Miranda F, Amorim M, Duarte J. An approach for the semantic interoperability of SNOMED. In: *IGI Global eBooks*. 2016. doi:10.4018/978-1-5225-0571-6.ch072.
110. Dutta D. Federated learning: Privacy-preserving machine learning across decentralized devices with insights from the GDPR perspective [Internet]. n.d. Disponible sur : <https://www.semanticscholar.org/paper/7deec1f47624e57b3100a281d4ec6702b36060ec>.
111. Jaganathan D, Chakkaravarthy P. Long-term monitoring and performance evaluation of AI systems. In: *Advances in Computational Intelligence and Robotics Book Series*. 2025. doi:10.4018/979-8-3373-2787-7.ch005.
112. Gichoya JW, Summers RM, Sá RC, Whitney H. Special section guest editorial: Global health, bias, and diversity in AI in medical imaging. *J Med Imaging*. 2024;10(6):061101. doi:10.1117/1.JMI.10.6.061101.
113. Jaganathan D, Chakkaravarthy P. Long-term monitoring and performance evaluation of AI systems. In: *Advances in Computational Intelligence and Robotics Book Series*. 2025. doi:10.4018/979-8-3373-2787-7.ch005.
114. Hamon R, Junklewitz H, Sanchez Martin J. *Robustness and Explainability of Artificial Intelligence*. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2020. Report No.: EUR 30040 EN, JRC119336. ISBN 978-92-76-14660-5. doi:10.2760/57493.
115. Jaganathan D, Chakkaravarthy P. Long-Term Monitoring and Performance Evaluation of AI Systems. In: *Advances in Computational Intelligence and Robotics Book Series*. 2025. Disponible sur : <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-2787-7.ch005>.
116. Gichoya JW, Summers RM, Sá RC, Whitney H. Special Section Guest Editorial: Global Health, Bias, and Diversity in AI in Medical Imaging. *Journal of Medical Imaging*. 2024;10(6):061101. Disponible sur : <https://doi.org/10.1117/1.jmi.10.6.061101>.
117. Papadopoulou E, Gerogiannis D, Namorado J, Exarchos TP. An "Algorithmic Ethics" Effectiveness Impact Assessment Framework for Developers of Artificial Intelligence (AI) Systems in Healthcare. *ASEAN Journal of Psychiatry*. 2024;10(4). Disponible sur : <https://doi.org/10.54615/2231-7805.10.4.382>.

118. GeeksforGeeks. AUC-ROC Curve in Machine Learning [Internet]. 2024 [cited 2024 Nov 15]. Disponible sur : <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/auc-roc-curve/>

TABLE DES ANNEXES

Annexe	Intitulé	Page
Annexe II-1	Infrastructure technique intégrée pour le traitement, le stockage et l'apprentissage fédéré des données de santé	15
Annexe II-2	Diagramme de séquence illustrant l'architecture et les protocoles d'échange de données (recommandé)	54

	 CdE / CAHAJ CONSEIL DE L'EUROPE	 Commission européenne CE / GEHN IA	 Règlement CE	 OCDE	 UNESCO
Droits de l'homme	5				
Responsabilité	5				
Transparence	5				
Équité, non-discrimination	4				
Intervention et supervision humaines	4				
Sécurité et robustesse	4				
Dignité humaine	3				
Diversité	3				
Protection des données et de la vie privée	3				
Bien-être	2				
Données et gouvernance des données	2				
Démocratie	1				
Documentation technique	1				
Durabilité	1				
Environnement	1				
État de droit	1				
Gestion des risques	1				
Gouvernance et collaboration multipartites et adaptatives	1				
Proportionnalité et innocuité	1				
Sensibilisation et éducation	1				
Sociétés pacifiques, justes et interconnectées	1				
Mesures juridiques fondées sur les droits de l'homme	6	4	2	3	6
Mesures politiques et sociales	1	2	0	1	8
Mesures techniques	2	4	6	2	3

GLOSSAIRE DES ACRONYMES

HAS	Haute Autorité de Santé
IA	Intelligence Artificielle
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
CDSS	Clinical Decision Support System — Système d'aide à la décision clinique
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
CNDP	Commission Nationale de Contrôle de Protection des Données à Caractère Personnel
GST	Groupement Sanitaire Territorial
AMO	Assurance Maladie Obligatoire
NGAP	Nomenclature Générale des Actes Professionnels
ANAM	Agence Nationale d'Assurance Maladie
IMANOR	Institut Marocain de Normalisation
SIA	Systèmes d'Intelligence Artificielle
CCAM	Classification Commune des Actes Médicaux
DSI	Direction des Systèmes d'Information
DPO	Data Protection Officer / Délégué à la Protection des Données
DIM	Division de l'Informatique et des Méthodes

FHIR	Fast Healthcare Interoperability Resources
SNOMED CT	Systematized Nomenclature of Medicine — Clinical Terms
LOINC	Logical Observation Identifiers Names and Codes
AUC	Area Under the Curve
IC	Intervalle de Confiance
SHAP	SHapley Additive exPlanations
LIME	Local Interpretable Model-agnostic Explanations
ADD	Agence de Développement du Digital
CIR	Crédit d'Impôt Recherche
CII	Crédit d'Impôt Innovation
UNESCO	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

