

# L'intelligence artificielle a-t-elle un rôle dans la prise en charge de l'ostéoporose?

COLIN VENDRAMI<sup>a,\*</sup>, GUILLAUME GATINEAU<sup>a,\*</sup>, Dre ENISA SHEVROJA<sup>a</sup>, Dre ELENA GONZALEZ RODRIGUEZ<sup>a</sup>, Pr OLIVIER LAMY<sup>a,b</sup> et Pr DIDIER HANS<sup>a</sup>

Rev Med Suisse 2023; 19: 752-5 | DOI : 10.53738/REVMED.2023.19.823.752

**L'ostéoporose représente un fléau important, à l'échelle individuelle mais aussi sociétale. Avec le vieillissement de la population, le nombre de patients concernés augmente de manière considérable. Des applications basées sur des modèles d'intelligence artificielle nous apportent des solutions de plus en plus concrètes, à chaque étape de la prise en charge de l'ostéoporose: dépistage, diagnostic, prise en charge médicamenteuse et évaluation pronostique. L'implémentation de tels modèles pourrait aider les professionnels de santé, aussi bien dans l'optimisation du flux du travail que dans la prise en charge clinique du patient.**

## Does artificial intelligence have a role in osteoporosis management?

*The individual and societal burden of osteoporosis is high and will continue to increase due to the demographic situation. Applications based on artificial intelligence models can provide concrete solutions at each step of the management of osteoporosis: screening, diagnostic, therapy management and prognostic assessment. The implementation of such models could assist clinicians in their workflow while improving overall patient care.*

## INTRODUCTION

L'ostéoporose touche 1 femme sur 2 et 1 homme sur 5 de plus de 50 ans et représente un important fléau social. En Suisse, les coûts directs et indirects ont été estimés à 3,4 milliards en 2019, dont uniquement 1,7% concerne le traitement pharmacologique.<sup>1</sup> De plus, cette problématique est exacerbée par une population vieillissante dans un système de santé déjà sous tension. Le diagnostic de l'ostéoporose est clinique lorsqu'un.e patient.e se présente avec une fracture à basse intensité (chute de sa hauteur ou fracture spontanée), ou densitométrique lorsque la valeur de densité osseuse est plus de 2,5 déviations standards en dessous de la moyenne d'une population de référence. Bien que l'ostéoporose ait été extensivement étudiée, certaines étapes de la prise en charge pourraient encore être améliorées.

L'intelligence artificielle (IA) connaît un essor exponentiel depuis plusieurs années au vu de l'accumulation de données

pouvant être analysées (cohortes, bases de données, dossiers médicaux informatisés) et de l'amélioration de la puissance computationnelle.<sup>2</sup> Le terme IA est utilisé pour décrire des algorithmes qui imitent les fonctions cognitives et les mécanismes d'apprentissage. En d'autres termes, les données (data et big data) et l'apprentissage machine (machine learning) sont à l'IA ce que l'expérience et l'apprentissage sont à l'humain pour former son intelligence. On pourrait dire que la combinaison des deux forme une intelligence augmentée. Dans le domaine médical, l'IA permet non seulement une approche similaire à l'Evidence Based Medicine en se basant sur des analyses semi-automatisées et probabilistes d'un grand nombre de données, mais peut aussi fournir un résultat personnalisé sur la base des données individuelles.

À partir de deux revues qualitatives de la littérature par Smets et coll.<sup>3</sup> et Gatineau et coll. (en cours), nous avons extrait quelques articles proposant des solutions basées sur des modèles d'IA, pour chacune des étapes de la prise en charge de l'ostéoporose, en termes de préventions primaire, secondaire et tertiaire (**figure 1**).

## PRÉVENTION PRIMAIRE

La prévention primaire de l'ostéoporose vise à diminuer son incidence en ciblant les facteurs favorisant son apparition chez des personnes saines (sédentarité, apports calciques insuffisants, déficit en vitamine D, etc.). À ce stade, l'approche est populationnelle et la démarche préventive.

### Étudier les facteurs de risque

Des algorithmes d'IA permettent d'examiner, de manière plus approfondie, la présence d'éventuels facteurs de risque pour prédire le développement d'une ostéopénie ou d'une ostéoporose dans une population saine. L'IA parvient à rechercher certains facteurs de risque non étudiés à ce jour car trop éloignés d'une logique clinique. Ainsi, des algorithmes ont permis de:

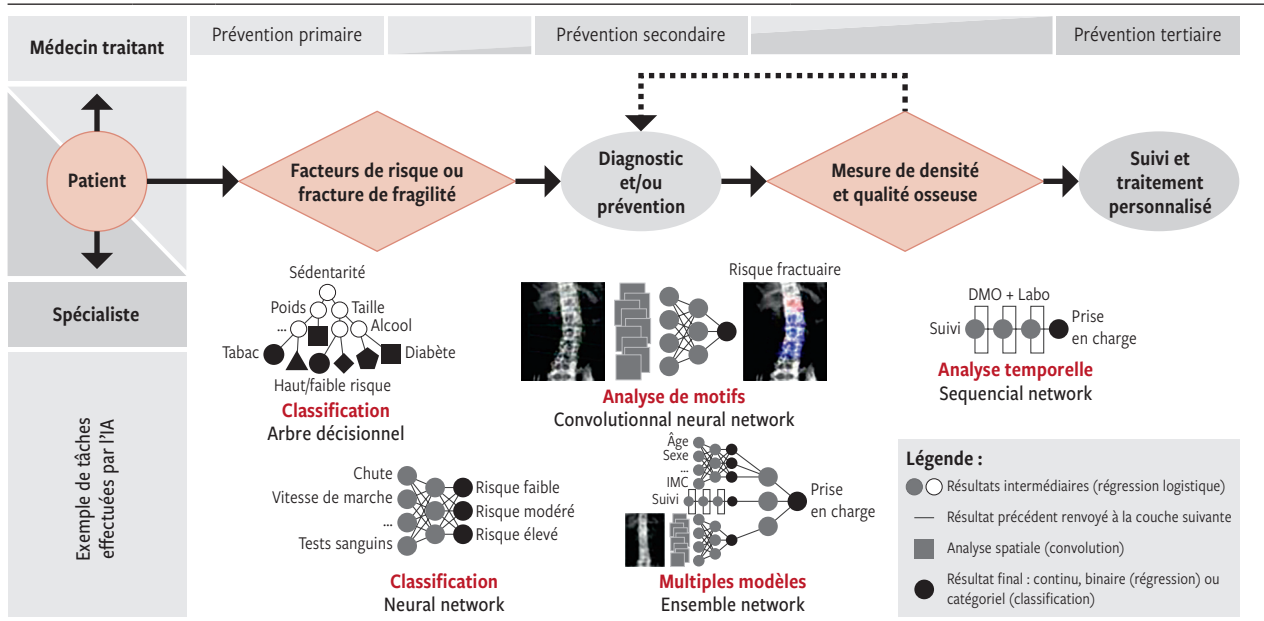
- classifier le risque de chute chez les sujets âgés en utilisant des arbres décisionnels, selon des données démographiques et cliniques (diagnostics, prescriptions, utilisation des soins, etc.).<sup>4</sup>
- Classifier le risque d'ostéoporose densitométrique en dehors des plages d'âge recommandées, sur la base de paramètres démographiques (salaire, logement) et cliniques (poids, taille, valeurs de laboratoire, nutrition, hydratation, etc.).<sup>5</sup>

<sup>a</sup>Centre interdisciplinaire des maladies osseuses, Département de l'appareil locomoteur, Centre hospitalier universitaire vaudois, 1011 Lausanne, <sup>b</sup>Service de médecine interne, Centre hospitalier universitaire vaudois, 1011 Lausanne

\*Ces deux auteurs ont contribué de manière équivalente à la rédaction de cet article. colin.vendrami@chuv.ch | guillaume.gatineau@chuv.ch | enisa.shevroja@chuv.ch | elena.gonzalez-rodriguez@chuv.ch | olivier.lamy@chuv.ch | didier.hans@chuv.ch

**FIG 1** Intelligence artificielle et prise en charge de l'ostéoporose

Exemple de tâches effectuées par des algorithmes d'intelligence artificielle dans la prise en charge de l'ostéoporose.  
DMO: densité minérale osseuse; IMC: indice de masse corporelle.



## PRÉVENTION SECONDAIRE

La prévention secondaire vise à améliorer le pronostic de l'ostéoporose par une prise en charge précoce. En Suisse, la population à risque n'est pas suffisamment dépistée et certaines étapes de la démarche diagnostique pourraient être encore améliorées.<sup>1</sup> Ici, l'approche est plus individuelle et la démarche préventive et/ou diagnostique.

### Dépister de façon opportuniste

Le dépistage opportuniste de l'ostéoporose consiste à identifier une personne à risque élevé d'ostéoporose ou de fragilité osseuse lorsqu'elle consulte pour d'autres raisons médicales. Des applications basées sur l'IA permettraient, par exemple, de:

- détecter un patient à haut risque d'ostéoporose à partir d'une radiographie dentaire et de facteurs de risque, en utilisant un modèle ensembliste (agrégation de plusieurs modèles d'IA).<sup>6</sup>
- Prédire un risque d'une diminution accrue de densité osseuse sur la base de facteurs socio-culturels, du style de vie (alimentation, activité physique) et d'un score de syndrome métabolique (tour de taille, pression systolique, glucose et lipides sanguins à jeun).<sup>7</sup>
- Distinguer les patients à haut ou bas risque de fracture, sur la base de facteurs de risque (âge, densité osseuse, fracture antérieure, etc.) et de valeurs biologiques (calcium, albumine, vitamine D, etc.).<sup>8</sup>

### Renforcer le diagnostic

Le diagnostic de l'ostéoporose peut s'avérer difficile, notamment avec la complexité d'interprétation des examens d'imagerie et des facteurs de risque. L'analyse de données par un

modèle d'IA peut être corroborée à l'analyse du spécialiste et ainsi appuyer la prise de décision ou détecter certaines caractéristiques de santé osseuse parfois non perceptibles. L'analyse d'image par IA permet, entre autres, de minimiser la variabilité humaine. Par exemple, des modèles d'IA ont permis de:

- détecter une/des fracture(s) vertébrale(s) en analysant une radiographie, ses pixels et leur relation spatiale, par réseau de neurones convolutionnels.<sup>9</sup>
- Localiser et classifier une fracture fémorale sur des radiographies de hanche par un réseau de neurones convolutionnels entraîné sur des radiographies labellisées par 2 à 5 experts.<sup>10</sup>
- Prédire une fracture chez des sujets diabétiques à risque d'ostéoporose par un modèle ensembliste, sur la base de données cliniques (statut vaccinal, âge) et paracliniques (albumine, créatinine, HbA1c, phosphatase alcaline, etc.).<sup>11</sup>

### Améliorer la prédiction du risque fracturaire

Les algorithmes d'IA peuvent analyser les données cliniques et radiologiques pour finalement classer les patients à faible, moyen ou haut risque de fracture. Un exemple d'algorithme est celui d'un arbre décisionnel permettant de prédire la fracture, développé sur la base des résultats de densité osseuse, d'un score d'arthralgie, de la créatinine, de l'homocystéine, de tests hépatiques, du score trabéculaire osseux (TBS) et d'autres variables.<sup>12</sup> Un tel modèle aurait notamment démontré de meilleures performances que le FRAX, l'outil de prédiction du risque fracturaire le plus utilisé en Suisse.

## PRÉVENTION TERTIAIRE

La prévention tertiaire vise à diminuer les complications telles qu'une 2<sup>e</sup> fracture ostéoporotique. On est sur une

approche individuelle, avec une démarche thérapeutique et préventive. En Suisse, 82% des patients avec un risque de fracture au-dessus du seuil thérapeutique ne sont pas traités.<sup>1</sup> Ce chiffre impressionnant est principalement expliqué par l'absence de politique de santé ciblée sur cette pathologie, le manque de ressources, limitant le remboursement de certaines prestations, le manque de personnel disponible et formé. Par ailleurs, du côté médical et des modalités de remboursements des traitements, de nombreuses questions subsistent dans le choix et la séquence thérapeutiques.

### Prédire le pronostic et aiguiller le parcours médical

Décider entre un traitement anabolisant et/ou un antirésorbeur osseux peut être complexe. Certes, des approches basées sur la combinaison de la densité osseuse, la mesure de la microarchitecture (TBS) et les probabilités de fracture à dix ans (FRAX) existent mais des algorithmes d'IA peuvent être utilisés pour évaluer mais aussi optimiser ces protocoles thérapeutiques et la réponse aux différents traitements en fonction des besoins individuels. Les interventions deviendraient de plus en plus efficaces. Dans ce contexte, l'IA a notamment permis de:

- prédire la qualité de réhabilitation<sup>13</sup> ou le taux de survie<sup>14</sup> chez un patient ayant subi une fracture fémorale.
- Prédire l'évolution du patient en fonction de ses données antérieures et actuelles: densitométriques, thérapeutiques, démographiques, diagnostiques, biologiques et pharmacologiques, afin de choisir le meilleur traitement.<sup>15</sup>

### Autonomiser et suivre le patient

La compliance thérapeutique est l'étape ultime de toute prise en charge, l'objectif étant notamment de rendre le patient autonome dans sa prise en charge. On pourrait imaginer créer des modules d'apprentissage, de suivi et de conseils personnalisés sur la base d'IA d'analyse de langage (par exemple, ChatGPT de OpenAI). À ce jour, aucun algorithme d'IA ne traite de cette problématique dans le cadre de l'ostéoporose. D'ailleurs, par le biais du modèle d'Engel (1977), l'utilisation d'IA dans l'ostéoporose aurait surtout été étudiée dans des perspectives «biologiques» de la maladie, laissant de côté les aspects psychologiques et sociaux.

### CONCLUSION

En pratique, le jugement clinique prime. Ce bref résumé sélectif de la littérature montre des solutions simples, basées sur des algorithmes complexes, qui pourraient faciliter et

améliorer la prise en charge des patients et de leur santé osseuse, dans chaque étape de la maladie. Nous n'avons pas insisté sur l'optimisation des flux du travail mais il est évident que ces approches ont aussi pour objectif de soulager un système de santé sous tension. Une implémentation de tels modèles d'IA doit toutefois se faire en résonance avec les différents acteurs de soins et les patients. Un exemple classique d'innovation nous vient du dossier médical électronique. Celui-ci est évidemment indispensable au vu de ses nombreux avantages mais il garde certaines barrières d'ergonomie, d'interopérabilité et de flexibilité. Ce genre de difficultés ralentit l'utilisation et l'implémentation de telles nouveautés. Des outils dérivés de modèles d'IA devraient donc être directement intégrés de façon fluide dans le parcours médical du patient, de façon à faciliter la prise en charge et non pas la complexifier.

**Conflit d'intérêts:** Les auteurs n'ont déclaré aucun conflit d'intérêts en relation avec cet article.

**ORCID ID:**

C. Vendrami: <https://orcid.org/0000-0002-0606-7279>

G. Gatineau: <https://orcid.org/0000-0002-8440-391X>

E. Shevroja: <https://orcid.org/0000-0001-6338-2948>

E. Gonzalez Rodriguez: <https://orcid.org/0000-0001-6512-6008>

O. Lamy: <https://orcid.org/0000-0003-3684-2376>

D. Hans: <https://orcid.org/0000-0003-1826-5958>

### IMPLICATIONS PRATIQUES

L'implémentation de modèles d'IA dans le domaine de l'ostéoporose permet/permétrait:

- de soulager, par une optimisation des flux du travail, le système de santé actuellement sous tension.
- D'accélérer et faciliter certaines étapes de la prise en charge clinique du patient.
- D'analyser des données précliniques, cliniques et paracliniques pour détecter, classifier ou prédire des paramètres de santé osseuse.
- Dans un moyen terme, de prédire le meilleur parcours de santé pour nos patients.

1 \*\*Kanis JA, Norton N, Harvey NC, et al. SCOPE 2021: a new scorecard for osteoporosis in Europe. Arch Osteoporos. 2021 Jun 2;16(1):82. DOI: 10.1007/s11657-020-00871-9.

2 Beam AL, Kohane IS. Big Data and Machine Learning in Health Care. JAMA. 2018 Apr 3;319(13):1317-8. DOI: 10.1001/jama.2017.18391.

3 \*Smets J, Shevroja E, Hügle T, Leslie WD, Hans D. Machine Learning Solutions for Osteoporosis – A Review. J Bone Miner Res. 2021 May;36(5):833-51.

DOI: 10.1002/jbmr.4292.

4 Ye C, Li J, Hao S, et al. Identification of elders at higher risk for fall with statewide electronic health records and a machine learning algorithm. Int J Med Inform. 2020 May;137:104105. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2020.104105.

5 Park HW, Jung H, Back KY, et al. Application of Machine Learning to Identify Clinically Meaningful Risk Group for Osteoporosis in Individuals Under the Recommended Age for Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. Calcif Tissue Int.

2021 Dec;109(6):645-55. DOI: 10.1007/s00223-021-00880-x.

6 Sukegawa S, Fujimura A, Taguchi A, et al. Identification of osteoporosis using ensemble deep learning model with panoramic radiographs and clinical covariates. Sci Rep. 2022 Apr 12;12(1):6088. DOI: 10.1038/s41598-022-10150-x.

7 Cheng CH, Lin CY, Cho TH, Lin CM. Machine Learning to Predict the Progression of Bone Mass Loss Associated with Personal Characteristics and a

Metabolic Syndrome Scoring Index. Healthcare (Basel). 2021 Jul 28;9(8):948. DOI: 10.3390/healthcare9080948.

8 de Vries BCS, Hegeman JH, Nijmeijer W, et al. Comparing three machine learning approaches to design a risk assessment tool for future fractures: predicting a subsequent major osteoporotic fracture in fracture patients with osteopenia and osteoporosis. Osteoporos Int. 2021 Mar;32(3):437-49. DOI: 10.1007/s00198-020-05735-z.

9 Monchka BA, Schousboe JT, David-

son MJ, et al. Development of a manufacturer-independent convolutional neural network for the automated identification of vertebral compression fractures in vertebral fracture assessment images using active learning. *Bone*. 2022 Aug;161:116427. DOI: 10.1016/j.bone.2022.116427.

10 Murphy EA, Ehrhardt B, Gregson CL, et al. Machine learning outperforms clinical experts in classification of hip fractures. *Sci Rep*. 2022 Feb 8;12(1):2058.

DOI: 10.1038/s41598-022-06018-9.

11 Chen Y, Yang T, Gao X, Xu A. Hybrid deep learning model for risk prediction of fracture in patients with diabetes and osteoporosis. *Front Med*. 2022 Jun;16(3):496-506. DOI: 10.1007/s11684-021-0828-7.

12 Kong SH, Ahn D, Kim BR, et al. A Novel Fracture Prediction Model Using Machine Learning in a Community-Based Cohort. *JBMR Plus*. 2020 Feb 10;4(3):e10337. DOI: 10.1002/jbm4.10337.

13 Shtar G, Rokach L, Shapira B, Nissan R, Hershkovitz A. Using Machine Learning to Predict Rehabilitation Outcomes in Postacute Hip Fracture Patients. *Arch Phys Med Rehabil*. 2021 Mar;102(3):386-94. DOI: 10.1016/j.apmr.2020.08.011.

14 Kitcharanant N, Chotiyarnwong P, Tanphiriyakun T, et al. Development and internal validation of a machine-learning-developed model for predicting 1-year mortality after fragility hip fracture. *BMC*

*Geriatr*. 2022 May 24;22(1):451. DOI: 10.1186/s12877-022-03152-x.

15 Tanphiriyakun T, Rojanasthien S, Khumrin P. Bone mineral density response prediction following osteoporosis treatment using machine learning to aid personalized therapy. *Sci Rep*. 2021 Jul 5;11(1):13811. DOI: 10.1038/s41598-021-93152-5.

\* à lire

\*\* à lire absolument