

UERB14 : Deep learning et cancer du pancréas

Le cancer du pancréas figure parmi les tumeurs solides au pronostic les plus défavorable. Chaque année, en France, environ 16000 nouveaux cas de cancer sont observés, ce qui le place à la 7^e position en termes de fréquence. Cependant, il est responsable de la 4^e cause de décès liée au cancer, ce qui montre un contraste marqué entre le nombre de cas et la mortalité associée. Le taux de survie à 5 ans, pour tous les stades réunis, reste inférieur à 11 ou 12% , représentant l'un des taux les plus faibles parmi tous les types de cancer. Cette situation s'explique en grande partie par un diagnostic tardif : seulement 10 à 15 % des tumeurs sont détectées à un stade encore opérable, la maladie restant longtemps asymptomatique.

A ce jour, il n'y a pas de programme de dépistage organisé pour la population générale, contrairement au cancer du sein ou du côlon. Le diagnostic s'appuie surtout sur l'imagerie (scanner, IRM, écho-endoscopie) et sur des marqueurs biologiques comme le CA 19-9, mais la sensibilité de ces derniers reste insuffisante pour être utilisée dans un dépistage généralisé. Dans ce contexte, l'intelligence artificielle, et plus particulièrement les méthodes de deep learning attirent de plus en plus l'attention des scientifiques et des professionnels de santé à travers le monde.

Ce mémoire présente une analyse de dix articles publiés dans des revues à comité de lecture internationales afin d'examiner dans quelle mesure l'intelligence artificielle constitue un outil prometteur pour la détection précoce du cancer du pancréas, tout en interrogeant les limites techniques, cliniques et éthiques qui freinent encore son utilisation régulière . La réflexion sera organisée en deux parties : nous verrons d'abord en quoi le deep learning représente un véritable espoir pour la détection précoce et la prise en charge du cancer du pancréas, avant d'examiner les limites concrètes de sa mise en œuvre.

I - Le deep learning : un espoir réel pour la détection précoce et la prise en charge du cancer du pancréas

1-Des performances diagnostiques supérieures aux méthodes conventionnelles

L'un des avantages les plus visibles du deep learning est sa capacité à analyser des images médicales avec une précision dépassant parfois celle des experts humains. La détection précoce du cancer du pancréas a longtemps été difficile à cause des limites de l'imagerie conventionnelle : les lésions pancréatiques de petite taille sont difficiles à distinguer du parenchyme environnant, et leur aspect peut se confondre avec celui d'une pancréatite chronique.

C'est précisément sur ce défi diagnostique que le deep learning démontre son potentiel. Comme vu dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024), un modèle basé sur l'architecture ResNet50 appliqué à des images d'échographie de contraste (CEUS) a atteint une sensibilité de 93 % et une spécificité de 84 % pour le diagnostic de l'adénocarcinome canalaire pancréatique (PDAC), avec des performances légèrement supérieures ou comparables à celles d'un radiologue expert. Plus remarquable encore : en lecture assistée par ce modèle, la sensibilité et la spécificité de presque tous les radiologues de l'étude se sont améliorées — illustrant comment l'IA peut augmenter les capacités humaines plutôt que simplement les remplacer.

Ce même article mentionne également que, lors d'une étude prospective où un système de deep learning a été utilisé pour distinguer les masses pancréatiques cancéreuses des masses non cancéreuses à l'écho-endoscopie, le modèle s'est avéré significativement supérieur aux endoscopistes dans l'établissement du diagnostic. De plus, il a permis d'améliorer le rendement diagnostique de la cytoponction à l'aiguille fine. Ce résultat est particulièrement significatif car il concerne une procédure invasive dont le taux de succès dépend habituellement du niveau d'expertise de la personne qui l'effectue.

Par ailleurs, comme vu dans l'article « Diagnosis of Pancreatic Ductal Adenocarcinoma Using Deep Learning » de la revue Sensors (Kavak et al., 2024), des réseaux de neurones convolutifs (CNN) entraînés sur des

images histopathologiques de lames numérisées permettent une classification automatisée des tissus pancréatiques malins et sains avec de très bonnes performances, ce qui permet une intégration dans les laboratoires d'anatomopathologie pour accélérer et sécuriser les diagnostics.

Les modèles combinant deep learning et radiomique se montrent systématiquement supérieurs aux modèles radiomiques seuls, car le deep learning extrait des caractéristiques complexes au-delà de la simple région d'intérêt analysée par les approches traditionnelles. Comme vu dans l'article « Diagnostic Ability of Deep Learning in Detection of Pancreatic Tumour » de la revue Scientific Reports (Dinesh et al., 2023), les modèles de deep learning permettent notamment de mieux délimiter les contours tumoraux et d'évaluer la morphologie des lésions avec une précision supérieure aux méthodes d'extraction manuelle de caractéristiques.

2-La détection à grande échelle : vers un dépistage populationnel

Au-delà de l'amélioration du diagnostic individuel, l'ambition la plus révolutionnaire du deep learning est de permettre une détection du cancer du pancréas à grande échelle, sur des populations non sélectionnées, là où aucun programme de dépistage n'existe aujourd'hui.

L'exemple le plus marquant de ce potentiel est fourni par l'article phare publié dans Nature Medicine (Cao et al., 2023). Dans l'article « Large-Scale Pancreatic Cancer Detection via Non-Contrast CT and Deep Learning » de la revue Nature Medicine, les auteurs présentent PANDA (PANcreatic cancer Detection via deep learning with Abdominal CT), un modèle de deep learning capable de détecter le cancer du pancréas sur des scanners abdominaux sans injection de produit de contraste. Ce sont des examens réalisés en routine lors de bilans de santé généraux, sans indication oncologique initiale. L'étude a été conduite et validée sur plus de 20 000 patients, et le modèle a démontré des performances comparables à celles de radiologues experts dans la détection du cancer du pancréas. Cette approche est révolutionnaire car elle transforme un examen banal en outil potentiel de détection précoce, sans frais supplémentaire ni procédure spécifique pour le patient.

La même logique est explorée par l'analyse des dossiers médicaux électroniques. Comme vu dans l'article « The Efficacy of EHR-Based AI Models for Early Detection of Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Makiev et al., 2026), cette analyse démontre que des modèles d'IA entraînés sur les données des dossiers médicaux électroniques (résultats

de laboratoire, notes de consultation, prescriptions...) sont capables d'identifier des patients à haut risque de cancer du pancréas, et ce bien avant l'apparition des premiers symptômes cliniques. Cette approche est particulièrement prometteuse car elle exploite des données déjà existantes dans les systèmes d'information hospitaliers, sans nécessiter d'examens supplémentaires.

Enfin, comme vu dans l'article « Weakly Supervised Large-Scale Pancreatic Cancer Detection Using Multi-Instance Learning » de la revue *Frontiers in Oncology* (Mandal et al., 2024), une approche d'apprentissage faiblement supervisé (Multi-Instance Learning) permet de détecter le cancer du pancréas à grande échelle sans nécessiter une annotation précise de chaque image. Cela représente aujourd'hui une contrainte majeure qui limite le déploiement des modèles de deep learning en contexte réel, où les données d'entraînement annotées de façon exhaustive sont très rares et coûteuses à produire.

3- De nouveaux biomarqueurs et une médecine personnalisée

Le deep learning ne se limite pas à l'analyse d'images : il permet également de découvrir de nouveaux biomarqueurs et d'adapter les traitements à chaque patient, deux domaines où les méthodes habituelles atteignent leurs limites.

Comme mentionné dans l'article « Advancements in Pancreatic Cancer Detection: Integrating Biomarkers, Imaging Technologies and Machine Learning for Early Diagnosis » de la revue *Cureus* (Daher et al., 2024), la combinaison des biomarqueurs sériques traditionnels (CA 19-9) avec des données d'imagerie et des algorithmes de machine learning permet d'améliorer significativement la précision du diagnostic précoce. L'article rapporte qu'un modèle de régression logistique combinant quatre biomarqueurs urinaires (LYVE1, REG1B, REG1A, TFF1) au CA 19-9 sérique atteint un AUC de 0,94, amélioré à 0,96 en intégrant le CA 19-9, surpassant chacun de ces marqueurs pris individuellement.

Dans l'article « From Machine Learning to Patient Outcomes: A Comprehensive Review of AI in Pancreatic Cancer » de la revue *Diagnostics* (Tripathi et al., 2024), on nous parle d'un modèle de deep learning basé sur l'échographie de contraste appliqué à 558 patients. Il a atteint un AUC supérieur à 0,95 en validation interne et externe pour le diagnostic de l'adénocarcinome ductal pancréatique (un niveau de performance qui montre la qualité du modèle en dehors de ses conditions d'entraînement). Ce même article cite également un modèle capable de

prédire l'efficacité de la chimiothérapie néoadjuvante (=chimiothérapie donnée avant l'opération pour faire diminuer la taille de la tumeur) avec un AUC supérieur à 0,89, ouvrant la voie à une adaptation personnalisée des protocoles thérapeutiques en temps réel.

Par ailleurs, dans l'article « Challenges in the Clinical Application of Machine Learning for Pancreatic Cancer » de la revue Bratislava Medical Journal (2025), les modèles intégrés combinant données moléculaires et cliniques nous sont présentés. Ils surpassent les approches diagnostiques traditionnelles, avec des performances AUROC comprises entre 0,84 et 0,97 selon les types de données mobilisés.

Un apport particulièrement innovant est celui du modèle PACpAI_{nt}, mentionné dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024) : ce modèle histologique est capable de différencier les sous-types moléculaires du cancer du pancréas (classique vs basal, stroma actif vs inactif) directement à partir de lames histologiques numérisées. Cette information nécessitait jusqu'ici un séquençage ARN coûteux. Cette identification de sous-type a un impact direct sur le choix thérapeutique, le sous-type basal étant associé à un pronostic plus sombre et à une résistance au FOLFIRINOX.

II- Les limites de mise en œuvre : entre défis techniques, cliniques et éthiques

1- Les obstacles techniques : données, validation et généralisation

Bien que les modèles de deep learning montrent des résultats encourageants, il y a encore beaucoup d'obstacles à surmonter pour qu'ils soient utilisés de manière courante dans les soins. Le premier et le plus essentiel est celui des données.

Comme mentionné dans l'article « From Machine Learning to Patient Outcomes: A Comprehensive Review of AI in Pancreatic Cancer » de la revue Diagnostics (Tripathi et al., 2024), l'absence de jeux de données centralisés de grande taille constitue une barrière majeure. À ce jour, un seul effort organisé existe à l'échelle internationale : le projet EDRN (Early Detection Research Network), financé par le NIH-NCI américain. La plupart des études publiées reposent sur des cohortes de taille réduite qui ne tiennent pas compte de facteurs dégradant la qualité des images (comme la présence de stents biliaires ou le statut post-traitement), ce qui introduit

des biais systématiques et limite la transposition des résultats en conditions réelles.

Le problème de taille des échantillons est illustré de façon concrète dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024) : plusieurs études citées dans la revue reposent sur des cohortes de seulement 56 à 104 patients pour entraîner et valider leurs modèles. Pour les tumeurs neuroendocrines pancréatiques (PNET), une étude rapporte un jeu d'entraînement de 56 patients et une cohorte de validation de seulement 18 patients — ce qui rend toute conclusion sur la performance réelle du modèle assez fragile.

Pour contourner (en partie) ce problème de rareté des données, l'usage des réseaux antagonistes génératifs (GAN) est exploré. Dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024), un modèle GAN a été utilisé pour générer des images synthétiques de tumeurs neuroendocrines à partir d'une base de seulement 96 patients réels, permettant d'augmenter artificiellement le jeu de données d'entraînement. Si cette approche est ingénieuse, elle soulève des questions méthodologiques sur la représentativité des données générées par rapport à la diversité clinique réelle.

La question de la généralisation est également centrale. Comme vu dans l'article « Weakly Supervised Large-Scale Pancreatic Cancer Detection Using Multi-Instance Learning » de la revue Frontiers in Oncology (Mandal et al., 2024), les modèles développés dans un contexte spécifique (équipements d'imagerie, populations...) peinent à maintenir leurs performances lorsqu'ils sont appliqués à de nouveaux centres hospitaliers ou à des populations différentes. La validation externe reste insuffisante dans la majorité des études publiées, ce qui constitue un obstacle majeur à la certification et au déploiement clinique à grande échelle.

2- Le problème de la « boîte noire » et l'intégration dans les flux cliniques

Au-delà des chiffres, c'est la façon même dont fonctionnent les réseaux de neurones profonds qui créent des problèmes dans le domaine médical. Ces réseaux de neurones sont souvent qualifiés de « boîtes noires » en raison de la difficulté à d'expliquer comment ils parviennent à leurs conclusions.

Comme présenté dans l'article « From Machine Learning to Patient Outcomes: A Comprehensive Review of AI in Pancreatic Cancer » de la revue Diagnostics (Tripathi et al., 2024), l'opacité du code et la complexité cachée des modèles rendent les résultats difficiles à reproduire de façon indépendante. Sans transparence, les professionnels de santé ne peuvent

pas interroger de façon critique les résultats de ces modèles, ce qui freine considérablement leur adoption. Des pistes émergent, comme l'IA explicable (XAI), qui permettent de calculer des scores d'importance des caractéristiques et qui produisent des visualisations permettant de comprendre les décisions du modèle, mais ces approches restent à maturité insuffisante pour la pratique clinique de routine.

Ce problème d'explicabilité a des effets réels sur l'intégration des outils d'IA dans les flux de travail hospitaliers. Comme vu dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024), un clinicien qui ne peut comprendre la sortie d'un système d'IA se trouve dans une situation délicate : s'il suit la recommandation sans la comprendre, il prend un risque clinique et juridique ; s'il l'ignore, l'outil perd son utilité. Ce déséquilibre est assez préoccupant car les cliniciens restent juridiquement responsables de leurs actes, contrairement aux ingénieurs et technologues qui conçoivent ces algorithmes.

Enfin, dans l'article « Challenges in the Clinical Application of Machine Learning for Pancreatic Cancer » de la revue Bratislava Medical Journal (2025), on nous indique que les efforts de collaboration entre institutions académiques, fournisseurs de soins, autorités réglementaires et industriels sont essentiels pour assurer que ces outils soient techniquement fiables, utiles en pratique médicale, respectueux des principes éthiques et accessibles à tous. Pour atteindre cet objectif, une gouvernance pluridisciplinaire est incontournable. Cela représente donc un autre challenge pour les années à venir.

3- Les enjeux éthiques : biais, inégalités d'accès et vie privée

L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine de l'oncologie pancréatique soulève également des questions éthiques importantes, qui influencent la manière dont ces technologies sont perçues et acceptées.

Comme présenté dans l'article « Beyond the Hype: Navigating Bias in AI-Driven Cancer Detection » de la revue Oncotarget (Singh et al., 2024), les systèmes d'IA entraînés sur des données provenant majoritairement d'hôpitaux urbains (donc assez bien équipés) peuvent se révéler peu performants dans des contextes ruraux ou en contexte de ressources limitées. Les jeux de données utilisés pour entraîner les modèles manquent souvent de représentativité : les femmes, les minorités ethniques et les patients âgés y sont sous-représentés. Des modèles biaisés risquent ainsi d'aggraver les inégalités de santé existantes plutôt que de les réduire, car ils sont plus performants sur des populations

ressemblant à leurs données d'entraînement. Dans un cancer aussi grave que le cancer du pancréas, une occasion manquée de détection précoce peut être fatale.

De plus, comme vu dans l'article « Advancements in Pancreatic Cancer Detection » de la revue Cureus (Daher et al., 2024), la rareté des jeux de données complets et bien documentés, les biais dans le développement des algorithmes, ainsi que les questions de confidentialité et de sécurité des données nécessitent un examen approfondi avant tout déploiement à grande échelle. La création et l'utilisation des grands jeux de données, pourtant nécessaires à l'entraînement des modèles posent des questions complexes de propriété des données et de consentement éclairé des patients, en particulier pour l'imagerie médicale qui est particulièrement sensible.

Pour répondre à ces défis, l'OMS a établi six principes fondamentaux pour la conception et le déploiement de l'IA en santé, rappelés dans l'article « Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Patel et al., 2024) : protéger l'autonomie des patients, promouvoir le bien-être humain et la sécurité, garantir transparence et explicabilité, favoriser la responsabilité et la redevabilité, garantir l'inclusivité et l'équité, et promouvoir une IA réactive et durable. Ces principes dessinent le cadre éthique indispensable à une adoption responsable, mais leur mise en œuvre concrète reste compliquée.

Enfin, comme vu dans l'article « The Efficacy of EHR-Based AI Models for Early Detection of Pancreatic Cancer » de la revue Cancers (Makiev et al., 2026), même les approches les plus prometteuses comme la détection précoce via les dossiers médicaux électroniques se heurtent au problème des faux positifs et à la nécessité de validation dans des contextes cliniques diversifiés avant toute utilisation généralisée. Un taux élevé de faux positifs dans un programme de dépistage pourrait entraîner des examens invasifs inutiles, avec des risques pour les patients et des coûts importants pour les systèmes de santé.

Pour conclure, la revue des dix articles scientifiques mobilisés dans ce mémoire offre une vision équilibrée et nuancée du rôle de l'intelligence artificielle dans la détection précoce du cancer du pancréas. D'un côté, les preuves s'accumulent : des modèles de deep learning atteignent des performances diagnostiques comparables ou supérieures à celles d'experts humains. Le modèle PANDA publié dans Nature Medicine illustre bien le potentiel d'un dépistage populationnel à partir d'examens de routine. Les méthodes combinant imagerie, biomarqueurs et données cliniques permettent de développer une médecine personnalisée capable d'adapter les traitements à chaque patient.

De l'autre côté, les obstacles restent considérables. La faiblesse des études fragilise la portée des résultats. Le problème de l'explicabilité des modèles, les risques de biais algorithmiques, les questions de confidentialité et d'équité d'accès, ainsi que l'absence de cadre réglementaire adapté dans la plupart des pays, constituent des freins réels à l'adoption clinique à grande échelle.

L'IA n'est donc pas encore une solution simple du défi de la détection précoce du cancer du pancréas, mais elle en est probablement la piste la plus prometteuse. Les prochaines années seront décisives : des essais cliniques prospectifs à grande échelle, des collaborations internationales pour la constitution de bases de données représentatives, et des cadres éthiques et réglementaires adaptés seront nécessaires pour transformer ces espoirs scientifiques en bénéfices concrets pour les patients.

Références bibliographiques

[1] Tripathi, S., Tabari, A., Mansur, A., Dabbara, H., Bridge, C.P., Daye, D. (2024). From Machine Learning to Patient Outcomes: A Comprehensive Review of AI in Pancreatic Cancer. *Diagnostics*, 14(2), 174. DOI: 10.3390/diagnostics14020174

[2] Patel, H., Zanos, T., Hewitt, D.B. (2024). Deep Learning Applications in Pancreatic Cancer. *Cancers*, 16(2), 436. DOI: 10.3390/cancers16020436

[3] Dinesh, M.G., Bacanin, N., Askar, S.S., Abouhawwash, M. (2023). Diagnostic Ability of Deep Learning in Detection of Pancreatic Tumour. *Scientific Reports*, 13, 9668. DOI: 10.1038/s41598-023-36886-8

[4] Makiev, G.G. et al. (2026). The Efficacy of EHR-Based AI Models for Early Detection of Pancreatic Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Cancers*, 18(2), 315. DOI: 10.3390/cancers18020315

- [5] Mandal, S. et al. (2024). Weakly Supervised Large-Scale Pancreatic Cancer Detection Using Multi-Instance Learning. *Frontiers in Oncology*, 14, 1362850. DOI: 10.3389/fonc.2024.1362850
- [6] Kavak, F. et al. (2024). Diagnosis of Pancreatic Ductal Adenocarcinoma Using Deep Learning. *Sensors*, 24(21), 7005. DOI: 10.3390/s24217005
- [7] Singh, Y. et al. (2024). Beyond the Hype: Navigating Bias in AI-Driven Cancer Detection. *Oncotarget*, 15, 756–761. DOI: 10.18632/oncotarget.28665
- [8] Daher, M. et al. (2024). Advancements in Pancreatic Cancer Detection: Integrating Biomarkers, Imaging Technologies and Machine Learning for Early Diagnosis. *Cureus*, 16(3), e56583. DOI: 10.7759/cureus.56583
- [9] Cao, K. et al. (2023). Large-Scale Pancreatic Cancer Detection via Non-Contrast CT and Deep Learning. *Nature Medicine*, 29, 3033–3043. DOI: 10.1038/s41591-023-02640-w
- [10] Bratislava Medical Journal (2025). Challenges in the Clinical Application of Machine Learning for Pancreatic Cancer. DOI: 10.1007/s44411-025-00312-4