

Proposition de contrat doctoral fléché ERASME 2024

« Diffusion des technologies numériques fondées sur l'intelligence artificielle dans les systèmes de soins : une évaluation économique »

Directrice de thèse : Nathalie Coutinet MCF HDR, co-direction Philippe Abecassis.

Laboratoire : CEPN (UMR CNRS 7234) - Équipe Crises & Transitions

Discipline : Sciences économiques

Domaine de recherche : Économie de la santé et innovation technologique

Mots clés : Systèmes de soins et de santé, technologies numériques et Intelligence artificielle (IA), données de santé, diffusion technologique

Collaboration : le travail de thèse pourra être mené en collaboration avec l'équipe du professeur Aldo Geuna, Department of Cultures, Politics and Society *University of Torino*.

1. Contexte et objectifs du sujet

L'Organisation Mondiale de la Santé définit la santé numérique comme « tout système de Technologies de l'Information et de la Communication utilisé par les systèmes de santé en vue de contribuer à la fourniture des services de santé de qualité et à coût abordable ». Dans le cadre de ce projet de thèse, une définition large, qui envisage la santé numérique comme le recours aux technologies numériques à des fins sanitaires est proposée. Elle regroupe différents champs en son sein :

- E-santé : systèmes d'information sanitaire d'hôpitaux, de pays, de régions, dossiers médicaux informatisés des patients, etc. ;
- Télésanté : télémédecine, applications mobiles, télésurveillance, télé-soin, dispositifs connectés (permettant par exemple aux médecins de suivre le taux de glycémie des patients à distance ou de distribuer des produits de santé via des drones) ;
- Exploitation des données de santé (big data et datamining) et intelligence artificielle pour la santé.

Les technologies numériques basées sur l'intelligence artificielle (IA) se sont récemment imposées tant dans le volet manufacturier que dans celui des services de santé, avec des applications prometteuses (Yu et al., 2018). Bien que l'adoption de ces technologies soit toujours en cours, leur impact dans ce secteur nécessite cependant d'être évalué.

L'émergence de l'IA dans les soins de santé porte en elle des transformations potentielles majeures. Des applications diverses sont développées à tous les niveaux du processus de production de biens et soins médicaux et les personnels de santé utilisent de façon croissante les technologies numériques et l'IA pour affiner leurs diagnostics ou pour prendre des décisions thérapeutiques. L'industrie pharmaceutique développe par exemple des plus en plus d'essais cliniques ou des programmes de soins aux patients pilotés par l'IA (Davenport & Ronanki, 2018 ; Shaheen, 2021). L'intégration de ces technologies dans les systèmes de soins et de santé couvre un large éventail d'applications mettant en évidence son potentiel de transformation, de rationalisation et de contribution à l'évolution des soins de santé. (Bianchini et al., 2022 ; Miotto et al., 2018 ; Yu et al., 2018). L'IA en santé offre également un potentiel d'amélioration de la qualité des soins médicaux et d'assistance au personnel médical dans un contexte d'évolution démographique, d'apparition de nouvelles pathologies liées au changement climatique et de pénuries du personnel médical. En amont, les technologies numériques et l'IA peuvent par exemple être envisagées comme un support dans la gestion des données de santé ou comme moyen de gérer le flux des patients, dans la prise en charge préventive, l'orientation des patients et le diagnostic des pathologies. Par ailleurs, le développement du *Machine Learning* (ML) lié à l'IA fournit des applications médicales pour certains pathologies (Agrawal et al, 2019). Ces technologies devraient rapidement être utilisées pour la détection de certaines pathologies comme les cancers, pour diagnostics et la sélection des traitements (Ayoubi et Foray, 2020).

La littérature montre que les premières applications de ces innovations dans les hôpitaux se concentrent principalement sur des pathologies spécifiques, en tant qu'outils supplétifs dans le cadre de diagnostics cliniques, de thérapie génique et de médecine de précision (Dias & Torkamani, 2019 ; Hey et al., 2020 ; Somashekhar et al., 2017). On les trouve aussi abondamment en radiologie où l'IA joue un rôle central (Agarwal et al., 2023 ; Mayo & Leung, 2018 ; Savadjiev et al., 2019 ; Taylor-Phillips et al., 2022). Cependant, cette littérature n'envisage pas la question des technologies numériques et de l'IA dans une perspective large, au-delà de leur application pour des maladies spécifiques. De la même manière, si certains travaux ont permis d'identifier et de cerner les apports de l'adoption des innovations numériques dans les hôpitaux (Yu et al., 2018), ceux-ci doivent être développés et approfondis notamment en analysant les processus de diffusion de ces technologies dans les hôpitaux et en évaluant les conséquences financières. Les travaux de Ayoubi et Foray (2020) fournissent une première analyse de l'impact du développement du ML. Enfin, dans le domaine de la santé, les investissements publics et gouvernementaux dans la recherche-développement ont joué un rôle essentiel, en particulier dans le secteur pharmaceutique. Dans ce domaine, la recherche financée par les pouvoirs publics est aujourd'hui presque égale à celle financée par l'industrie. Or il n'en va pas de même en matière de technologies numériques et d'IA où le fossé entre les secteurs public et privé se creuse (Ahmed et al., 2023).

Le projet de thèse propose d'examiner le mode de diffusion des technologies numériques et de l'IA et d'en analyser leur mode d'appropriation par les acteurs, leur financement et leur impact dans les systèmes de soins. L'analyse portera sur les transformations de l'organisation de la prise en charge des patients en médecine hospitalière (en particulier dans les phases pré-clinique et post opératoire) dans quatre pays (France, Italie, Canada et Royaume-Uni) pour lesquels des données sont accessibles. Elle s'intéressera également à l'apport de ces technologies dans les protocoles de soins, leur mode de production ainsi que les gains attendus en termes d'efficience. Les coûts élevés de développement de ces technologies sont-ils susceptibles d'être compensés par une réduction des coûts des traitements et une amélioration de la qualité de prise en charge. Enfin, apportant des informations précises sur l'adoption des technologies numériques et de l'IA, le travail se fixera pour objectif de fournir des indications aux décideurs publics soucieux de formuler des politiques efficaces encourageant l'innovation dans les systèmes de santé. Une analyse des dangers et limites de l'utilisation des données en santé et également attendue.

2. Méthodologie

Un des premiers objectifs de la thèse sera de produire une analyse des enjeux du déploiement des technologies numériques et de l'IA dans le secteur de la santé. Dans ce but, la thèse, après une analyse de la littérature, s'attachera d'abord à comprendre comment les technologies numériques et l'IA se diffusent et se développent dans les hôpitaux et d'analyser la façon dont les personnels médicaux les intègrent à leurs pratiques médicales. Ensuite, le travail se focalisera sur les gains associés à ces technologies. L'analyse des économies induites par une meilleure prise en charge et par une sélection des patients qui nécessitent un protocole de soins ou une intervention chirurgicale devra être menée.

Pour mener à bien ce travail la thèse, s'attachera dans un second temps à rassembler et/ou créer l'ensemble des données nécessaires à la démarche de recherche, l'objectif étant de construire une grille de lecture et d'analyse pertinente, permettant d'identifier clairement les technologies numériques et de l'IA mises en œuvre et leurs apports en santé. Cette base sera construite en utilisant les classifications existantes à l'OCDE et à l'OMPI des technologies numériques et de l'IA (Martinelli et al., 2021) et en les appareillant aux mots-clés et codifications médicales (Azer, 2015 ; Ramalho et al., 2021). Par ailleurs, le travail réalisera un recensement des brevets associés aux technologies mobilisées afin de d'établir une cartographie des acteurs et de leurs stratégies. Munie de cette grille d'analyse, la recherche pourra déployer un travail de terrain d'évaluation des apports de ces technologies dans les systèmes de soins de quatre pays retenus.

Ce travail pourra être réalisé en collaboration avec l'équipe de recherche d'Aldo Geuna de l'Université de Turin qui a déjà établi un ensemble complet de données concernant les chirurgies du bras et de la hanche

provenant des hôpitaux de Nice en France et de Turin en Italie (Pelletier et al., 2024). La thèse contribuera notamment à compléter cette base de données pour la France et le Royaume Uni.

Bibliographie indicative

- Abecassis, P., & Coutinet, N. (2017). The Impact on Big Pharma's Production Model of Medicine Policies in a Context of Austerity in France and the UK. *Observatoire de La Société Britannique*, 19, Article 19. <https://doi.org/10.4000/osb.1935>
- Ayoubi C. and D. Foray (2020). Machine Learning in Healthcare: Challenges for the Adoption of a New General Purpose Technology (Working paper version)
- Agarwal, N., Moehring, A., Rajpurkar, P., & Salz, T. (2023). *Combining Human Expertise with Artificial Intelligence: Experimental Evidence from Radiology* (SSRN Scholarly Paper 4505053). <https://papers.ssrn.com/abstract=4505053>
- Ahmed, N., Wahed, M., & Thompson, N. C. (2023). The growing influence of industry in AI research. *Science*, 379(6635), 884–886. <https://doi.org/10.1126/science.ade2420>
- Amann, J., Blasimme, A., Vayena, E., Frey, D., Madai, V. I., & the Precise4Q consortium. (2020). Explainability for artificial intelligence in healthcare: A multidisciplinary perspective. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 310. <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01332-6>
- Awad, A., Trenfield, S. J., Pollard, T. D., Ong, J. J., Elbadawi, M., McCoubrey, L. E., Goyanes, A., Gaisford, S., & Basit, A. W. (2021). Connected healthcare: Improving patient care using digital health technologies. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 178, 113958. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2021.113958>
- Azer, S. A. (2015). The Top-Cited Articles in Medical Education: A Bibliometric Analysis. *Academic Medicine*, 90(8), 1147. <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000000780>
- Bianchini, S., Müller, M., & Pelletier, P. (2022). Artificial intelligence in science: An emerging general method of invention. *Research Policy*, 51(10), 104604. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2022.104604>
- Compagni, A., Mele, V., & Ravasi, D. (2015). How Early Implementations Influence Later Adoptions of Innovation: Social Positioning and Skill Reproduction in the Diffusion of Robotic Surgery. *Academy of Management Journal*, 58(1), 242–278. <https://doi.org/10.5465/amj.2011.1184>
- Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard Business Review*.
- Dias, R., & Torkamani, A. (2019). Artificial intelligence in clinical and genomic diagnostics. *Genome Medicine*, 11(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s13073-019-0689-8>
- Dwivedi, Yogesh K., Laurie Hughes, Elvira Ismagilova, Gert Aarts, Crispin Coombs, Tom Crick, Yanqing Duan, et al. 'Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary Perspectives on Emerging Challenges, Opportunities, and Agenda for Research, Practice and Policy'. *International Journal of Information Management* 57 (1 April 2021): 101994. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.08.002>.
- Gopal, G., Suter-Crazzolara, C., Toldo, L., & Eberhardt, W. (2019). Digital transformation in healthcare – architectures of present and future information technologies. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (CCLM)*, 57(3), 328–335. <https://doi.org/10.1515/cclm-2018-0658>
- Hey, S. P., Gerlach, C. V., Dunlap, G., Prasad, V., & Kesselheim, A. S. (2020). The evidence landscape in precision medicine. *Science Translational Medicine*, 12(540), eaaw7745. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaw7745>
- Johnson, K. B., Wei, W., Weeraratne, D., Frisse, M. E., Misulis, K., Rhee, K., Zhao, J., & Snowdon, J. L. (2021). Precision Medicine, AI, and the Future of Personalized Health Care. *Clinical and Translational Science*, 14(1), 86–93. <https://doi.org/10.1111/cts.12884>
- Martinelli, A., Mina, A., & Moggi, M. (2021). The enabling technologies of industry 4.0: Examining the seeds of the fourth industrial revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 161–188. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa060>
- Mayo, R. C., & Leung, J. (2018). Artificial intelligence and deep learning – Radiology's next frontier? *Clinical Imaging*, 49, 87–88. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2017.11.007>

- Miotto, R., Wang, F., Wang, S., Jiang, X., & Dudley, J. T. (2018). Deep learning for healthcare: Review, opportunities and challenges. *Briefings in Bioinformatics*, 19(6), 1236–1246. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx044>
- Nuccio, M., Guerzoni, M., Cappelli, R., & Geuna, A. (2020). *Industrial Pattern and Robot Adoption in European Regions* (SSRN Scholarly Paper 3655140). <https://papers.ssrn.com/abstract=3655140>
- Pelletier, P., Geuna, A., Souza, D. (2024). AI in Medical Research in Canada: The development of regional competences. *Forthcoming on Health Management Forum*
- Ramalho, A., Souza, J., & Freitas, A. (2021). The Use of Artificial Intelligence for Clinical Coding Automation: A Bibliometric Analysis. In Y. Dong, E. Herrera-Viedma, K. Matsui, S. Omatsu, A. González Briones, & S. Rodríguez González (Eds.), *Distributed Computing and Artificial Intelligence, 17th International Conference* (pp. 274–283). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-53036-5_30
- Savadjiev, P., Chong, J., Dohan, A., Vakalopoulou, M., Reinhold, C., Paragios, N., & Gallix, B. (2019). Demystification of AI-driven medical image interpretation: Past, present and future. *European Radiology*, 29(3), 1616–1624. <https://doi.org/10.1007/s00330-018-5674-x>
- Shaheen, M. Y. (2021). Applications of Artificial Intelligence (AI) in healthcare: A review. *ScienceOpen Preprints*. <https://doi.org/10.14293/S2199-1006.1.SOR-.PPVRY8K.v1>
- Somashekhar, S., Kumarc, R., Rauthan, A., Arun, K., Patil, P., & Ramya, Y. (2017). Abstract S6-07: Double blinded validation study to assess performance of IBM artificial intelligence platform, Watson for oncology in comparison with Manipal multidisciplinary tumour board – First study of 638 breast cancer cases. *Cancer Research*, 77(4_Supplement), S6-07-S6-07. <https://doi.org/10.1158/1538-7445.SABCS16-S6-07>
- Tafti, E. (2023). Technology, Skills, and Performance: The Case of Robots in Surgery. *CINCH Working Paper Series*, 2023, no. 01. <https://doi.org/10.17185/DUEPUBLICO/78746>
- Tan, W. S., Ta, A., & Kelly, J. D. (2022). Robotic surgery: Getting the evidence right. *Medical Journal of Australia*, 217(8), 391–393. <https://doi.org/10.5694/mja2.51726>
- Taylor-Phillips, S., Seedat, F., Kijauskaite, G., Marshall, J., Halligan, S., Hyde, C., Given-Wilson, R., Wilkinson, L., Denniston, A. K., Glocker, B., Garrett, P., Mackie, A., & Steele, R. J. (2022). UK National Screening Committee’s approach to reviewing evidence on artificial intelligence in breast cancer screening. *The Lancet Digital Health*, 4(7), e558–e565. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00088-7](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00088-7)
- Yu, K.-H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719–731. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0305-z>