

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

Tableau 1 - Applications en dentisterie restauratrice et endodontie

Auteur (Année)	Pathologies	Objectif	Nombres d'études et de radiographies évaluées (n=)	Tâches et Algorithmes utilisés	Performance/ Résultats	Avantages et limites
Albano <i>et al.</i> [9] (2024)	Lésions carieseuses	Analyser les performances diagnostiques de détection des lésions carieuses des modèles IA.	6 études : - Lian <i>et al.</i> (89) - Vinayahalingam <i>et al.</i> (100) - Hur <i>et al.</i> (792) - De Araujo Faria <i>et al.</i> (15) - Zhu <i>et al.</i> (124) - Zadrozny <i>et al.</i> (30) 1 150 images	Détection - ML - DL - CNN - ANN - DCNN	- Sensibilité : 0,44 à 0,86 (moyenne : 0,75). - Exactitude : 0,73 à 0,98. - AUC : 0,84 à 0,98. - IoU : 0,3 - 0,4 et 0,78. - F1: 0,64 à 0,92. - Dice coefficient : 0,66 à 0,88. Détection et classification : DL et cliniciens comparables à celles des dentistes	Efficacité accrue, précision, utilisation clinique / Hétérogénéité des données, manque de standardisation, échantillons limités, manque de validation clinique des modèles, performances différentes en fonction des fabricants et des institutions
Negi <i>et al.</i> [4] (2024)	Lésions carieseuses	Résumer l'application et l'efficacité des modèles d'IA dans le diagnostic et la détection	2 études : - Prados-Privado <i>et al.</i> - Khanagar <i>et al.</i> Nombre total d'images non rapportées	Détection - SVM - CNN - ANN (Perceptron Multicouche...)	- Sensibilité : 0,59 à 0,99 - Spécificité : 0,11 à 98. - Exactitude : 0,69 à 0,99. - AUC: 0,69 à 0,99. - Détection des caries, qui variait de 65,7 % pour	

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

		des caries dentaires.			RetinaNet à 99,1 % pour VGG Net-16. DL : Test de détection, de segmentation et de classification des caries : Sensibilité : 25 % à 99,7 %	
Zanini <i>et al.</i> [8] (2024)	Lésions carieuses	Standardiser et améliorer les diagnostics pour optimiser les soins dentaires.	11 études : - Al Kheraif <i>et al.</i> (1500) - Verma <i>et al.</i> (250) - Lakshmi <i>et al.</i> (1900) - Choudhary <i>et al.</i> (470) - Lian <i>et al.</i> (1160) - Vinayahalingam <i>et al.</i> (400) - Fariza <i>et al.</i> (476) - Kim <i>et al.</i> (10 000) - Zhu <i>et al.</i> (1159) - Oztekin <i>et al.</i> (562) - Dayı <i>et al.</i> (10 000) 27 877 images	Classification et segmentation - DL : U-Net, DenseNet, ResNet, YOLO. - Apprentissage supervisé classique : SVM ou réseaux neuronaux traditionnels, moins fréquents.	- IoU - Dice coefficient Performante pour détecter des caries modérées ou avancées, mais rencontrent des difficultés pour les lésions précoces.	Amélioration de la sensibilité de détection des lésions précoces, automatisation des modèles, réductions des biais humains / Taille des échantillons, hétérogénéité des données, manque de validation clinique des modèles

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

Sivari <i>et al.</i> [5] (2023)	Lésions carieuses, Endodontie, Anomalies dentaires, Parodontologie	Évaluer l'application des modèles de DL pour détecter les maladies bucco-dentaires.	54 études 12 179 images	Détection, classification et segmentation - CNN : ResNet, DenseNet, U-Net, Faster R-CNN, YOLO. - Préapprentissage et transfert d'apprentissage : optimiser les performances sur des bases de données limitées. Segmentation (U-Net) utilisée comme prétraitement avant classification.	- Sensibilité : 0,81 à 0,99 - Spécificité : 0,86 - Exactitude : 0,70 à 0,99 - AUC : 61,86 à 99 % - F1 : 75 à 93 %.	Automatisation, Précision, Accessibilité / Taille des échantillons, hétérogénéité des données, manque de validation clinique des modèles
Hartman <i>et al.</i> [13] (2024)	Anomalie dentaire	Détection des anomalies dentaires en odontologie pédiatrique à partir de DL.	5 études : - Ahn <i>et al.</i> (1100) - Ha <i>et al.</i> (612) - Kim <i>et al.</i> (988) - Okazaki <i>et al.</i> (150) - Dai <i>et al.</i> (850)	Détection Modèles CNN avancés : YOLOv3, ResNet, Inception-	- Exactitude : 0,65 à 97,5 (moyenne : 0,85) - Précision maximale de YOLOv3	Efficacité, précision / Peu d'étude, variabilité des résultats, biais de sélection des articles

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

			3 700 images	ResNet-V2, AlexNet et VGG16. Approches spécifiques : DMLNet (Deep Mesiodens Localization Network) et Deeplab-V3plus pour la segmentation automatique des régions d'intérêt (ROI).	- Dents surnuméraires et mésiodens - Sensibilité : 0,70 à 0,97 (moyenne : 0,87) - Sensibilité maximale de ResNet-V2 avec une segmentation automatique des zones d'intérêts. - Sensibilité plus faible pour les odontomes	
Sadr <i>et al.</i> [11] (2023)	Endodontie	Déterminer l'efficacité des modèles de DL dans la détection des lésions apicales.	4 études : - Endres <i>et al.</i> (3099) - Ekert <i>et al.</i> (2579) - Krois <i>et al.</i> (1300) - Bayrakdar <i>et al.</i> (470) 7 448 images	Détection - Modèles CNN, U-Net, ResNet, YOLO - Autres architectures avancées.	Classification : - Sensibilité : 0,65 à 0,97 - Spécificité : 0,87 à 0,94 Segmentation : - Sensibilité : 0,51 à 0,95 - Spécificité : 0,88 à 0,99 - Précision : 0,64 à 0,90 Détection :	Efficacité diagnostique, automatisation, adaptabilité / Taille des échantillons, hétérogénéité des données, manque de validation clinique des modèles

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

					• Sensibilité : 0,53 à 0,80 • Spécificité : 0,53 à 0,97 • Précision : 0,42 à 0,95	
Khanagar <i>et al.</i> [12] (2023)	Endodontie	Évaluer les performances des modèles d'IA en endodontie.	5 études : • Ekert <i>et al.</i> (85) • Fukuda <i>et al.</i> (300) • Endres <i>et al.</i> (197) • Jeon <i>et al.</i> (2040) • Bayrakdar <i>et al.</i> (470) 3092 images	Détection, classification et segmentation • CNN : ResNet et U-Net, souvent combinés à des méthodes de transfert d'apprentissage.	Fractures radiculaires : • Précision : 0,75 à 0,93 Détection des lésions périapicales : • Sensibilité : 0,65 à 0,97. • Spécificité : 0,87 à 0,98. • Précision moyenne : 0,6 Morphologie canalaire : • Sensibilité : 0,92 • Spécificité : 0,95 • Exactitude : 0,87 • Précision : 0,96	Efficacité, applications variées / Taille des échantillons, hétérogénéité des données, manque de validation clinique des modèles
Mohamm ad-Rahimi <i>et al.</i> [10] (2022)	Lésions carieuses	Analyser les performances diagnostiques de détection des lésions carieuses des	3 études : • Lakshmi <i>et al.</i> (1900) • Vinayahaling-am <i>et al.</i> (500) • Haghanifar <i>et al.</i> (1838)	Détection • CNN : AlexNet et MobileNet V2.	• Spécificité : 0,86 • Exactitude : 86,1 à 96,1 % • Scores F1 : 0,87 à 0,98	Précision, efficacité, applications diverses / Taille des échantillons, hétérogénéité des données, manque de validation clinique des modèles

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

		modèles de DL.	4 238 images			
--	--	-------------------	--------------	--	--	--

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

Tableau 2 - Applications en chirurgie orale

Auteur (Année)	Pathologies	Objectif	Nombres d'études et de radiographies évaluées	Tâches et Algorithmes utilisés	Performance/ Résultats	Avantages et inconvénients
Chausaria <i>et al.</i> [14] (2024)	Implantologie	Évaluer les performances des modèles DL pour identifier et classer les systèmes d'implants dentaires	5 études - Takahashi <i>et al.</i> (1282) - Hadj Saïd <i>et al.</i> (1206) - Sukegawa <i>et al.</i> (8859) - Sugekawa <i>et al.</i> (9767) - Lee <i>et al.</i> (7325) 28 439 images	Identification et classification - CNN : YOLO v3, GoogLeNet Inception v3, ResNet, VGG-16/19. - Modèles personnalisés pour des architectures CNN plus complexes.	Identification et classification des implants - Exactitude : 0,71 à 0,98 - Exactitude moyenne : 92,16 % (IC 95 % : 90,8 % à 93,5 %).	Précision, automatisation, Accessibilité / Hétérogénéité des données, qualité des radios, manque de standardisation, manque d'exploration 3D
Dashti <i>et al.</i> [15] (2024)	Implantologie	Évaluer les performances des modèles CNN pour identifier et classer les systèmes d'implants dentaires	4 études : - Lee <i>et al.</i> (150) - Sukegawa <i>et al.</i> (1950) - Sukegawa <i>et al.</i> (2034) - Sukegawa <i>et al.</i> (2214) 6 348 images	Identification et classification - CNN avancés : Multitask ResNet (ResNet152), GoogleNet, et SqueezeNet. - Approches comme Neuro-T version 2.0.1	- Exactitude moyenne globale : 95,63 % - Sensibilité : 94,55 % - Spécificité : 97,91 % - AUC : Jusqu'à 99,99 % avec le modèle Multitask ResNet152	Précision, automatisation, rapidité d'identification / Faible nombre d'articles inclus

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

				• Autres architectures spécifiques.		
Alqutaibi <i>et al.</i> [16] (2023)	Implantologie	Évaluer les performances des modèles IA pour identifier et classer les systèmes d'implants dentaires	4 études : • Lee <i>et al.</i> (7145) • Sukegawa <i>et al.</i> (9767) • Sukegawa <i>et al.</i> (10191) • Tiryaki <i>et al.</i> (11904) 39 007 images	Identification et classification • CNN telles que ResNet, VGG16/19, et YOLOv3. • Techniques de transfert d'apprentissage et d'auto-apprentissage (AutoML) pour améliorer la classification.	• Sensibilité : 0,33 à 1 • Spécificités : 0,7 à 0,99 Identification moyenne : 92,56 % (90,49 % - 94,63 %)	Automatisation, efficacité, diagnostic amélioré / -
Revilla-Léon <i>et al.</i> [17] (2023)	Implantologie	Évaluer les performances des modèles IA pour identifier et classer les systèmes d'implants dentaires.	2 études • Sukegawa <i>et al.</i> (6513) • Takahashi <i>et al.</i> (1282) 7 795 images	Identification, classification et prédiction : reconnaissance implantaire, détermination de l'ostéointégration et optimisation du design implantaire	Reconnaissance des types d'implants : • Exactitude : 0,93 à 0,98 Prédiction de l'ostéointégration et/ou succès implantaire : 0,62 à 0,80	Automatisation, précision, aide clinique / Faible nombre d'articles inclus, standardisation insuffisante, validation clinique limitée, approche 2D

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

		Exploration du succès des implants en fonction des facteurs de risque des patients		• CNN • Régression logistique, arbres de décision, et réseaux neuronaux artificiels pour prédire le succès des implants. • Algorithmes d'optimisation basés sur des réseaux neuronaux pour réduire les contraintes au niveau des interfaces osseuses. • Approches combinées utilisant des données démographiques, cliniques, et radiographiques.	Optimisation de conception : minimisation de la contrainte à l'interface implant-os de 36,6 % par optimisation de la porosité, la longueur et le diamètre de l'implant	
Dashti <i>et al.</i> [6] (2024)	Fracture mandibulaire	Évaluer la précision du DL à détecter les	5 études : • Nishiyama <i>et al.</i> (200) • Shahnavaizi <i>et al.</i> (190) • Son <i>et al.</i> (120)	Détection	• Sensibilité : 0,971 (IC à 95 % : 0,881-0,949) • Spécificité de 0,813 (IC à 95 % : 0,797-0,824)	Précision, efficacité, traitement précoce /

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

		fractures mandibulaires	- Son <i>et al.</i> (100) - Vinayahalingam <i>et al.</i> (320) 930 images	CNN : Faster R-CNN, YOLOv4, MLAT, SLAT, U-Net.	DOR : 7,109 (IC à 95 % : 5,271-8,913)	Revue parapluie, divers algorithmes utilisés, diverses modalités de radiographies
Giraldo-Roldan <i>et al.</i> [7] (2024)	Lésions des maxillaires	Recueillir des données sur l'application des modèles ML au diagnostic des lésions radio claires des maxillaires	16 études 156 987 radios	Détection, classification, segmentation et prédiction - Modèle de classification et de segmentation : Detect-Net, U-Net, Yolo v2, GoogLeNet Inception v3, Dense Net-121, ResNet-50, VGG19, VGG16, 16-layer CNN, AlexNet, - Modèle de détection : Detec-Net, U-Net, CNN (modified CNN from YOLOv3 based on the	- Exactitude moyenne : 0,86 ($\pm 0,13$) - Sensibilité moyenne : 0,82 ($\pm 0,17$) - Spécificité moyenne : 0,88 - Score F1 moyen : 0,71 ($\pm 0,25$)	/ Hétérogénéité des données

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

				Darknet-53 network), VGG-19, ResNet-50, 16-layer CNN, Faster R- CNN		
Assiri et <i>al.</i> [18] (2024)	Chirurgie	Résumer l'application de l'IA aux 3 ^{es} molaires mandibulaires incluses	13 études • Celik <i>et al.</i> (300) • Kempers <i>et al.</i> (863) • Arijj <i>et al.</i> (3200) • Kim <i>et al.</i> (1625) • Lei <i>et al.</i> (2146) • Lo Casto <i>et al.</i> (83) • Kwon <i>et al.</i> (724) • Elborolosy <i>et al.</i> (2414) • Takebe <i>et al.</i> (579) • Vinayahalingam <i>et al.</i> (81) • Fukuda <i>et al.</i> (600) • Lee <i>et al.</i> (5397) • Kwak <i>et al.</i> (102) 18 114 images	Détection, classification et segmentation • ResNet-101, YOLOV3, Faster RCNN, MobileNet-V2, U-Net neural network model, WideResNet and LaplaceNet model, Model YOLOv5, AI models M3, YOLOv4, ResNet-152 and VGG-19, CNN + MLP neural network model, VGG-16, MobileNetV2, ResNet50 learning models, ResNet-50 model of AI, CNN model, VGGNet,	Prédiction de la proximité avec le NAI • MM3-INnet : 0,83 • YOLOv3 model : 0,89 • Dentiste 0,76 Difficultés d'extractions • VGG-16 : 0,81 • MobileNetV2 : 0,79 • ResNet50 : 0,44 Prédiction de la position d'impaction d'une DDS • RestNet : 88,86 % • Expert : 85,28 % • Étudiant : 62,53 %	Précision anatomique, aide clinique / En cours de développement, Hétérogénéité des différents modèles et des études

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

				SegNet learning network models		
--	--	--	--	-----------------------------------	--	--

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

Tableau 3 - Applications en parodontologie.

Auteur (Année)	Objectif	Nombres d'études et de radiographies évaluées (n=)	Tâches et Algorithmes utilisés	Performance/ Résultats	Avantages et inconvénients
Khubrani <i>et al.</i> [19] (2024)	Explorer, analyser et résumer l'application des modèles de DL dans l'évaluation de la perte osseuse parodontale	16 études 37 842 images	Détection • CNN	• Sensibilité : 87 % (95% CI : 80% à 93%) • Spécificité : 76 % (95% CI : 69% à 81%) • Exactitude : 84 % (95% CI : 75% à 91%) • F1-score : 80 % (95% CI : 74% à 85%) • Reconnaissance précise des structures dentaires et osseuses avec une précision de 92-96 %. • Détection des différents stades de parodontite avec une précision allant jusqu'à 95 %.	Rapidité, automatisation, réduction des biais /
Tanveer <i>et al.</i> [20] (2024)	Évaluer la précision des modèles d'IA pour	2 études • Kim <i>et al.</i> (12 179)	• CNN : YOLOv2, GoogleNet Inception v3 et ResNet.	• Sensibilité : 0,78 et 0,93 • Spécificité : 0,87 et 0,96	Automatisation, précision, identifications précoces de pertes osseuses

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

	détecter la perte osseuse marginale autour des prothèses fixes	Kurt Bayrakdar <i>et al.</i> (2 276) 14 455 images	Modèles R-CNN pour la segmentation et la localisation précise.	Exactitude globale : 0,90 à 0,91	/ Hétérogénéité des données, peu de validation des modèles, dépendances aux données d'entraînement.
Patil <i>et al.</i> [21] (2023)	Évaluer l'efficacité des modèles d'IA pour détecter la perte osseuse parodontale	4 études - Kim <i>et al.</i> (12 179) - Krois <i>et al.</i> (85) - Chang <i>et al.</i> (340) - Jiang <i>et al.</i> (640) 13 244 images	- CNN comme ResNet, YOLOv4, U-Net. - Modèles spécifiques comme DeNTNet (deep convolutional neural network) pour la segmentation et la classification. - SRGAN (Super-Resolution Generative Adversarial Network) pour améliorer la qualité des images.	- Sensibilité : 0,57 à 0,94 - Spécificité : 0,46 à 0,96	Qualité des images accrues, amélioration de la détection des pertes osseuses précoces, gain de temps /
Revilla-Léon <i>et al.</i> [17] (2023)	Examiner l'utilisation de modèles d'IA pour diagnostiquer les maladies	5 études - Krois <i>et al.</i> (1809) - Kim <i>et al.</i> (12 179) - Chang <i>et al.</i> (518)	Modèles comme U-Net, Mask R-CNN, Faster R-CNN pour la segmentation et la classification.	Segmentation et la classification des structures osseuses - Sensibilité : 0,73 à 0,99 - Exactitude : 0,83 à 0,99	Efficacité, réduction des erreurs, soutien des praticien

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

	parodontales et détecter la perte osseuse alvéolaire	• Thanathornwong et al. (100) • Li et al. (302) 14 908 images	• CNN pour la détection de la perte osseuse et le diagnostic de maladies.		
Tariq et al. [23] (2023)	Examiner l'efficacité de l'IA dans les pertes osseuses parodontales	6 études : • Kim <i>et al.</i> (12 179) • Chang <i>et al.</i> (518) • Krois <i>et al.</i> (85) • Kurt Bayrakdar <i>et al.</i> (2276) • Thanathornwong <i>et al.</i> (100) • Zadrozny <i>et al.</i> (30) 15 188 images	• CNN • DeNTNet using deep learning (CNN) • Hybrid de deep learning pour détection et CAD pour classification. • Diagnocat software	• Sensibilité : 0,84 à 0,94 • Spécificité : 0,63 à 0,98 • F1 : 0,75 à 0,91 • AUC : 0,73 à 0,94	Moins chronophage
Sivari et al. [5] (2023)	Évaluer l'application des modèles de DL pour détecter les maladies bucco-dentaires	54 études 12 179 images	• CNN : ResNet, DenseNet, U-Net, Faster R-CNN, YOLO. • Préapprentissage et transfert d'apprentissage : optimiser les performances sur des bases de données limitées.	• Sensibilité : 0,81 à 0,99 • Spécificité : 0,86 • Exactitude : 0,70 à 0,98 • F1 : 75 à 93 % • AUC : 61,86 à 99 %	Automatisation, Précision, Accessibilité / Taille des échantillons, hétérogénéité des données,

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

	(Endodontie, Anomalies dentaires et parodontologie)		Segmentation (U-Net) utilisée comme prétraitement avant classification.		manque de validation clinique des modèles
--	--	--	--	--	--

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

Tableau 4 - Application dans l'estimation de l'âge en odontologie légale

Auteur (Année)	Objectif	Nombres d'étude et de radiographies évaluées (n=)	Tâches et Algorithmes utilisés	Performance/ Résultats	Avantages et inconvénients
Khanagar <i>et al.</i> [24] (2024)	Analyser les performances des modèles IA à estimer l'âge	23 études 111 467 images	Classification • CNN comme AlexNet, ResNet, et InceptionV3. • ML : SVM et Random Forest, pour certains cas spécifiques.	• Sensibilité : 76 % • Exactitude : 84 % à 99,5 % • F1 score : 85 %	Moins chronophage et moins fastidieux, Précision, Automatisation, Applications diverses / Application uniquement 3-15 ans, Taille faible de l'échantillon
Vila- Blanco <i>et al.</i> [25] (2023)	Analyser les performances des modèles IA dans le domaine médico-légal	13 études • Cular <i>et al.</i> • De Black <i>et al.</i> • Vila-Blanco <i>et al.</i> • Hou <i>et al.</i> • Wallraff <i>et al.</i> • Vila-Blanco <i>et al.</i> • Milosevic <i>et al.</i> • De Tobel <i>et al.</i> • Merdietio <i>et al.</i>	Classification • CNN : Resnet, VGG16 ou modèles hybrides	Méthodes traditionnelles • Cameriere (sous-estimation) : Erreur moyenne : -1,36 ans (max) • Demirjian (surestimation) : Erreur moyenne : entre -0,58 et +2,13 ans Méthodes automatiques	Précision, Automatisation, Réduction du biais humain / Généralisation à d'autres population difficile, résultats dépendant de la configuration des appareils d'imagerie

ANNEXE 2 CLINIC : Apport de l'intelligence artificielle dans l'analyse de la radiographie panoramique

		• Banar <i>et al.</i> • Kim <i>et al.</i> • Kahaki <i>et al.</i> • Guo <i>et al.</i> Nombre total d'images non rapportées		• CNN : erreur moyenne 0,75 à 1,2 années	
--	--	--	--	--	--

ML (Machine Learning), DL (Deep Learning), ANN (Artificial Neural Networks), CNN (Convolutional Neural Network) et SVM (Support Vector Machine)

Pour améliorer la lisibilité du tableau, lorsque plus de 15 études étaient incluses, elles n'ont pas été référencées.