

Université de Lille
Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)
Master Ingénierie de la Santé
Parcours Healthcare Business et Recherche Clinique
Année universitaire 2021-2022

CURTY Anna

Mémoire de fin d'études de la 2ème année de Master
Sous la direction de : Monsieur Régis Logier

**Une innovation technologique au sein d'une spécialité médicale méconnue :
L'anatomopathologie numérique**

En quoi la pathologie numérique est-elle capable de transformer les pratiques des laboratoires d'anatomopathologie dans le cas d'une numérisation complète du laboratoire ?

Date de la soutenance : Vendredi 17 juin 2022

Composition du jury :

- Présidente du jury : Madame Hélène Gorge, Maître de conférences et Responsable du master Healthcare business-Recherche clinique ;
- Directeur de mémoire : Monsieur Régis Logier, Maître de conférences et Directeur scientifique ;
- 3ème membre du jury : Monsieur Clément Carlut, Spécialiste produit pathologie numérique, Philips FRANCE.

*Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé - ILIS
42 rue Ambroise Paré
59120 LOOS*

Remerciements

Ce mémoire conclut cinq années d'étude au cours desquelles j'ai pu construire mon projet professionnel.

Ce travail a été possible grâce à l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réalisation de celui-ci. Par ces remerciements, je voudrais leur exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Pour commencer, je remercie tout particulièrement les anatomopathologistes qui m'ont accordé de leur temps pour que je puisse réaliser mes entretiens. Ces interviews ont été enrichissant grâce à des professionnels impliqués et motivés par mon travail.

Je voudrais remercier l'ensemble des enseignants et des intervenants de la Faculté d'Ingénierie et de Management de la Santé. Plus particulièrement, je voudrais exprimer ma gratitude à Madame Hélène Gorge, présidente du jury et aussi directrice du master, elle a su montrer une grande disponibilité et a pu me prodiguer des conseils pertinents. J'adresse également mes remerciements à Monsieur Régis Logier, directeur de ce mémoire, pour m'avoir suivi tout au long de celui-ci.

Ensuite, mes remerciements vont à l'ensemble des collaborateurs avec qui je travaille au sein de Philips, entreprise dans laquelle j'ai effectué mon stage puis mon alternance. Je remercie profondément, Madame Cindy Routurou, tutrice de stage et alternance, pour sa patience et ses conseils. Il en va de soi que je remercie aussi Monsieur Clément Carlut, qui est directement concerné par ce mémoire et qui m'a appris énormément de choses dans le domaine et m'a également apporté de précieux conseils. Pour finir, j'exprime ma gratitude à Madame Nazanine Mathieu qui m'a accordé sa confiance et confié de nombreuses responsabilités.

Enfin, je voudrais remercier ma famille et mes amis qui ont pris le temps de relire mon mémoire avec attention et ont su me donner des conseils justes et pertinents.

Sommaire

Remerciements	2
Liste des figures	5
Liste des illustrations	5
Liste des tableaux	5
Liste des annexes	5
Table des abréviations	6
Introduction	7
Partie 1 : Revue de la littérature	9
I. La digitalisation du système de santé en France	9
A. Etats des lieux du système de santé actuel en France.....	9
B. L'émergence de la digitalisation dans le système de santé.....	12
C. La stratégie d'accélération de la digitalisation : « Santé numérique »	14
II. La digitalisation de l'anatomopathologie : un pas en avant pour le diagnostic du cancer	16
A. Le cancer : une maladie et un problème de santé publique	16
B. Le parcours du diagnostic cancer au sein d'un service d'anatomopathologie ...	17
C. L'anatomopathologie numérique	23
Partie 2 : Contexte et méthodologie	28
I. Objet de l'étude.....	28
II. Choix de la méthodologie.....	28
III. Population étudiée	29
IV. Recueil de données	29
V. Élaboration de l'entretien	31
VI. Méthode d'analyse des données	31
Partie 3 : Résultats de l'enquête	33
I. Les nombreuses applications de la pathologie numérique.....	33
A. Les outils de quantification diagnostic	33
B. La formation des anatomopathologistes.....	34
C. La collaboration entre les anatomopathologistes	35
II. La pathologie numérique entraîne une transformation complète des laboratoires d'anatomopathologie	39
A. La réorganisation totale des laboratoires d'anatomopathologie	39
B. Une architecture complexe.....	42
C. La délocalisation des pratiques	43

III.	Les limites de la pathologie numérique.....	45
A.	Les problèmes financiers.....	45
B.	La performance technologique	46
C.	Un réel gain de temps et d'argent ?.....	46
IV.	L'avenir des laboratoires d'anatomopathologie	48
Partie 4 : Recommandations.....		51
I.	Recommandations adressées aux laboratoires d'anatomopathologie	51
A.	Un déploiement de la numérisation par étape	51
B.	Un soutien économique des établissements	53
C.	La nécessité de s'équiper : l'urgence des laboratoires privés indépendants	53
II.	Recommandations adressées aux fournisseurs	53
A.	Amélioration technologique	53
B.	Harmonisation des interfaces	54
C.	Développer la télépathologie	55
III.	Recommandations adressées aux pouvoirs publics	56
A.	Proposer des financements.....	56
B.	Chartre sur les pratiques de la pathologie numérique	56
Conclusion		58
Bibliographie.....		60
Annexes.....		64

Liste des figures

<i>Figure 1 : Les dépenses de santé des pays de l'Union Européenne en pourcentage du PIB (Source : Eurostat février 2020).....</i>	<i>10</i>
<i>Figure 2 : Carte de répartition des médecins généralistes en France en nombre de médecins pour 100 000 habitants en 2019.....</i>	<i>11</i>

Liste des illustrations

<i>Illustration 1 : Pièce opératoire de rein</i>	<i>19</i>
<i>Illustration 2 : Solidification d'un tissu dans un bloc de paraffine</i>	<i>20</i>
<i>Illustration 3 : Coupe à l'aide d'un microtome</i>	<i>20</i>
<i>Illustration 4 : Lame sans coloration (gauche) et lame avec coloration (droite)</i>	<i>21</i>
<i>Illustration 5 : Pathologiste observant une lame au microscope</i>	<i>21</i>
<i>Illustration 6 : Éléments pour numériser un laboratoire d'anatomopathologie.....</i>	<i>50</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Caractéristiques des différents entretiens réalisés.....</i>	<i>30</i>
---	-----------

Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Exemple de colorations spéciales.....</i>	<i>64</i>
<i>Annexe 2 : Marché des scanners en France</i>	<i>65</i>
<i>Annexe 3 : Guide des entretiens.....</i>	<i>66</i>
<i>Annexe 4 : Mail prise de contact interviews anatomopathologistes</i>	<i>67</i>
<i>Annexe 5 : Retranscription d'un entretien - Dr A.....</i>	<i>68</i>

Table des abréviations

AMI : Appel à Manifestation d'Intérêt

ANSM : Agence Nationale de la Sécurité du Médicament et des produits de santé

ARS : Agence Régionale de Santé

BPI : Banque Publique d'Investissement

CE : Conformité Européenne

CNIL : Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés

DMP : Dossier Médical Partagé

DRESS : Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques

HAS : Haute Autorité de Santé

IA : Intelligence Artificielle

NHS : National Health Service

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEPR : Programmes et Équipements Prioritaires de Recherche

PIB : Produit Intérieur Brut

RCP : Réunion de Concertation Pluridisciplinaire

RGPD : Règlement Général sur la Protection des Données

SGL : Système de Gestion de Laboratoire

WSI : Whole Slide Image

Introduction

Les sciences, et plus particulièrement la médecine, évoluent de manière considérable grâce à la technologie. Comme l'a souligné en 2019 le Dr. Anne-Marie Moulin, médecin et philosophe, « *le champ de la santé est fortement lié à l'idéologie du progrès et au paradigme de l'innovation* ». Depuis quelques années, et surtout depuis que la numérisation fait partie de notre quotidien, ces innovations ont pris une place prépondérante au cœur de la médecine.

Ce mémoire porte sur une innovation technologique au sein d'une spécialité médicale appelée l'anatomopathologie. Cette discipline permet de comprendre le lien entre symptômes et lésions des tissus, en analysant au microscope des échantillons de cellules sur des lames de verre. Depuis le XXème siècle, la spécialité n'a cessé d'évoluer. L'étude des cellules des tissus du corps humain, s'est en effet progressivement étendue aux petits éléments présents autour celle-ci pour mieux la caractériser. Parfois, des lésions apparaissent et se multiplient au sein de ces cellules, on parle alors de cancer. Il en existe de différents types et le nombre de personnes atteintes par cette maladie ne cesse d'augmenter. Selon un communiqué de l'association de la ligue contre le cancer, en France, 93 000 dépistages (1) n'ont pas pu être réalisés en 2020 du fait de la crise sanitaire. Dans ce contexte, il est nécessaire de trouver des moyens pour améliorer les pratiques au sein des laboratoires d'anatomopathologie notamment pour l'analyse des lames. Les évolutions technologiques n'ont cessé de voir le jour depuis l'invention du microscope fin du XVIème siècle. En effet, de nombreuses problématiques se sont posées comme l'observation limitée du microscope à une seule personne. L'invention du microscope multi-têtes a permis d'observer à plusieurs les lames. En 1997, on parle pour la première fois de lames virtuelles avec le microscope virtuel inventé à l'Université de Maryland avec la collaboration de l'hôpital John Hopkins à Maryland (2). Cette nouvelle pratique consiste en la simple numérisation des lames de microscope afin de les visualiser sous un format numérique et sur écran. Il semble donc pertinent de se demander s'il est possible d'appliquer la citation d'Isaac Newton « *Lorsque deux forces sont jointes, leur efficacité est double* », à l'association de l'anatomopathologie et du numérique ?

Cette réflexion nous amène à la problématique suivante : **en quoi la pathologie numérique est capable de transformer les pratiques des laboratoires d'anatomopathologie dans le cas d'une numérisation complète du laboratoire ?**

Afin de répondre à cette problématique, nous analyserons tout d'abord la digitalisation du système en France. Nous présenterons ensuite la digitalisation de l'anatomopathologie en centrant notre point de vue sur le cancer ainsi que sur le fonctionnement de cette spécialité. La seconde partie de ce mémoire présentera le contexte et la méthodologie utilisée lors de l'enquête de terrain menée auprès de médecins anatomopathologistes.

Dans une troisième partie, nous présenterons les résultats d'analyse et les conclusions de ces interviews. Enfin, dans une quatrième et dernière partie, nous proposerons des recommandations, destinées à la fois aux laboratoires d'anatomopathologie, aux fournisseurs et aux pouvoirs publics, visant à améliorer la transformation numérique au sein des laboratoires.

Partie 1 : Revue de la littérature

Dans le cadre de cette revue de la littérature qui se divise en deux parties, nous dresserons, dans un premier temps, un bilan de la digitalisation du système de santé en France, ce qui nous permettra, dans un second temps, de nous focaliser plus particulièrement sur la digitalisation dans un domaine plus précis à savoir le diagnostic des cancers.

I. La digitalisation du système de santé en France

Dans cette première partie, nous établirons un état des lieux du système de santé actuel en France grâce à des indicateurs, en définissant les fondements de celui-ci et en expliquant les enjeux spécifiques du domaine de la santé en France. Ensuite, nous ferons le point sur l'émergence de la digitalisation dans le système de santé. Enfin, nous verrons la stratégie d'accélération de la digitalisation grâce aux réformes du gouvernement.

A. Etats des lieux du système de santé actuel en France

Pour dresser un état des lieux du système de santé français, il est indispensable, dans un premier temps, de définir ce qu'est un système de santé. La littérature scientifique, et plus précisément l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le caractérise comme « l'ensemble des organisations, des institutions, des ressources et des personnes dont l'objectif principal est d'améliorer la santé [...] » (3). Cette définition générale est en cohérence avec les acteurs (4) qui constituent le système de santé en France, à savoir :

- L'ensemble des établissements de santé ;
- Les institutions publiques à plusieurs échelles :
 - Échelle nationale : ministère des Solidarités et de la santé, Agence Nationale de la Sécurité du Médicament (ANSM), Haute Autorité de Santé (HAS), Haut Conseil de la Santé Publique ;
 - Échelle régionale : Agence Régionale de Santé (ARS) ;
 - Échelle locale : Structures de santé services sanitaires et sociaux.
- La Sécurité Sociale, les mutuelles, les assurances ;
- Les citoyens.

La France est reconnue mondialement pour son système de santé très performant, également caractérisé par une protection sociale accessible à l'ensemble de la population. Selon l'OMS, le système de santé français se classait le meilleur du monde en 2000 (5). 21 ans après, le magazine CEOWorld (6) classe les systèmes de 89 pays du monde entier en

fonction de plusieurs facteurs : la qualité des soins, le niveau de compétence des professionnels de santé, le coût des actes pour les patients et la disponibilité des médicaments. La France se positionne à la 7^{ème} place de ce classement mondial. Ces classements sont à prendre avec du recul même si de nombreux indicateurs témoignent toujours de la performance de notre système.

La France est en effet l'un des pays dans le monde qui investit le plus dans son système de santé : en 2020, les dépenses dédiées à la santé représentent 12,4% de son Produit Intérieur Brut (PIB) (7). En comparaison avec les pays voisins européens, nous pouvons remarquer que la France, l'Allemagne et la Suède ne sont pas avares en matière de dépenses de santé puisque ces pays y consacrent également plus de 11% de leur PIB.

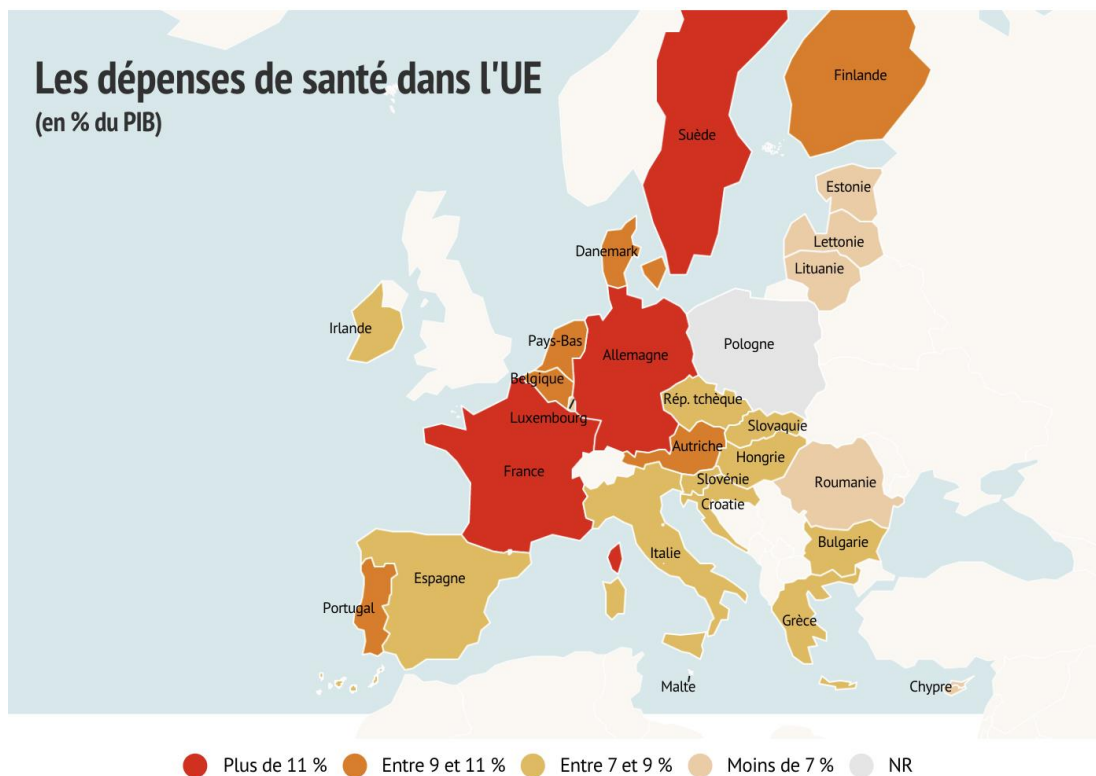


Figure 1 : Les dépenses de santé des pays de l'Union Européenne en pourcentage du PIB (Source : Eurostat février 2020) (8)

Ces dépenses ne font qu'augmenter depuis ces dernières années et connaissent une croissance presque continue. Cette carte montre également que les dépenses publiques de santé des pays européens varient en fonction de la situation économique des pays. Il convient donc de mettre en lien ces chiffres avec d'autres indicateurs, mais aussi avec le fonctionnement de la prise en charge des patients dans le secteur public et privé.

D'autres indicateurs révèlent la force de notre système comme l'espérance de vie qui est de 85,8 ans pour les femmes et de 80,3 ans pour les hommes (9). Les statistiques mondiales montrent que l'espérance de vie reste toujours plus élevée pour les femmes que pour les hommes, mais demeure plus faible que celle de la France avec un chiffre (10) de 74,2 ans (femmes) et 69,8 ans (hommes). Cette espérance est la conséquence d'un accès à des soins de qualité, mais s'explique également grâce aux avancées de la médecine. Enfin, le pays dispose de 32,4 médecins pour 10 000 habitants et 3,1 lits d'hôpitaux en soins curatifs pour 1 000 habitants (11). Cependant, en France la répartition est inégale et il existe de nombreux déserts médicaux.

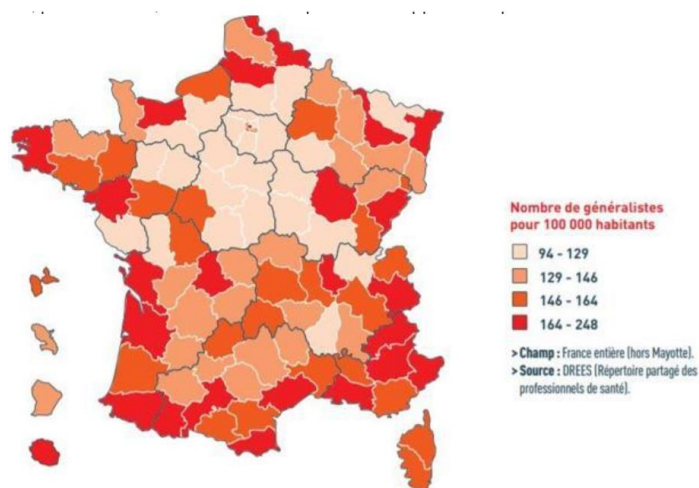


Figure 2 : Carte de répartition des médecins généralistes en France en nombre de médecins pour 100 000 habitants en 2019 (12)

Cette répartition témoigne des inégalités existantes, l'accès aux soins étant mal réparti au sein du pays même si certaines régions possèdent un nombre important de médecins généralistes - jusqu'à 248 pour 100 000 habitants. De manière générale, ce sont souvent les zones rurales qui souffrent du manque de médecins généralistes (ces zones comptent entre 94 et 129 généralistes pour 100 000 habitants) mais aussi de médecins spécialistes et surspécialités. Ces déserts médicaux entraînent des inégalités d'accès aux soins.

Ces différents indicateurs témoignent des forces et faiblesses de notre système de santé. L'une de ses principales caractéristiques est d'offrir un accès aux soins à tous et ce depuis 1945, lors de la mise en place de la Sécurité Sociale. En atteste également le reste à charge des patients qui est inférieur à 7% (13). La qualité des soins prodigués est bonne, selon un rapport récent de l'HAS qui établit par exemple un taux de mortalité dans les 30 jours suivants une pneumonie de 6,4% à 12,2% (14). Ce taux signifie que cette maladie est

globalement bien soignée et le risque de mourir des suites de cette infection est inférieur à 15%.

Aujourd'hui, en raison d'une médecine de plus en plus ciblée et de plus en plus personnalisée, notre système de santé fait face à plusieurs défis. En premier lieu, il convient de trouver le financement des dépenses de santé qui sont de plus en plus importantes chaque année. Il est également important de rester dans l'objectif de 1945 et de réduire les inégalités d'offres de soin dues aux déserts médicaux. En effet, d'après une étude de la Direction de la Recherche, des Études, de l'Évaluation et des Statistiques (DRESS) (15) publiée en 2017, 8% de la population habite dans une zone de désert médical. D'autres défis existent comme celui de réaliser davantage de prévention et, enfin, de mieux prendre en charge les patients au cours de l'évolution des pathologies.

Face à ces enjeux et face aux avancées médicales, les nouvelles technologies ont peu à peu trouvé leur place au sein de notre système de santé qui s'essouffle d'année en année. Ces nouvelles technologies ont progressivement permis de répondre aux défis de notre système et pour ce faire, il convient maintenant de nous pencher plus précisément sur l'émergence de la digitalisation dans le domaine de la santé.

B. L'émergence de la digitalisation dans le système de santé

La digitalisation correspond tout simplement à l'action de numériser. Numériser (16) est le fait de convertir une information analogique en une information numérique. Aujourd'hui, ces termes sont totalement entrés dans les mœurs des citoyens.

Depuis les années 2000, l'usage du numérique a explosé au sein de nos vies quotidiennes. Cette émergence a bouleversé l'environnement des entreprises, mais aussi l'environnement médical. La digitalisation contribue à l'apport de solutions numériques qui présentent un potentiel dans l'amélioration de notre système de santé français (17). Dans le monde médical, elle a modifié les relations médecins-patients, mais également les pratiques des médecins. Des applications mobiles de suivi de santé aux logiciels de prise de rendez-vous avec les médecins, la digitalisation fait désormais partie de notre quotidien et du quotidien des professionnels de santé. Son histoire a commencé en 1998 (18) avec la mise en place en France de la carte vitale. Cette carte a permis de dématérialiser les feuilles de soin pour le remboursement des actes médicaux par la sécurité sociale. Puis, il y a eu l'arrivée du Dossier Médical Partagé (DMP) et, enfin, la télémédecine, événement majeur qui a le plus bouleversé la médecine.

L'exemple du DMP est une grande transformation digitale au sein de notre système de santé français. À la fin de l'année 2008, le gouvernement a annoncé la création du DMP d'ici 5 ans. Le DMP est tout simplement un carnet de santé numérique qui réunit toutes les informations relatives à la santé des citoyens. Il est possible de partager son DMP avec l'ensemble des professionnels de santé souhaités. Malheureusement, le succès du DMP n'a pas été au rendez-vous. Depuis le 1^{er} juillet 2021, on ne peut plus en créer. En effet, celui-ci va être transformé en Espace Santé, un outil plus sécurisé et qui proposera davantage de possibilités aux patients. Cet espace permettra aux français différentes avancées : prendre rendez-vous en ligne avec des professionnels de santé ; disposer d'informations sur la qualité des soins dispensés près d'eux ; la possibilité d'échanger avec les professionnels de santé qui les suivent ; enfin, la possibilité d'accéder à des conseils et informations sur la santé, mais aussi aux prescriptions médicales en ligne.

Le cadre juridique de la télémédecine a été mis en place via la loi Hôpital, Patient, Santé, Territoire du gouvernement en 2009 (19). La télémédecine correspond tout simplement à la pratique de la médecine à distance. Il en existe plusieurs types :

- La téléconsultation ;
- La téléexpertise ;
- La télésurveillance ;
- La téléassistance.

Par exemple, la téléconsultation permet aux patients d'assister au rendez-vous avec le médecin, à distance, via un smartphone ou un ordinateur portable. Cette pratique a aidé les médecins, notamment pendant la crise de la Covid-19, à suivre leurs patients pendant les périodes de confinement, mais également d'éviter au maximum les contacts médecins-patients afin de limiter les risques de transmission du virus. De nombreuses plateformes en ligne et accessibles à tous les patients ont vu le jour et permettent de consulter un médecin 24h/24 et 7j/7 avec, à la clé, une ordonnance pour une prise en charge. Cependant, cette notion de diagnostic à distance entraîne de nombreuses limites et questionnements. En effet, les plateformes telles que Qare ou encore Feeli ne correspondent pas à des consultations médicales en visioconférence, mais simplement à un échange bref de messages pour que le médecin envoie une ordonnance. Le problème réside dans le fait que le patient ne peut juger si la téléconsultation est nécessaire dans son cas. C'est à la plateforme de mettre en place des règles et de former les médecins à tout de même prendre le temps de discuter avec le patient derrière son écran. Il y a également, la téléexpertise qui

permet de diagnostiquer à distance, comme on le voit avec la téléradiologie. Cette nouvelle notion permet aux radiologues de diagnostiquer à distance. Elle a permis de réduire les transferts des patients dans un hôpital français et donc de diminuer les dépenses de l'établissement (20). En effet, les images radiologiques sont transférées directement à un spécialiste à distance, et il est possible de bénéficier d'un avis médical précis dans un temps réduit.

L'arrivée du numérique au sein des établissements de santé soulève par ailleurs la question de la sécurisation des données patients. De manière générale, la sécurité des données personnelles est obligatoire selon le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD). Cette sécurité est d'autant plus importante pour les données patients qui sont soumises au secret médical. En effet, les établissements de santé sont devenus la cible principale des cyberattaques. On estime en moyenne une cyberattaque par semaine à l'hôpital (21). Depuis plusieurs années, les risques sont de plus en plus importants et touchent divers outils de l'hôpital et même les dispositifs médicaux (22). Pour pallier ces problèmes, la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL) émet des recommandations, notamment par rapport à la durée de conservation des données patients. Il semble donc essentiel de sensibiliser les professionnels de santé à l'importance de protéger les données patients. Le gouvernement a également mis en place le plan Stratégie Cyber pour débloquer 350 millions d'euros afin de protéger les établissements de santé.

L'échec du DMP révèle la montée en puissance de la télémédecine et à quel point il est indispensable que l'État accompagne la digitalisation du système de santé. La création de stratégie et de réforme est donc nécessaire comme le programme intitulé « Santé numérique ».

C. La stratégie d'accélération de la digitalisation : « Santé numérique »

Le gouvernement a annoncé, en janvier 2021, le lancement d'un programme « France Relance » et d'un programme d'investissement d'avenir, destiné à accélérer les transitions numériques et écologiques dans notre pays. Dans ce contexte, la stratégie d'accélération « Santé Numérique » (23) s'inscrit et s'étend sur 5 ans. Elle fait suite à la montée en puissance des solutions numériques dans le monde et a pour but de faire de la France, un pays leader dans le domaine. Pour autant, elle vise principalement la filière santé. Les principaux objectifs et moyens (24) sont les suivants :

- ❖ 81 M€ seront consacrés à la formation des professionnels de santé ;

- ❖ 60 M€ seront investis pour des Programme et Équipements Prioritaires de Recherche (PEPR) ;
- ❖ 20 M€ seront dédiés aux appels à projets afin d'évaluer l'efficacité et les bénéfices des dispositifs médicaux numériques et à l'intelligence artificielle ;
- ❖ 63 M€ seront dédiés à la création de 30 lieux d'expérimentation d'ici 2025 ;
- ❖ 95 M€ seront investis pour soutenir l'imagerie en France ;
- ❖ 50 M€ permettront de renforcer l'innovation ciblée sur les nouveaux usages numériques en santé.

Ce programme inclut de nombreux changements au sein de l'environnement médical. Tout d'abord, le gouvernement souhaite généraliser la dématérialisation des ordonnances de soins plus simplement appelée la e-prescription. Ce projet va permettre également d'être inclus au sein de l'espace santé des patients. La vision projetée est que chaque patient bénéficie d'un espace informatisé, unifié et accessible.

Dans un second temps, le déploiement de la télémédecine sera accompagné. Cette nouvelle pratique va permettre notamment de pallier les inégalités d'accès aux soins, notamment dans les déserts médicaux. D'une autre manière, elle permet de réduire les dépenses de santé en permettant aux patients de rester plus longtemps à domicile, en diminuant les déplacements des professionnels de santé et assurant un suivi permanent des personnes atteintes de maladies chroniques.

Afin de prioriser les financements de la stratégie « Santé numérique », l'État a décidé de lancer des Appels à Manifestations d'Intérêt (AMI) en lien avec la Banque Publique d'Investissement (BPI) (25). Ces AMI sont constitués de projets portés par les entreprises, les laboratoires de recherche ou encore les établissements de santé. Les projets se doivent d'être innovants dans le domaine du numérique et peuvent porter sur 3 axes différents :

- Les dispositifs médicaux ;
- Les données de santé ;
- Autres : Nouveaux usages du numérique en santé.

Au total, 196 projets (26) ont été proposés et aujourd'hui la sélection des projets n'est pas encore clôturée. On peut citer un exemple d'AMI, lancé en 2021 par le Health Data Hub (27), pour retenir un projet sur l'Intelligence Artificielle (IA) et la santé. Ils constituent donc un soutien pour le déploiement de solutions numériques et innovantes dans le monde médical. Un autre exemple est celui d'un projet qui a été sélectionné : le projet MILA, plateforme de rééducation musicale en ligne pour aider les enfants souffrant de troubles du langage et de l'apprentissage, pour la société bMotion Technologies (28).

Dans cet esprit d'accompagner le système de santé français à évoluer vers des solutions numériques et d'être plus précis en matière de diagnostic des maladies, nous allons nous concentrer sur le diagnostic des cancers et nous intéresser plus particulièrement sur la manière dont le numérique peut y contribuer.

II. La digitalisation de l'anatomopathologie : un pas en avant pour le diagnostic du cancer

Au cours de cette deuxième partie, nous expliquerons de manière détaillée le parcours amenant au diagnostic des cancers grâce à l'anatomopathologie en France puis nous ferons le lien entre la spécialité médicale et le numérique qui constitue aujourd'hui une nouveauté scientifique.

A. Le cancer : une maladie et un problème de santé publique

Le cancer (29) est aujourd'hui devenu un terme générique qui regroupe plusieurs types de maladies. En médecine, il s'agit d'un amas de plusieurs cellules à la suite d'un problème de croissance de celles-ci (30). Ces cellules peuvent ensuite migrer et former des métastases.

Selon l'OMS, les cancers sont la deuxième cause de décès dans le monde avec environ 10 millions de morts en 2020 (31). Ils touchent tous les pays, qu'ils soient développés ou non. En France, les cancers sont la deuxième cause de décès chez la femme et la première chez l'homme. Au total, 382 000 nouveaux cas ont été recensés en 2018 avec une augmentation constante du nombre de diagnostics depuis 1980, à raison de 23 % chez les hommes et 20 % chez les femmes.

Les cancers les plus courants sont les suivants :

- Cancer du sein ;
- Cancer du poumon ;
- Cancer colorectal ;
- Cancer de la prostate ;
- Cancer de la peau ;
- Cancer de l'estomac.

Nous pouvons nous demander quels sont les facteurs qui provoquent ce nombre important de cas. Plusieurs types de facteurs sont en cause :

- Les facteurs génétiques : mutation transmise au cours des générations ;

- Les facteurs environnementaux : la pollution, les cancérogènes que l'on retrouve dans la vie quotidienne (exemple : aflatoxine contaminant alimentaire) ;
- Les facteurs sociétaux : la pauvreté entraînant la malnutrition par exemple.

Afin de réduire le risque de cancer, il est important de sensibiliser la population française par rapport à la prévention de ce type de maladie et de réaliser des diagnostics précoces. En effet, un dépistage et un diagnostic en amont permettent d'augmenter les chances de guérison de celui-ci. Selon Simon Stevens, directeur général du système de santé public du Royaume-Uni, National Health Service (NHS), un diagnostic précoce multiplie en effet par 18 la chance de guérison de cette maladie (32). Les campagnes de dépistages sont donc importantes et permettent d'informer et sensibiliser les citoyens. Rappelons que l'objectif d'un dépistage est de diagnostiquer de manière anticipée une maladie. En 1994, le dépistage du cancer du sein s'est mis en place en France et s'est généralisé en 2004. Depuis 10 ans, la prévention de ce cancer s'est nettement amplifiée, notamment avec la campagne de dépistage pour lutter contre le cancer du sein. À partir de 50 ans, les femmes reçoivent une convocation pour réaliser une mammographie, intégralement prise en charge par l'assurance maladie. Cet examen doit être réalisé tous les deux ans.

Aujourd'hui, de plus en plus de patients sont pris en charge dans le cadre d'un cancer. Pour poser ce diagnostic, le passage par l'anatomopathologie est une étape obligatoire.

B. Le parcours du diagnostic cancer au sein d'un service d'anatomopathologie

Pour expliquer au mieux l'anatomopathologie, nous allons nous pencher sur sa définition, ses rôles, son histoire et enfin le fonctionnement complet d'un service hospitalier.

i. L'anatomopathologie : une spécialité médicale

L'anatomopathologie, plus familièrement appelée « Anapath » est une spécialité médicale ayant vu le jour au XVIII^{ème} siècle grâce à l'italien Giovanni Battista Morgagni (33). En s'intéressant à la relation entre le symptôme et la lésion d'un tissu, il a posé les bases de l'anatomopathologie. Selon le *Dictionnaire de l'Académie de Médecine*, cette spécialité permet l'analyse des lésions cellulaires et tissulaires. Ces lésions peuvent être signe de maladies, et plus particulièrement signe de cancers. Pour les étudier, les médecins utilisent le microscope afin de les observer sur des lames de verre.

L'anatomopathologie possède plusieurs rôles (34) importants :

- Etablir un diagnostic ou une hypothèse de diagnostic clinique pour les patients ;
- Apporter des précisions sur la maladie, comme le type de tumeur concerné ;
- Évaluer l'effet d'un traitement thérapeutique (disparition ou aggravation des lésions).

Les médecins sont appelés « anatomopathologistes ». En France, ils sont au nombre de 1 672 en 2020 et âgés de 50 ans en moyenne. Cette spécialité représente à ce jour 0,007 % du nombre total de médecins, spécialistes et généralistes confondus. Ils sont répartis dans 250 laboratoires publics (au nombre de 150) et privés (au nombre de 100), ces derniers ayant comme clients les cliniques privées, les hôpitaux et les cabinets de ville qui n'ont pas leur propre service d'anatomopathologie (35). On peut diviser les laboratoires privés en 3 :

- Les structures indépendantes (multisites privés indépendants détenus par des médecins anatomopathologistes libéraux) :
 - Les 4 plus importantes sont : Medipath, Cypath, Ouest Pathologie et Institut d'Histo-Pathologie ;
 - Les autres comme Atlantique Pathologie.
- Les bio-financiers (multisites privés détenus par des fonds d'investissement¹) :
 - Par exemple UNILABS, CERBA, Synlab ou XPATH.

Pour mieux comprendre l'anatomopathologie, nous allons expliquer le fonctionnement d'un service dédié à cette spécialisation. Notons que le fonctionnement est identique, qu'il s'agisse d'un service hospitalier ou d'un laboratoire privé.

- ii. Le fonctionnement d'un service d'anatomopathologie : du prélèvement au compte rendu

Un examen d'anatomopathologie nécessite 24h à 48h de préparation. En première intention, les techniciens de laboratoire préparent 5 à 10 lames pour chaque patient. Le nombre de lames augmente si le médecin demande des techniques complémentaires. Pour préparer une lame, de nombreuses étapes sont nécessaires.

Etape 1 : Prélèvements

Lorsqu'un patient a une suspicion de cancer à la suite d'un examen d'imagerie médicale par exemple, un prélèvement est réalisé. Plusieurs types de prélèvements sont possibles :

- Les biopsies : prélèvement d'un bout de tissu présentant une lésion ;

¹ Banques, organismes ou personnes individuelles qui investissent pour financer une entreprise

- Les prélèvements cytologiques : prélèvement par frottements ou par aspiration avec une aiguille fine ;
- Les pièces opératoires : pièce retirée lors d'une chirurgie pour enlever une tumeur.



Illustration 1 : Pièce opératoire de rein (36)

Une fois celui-ci réalisé, il est transféré dans le laboratoire d'anatomopathologie. Ces prélèvements vont passer par plusieurs étapes pour pouvoir être analysés. À son arrivée, il est contrôlé par une aide de laboratoire.

Etape 2 : Préparation des lames

Pour visualiser les prélèvements au microscope, il faut les préparer sur des lames de verre. La première étape consiste en la fixation du tissu pendant plusieurs heures dans du formol (composé organique qui permet la conservation des cellules).

Ensuite, les médecins réalisent des coupes ciblées et les disposent dans de petites cassettes numérotées.

Puis, les techniciens de laboratoire coulent de la paraffine chauffée à 60°C dans des moules avec les coupes afin de solidifier les tissus et obtenir un bloc de paraffine.

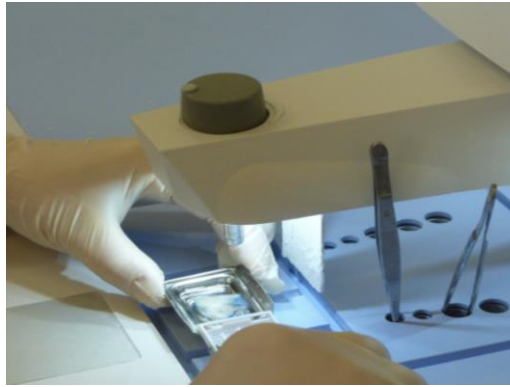


Illustration 2 : Solidification d'un tissu dans un bloc de paraffine

Après refroidissement, chaque bloc est découpé manuellement au microtome (appareil qui permet de couper des tissus). Les techniciens réalisent cette tâche afin d'obtenir des coupes tissulaires de 3 microns environ.



Illustration 3 : Coupe à l'aide d'un microtome

Ensuite, ces coupes sont déposées dans un bain-marie puis étalées sur des lames de verre numérotées.

Enfin, les lames sont colorées : il existe entre 20 et 30 colorations différentes (Annexe 1) pour mettre en évidence les lésions obtenues et pouvoir les observer plus facilement. Elles permettent notamment de colorer certains éléments des cellules comme par exemple les noyaux.

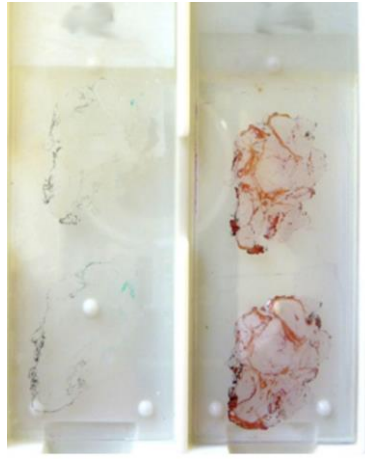


Illustration 4 : Lame sans coloration (gauche) et lame avec coloration (droite)

Pour finir, les lames sont contrôlées, rangées et triées sur des tablettes par un médecin référent.

Etape 3 : Compte-rendu et archivage

Une fois la préparation des lames effectuée, elles passent sous l'œil des anatomopathologistes grâce au microscope.



Illustration 5 : Pathologiste observant une lame au microscope

Après avoir visualisé les lames au microscope, les anatomopathologistes réalisent un compte rendu.

Il existe des examens plus spécifiques ou complémentaires :

- L'examen extemporané est réalisé sur des prélèvements non fixés, c'est-à-dire dès que le prélèvement est fait. Il permet de fournir rapidement, en moins de 30 minutes, le diagnostic au chirurgien. Cette rapidité d'obtention des résultats a pour avantage d'aider le praticien lors de l'intervention ;

- L'immuno-histochimie est le processus de détection des antigènes dans les tissus à l'aide d'anticorps. Les anticorps peuvent être d'origine polyclonale ou monoclonale, les monoclonaux étant de nature plus spécifique. L'immuno-histochimie est largement utilisée pour le diagnostic des cancers car des marqueurs spécifiques sont connus pour divers cancers. Le processus est simple : les anticorps liés à la protéine d'intérêt (antigène) sont visualisés.

Toutes ces étapes sont gérées par un système informatique, le système de gestion de laboratoire (SGL). Ce logiciel permet d'avoir le suivi du dossier patient et l'archivage de ses demandes d'anatomopathologie. Il assure également l'inventaire des lames et matériels du laboratoire. Il existe plusieurs sociétés qui fournissent des SGL.

Le nombre de lames réalisées ou de cas par les laboratoires français ne sont pas communiqués. Cependant, grâce aux données internes de l'entreprise Philips France Commercial, nous avons pu établir quelques chiffres par établissement :

- 42 000 cas patients par an et lames au CHU de Rennes ;
- 240 000 lames par an au CHU de Lille ;
- Plus d'un million de cas par an et 140 000 diagnostics de cancer au sein du groupe privé Medipath.

La manipulation des lames préparées prend 13,5 heures/jour (38) pour un laboratoire. En effet, ce temps comprend la préparation des dossiers, leur déplacement et le rangement, mais également l'archivage. En plus de cette gestion, les laboratoires doivent réussir à atteindre les recommandations françaises des délais de remise des comptes rendus (39), par exemple :

- Examen cytologique : moins de 3 jours ;
- Biopsie : moins de 5 jours ;
- Pièce opératoire : moins de 10 jours selon la complexité de l'examen.

L'archivage des lames constitue un réel problème logistique lorsqu'il s'agit de les classer, physiquement, au sein des laboratoires.

Les anatomopathologistes sont malheureusement des médecins qui ne rencontrent pas les patients et donc qui ne sont pas connus d'eux. D'autre part, cette spécialité est en réelle pénurie de médecins alors que la demande de diagnostic ne cesse d'augmenter. Pour pallier ces problèmes d'effectifs et de diagnostic, de nouvelles technologies ont vu le jour.

C. L'anatomopathologie numérique

i. Principe et fonctionnement de l'anatomopathologie numérique

L'anatomopathologie numérique consiste en la numérisation des lames puis l'analyse de ces lames sur un écran et non un microscope. Ces lames virtuelles ont été initiées en 1985 (39) et utilisées pour la première fois à Baltimore en 1997 (40).

Le processus de numérisation des lames préparées par les techniciens de laboratoire, nécessite plusieurs étapes : passage des lames au sein d'un scanner, visualisation des lames virtuelles au sein du réseau de l'établissement et enfin, stockage de ces lames (41).

La numérisation des lames s'effectue grâce à un scanner. Ce dispositif est composé d'éléments mobiles qui permettent de numériser l'intégralité de la lame, à savoir : l'objectif et la caméra autrement appelés système de numérisation (42). L'objectif du scanner, qui permet d'agrandir la lame que l'on souhaite observer, peut être de x20, voire x40. L'objectif x40 est la référence diagnostic dans la visualisation des lames. En fonction des types de scanner, celui-ci va permettre de numériser une partie spécifique de la lame ou la lame entière, appelée Whole Slide Image (WSI). Pour réaliser l'analyse de la lame, le scanner peut utiliser deux techniques de balayages (43) :

- Balayage linéaire : numérisation par bandes ;
- Balayage par tuile : numérisation par petits carreaux.

Aucun standard n'a été défini pour les formats d'image. C'est le cas notamment en radiologie où le standard DICOM est une norme. Le format DICOM-WSI (44) a été développé pour la pathologie numérique depuis 2011 mais les industriels ne l'utilisent pas. En effet, ce format ne permet pas une compression efficace. Il n'est donc pas optimisé pour l'échange et le stockage d'images très volumineuses comme le sont les images de lames numérisées.

À la suite de la numérisation, les lames virtuelles sont transférées sur un serveur, puis sur un logiciel de visualisation appelé « Viewer ». Il permet de visualiser la lame sur l'écran sous plusieurs grossissements, contrastes ou luminosités, mais aussi de pouvoir effectuer des mesures, annoter l'image, etc. Pour aller encore plus loin et améliorer le diagnostic, des logiciels combinés à l'intelligence artificielle peuvent être associés aux viewer (45). Des start-ups ont développé des algorithmes pour détecter automatiquement tel ou tel type de

cancer (46). Par exemple, il existe des solutions développées à base de machine learning pour l'aide au diagnostic d'un type de cancer du sein (47).

La technologie des scanners pose un nouveau problème de stockage des lames car le volume des images numérisées est important étant donné qu'il varie entre 1 et 10 Go (48). À l'avenir, les laboratoires vont devoir se munir d'un serveur de stockage conséquent ou définir une durée d'archivage maximale des lames afin de ne pas surcharger ces serveurs. De plus, le scanner et le viewer vont devoir se connecter aux interfaces du laboratoire, notamment à travers le SGL, comme mentionné dans la partie précédente.

Enfin, il existe 2 types de pathologies numériques :

- La pathologie numérique pour la recherche et l'enseignement : numérisation de quelques lames seulement ;
- La pathologie numérique de routine : numérisation à 100 % de l'intégralité des lames du laboratoire.

Grâce à l'anatomopathologie numérique, les anatomopathologistes peuvent réaliser leurs diagnostics à distance et donc faire de la télépathologie (49). En période de pandémie, cette possibilité s'est avérée très utile et a donné la possibilité aux médecins de réaliser leurs activités en télétravail. Un autre avantage est à prendre en compte : celui de pouvoir partager, plus facilement, des cas avec d'autres anatomopathologistes. Cette collaboration permet d'aider mais aussi de pallier le manque de spécialistes dans certaines zones dites de désert médical. Depuis 2009, il existe des réseaux de relecture ayant pour but de réunir plusieurs spécialistes d'un domaine clinique afin de relire les lames dans le cadre de cancers rares chez l'adulte (50). En France, il existe 15 réseaux officiels comme le RENOCLIP pour les cancers rares du système nerveux central. Le partage des lames à distance va permettre de faciliter ces réunions de relecture et de pouvoir les réaliser plus souvent.

Elle présente également un intérêt dans l'enseignement de cette spécialité (51), permettant aux étudiants d'accéder directement aux analyses sur un écran sans avoir besoin de microscope. La communication entre les médecins et les étudiants est donc nettement améliorée.

Il s'agit maintenant de nous pencher plus précisément sur l'implantation de la pathologie numérique en France.

ii. Etat actuel de l'anatomopathologie numérique en France

Dans le monde entier, la pathologie numérique est présente. De nombreux pays ont déployé, au sein de leurs services, les scanners de lames. C'est notamment le cas au Canada où un réseau de télépathologie a vu le jour avec l'implantation de la pathologie numérique au sein de 21 établissements (52). Considéré comme le plus grand réseau de télépathologie au monde (53), il est né pour améliorer l'accès aux soins dans les zones rurales. Une étude (54) a été publiée afin de connaître les retours de l'utilisation de la télépathologie au Québec. Elle révèle la satisfaction, à plusieurs niveaux, de la majeure partie des utilisateurs, en termes d'organisation, de formation ou encore de qualité des systèmes. Cependant, le pourcentage d'utilisation est de 40%, ce qui est assez faible. Ce chiffre s'explique principalement par le manque de formation et de maîtrise des outils. Néanmoins, la télépathologie offre de nombreuses possibilités au sein du territoire québécois comme :

- La possibilité d'effectuer, à n'importe quel moment, des diagnostics sur l'ensemble du territoire ;
- L'obtention plus rapide d'un second avis pour les anatomopathologistes éloignés géographiquement ;
- Une rapidité des prises en charge chirurgicales à la suite d'un diagnostic réalisé en temps et en heure.

En Europe, nous pouvons prendre l'exemple des Pays-Bas, dont un quart des laboratoires d'anatomopathologie sont numérisés (55).

En France, seuls deux établissements publics sur un total de 250 laboratoires ont numérisé à 100 % leurs services d'anatomopathologie, c'est-à-dire ont numérisé toute leur activité : il s'agit du CHU de Rennes ainsi que de l'hôpital Kremlin-Bicêtre à Paris (56). 0,008% des laboratoires d'anatomopathologies français sont de ce fait numérisés à 100%. La France se caractérise donc par un net retard technologique par rapport à d'autres pays. Cette situation est d'autant plus étonnante que le pays fait face à une pénurie d'anatomopathologistes et à un besoin urgent de diagnostics à distance. Malgré cela, les lames virtuelles sont utilisées depuis 2007 pour l'enseignement de l'anatomopathologie (57). Les avantages présentés à la suite du retour d'expérience des laboratoires québécois pourraient offrir les mêmes possibilités en France, notamment pour pallier le manque de ces spécialistes.

Signalons que cette situation n'est pas liée à un manque de fournisseurs de scanner de lames. Le marché ne cesse de croître comme le confirme l'estimation de l'entreprise « Facts

and Factors » qui prévoit une croissance de 13,8 % d'ici 2028 (58). Plusieurs entreprises sont en effet présentes et actrices de ce marché. Le portfolio des scanners et des logiciels associés est de plus en plus important au fil des années. À la suite de nombreux rachats et fusions d'entreprises, on peut citer les principaux fournisseurs de scanners de lames : Hamamatsu, Leica, 3D Histech et Philips (Annexe 2). En fonction des entreprises, les scanners possèdent des performances différentes, notamment en ce qui concerne le type de lames qu'ils peuvent numériser, le bas ou haut débit, le nombre de lames pouvant être présentes dans le scanner, etc. Les composants présents au sein des scanners ne sont pas les mêmes en fonction des fournisseurs.

Aujourd'hui, les différences que l'on peut noter entre les entreprises sont d'ordre technologique. Afin d'absorber toute la volumétrie et toutes les techniques des lames des laboratoires, il est important que les entreprises proposent des solutions homogènes. La convergence des systèmes entre eux va permettre aux laboratoires de posséder l'ensemble des innovations technologiques.

Conclusion intermédiaire

Le numérique a pris une place importante dans notre société actuelle et est au cœur des innovations technologiques. Il est, notamment en médecine, une technologie clé car dans ce secteur, il est primordial d'innover et d'améliorer les pratiques face à un système de santé français en crise depuis plusieurs années. La pénurie des médecins, l'explosion du nombre de maladies chroniques ou encore de cancers sont les causes principales de cette crise. Le cancer est une maladie devenue un enjeu majeur de santé publique. Même s'il est important de sensibiliser les populations aux dépistages des cancers, il est tout aussi important d'apporter de nouvelles solutions technologiques pour améliorer leurs diagnostics. Avec la diminution du nombre d'anatomopathologistes, le vieillissement de la population, l'augmentation croissante de la complexité des cas de cancers et la nécessité de maintenir le coût des soins à un niveau abordable, il devient de plus en plus important d'améliorer l'efficacité et la qualité des diagnostics. La pathologie numérique devient donc une nouvelle technologie pouvant améliorer les pratiques. On notera qu'elle permet de visualiser et de diagnostiquer les lames sur écran. Cette visualisation peut être combinée à des logiciels d'IA pour automatiser les pratiques. La possibilité de réaliser des diagnostics à distance, grâce à cette technologie, est appelée télépathologie. Malheureusement, une limite demeure : le problème de stockage des lames numérisées. Un tournant technologique dans le monde entier est à l'œuvre et permettra de bouleverser le travail des laboratoires

d'anatomopathologie. La France reste tout de même en retard contrairement aux pays européens et au reste du monde.

Cette technologie soulève donc de nombreuses interrogations quant à sa mise en place au sein des laboratoires et par rapport à la manière dont elle est susceptible de faire évoluer les pratiques.

Partie 2 : Contexte et méthodologie

La revue de la littérature précédemment menée nous a permis de contextualiser notre sujet de recherche **sur la capacité de la pathologie numérique à transformer les laboratoires d'anatomopathologie**. Il nous est donc désormais possible de mener une étude de terrain.

I. Objet de l'étude

L'étude de terrain a pour objectif de démontrer l'intérêt d'une adoption plus large de la pathologie numérique dans le diagnostic des cancers au sein des laboratoires d'anatomopathologie. Dans le cadre de notre revue de la littérature, nous avons pu mettre en avant de nombreuses questions :

- Comment la pathologie numérique a-t-elle été mise en place au sein des laboratoires ?
- En quoi la pathologie numérique peut-elle pallier le manque d'anatomopathologistes ?
- Pourquoi faut-il combiner la pathologie numérique à l'intelligence artificielle ?

II. Choix de la méthodologie

L'étude qualitative est, selon Kania, Porcino & Vehoef, « *de plus en plus utilisée dans la recherche en santé* » : en effet, ce type d'étude s'avère « *particulièrement adaptée à l'étude de phénomènes complexes* » (59). Elle permet de « *comprendre les mécanismes de l'opinion et de définir la réalité des pratiques et les besoins particuliers* » (60). Cependant, cet outil présente certaines limites comme le fait de ne pas pouvoir interroger un échantillon représentatif et donc l'impossibilité de généraliser les résultats de l'analyse. Néanmoins, la méthodologie qualitative permet d'identifier le discours, les mots employés par les interlocuteurs, mais également d'identifier les pratiques, le vécu et l'expérience des participants.

Dans le cadre de cette étude, nous avons donc choisi d'utiliser une étude qualitative. La méthode des entretiens semi-directifs a été privilégiée. Les interviews sont composées de questions ouvertes, préparées en amont sous la forme d'un guide d'entretien (Annexe 3). Nous avons choisi ce type d'outil pour obtenir des réponses construites et pouvoir laisser aux interlocuteurs l'opportunité de développer leurs idées. Ainsi, il va nous permettre d'aborder des points intéressants pour l'analyse des données, points auxquels nous n'avons pas forcément pensé au moment de la formulation du guide d'entretien.

III. Population étudiée

Pour mener à bien cette étude, nous avons trouvé intéressant d'interroger les médecins anatomopathologistes en France pour rassembler leurs points de vue. Ils sont directement touchés par la pathologie numérique et les changements de leurs pratiques.

Dans le cas de notre étude, il nous a semblé que le plus pertinent était d'interroger des médecins travaillant au sein d'un service où l'intégralité des lames sont numérisées. Recueillir leur point de vue était essentiel dans le sens où ils sont tout à fait conscients de l'intérêt de cette évolution à laquelle ils ont assisté. En effet, ces anatomopathologistes ont subi le changement, voire pour certains, ont été acteurs de ce changement. Ils rendent compte des apports, bénéfiques que la pathologie numérique représente.

Cependant, comme mentionné lors de la revue de la littérature, seuls deux établissements sont passés au 100 % numérique. Nous avons donc décidé d'élargir notre population cible, car les anatomopathologistes sont actuellement tous concernés par ce changement. En recueillant l'avis de ces médecins, il nous sera également possible de comprendre ce qu'ils attendent d'une numérisation intégrale de leurs services puisqu'ils sont confrontés à un certain nombre de difficultés, que ne connaissent pas ces spécialistes exerçant dans les établissements 100 % numérique.

Enfin, signalons que le nombre de personnes interrogé n'a pas été prédéfini en amont, nous avons jugé le nombre suffisant lorsqu'il y avait une certaine redondance dans les réponses, appelée saturation théorique (61).

IV. Recueil de données

Pour recueillir les données, il est important de cibler les personnes appropriées. Dans le cadre de cette étude, il est évident que les médecins anatomopathologistes sont les plus à même de répondre à nos interrogations.

Pour réussir à interviewer ces professionnels, nous les avons contactés par mail. L'obtention de ces adresses a été possible grâce à des recherches Google sur les sites des laboratoires d'anatomopathologie.

Dans le message de contact (Annexe 4), plusieurs informations ont été mentionnées :

- Présentation du sujet de mémoire et du diplôme de master ;
- Explication de la problématique ;
- Précision du type d'entretien et de la manière dont il va être réalisé ;
- Nombres de questions et durée approximative de l'entretien.

Les entretiens ont été planifiés en fonction de l'emploi du temps des participants et ont tous eu lieu via l'application Zoom. Cet outil a permis de réaliser ces interviews à distance. Depuis la pandémie de la Covid-19, le distanciel est devenu le moyen de contact privilégié. De plus, les anatomopathologistes sont des professionnels dont l'emploi du temps est surchargé, ce qui signifie qu'il est préférable d'organiser une rencontre en distanciel plutôt qu'en présentiel. Le distanciel nous a également permis de pouvoir interviewer des médecins qui exercent un peu partout en France et non uniquement dans notre région d'origine. Par ailleurs, il nous a été possible, grâce à cette plateforme de visioconférence, d'enregistrer ces entretiens, facilitant l'opération de retranscription des données. 15 médecins anatomopathologistes ont été contactés et 5 ont accepté de réaliser cet entretien.

Notons que nous avons précisé, au début de chaque entretien, que celui-ci allait être enregistré avec l'accord du participant, de manière à faciliter la retranscription des propos. Une fois les retranscriptions réalisées, nous avons anonymisé les données et supprimé les enregistrements.

Durant les entretiens, le guide d'entretien a permis de respecter un cadre afin d'être clair et concis vis-à-vis de l'interviewé. Nous l'avons suivi à la lettre, mais de temps en temps il a été important d'ajouter des questions afin d'obtenir des réponses plus claires et plus précises. Les questions ouvertes ont permis aux anatomopathologistes de s'exprimer sur de nombreux sujets, non traités dans les questions posées au départ. L'écoute active a donc également été utilisée lors de ces entretiens de manière à réagir aux propos des personnes interrogées pour qu'elles nous fournissent davantage d'informations nous permettant de traiter nos hypothèses de recherche et notre problématique.

Identité	Fonction	Établissement	Pathologie numérique 100% numérique	Durée de l'entretien
Dr. A	Pathologiste	Public	Oui	1h05
Dr. B	Pathologiste	Public	Non	33 minutes
Dr. C	Pathologiste	Public	Oui partiellement	30 minutes
Dr. D	Pathologiste	Public	Numérisation des lames pour la recherche	20 minutes
Dr. E	Pathologiste	Privé	Non	30 minutes

Tableau 1 : Caractéristiques des différents entretiens réalisés

Il a semblé pertinent d'interroger des médecins du public, mais également un médecin exerçant dans le privé, de manière à disposer de deux visions complémentaires. Cependant, les infrastructures et les moyens financiers sont différents.

Les critères hommes/femmes et ancienneté dans la profession n'ont pas été pris en compte, de manière que la population d'étude soit représentative des anatomopathologistes en général.

Le choix d'interroger ces médecins spécialistes qui exercent dans un laboratoire qui n'est pas passé au numérique s'explique facilement puisqu'à ce jour, seuls 2 laboratoires français sont équipés de cette technologie. Il s'est donc avéré indispensable, pour disposer de plus d'entretiens, de recueillir les réponses d'autres laboratoires.

Les entretiens réalisés ont duré entre 20 minutes et 1h05, soit 35 minutes en moyenne.

V. Élaboration de l'entretien

En premier lieu, nous avons défini l'objectif du guide d'entretien. Dans le cadre de ce mémoire, nous cherchons à obtenir des informations sur la numérisation de services d'anatomopathologie. Plus précisément, nous voulons déterminer les enjeux, les facteurs, les causes du passage au numérique en anatomopathologie. Les différentes thématiques abordées au sein du questionnaire sont les suivantes :

- Les objectifs de la pathologie numérique (3 questions) ;
- Les avantages et inconvénients (2 questions) ;
- L'avenir de la pathologie numérique (2 questions).

VI. Méthode d'analyse des données

La retranscription du discours des interlocuteurs a permis d'analyser les données afin d'en tirer des informations pertinentes.

La première étape de cette analyse des entretiens a été de les retranscrire intégralement. Grâce à l'enregistrement audio des interviews, nous avons retranscrit sous format texte de manière mot à mot (Annexe 5). Ce texte est appelé « verbatim ». Il est judicieux de mettre les informations par écrit (62) afin d'en faciliter l'analyse. La retranscription de chaque entretien, réalisée très rapidement après leur tenue, nous a permis d'effectuer une première analyse verticale des données obtenues. Nous avons ainsi repéré les verbatims qui nous semblaient les plus intéressants à analyser et exploiter. Par la suite, nous avons réalisé une

analyse horizontale des données, en croisant les réponses données par les différents participants.

La deuxième étape est la technique du codage des données. Selon Miles et Huberman, le codage est « *un processus de réduction provisoire via un processus de sélection, de simplification, d'abstraction et de transformation des données* » (63). Cette simplification permet ensuite une théorisation qui va donner du sens aux données. Différents codes pouvant être regroupés dans une même catégorie sont lisibles lors de l'analyse des retranscriptions. Ces codes, puis catégories, sont regroupés à l'aide de plusieurs couleurs pour éviter d'avoir les mêmes interprétations.

Conclusion intermédiaire

L'étude de terrain est une étape clef et concrète dans l'analyse de notre problématique. Dans le cas de ce mémoire, nous avons choisi d'interroger des médecins directement concernés par la pathologie numérique. De plus, l'étude qualitative avec des entretiens semi-directifs a été utilisée afin de recueillir des témoignages complets et détaillés. Au total, 5 anatomopathologistes ont été interviewés à distance. Après une retranscription complète des interviews, nous avons utilisé la méthode du codage pour analyser les données et en avoir les résultats.

Partie 3 : Résultats de l'enquête

À la suite de l'analyse des interviews réalisées, nous avons pu mettre en évidence des sujets communs. Ces grandes lignes ont été regroupées et organisées pour présenter les résultats de manière organisée.

I. Les nombreuses applications de la pathologie numérique

De nombreux avantages et applications ont été mentionnés quant à l'utilisation de la pathologie numérique. Celle-ci permet en effet d'améliorer les diagnostics posés, mais favorise également la formation et la collaboration.

A. Les outils de quantification diagnostic

La pathologie numérique permet d'améliorer la précision de diagnostic lors de l'analyse des lames comme le souligne le Dr. A.

« La qualité du diagnostic, comme je le disais, il y a l'avantage de pouvoir faire des mesures précises » (Dr. A).

Les anatomopathologistes ont cité des exemples d'amélioration de l'interprétation des lames comme les mesures, les comptages des structures biologiques ainsi que l'annotation des lames.

« On se rend compte qu'avec le numérique il y a des choses que l'on peut faire de façon précise tout ce qui est mesure, quantification, le numérique c'est un outil extrêmement utile pour ça » (Dr. A).

« Ce qui est très intéressant c'est qu'on peut mettre des flèches, marquer des croix, entourer des zones » (Dr. C).

Ces annotations vont permettre aux anatomopathologistes de mieux se repérer au sein de la lame et, par exemple, de ne pas repasser plusieurs fois sur une zone déjà analysée.

Par ailleurs, selon le Dr. D les diagnostics de certains cancers, comme celui de la peau, sont plus faciles à détecter.

« Il y a des diagnostics pour lesquels c'est plus facile, comme pour la peau, c'est plus facile de mesurer les lésions, plus adapté aux mesures sur un écran que sur le microscope où tu n'as pas beaucoup de moyens de mesurer les choses » (Dr. D).

D'après les propos des Dr. B, D et A, cette technologie permet par ailleurs un gain de temps considérable.

« Oui on va gagner du temps en comptant les noyaux » (Dr. B).

« Il y a des diagnostics pour lesquels c'est plus facile comme pour la peau c'est beaucoup plus facile de mesurer les lésions c'est beaucoup plus adapté aux mesures sur un écran que sur le microscope ou tu n'as pas beaucoup de moyens de mesurer les choses » (Dr. D).

« Entre lecture numérique et lecture microscope, le gain de temps est relativement peu important mais si on y injecte un peu d'Intelligence Artificielle qui va vous aider à repérer les zones pathologiques et on peut imaginer que ce gain va être encore augmenté » (Dr. A).

Ce gain de temps est-il donc relatif et incomparable par rapport à ce que va permettre l'IA ? Nous analyserons, plus loin, les témoignages des anatomopathologistes concernant la combinaison de la pathologie numérique avec l'IA.

L'utilisation des lames virtuelles permet un net gain en précision : les mesures sont au micron près comme nous l'explique le Dr. A.

« Autrefois, on prenait une lame de verre, on prenait un marqueur et une règle pour mesurer directement sur la lame. Aujourd'hui, on peut mesurer de manière extrêmement précise au micron près ce qu'on a sur la lame. Pour le coup cela permet d'être beaucoup plus précis. Ça permet aussi des quantifications automatisées pas loin de la vérité, en tout cas l'œil humain ne fait pas forcément beaucoup mieux même moins bien. On gagne en qualité entre ce que l'homme sait faire et la machine. Pour les quantifications, le temps d'analyse sur les lames numérisées est réduit et plus précis. On peut gagner sur la mesure, sur la quantification, le numérique pour ça est extrêmement efficace » (Dr. A).

B. La formation des anatomopathologistes

Dans un second temps, les médecins ont relevé un autre avantage à la pathologie numérique qui est le partage des lames et des diagnostics.

Selon le Dr. B et le Dr. C, ce partage permet d'améliorer la formation des médecins, qui peuvent ainsi accéder à davantage de cas pathologiques, par l'intermédiaire de bibliothèques numériques notamment, le tout en bénéficiant d'un accès simplifié.

« Ça sera plus facile d'apprendre aux uns et aux autres et ça sera plus facile pour les internes en phase initiale parce que le microscope ça nécessite un certain nombre de choses ; là on apprendra plus vite » (Dr. B).

Désormais, l'enseignant et les étudiants peuvent discuter des lames directement sur les écrans, car la même lame peut être visible par tous et simultanément.

« Le numérique c'est très intéressant aussi pour faire de l'enseignement, pour voir des pathologies diverses, ça élargit le champ des possibles et ça donne accès à toutes les pathologies alors que dans un même laboratoire on peut ne pas avoir toutes les pathologies, les différents organes, tandis que là, avec la numérisation, on peut avoir des bibliothèques numériques » (Dr. C).

Aujourd'hui, plusieurs facultés de médecine en France ont créé leur propre bibliothèque numérique afin que les étudiants et les enseignants aient accès aux images. On peut citer l'université de Paris Saclay qui a créé un serveur où sont mis à disposition de nombreuses lames virtuelles.

C. La collaboration entre les anatomopathologistes

L'autre aspect intéressant mis en avant lors des entretiens est le partage des lames entre les différents anatomopathologistes, voire avec d'autres spécialités médicales. Cette collaboration va permettre de demander des avis complémentaires plus facilement et donc de favoriser des diagnostics fiables. Désormais, il ne sera plus nécessaire d'envoyer physiquement les lames, ce qui permettra un gain de temps considérable. Cela va notamment favoriser des échanges plus réguliers entre les anatomopathologistes comme nous l'explique le Dr. A.

« L'autre chose est le partage des lames et les seconds avis, je peux demander à un collègue dans un autre hôpital pour me dire ce qu'il en pense. Ça c'est faisable en temps réel grâce au numérique » (Dr. A).

« Grâce au numérique on peut donner un avis collégial et permettre qu'un patient qui soit prise en charge à Brest par exemple puisse bénéficier des avis de tous ses experts dispersés en France [...]. Avec ça, vous réduisez de façon considérable la durée des avis des experts et là on a une optimisation de la prise en charge du patient » (Dr. A).

La pathologie numérique va être bénéfique pour les médecins mais il est important de noter qu'elle va aussi bénéficier directement au patient. D'après le Dr. B et le Dr. C, il semble donc

essentiel de développer cette technologie à l'ensemble des laboratoires pour améliorer la prise en charge des patients.

« Ce qui va apparaître dans les gains encore une fois c'est l'organisation, mais aussi le fait de demander un avis à quelqu'un d'un autre bureau sans se déplacer ça sera bien » (Dr. B).

« On peut montrer ce qu'on veut et à des endroits différents c'est super pour montrer à d'autres pathologistes, voire d'autres pathologistes d'autres laboratoires et faire des visioconférences, c'est important pour le partage » (Dr. C).

L'outil de partage va permettre d'attirer l'attention des anatomopathologistes sur des endroits précis des lames. La discussion de ces zones est bien plus facile à effectuer sur une lame numérique que sur un microscope.

Le Dr. A a également souligné que cela va permettre de valoriser l'anatomopathologie lors des Réunions de Concertation Pluridisciplinaire (RCP). Ces RCP regroupent de nombreux professionnels de santé (médecins, chirurgiens, pharmaciens, biologistes, anatomopathologistes, radiologues, infirmiers, attachés de recherche clinique...) pour discuter de la prise en charge des patients. En oncologie, une RCP est un passage obligatoire avant de proposer un plan de traitement thérapeutique. La pathologie numérique va permettre de présenter, visualiser les lames numérisées à l'ensemble des professionnels présents à cette réunion de concertation.

« L'apparition de la pathologie numérique a permis de montrer les lames aux cliniciens, avec un intérêt pour des disciplines pas très cancérologiques comme l'hépatologie, la néphrologie » (Dr. A).

« Les lames numérisées dans le service étaient utilisées pour les staffs, les réunions de concertations pluridisciplinaires où on a des cliniciens, des radiologues, des oncologues et puis donc les anatomopathologistes sont régulièrement présents, mais avant on ne faisait que discuter sur des comptes rendus, les cliniciens ne voyaient pas nécessairement les lames » (Dr. A).

Ce témoignage montre la mise en place d'un nouvel outil grâce à la pathologie numérique. Elle va permettre d'encore plus favoriser l'interdisciplinarité avec d'autres professionnels de santé (radiologues, oncologues, etc.), ce qui va être bénéfique pour les médecins dans l'optique d'améliorer la prise en charge du patient.

D. La combinaison avec l'intelligence artificielle

La pathologie numérique combinée à l'intelligence artificielle est un sujet qui a été abordé par les participants dans chacun des entretiens menés. Pour les anatomopathologistes (Dr. E, Dr. D et Dr. B), cette combinaison promet des améliorations de diagnostic, certains même parlent de révolution.

« Utiliser des solutions d'IA en plus pour avoir un intérêt » (Dr. E).

« Ce qui va révolutionner c'est l'aide au diagnostic et réussir à faire des diagnostics plus facilement et ça va changer les choses grâce à l'IA » (Dr. D).

« Il n'est pas impossible que l'analyse IA permette de détecter des choses que l'on ne savait pas détecter jusqu'à présent. Pour certaines tumeurs fréquentes, clairement l'IA devrait permettre de faire gagner du temps aux pathologistes. Entre lecture numérique et lecture microscope, le gain de temps est relativement peu important mais si on y injecte un peu d'IA qui va vous aider à repérer les zones pathologiques et on peut imaginer que ce gain va être encore augmenté » (Dr. A).

« Le déclic qui fait que les laboratoires passent à la lame numérisée c'est parce que derrière ils ont la conviction qu'ils vont avoir des solutions d'aides à l'ordinateur, des solutions d'aide au diagnostic pour simplifier leur métier ou ça va le rendre plus précis » (Dr. B).

L'intelligence artificielle va améliorer les pratiques en apportant une aide au diagnostic, ce qui va perfectionner la détection des lésions par exemple, automatiser les comptages des cellules en ayant pour principal but de faire gagner du temps aux anatomopathologistes. Il existe d'ailleurs plusieurs niveaux d'algorithmes d'IA (63) :

- Les algorithmes de comptage : permettre de faire des mesures ;
- Les algorithmes d'aide au diagnostic : suggérer le diagnostic au médecin avec une cartographie de risque de trouver une zone cancéreuse et un rapport automatique ;
- Les algorithmes « companion diagnostics » : détecter des protéines, des gènes dans la tumeur pour donner un parcours thérapeutique ciblé, précis et personnalisé ;
- Les algorithmes de prédiction : détecter des facteurs de risques de cancer.

Les avantages de ces outils ont été soulignés au cours de l'ensemble des entretiens.

« Je pense qu'ils attendent ça, d'avoir des solutions d'aide au diagnostic sur les lames numérisées, c'est le nerf de la guerre » (Dr. C).

« Ce qui va beaucoup s'améliorer, c'est l'idée d'avoir une solution d'aide au diagnostic, de pouvoir classer les dossiers en fonction des priorités pour avoir des réponses plus rapides. Avec l'IA, ça va changer les choses, on leur fait gagner un temps fou, c'est vraiment montrer les choses importantes dans le diagnostic » (Dr. D).

« L'IA ne remplacera jamais l'humain mais elle l'aidera, c'est sûr, justement pour les comptages, c'est indispensable » (Dr. C).

« Pour moi, d'un point de vue organisationnel, ce qu'on attend de l'IA pour les pathologistes c'est de nous faire gagner un temps infini » (Dr. B).

« Je pense qu'en terme médical ça peut avoir plein d'intérêts, notamment en termes d'IA, pouvoir utiliser des solutions de comptages et repérer des cellules en hématologie ça peut aider pour le diagnostic » (Dr. E).

Selon le Dr. A, l'intelligence artificielle combinée à la pathologie numérique est une technologie qui n'est pas encore assez développée pour fonctionner en routine au sein des laboratoires.

« Alors aujourd'hui, ces algorithmes, pour en avoir testé quelques-uns, ont des performances hétérogènes. Il y a des algorithmes qui marchent très bien et d'autres moins bien » (Dr. A).

Ces algorithmes sont développés par des start-ups en collaboration avec les médecins. La plupart sont construits à partir de bases de données de lames numérisées (64). Cela nécessite beaucoup de temps et de ressources avant de pouvoir disposer de logiciels performants.

« Il y a l'intelligence artificielle quand elle sera développée et il faudra qu'elle nous fasse gagner un vrai temps » (Dr. B).

« L'IA est en train de se mettre en place il faut le temps de le faire mais sinon c'est bien c'est l'avenir » (Dr. C).

L'IA apporte donc son aide en permettant d'améliorer le diagnostic humain. À la lecture de ces témoignages, plusieurs limites de l'IA méritent d'être soulignées :

- L'utilisation de l'IA nécessite-t-elle de recourir à l'avis d'autres anatomopathologistes ?
- L'impact de l'IA risque-t-elle d'automatiser les pratiques sur la formation des anatomopathologistes de demain ?

- Les algorithmes d'IA représentent-ils un potentiel danger sur le remplacement des médecins, peut-on remplacer l'humain ?

Ces limites n'ont pas été abordées par les anatomopathologistes lors des interviews, mais peuvent expliquer, en partie, la lenteur des hôpitaux à passer au numérique ou encore le côté novateur et récent de cette technologie, qui fait oublier les risques et les limites associés aux médecins. Il est important aussi de noter que les logiciels d'IA sont jeunes et sont marqués CE² depuis 1 an seulement.

De nombreux avantages à la pathologie numérique ont été mentionnés par les anatomopathologistes : une amélioration de la qualité diagnostic accentuée par la combinaison de logiciels d'intelligence artificielle et la facilité de partage des lames virtuelles entraînant une meilleure formation et collaboration. Ces bénéfices sont à analyser au cœur d'un réel bouleversement des pratiques.

II. La pathologie numérique entraîne une transformation complète des laboratoires d'anatomopathologie

Pour pouvoir numériser un laboratoire d'anatomopathologie, de nombreuses cases doivent être cochées selon les anatomopathologistes pour que tout fonctionne. Elle entraîne donc une transformation des pratiques, mais aussi, à l'échelle nationale, une transformation de l'ensemble du réseau des laboratoires privés et publics.

A. La réorganisation totale des laboratoires d'anatomopathologie

L'organisation est primordiale lors du passage au numérique. Elle permet de gérer les flux de travail essentiels lors du parcours des lames. Le Dr. A précise que la chaîne de travail du dépôt de la biopsie ou pièce opératoire jusqu'à la visualisation des lames sur un écran doit être millimétrée et rigoureuse. Cette étape est cruciale et peut mettre en péril le workflow du laboratoire si elle n'est pas bien organisée.

« Cela suppose d'avoir un workflow très bien organisé pour avoir accès rapidement aux examens d'urgence par rapport aux autres. Après, il faut bien comprendre que le pathologiste ne va pas lire ses 30 cas en même temps » (Dr. A).

² Marquage permettant de valider la sécurité et le bénéfice clinique d'un dispositif médical conformément à la réglementation européenne

Le workflow correspond tout simplement au flux de travail avec la suite des tâches à effectuer par l'ensemble du personnel du laboratoire.

« L'équipe du laboratoire doit réorganiser l'organisation générale du laboratoire » (Dr. D).

Le Dr. D évoque l'organisation interne du laboratoire, qui doit être revue avant la mise en place des solutions de numérisation des lames.

En ayant un flux de travail organisé, les laboratoires pourront pallier les inconvénients.

« La perte de temps peut être limitée par l'organisation du temps de travail, on peut contenir ses pertes de temps » (Dr. A).

« Il faut être capable de se servir de la pathologie numérique de manière organisationnelle pour qu'il y ait un vrai intérêt » (Dr. B).

Cette organisation passe également par les techniques de travail, notamment lors de la préparation des lames par les techniciens de laboratoire. Le Dr. A et le Dr. C nous expliquent l'intérêt de la modification des processus.

« Évidemment, si vous avez une mauvaise technique à la base, votre lame n'est pas belle à la base. C'est évident que quand votre scanner va numériser, il va vous sortir une image qui n'est pas belle. Il ne va pas vous améliorer l'image. Si vous avez une technique qui est mauvaise au départ, le résultat final sera mauvais. Cela suppose que, du côté du laboratoire, on a optimisé la technique pour essayer d'avoir la plus belle image possible » (Dr. A).

« Il faut modifier toutes les techniques de travail des techniciens » (Dr. C).

L'optimisation de la technique passe par une préparation minutieuse des lames. Il est important que les coupes, les colorations, comme nous l'avons vu au sein de la revue de la littérature, soient réalisées de manière précise et propre. Sans cela, le scanner est susceptible de générer des images de mauvaise qualité.

Outre la réorganisation de la préparation des lames, il faut rajouter une étape supplémentaire dans ce workflow : la numérisation de celles-ci.

« Va falloir mettre en place des choses en plus, ce sont des choses techniques à rajouter, rajouter en plus une étape de numérisation » (Dr. E).

D'après le Dr. A et le Dr. B, cette nouvelle mise en place va nécessiter des ajustements profonds qui vont être coûteux en temps.

« Le fait de numériser c'est une étape supplémentaire dans le processus de travail. On pourrait s'arrêter à juste la lame de verre, là ça suppose de passer les lames dans le scanner » (Dr. A).

« On est encore obligé de passer par les mêmes étapes mais on en rajoute une » (Dr. B).

Lors des entretiens, les anatomopathologistes n'ont pas montré une démotivation par l'étape supplémentaire de numérisation. Ce qui les rend sceptiques, notamment le Dr. C, est davantage le réel gain de temps promis par les fournisseurs face à cette étape supplémentaire.

« Ça rajoute une étape aux techniciens. En général, quand ils arrivent à la lame ils les distribuent aux médecins et c'est fini, tandis que là, il faut les numériser et qu'ils sachent s'autocontrôler, voir si le scanner a bien numérisé puisque nous on n'aura plus accès aux lames » (Dr. C).

Cela implique donc un processus rigoureux à mettre à place qui requiert le sérieux des professionnels lors de la mise en place de la pathologie numérique. Ce point est non négligeable lors de la transformation des pratiques des laboratoires.

Le Dr. C et le Dr. D, préconisent de disposer, au sein d'un laboratoire numérisé, d'un personnel supplémentaire formé à cette nouvelle technologie.

« C'est une question de ressources humaines aussi il faut beaucoup de techniciens formés. Il faut du monde, il faut que l'hôpital nous donne les moyens » (Dr. C).

« On voit qu'il faut employer des gens exprès pour la pathologie numérique » (Dr. D).

Les laboratoires doivent transformer leur pratique et pour cela, ils ont besoin d'embaucher par exemple des techniciens spécialisés dans la pathologie numérique ou des chefs de projets afin d'encadrer ces nouvelles pratiques.

Le changement des pratiques habituelles va créer un bouleversement au sein des différentes professions. Les anatomopathologistes parlent même de nouveau métier. Le personnel va s'adapter peu à peu et accepter les changements qui se profilent à l'horizon comme nous l'explique le Dr. D et le Dr. B.

« Après c'est évident que c'est un nouveau métier pour les médecins, donc il y a un temps d'apprentissage pour les médecins quand même, il va falloir tenir compte de ça » (Dr. D).

« Ça nécessite un nouveau métier pour les médecins, il faut qu'ils réapprennent leur métier et ça c'est complexe pour tous les gens qui ont l'habitude de travailler comme cela il faut leur dire de travailler autrement » (Dr. B).

Les techniciens de laboratoire vont devoir réapprendre à préparer les lames et ajouter, à leurs tâches, la numérisation des lames tandis que les médecins devront apprendre à diagnostiquer sur un écran et non un microscope.

B. Une architecture complexe

Lors des entretiens, nous avons compris que pour numériser un laboratoire il était nécessaire de prendre en compte plusieurs éléments, afin de créer une architecture susceptible de supporter cette transformation. En effet, le matériel est indispensable, mais il faut également pouvoir bénéficier d'une infrastructure informatique robuste comme le soulignent le Dr.C et le Dr. D.

« Il faut des scanners performants et une informatique qui suivent » (Dr. C).

« Cela nécessite un système informatique de qualité » (Dr. D).

L'infrastructure informatique est essentielle pour gérer le stockage des images des lames numérisées et celles-ci sont particulièrement lourdes, ce qui nécessite donc beaucoup de stockage. Le Dr. C, le Dr. D ainsi que le Dr. E nous l'ont expliqué.

« Après je mets un bémol parce que nous on a souci avec le stockage, les lames, c'est très lourd, les images numériques sont très lourdes et on ne peut pas faire l'impasse il faut avoir des lames très bien numérisées parce que par contre si elles sont peu numérisées, après ça fait des pixels et le diagnostic faussé » (Dr. C).

« Il faut aussi la gestion des données, les lames prennent tellement de place et il faut de très gros stockages de données et aujourd'hui on est limité par rapport à ça et c'est dommage que certains labos doivent écraser des semaines et des semaines de travail juste parce qu'ils n'ont pas assez de stockage » (Dr. D).

« Rajouter du stockage et l'archivage des lames ça va prendre du poids de stockage et de traitement des données. L'infrastructure numérique va se rajouter à un système déjà complexe » (Dr. E).

Le stockage nécessaire aux lames doit être anticipé pour éviter de se retrouver dans une situation inconfortable et de devoir supprimer des semaines de travail par manque de place sur les serveurs internes de l'hôpital. L'intérêt de garder les lames numérisées est de réaliser des travaux de recherche, de développer des médicaments. Si les lames numérisées venaient à être supprimés des serveurs de stockage, il suffirait donc de les renumériser.

C. La délocalisation des pratiques

La numérisation va entraîner la séparation du lieu de production des lames et du lieu de diagnostic de celles-ci. Le Dr. B et le Dr. A mentionnent que le regroupement des diagnostics, va permettre d'avoir des anatomopathologistes spécialisés dans un domaine clinique précis.

« Ça va nous permettre de travailler sur plusieurs sites et de réunir plusieurs sites avec des étapes techniques initiales identiques et puis une dernière étape qui est celle de la lecture centralisée mutualisée, moi j'y vois un vrai avantage : on aura des surspécialistes dans tel ou tel domaine donc ça permettra de se remplacer entre différents centres ça c'est très très bien » (Dr. B).

« Cela permet de dissocier le plateau technique de production des lames du lieu de lecture et du diagnostic. En fait, au niveau organisationnel, ça vous permet d'avoir une grosse unité de production des lames avec des techniciens, etc. et puis à côté de ça avoir à 10, 20, 30 km de là le lieu où les pathologistes vont faire le diagnostic. Ça désynchronise le lieu de production des lames et le lieu de diagnostic. Je pense que pour un laboratoire privé ou pour un hôpital, ça aide aux restructurations. Nous, ça nous a permis au niveau médical de regrouper toute l'activité médicale sur un même lieu. Ce qui favorise une taille critique du laboratoire plus importante qui permet d'assurer plus facilement les urgences, c'est-à-dire que si vous avez un pôle de 4 personnes anatomopathologistes, si vous avez quelqu'un qui est d'astreinte pour les urgences tous les jours, forcément c'est plus compliqué » (Dr. A).

Le diagnostic des lames numérisées va permettre de pouvoir les réaliser de n'importe où et ainsi apporter un confort de travail aux anatomopathologistes avec une flexibilité des conditions de travail. Cette nouvelle organisation va également permettre, selon le Dr. A, le Dr. C et le Dr. D, de toujours disposer d'un pathologiste qui pourra diagnostiquer un cas, à n'importe quel moment et de manière plus rapide.

« Après il y a l'aspect dématérialisation, c'est-à-dire pouvoir consulter les lames notamment chez soi, sans forcément avoir de microscope » (Dr. A).

« Ça peut être aussi pour que les gens puissent faire du télétravail avec la pandémie ça peut être pas mal, d'être chez soi et faire des diagnostics » (Dr. C).

« Pour pouvoir travailler à distance, ça c'est vraiment génial surtout en période covid, si les médecins sont chez eux ou ailleurs ils accèdent aux lames quel que soit l'endroit où ils se trouvent ça c'est génial et ça peut aider » (Dr. D).

« Je pense que c'est pour délocaliser les diagnostics, c'est-à-dire vous pouvez être n'importe où et faire des diagnostics, avoir accès aux lames numérisées et ça peut être aussi pour délocaliser un expert qui est dans une autre ville, ça peut être très important, j'espère que ça ne sera pas pour délocaliser dans un autre pays, à terme cela pourrait être le cas » (Dr. C).

« Notamment, aujourd'hui on est dans une société qui apprécie partir en vacances, prendre des RTT et tout cela c'est faisable que si vous avez une taille critique de laboratoire. Le numérique, de ce côté-là, permet le regroupement des forces et favorise les restructurations et peut permettre pour les forces qui sont en présence d'être plus efficaces » (Dr. A).

La délocalisation des pratiques en regroupant, d'une part, le plateau de production des lames et, d'autre part, le diagnostic est possible grâce à cette nouvelle organisation. De ce fait, les diagnostics peuvent être effectués de n'importe où, du moment que l'on a accès aux lames numérisées. Cette séparation va pouvoir apporter de nombreux avantages aux laboratoires. Les participants expliquent d'ailleurs que cela a déjà été le cas au moment des confinements liés à la pandémie sanitaire. Notons toutefois une crainte du Dr. C, qui a peur qu'à terme le diagnostic des lames soit délocalisé à l'étranger et effectué par de tierces personnes. Pour autant, grâce à la numérisation, les informations vont pouvoir être mutualisées entre différentes structures, augmentant ainsi numériquement les équipes dédiées au diagnostic des pathologies.

« Aujourd'hui, travailler sur plusieurs sites, travailler depuis chez soi en télétravail si on le souhaite, pouvoir mutualiser différents hôpitaux qui aujourd'hui ont des petites équipes pour créer une seule équipe sur plusieurs établissements ou sur une région entière ou un département ça c'est pour l'avenir » (Dr. B).

La pathologie numérique entraîne une restructuration complète du laboratoire en termes de flux de travail, mais également en termes de ressources matérielles, techniques et humaines. Ces changements génèrent donc un certain nombre de limites.

III. Les limites de la pathologie numérique

Les anatomopathologistes ont mentionné plusieurs points qui posent des problèmes lors de la transformation d'un laboratoire d'anatomopathologie : le financement de l'ensemble des solutions nécessaires au changement, la performance des scanners, ainsi que la réalité par rapport au gain de temps et d'argent.

A. Les problèmes financiers

Le financement complet du passage au numérique est très problématique, il coûte cher comme nous le soulignent le Dr. B, le Dr. E et le Dr. D.

« Cela coûte horriblement cher en achat de scanner et en stockage. Il y avait le principe dans ma discipline, pendant très longtemps on pensait que l'anapath numérique cela ne coûtait pas trop cher parce qu'on n'a pas su dire qu'il fallait des moyens » (Dr. B).

« Ça représente un investissement, c'est coûteux économiquement, ça va juste faire des frais supplémentaires » (Dr. E).

« Au niveau de l'argent, la pathologie digitale malheureusement ça coûte très cher pour les labos il faut beaucoup d'argent » (Dr. D).

Dans les laboratoires publics, peu de moyens sont donnés aux services d'anatomopathologie dans les hôpitaux. Pour potentiellement avoir une enveloppe budgétaire, le Dr. A, le Dr. B et le Dr. C expliquent que les services doivent démontrer l'intérêt de la pathologie numérique ou faire appel à des fonds de financements.

« Dans ce passage au numérique, l'hôpital a mis très peu d'argent, cela s'est fait sur des financements autres, pareil pour le premier scanner, ce sont des fonds de la faculté de médecine qui avaient été utilisés. Pour les structures privées c'est très hétérogène, il y a des gros laboratoires qui ont un chiffre d'affaires suffisant pour financer la pathologie numérique. En effet, équiper un laboratoire c'est à peu près 1 millions d'euros. Il y a aussi les coûts cachés avec l'infrastructure informatique. Pour les petites structures, débloquer 1 million c'est compliqué » (Dr. A).

« On vend du rêve à nos dirigeants, mais c'est aussi le seul moyen d'avoir des financements » (Dr. B).

« Nous c'est un médecin qui s'est occupé des financements en trouvant des fonds, des bourses mais ce n'est pas l'hôpital qui nous a financé ce projet. En effet, pas grand monde ne connaît la spécialité, pourtant c'est indispensable pour les diagnostics des cancers, les laboratoires n'y pensent pas trop » (Dr. C).

Ces témoignages révèlent que le passage au numérique de l'anatomopathologie n'est pas la priorité des hôpitaux. Les choses peuvent être un peu différentes dans les structures privées qui disposent de capacité d'investissement. De ce fait, dans les structures publiques, la numérisation relève des efforts de certains salariés qui prennent eux-mêmes l'initiative de rechercher des fonds, de candidater pour obtenir des bourses de financement car les dirigeants n'ont pas suffisamment conscience des apports de cette technologie.

B. La performance technologique

Aujourd'hui, les scanners qui numérisent les lames ne sont pas encore prêts à numériser tous les types de lames, cela donc pose un problème au sein des laboratoires qui sont passés au 100% numérique. Cette limite technologique est appuyée par le Dr. B et le Dr. D.

« Aujourd'hui il y a des choses que les scanners ne font pas, on n'est pas capable de voir la cytologie, les immunofluorescences, de polariser. Il y a des scanners sur des choses très précises comme l'hématopathologie qui étudient les lymphomes qui ne sont pas encore partout au point » (Dr. B).

« Il y a certains types de lames qui ne sont toujours pas visibles sur ordinateur comme des colorations spéciales, des choses que l'on n'arrive pas encore à numériser » (Dr. D).

Ainsi, la technologie de scanners n'est pas encore assez avancée pour répondre à toutes les problématiques rencontrées en termes de diagnostic. Par ailleurs, d'après le Dr.A la qualité des images numérisées par les scanners n'est pas toujours parfaite.

« Les images sont quelquefois pixélisées, le scanner peut parfois rendre des images moins nettes qu'au microscope et ça peut poser problème pour le diagnostic. Il y a deux types de problèmes : les zones de flous (la caméra n'a pas réussi à faire le focus) et les zones non détectées (trous car prélèvement en bordure de lames par exemple). Ce sont des problèmes liés à la qualité des scanners » (Dr. A).

C. Un réel gain de temps et d'argent ?

Les fournisseurs prônent beaucoup la pathologie numérique comme un important gain de temps, voire un gain d'argent. Cependant, les publications n'en ont jamais démontré la preuve scientifiquement. La combinaison avec l'intelligence artificielle va peut-être apporter des éléments de réponse, mais il faut aussi prendre en compte l'étape supplémentaire de

la numérisation des lames. Le Dr. A, le Dr. C, le Dr. B et le Dr. D nous ont expliqué leurs doutes à ce sujet.

« Je pense que le gain de temps entre le numérique versus le microscope doit être relativement marginal. Le fait qu'un pathologiste numérique soit plus rapide qu'un pathologiste au microscope n'est pas complètement certain, en tout cas à l'heure actuelle, en l'absence d'algorithmes d'intelligence artificielle. Cela introduit un délai supplémentaire dans le rendu des lames. Le pathologiste a accès de façon moins rapide à ces lames qu'auparavant. Cela est un petit défaut pour les urgences » (Dr. A).

« Pour le temps de compte rendu, je pense qu'il faut vraiment en faire beaucoup, après c'est comme tout c'est avec l'expérience peut-être que c'est un peu plus rapide mais je ne suis pas sûre. Il y a aussi le temps de récupérer la lame, le temps de chargement sur les ordinateurs, c'est un peu long » (Dr. C).

« Ce que j'en sais c'est que la qualité diagnostic ne s'améliore pas tout de suite. Il y a un délai de 3 mois minimum voir 6 mois pour avoir une qualité diagnostic qui soit équivalente au microscope et on est tellement habitué à notre microscope que l'on va très vite. Le délai de compte rendu ça va avec le précédent c'est-à-dire qu'il faut 3 à 6 mois pour revenir sur un rythme précédent donc on ne gagne pas de temps on revient sur un rythme précédent. Ça c'est quelque chose qui est très important, parce que comment est-ce qu'on s'améliore ? Pour l'instant je n'y vois pas de gain de temps. Ça rajoute une étape donc ça retarde... ça pour une structure libérale qui répond très vite, plus vite que les hôpitaux, c'est un problème » (Dr. B).

« Pour les temps de rédaction des comptes rendus ça peut aider un petit peu parce qu'on accède plus facilement aux lames, pas de problème de perte de lames mais c'est sûr qu'il y a l'étape de numérisation quand même » (Dr. D).

La rentabilité de la pathologie numérique est difficile à évaluer pour le moment par le Dr. D, le Dr. B et le Dr. A notamment.

« La rentabilité n'est pas démontrée dans les publications elle est encore inexistante, il y a des publications qui disent oui d'autres non » (Dr. D).

« Alors ça coûte très cher et je ne vois pas quelles sont les retombées que l'on a aujourd'hui. Aujourd'hui il n'y en a pas, je ne vois pas comment on gagne de l'argent, on n'a pas encore le modèle économique permettant que ça soit rentable. Donc comment est-ce qu'on va pouvoir rentabiliser financièrement cette étape supplémentaire ? Je ne sais pas » (Dr. B).

« Je pense que l'on vend une partie de rêve. Ça risque de se retourner contre notre discipline face à nos directeurs qui eux se disent pathologie numérique = gain d'argent » (Dr. B).

« Le gain d'argent est possible avec les algorithmes d'intelligence artificielle mais il est surévalué par les industriels, le coût de ces algorithmes est prohibitif pour un algo qui va vous faire une ou deux fonctions » (Dr. A).

Cette rentabilité est d'autant plus remise en question que les algorithmes d'IA proposés sont, annuellement, très coûteux (de l'ordre de 50 000 euros). Ce coût remet donc sérieusement en question le potentiel gain d'argent pour une structure, qu'elle soit privée ou publique.

Une question mérite d'être abordée : comment envisager l'avenir des laboratoires de pathologie avec l'arrivée de la numérisation au sein des pratiques ?

IV. L'avenir des laboratoires d'anatomopathologie

Au cours des entretiens, plusieurs anatomopathologistes nous ont fait part de leurs inquiétudes. La conséquence première de la numérisation des laboratoires est leur regroupement comme le souligne le Dr. B.

« A mon avis, ça sera un choix entre les très grosses structures et les petites structures et les petites vont devoir s'y mettre et ça sera un vrai problème donc je pense qu'on risque d'accélérer les fusions entre les structures (fusion entre les laboratoires privés) » (Dr. B).

En effet, les laboratoires qui ne passeront pas au numérique dans quelques années sont pour le Dr. D des laboratoires qui vont disparaître car n'ayant pas réussi à prendre le virage technologique préconisé.

« Je pense que les laboratoires qui seront numérisés ne vont pas disparaître car il y a un regroupement des labos d'anapath, ils vont devenir plus gros et vont être entièrement digitalisés et les autres malheureusement ne vont pas suivre l'étape et vont disparaître » (Dr. D).

Ces regroupements et ces disparitions vont poser de nombreux problèmes en créant une concurrence entre les laboratoires. Les bio-financiers veulent investir pour devenir des structures de plus en plus importantes et faire croître leurs chiffres d'affaires. D'un autre côté, les plus grosses structures indépendantes privées souhaitent rester sous un pilotage

médical tout en rachetant les petits laboratoires indépendants. Les structures privées vont donc créer une forme de pression sur les plus petites afin de les racheter pour faire du chiffre.

Selon le Dr. E, cela va desservir les médecins qui eux vont perdre leurs diagnostics intéressants.

« Les laboratoires vont vouloir travailler avec les autres soit pour nous piquer des prélèvements et négocier avec les cliniques pour nous prendre des marchés et les envoyer dans leurs circuits et les servir par leurs pathologistes. C'est un inconvénient que les labos se regroupent, se rachètent car ça perdrait notre indépendance et notre marché et ça serait dommageable pour nous. Il ne faut pas se leurrer, l'intérêt de ces gros groupes c'est de faire du chiffre du coup ça commence par juste on achète on change de nom et puis on perd notre indépendance nos choix d'actions et nos choix professionnels et médicaux » (Dr. E).

De plus, cette situation risque de faire augmenter la néolibéralisation des services de médecine. En effet, les laboratoires privés vont de plus en plus s'enrichir et faire des propositions attractives aux anatomopathologistes qui sont de moins en moins attirés par l'hôpital public. La perte des médecins au sein des établissements publics entraînera une demande de vacations aux anatomopathologistes du privé.

« C'est un problème de délocaliser la lecture et le diagnostic des examens médicaux, que les groupes privés s'enrichissent et que les médecins diagnostiquent plein de sites différents sans bouger de chez eux ou de leur site et du coup ça appauvrit les structures publiques. Les établissements publics réclament du personnel, mais personne ne souhaite aller dans le public donc ils font appel à des sociétés privées » (Dr. E).

À terme, cette situation pourrait causer des dommages irréparables pour les structures publiques.

Conclusion intermédiaire

L'analyse de ces entretiens a permis de mettre en évidence plusieurs points découlant de la transformation numérique des laboratoires d'anatomopathologie. De nombreux avantages ont été identifiés, comme une facilité d'analyse des lames grâce à la solution de visualisation des images sur l'écran, la possibilité de délocaliser le diagnostic, la demande d'un second avis plus rapide, ainsi que l'amélioration de la formation des anatomopathologistes et enfin un réel avantage diagnostique grâce à la combinaison de l'IA.

Cependant, il est important de noter que la numérisation d'un laboratoire entraîne un bouleversement des flux de travail. Il faut embaucher du personnel dédié à la pathologie numérique, rajouter une étape de numérisation au sein du parcours des lames. Le laboratoire doit également revoir son architecture, notamment l'infrastructure informatique avec des solutions de stockage et d'archivage des lames importantes, mais aussi pour pouvoir délocaliser le diagnostic des lames. Le financement de cette nouvelle technologie est également un point important, en effet ces solutions ont un coût et peu de moyens sont accordés aux laboratoires d'anatomopathologie. Grâce aux témoignages, nous avons pu réunir les éléments essentiels à mettre en place pour numériser un laboratoire sous forme de schéma.

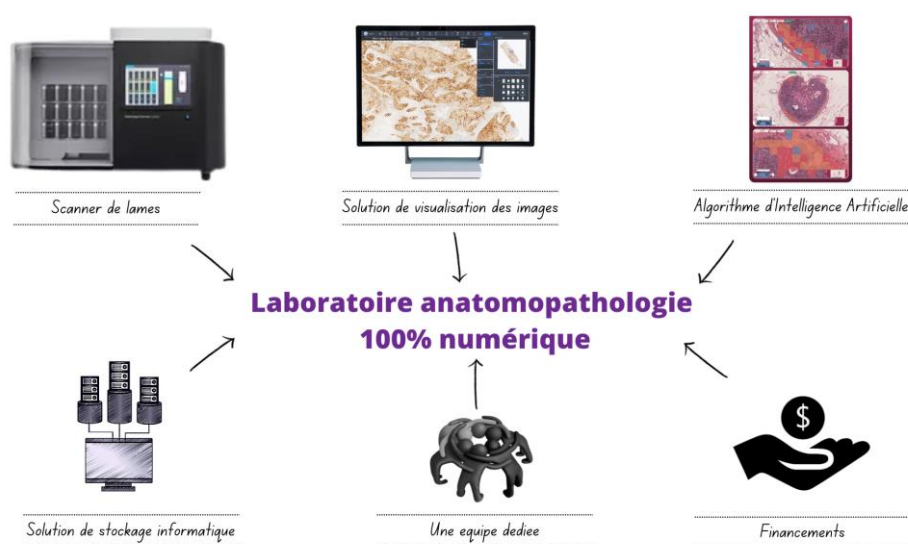


Illustration 6 : Éléments pour numériser un laboratoire d'anatomopathologie

La numérisation va pouvoir permettre le télédiagnostic et pallier le manque d'anatomopathologistes spécialisés dans un domaine précis. On peut parler d'une transition voire d'une révolution des pratiques. Cependant, de nombreuses limites et questionnements face à cette technologie ont émergé. En effet, aujourd'hui aucune donnée ni expérience terrain ne prouve que la pathologie numérique fasse gagner du temps et de l'argent. Les solutions de numérisation, tout comme les solutions d'IA, ne sont pas encore assez matures et développées. Toutefois, il est important de rappeler que l'ensemble des solutions sont jeunes et ont évolué très rapidement. L'avenir est donc prometteur. Enfin, la délocalisation des pratiques pose des questions au sujet de la néolibéralisation des actes d'anatomopathologie. De nombreux laboratoires privés indépendants grossissent et souhaitent racheter les plus petits laboratoires. Les conséquences sont par exemple la perte des secteurs d'activités des établissements rachetés.

Partie 4 : Recommandations

À l'issue de l'analyse des entretiens, nous pouvons maintenant établir des recommandations afin d'améliorer la transformation numérique des laboratoires d'anatomopathologie. Ces recommandations s'adressent aux fournisseurs, aux laboratoires, mais également aux pouvoirs publics.

I. Recommandations adressées aux laboratoires d'anatomopathologie

Il semble pertinent d'adresser des recommandations aux laboratoires publics et privés car ce sont eux les principaux concernés par cette transformation.

A. Un déploiement de la numérisation par étape

Pour permettre une meilleure intégration et de faire accepter le changement au sein de l'équipe de laboratoire, nous recommandons un déploiement progressif des solutions de numérisation. Ci-dessous, nous proposons quelques étapes qui nous semblent essentielles à réaliser. Ces recommandations ne sont pas exhaustives et dépendent de chaque laboratoire et équipe.

Avant de prendre la décision de passer au numérique, il convient d'expliquer à la direction du laboratoire ainsi qu'aux pouvoirs publics les points suivants :

- La description des pratiques actuelles du laboratoire ;
- Les raisons du passage au numérique ;
- La liste des solutions nécessaires et le coût par chaque solution (scanners, logiciel de visualisation des lames, stockage...) ;
- Le contexte du laboratoire (charge de travail, nombre de lames par jour, problématiques...) ;
- Les fonds de financement possibles, les aides de l'État ou de la région existantes ;
- Les bénéfices et avantages potentiels de la pathologie numérique.

L'ensemble de ces points abordés avec l'équipe de laboratoire et la direction va être une première entrée en matière pour convaincre les parties prenantes.

Ensuite, une fois la validation du passage au numérique il faut organiser le déploiement des nouvelles solutions au sein de l'établissement.

Pour mettre en œuvre ces changements et que tout se déroule de manière efficace, l'engagement d'un chef de projet dédié à cette transformation semble pertinent. Il aura donc

le rôle de coordinateur de chaque étape de la transformation du laboratoire pour assurer une gestion efficace du projet. En effet, l'ensemble du personnel présent dans les laboratoires a un travail à temps plein à côté du projet de mise en place de la pathologie numérique.

Tout au long du projet de déploiement, il est important de communiquer sur l'avancée du projet. Pour cela, il suffit de mettre en place des réunions de manière régulière afin de mettre au courant et d'impliquer l'ensemble des équipes. Il semble également important d'impliquer le service informatique de l'établissement, la direction des services informatique doit faire partie du projet. En effet, l'infrastructure informatique adéquate est un point important à prendre en compte. Les points suivants sont essentiels :

- La bande passante entre le scanner et les serveurs informatique afin que les images arrivent rapidement sur les postes d'ordinateur des anatomopathologistes ;
- La durée d'archivage des lames souhaitée par le service pour dimensionner le serveur de stockage des images numérisées.

Pour améliorer le workflow du laboratoire à l'arrivée de la pathologie numérique, nous conseillons d'adopter le Lean management. Cette méthode va permettre d'améliorer les performances et l'organisation des pratiques par un plan de perfectionnement adapté à la préparation des lames. Pour réaliser cela, le chef de projet devra analyser en détail le flux de travail des équipes en réalisant par exemple une cartographie des processus pour la préparation des lames. Grâce à cette analyse, il pourra plus facilement rajouter les étapes liées à la numérisation des lames.

Cette analyse du laboratoire va permettre de choisir quels types de scanner, le nombre de scanner ainsi que l'emplacement de celui-ci. Ces choix seront faits en fonction des besoins du laboratoire.

Il faudra ensuite adapter la préparation des lames en fonction de la solution afin d'avoir une qualité d'image la plus nette possible.

Enfin, pour motiver, rassurer et adopter le changement à l'ensemble des équipes, il est important de maintenir une collaboration entre l'ensemble du personnel. Pour maintenir l'enthousiasme des équipes, il convient d'impliquer les anatomopathologistes, les techniciens de laboratoire et le service informatique. L'ensemble des équipes doivent pouvoir transmettre leurs idées et leurs suggestions afin de se sentir impliqués dans ce bouleversement de leurs pratiques.

La numérisation de la discipline implique des efforts considérables de mise à niveau des infrastructures, une adaptation des pratiques professionnelles avec une standardisation et un développement de nouveaux métiers (techniciens, ingénieurs informatiques, spécialiste

en intelligence artificielle...). Elle devra être accompagnée par une formation adaptée des équipes techniques et des praticiens des laboratoires.

B. Un soutien économique des établissements

Contrairement à la numérisation de la radiologie, la numérisation de l'anatomopathologie ne supprime pas d'étapes techniques mais elle en ajoute. Il n'est donc pas possible de s'appuyer sur un modèle économique qui garantit des économies en ressources humaines ou matérielles. La mobilisation des équipes du laboratoire, notamment en déposant un appel à projet auprès de l'établissement ne suffit pas à faire face aux besoins. Il est nécessaire d'avoir un réel soutien financier de la part des établissements de santé.

C. La nécessité de s'équiper : l'urgence des laboratoires privés indépendants

Afin d'améliorer la technologie dont disposent les anatomopathologistes et d'unifier les pratiques, il serait nécessaire que l'ensemble des laboratoires puissent s'équiper. En effet, si les petits laboratoires privés ne s'équipent pas, ils risquent d'être rachetés par les groupes de laboratoires. Ils peuvent être rachetés par les bio-financiers comme le groupe Unilabs ou par les 4 plus grandes structures privées indépendantes par exemple Medipath.

Cela entraînerait la perte de l'indépendance des anatomopathologistes et de l'accréditation des activités de l'établissement. Les médecins ne pourront plus avoir le choix de travailler avec tel ou tel établissement pour notamment travailler sur des cas intéressants. Il faut donc que les laboratoires privés amorcent le tournant de cette transformation, et ce le plus rapidement possible.

II. Recommandations adressées aux fournisseurs

Plusieurs entreprises commercialisent les solutions essentielles pour numériser un laboratoire d'anatomopathologie, comme les scanners de lames, les visualisateurs ou encore les interfaces informatiques.

A. Amélioration technologique

L'innovation technologique doit s'adapter aux pratiques des professionnels. Dans le cas de la numérisation des lames, il est important de disposer de scanners performants. La performance de ces appareils s'apprécie à plusieurs niveaux :

- La qualité de la numérisation ;

- La numérisation de tous les types de lames.

Plusieurs médecins nous ont rapporté les limites technologiques des scanners de lames comme le Dr. A.

« Les images sont parfois pixélisées, le scanner peut parfois rendre des images moins nettes qu'au microscope et ça peut poser un problème pour le diagnostic. Il y a deux types de problèmes : les zones de flous (caméra n'a pas réussi à faire le focus) et zones non détectées (trous car prélèvement en bordure de lames par exemple). Ce sont des problèmes liés à la qualité des scanners » (Dr. A).

La qualité de numérisation des scanners s'avère donc essentielle. Les potentiels problèmes de numérisation mettent en jeu le diagnostic des lames et donc le compte rendu du médecin. Les entreprises doivent également continuer à proposer des optiques de numérisation performants, afin que les lames soient les plus nettes possible. La qualité des images est essentielle pour entraîner et par la suite intégrer les algorithmes d'aide au diagnostic.

Certains médecins ont proposé une amélioration de la technologie. En effet, ils souhaiteraient que ce procédé soit plus intuitif, comme pouvoir analyser les lames sur une tablette tactile. Les entreprises devraient répondre à ce besoin des professionnels, en proposant un viewer de lames sur des appareils tactiles. Étant donné qu'avec les microscopes, ils ont pris l'habitude de régler manuellement les boutons de celui-ci, il faudrait qu'ils puissent conserver cette pratique afin de ne pas être trop perturbés dans leurs habitudes.

B. Harmonisation des interfaces

Au cours des entretiens, plusieurs anatomopathologistes nous ont fait part de leur souhait de disposer de solutions faciles d'utilisation. Plusieurs interfaces sont nécessaires au bon fonctionnement du travail d'un anatomopathologiste : le système de gestion d'un laboratoire, le système de gestion informatique, le viewer des lames virtuelles et enfin le stockage des lames. Pour anticiper la croissance des logiciels d'IA, les solutions doivent également s'interfacer avec les algorithmes d'aide au diagnostic. Pour faciliter le workflow des médecins, il conviendrait d'avoir une seule et unique interface robuste.

La communication entre les fournisseurs semble importante pour émettre des standards communs, afin que les systèmes soient interopérables entre eux. En effet, le principal atout de la pathologie numérique est le partage des lames entre les différents laboratoires. Il ne faudrait pas que la présence de fournisseurs différents entre les laboratoires impacte le partage des lames.

Dans un second temps, le Dr. E nous a évoqué le problème de la non-utilisation du format DICOM.

« Pour le moment on a du mal à voir des formats communs par exemple le format DICOM avec des SGI compatibles avec tous les formats d'image » (Dr. E).

Depuis que les images médicales ont évolué vers le numérique, un format standardisé pour ces images a vu le jour, sous le nom de DICOM. Ce format, habituellement utilisé pour les images radiologiques, permet de visualiser, stocker et partager les images à l'échelle internationale. Les fournisseurs de solutions de pathologie numérique doivent implémenter les standards DICOM pour obtenir des lames virtuelles sous ce format au sein des systèmes de gestion des laboratoires et des systèmes de stockage. La standardisation de ce format permettra une réelle interopérabilité entre les établissements, les pays ainsi que les services.

C. Développer la télépathologie

La télépathologie est un axe que les entreprises doivent développer. Comme mentionné précédemment, la pathologie numérique va permettre de pouvoir délocaliser les diagnostics. Par exemple, un pathologiste sera à même de diagnostiquer des lames d'un autre site si ce site manque d'anatomopathologistes spécialisés. L'enjeu du diagnostic à distance est conséquent en raison du manque de spécialistes dans certains établissements de santé où les anatomopathologistes sont peu nombreux. On parle d'ailleurs de téléexpertise, car elle ferait appel à des médecins experts dans leur domaine pour supporter une meilleure distribution des diagnostics. L'intérêt de développer ce secteur est commercialement intéressant pour les entreprises et permettrait d'apporter un nouveau business. Ce secteur d'activité va croître dans les années à venir, tout comme la téléradiologie ou la télécardiologie qui sont de plus en plus présentes dans les besoins des établissements de santé. Pour cela, nous conseillons aux entreprises de focaliser une partie de leurs solutions en anatomopathologie dans le domaine de la télépathologie. La mise en place d'un tel service nécessite la création de datacenters pour héberger les données. Ces centres doivent être agréés comme l'oblige le Ministère de la Santé depuis 2010. Les entreprises ont donc deux possibilités : créer leur propre hébergeur de données de santé ou collaborer avec une société proposant ce type de datacenters.

L'offre de télépathologie permettra d'accompagner les établissements à réaliser ces diagnostics à distance et d'augmenter leurs actes et leur rentabilité à long terme.

III. Recommandations adressées aux pouvoirs publics

Les pouvoirs publics sont des acteurs à part entière au sein des établissements de santé. L'encadrement des soins, les financements, tout comme l'amélioration de la qualité des soins sont en effet pilotés par les institutions sanitaires.

A. Proposer des financements

Les autorités publiques doivent être en lien avec un certain nombre d'acteurs de la pathologie numérique pour soutenir des projets publics et privés visant au développement d'outils numériques. En effet, la mise en place de la numérisation totale d'un laboratoire d'anatomopathologie engendre des coûts qui peuvent être de l'ordre du million d'euros. Au sein de l'hôpital public, il est difficile pour les services d'anatomopathologie de trouver une telle enveloppe budgétaire. L'importance d'équiper les laboratoires de scanners est pourtant essentielle. Il faut donc une véritable volonté politique pour que l'ensemble des laboratoires ait la capacité de se numériser pour être rentable à long terme. Aujourd'hui, au sein de l'hôpital public, peu de moyens sont donnés aux médecins. Si l'innovation ne prend pas place au cœur de ces services, les anatomopathologistes migreront dans les laboratoires privés. Par conséquent, les hôpitaux publics devront faire appel à des sociétés de télépathologie. Il est donc urgent de déployer des plans de financement pour l'ensemble des services d'anatomopathologie, afin que l'hôpital public puisse conserver son autonomie et disposer de moyens de diagnostiquer des cancers.

B. Charte sur les pratiques de la pathologie numérique

De nombreux changements entraînés par la pathologie numérique nécessitent d'être régulés par une réglementation précise et rigoureuse. Les agences gouvernementales pourront en lien avec les professionnels de santé et les fournisseurs rédiger ce document. Cette charte aura pour objectif d'encadrer les pratiques au sein de laquelle s'inscrit la pathologie numérique. Il convient d'aborder de nombreux points :

- Les indicateurs de qualité d'un laboratoire ;
- Les propriétés et les valeurs des lames numérisées ;
- Le stockage des lames : cadre réglementaire ;
- La télépathologie : cadre réglementaire et son impact ;
- Les véritables coûts de la numérisation.

L'écriture et la publication de ce document va permettre d'accompagner et de soutenir la révolution numérique de la spécialité mais également de réunir l'ensemble des acteurs de la discipline dans le but de créer un projet collectif.

Conclusion

Depuis ces dernières années, la numérisation est au cœur de notre quotidien. Elle a pris une place importante dans le domaine médical. D'un autre côté, la demande de soins et de diagnostic n'a cessé d'augmenter, notamment pour les cancers. Ce diagnostic passe en premier lieu par les laboratoires d'anatomopathologie. Cette spécialité médicale occupe une place non négligeable au sein du parcours de soin du patient. Le travail diligent que les médecins accomplissent chaque jour dans les laboratoires a un impact significatif sur le traitement et les soins des patients. Notamment dans le monde de l'oncologie, où la pathologie joue un rôle crucial dans le diagnostic et la stadification du cancer. Limités en temps et en ressources et devant accomplir davantage à moindre coût, les services de pathologie doivent trouver de nouvelles façons de s'adapter. En plus de cela, il faut évoquer la pénurie des anatomopathologistes et un regroupement des structures. C'est dans ce contexte que se positionne l'anatomopathologie numérique. Aujourd'hui, la numérisation des lames est en pleine émergence et de nombreux fournisseurs ont développé des outils de numérisation comme les scanners.

L'objectif de ce mémoire consistait à mettre en lumière la capacité de l'anatomopathologie numérique de transformer les laboratoires d'anatomopathologie. Tout d'abord, la revue de la littérature a permis de dresser un état des lieux de la numérisation, jusqu'à la numérisation de l'anatomopathologie. Puis, au travers d'une enquête de terrain réalisée auprès de cinq anatomopathologistes, nous avons pu mettre en évidence de nombreux aspects liés aux enjeux, mais également aux difficultés de cette numérisation. Ces témoignages ont permis d'initier des recommandations opérationnelles pour améliorer cette transformation technologique.

L'anatomopathologie commence à se transformer en une discipline numérique qui apporte de nouvelles possibilités passionnantes, qui peuvent aider, rationaliser et améliorer le diagnostic et la prise de décision clinique - afin que les laboratoires puissent continuer à répondre aux normes les plus élevées, à l'amélioration de la qualité des soins et à la réduction des coûts. Cette numérisation a plusieurs moteurs : l'amélioration de la qualité et la facilité de diagnostic, l'optimisation des flux, l'intégration d'outils d'aide au diagnostic, le partage et la demande d'avis, la formation, la délocalisation des pratiques et le télédiagnostic. On peut imaginer que la numérisation en routine combinée aux logiciels d'IA permettra, à terme, d'obtenir des diagnostics précoces capable de limiter les traitements et

donc d'améliorer la santé des patients, mais aussi de réduire les coûts engendrés pour les chimiothérapies. Cependant, plusieurs freins ont été mentionnés. En effet, la pathologie numérique n'est pas portée par une initiative nationale, un remboursement dédié, une accréditation spécifique et implique des dépenses trop importantes. D'autres réticences des anatomopathologistes sont rapportées comme le stockage des lames numériques ainsi que des technologies jeunes et non assez matures. On remarque notamment que les laboratoires ne sont pas assez préparés à ce changement mais que le marché de la pathologie numérique se développe de plus en plus rapidement. Dans un contexte de croissance du nombre de cancers et de crise sanitaire, il semble donc urgent de déployer des solutions de numérisation au sein des laboratoires d'anatomopathologie.

Les capacités de diagnostic intégrées sont la pierre angulaire d'un diagnostic précis et la sélection d'un parcours de soins personnalisés pour les patients en oncologie, mais seulement lorsque les données et les spécialités travaillent ensemble. C'est pourquoi réunir plusieurs éléments du continuum de soins - comme la radiologie, la pathologie, et la génomique - serait la clé d'un nouveau paradigme de précision diagnostique. Les RCP qui existent déjà vont être facilitées grâce à la pathologie numérique. De la même manière, les outils d'IA vont permettre de mieux statuer sur le diagnostic. L'interopérabilité des spécialités médicales est-elle donc nécessaire pour mieux diagnostiquer et mettre en place un plan de traitement thérapeutique adapté ? On peut également se demander comment optimiser l'accroissement des données numériques générées par la pathologie numérique ? Enfin, de nombreuses questions éthiques découlent de la néolibéralisation des pratiques comme notamment les pratiques en médecine ont-elles vocation à être rentable ?

Bibliographie

1. Ladepeche.fr. *Cancer : 93 000 dépistages n'ont pas pu être réalisés en 2020 à cause du Covid-19* [en ligne]. Disponible sur <https://www.ladepeche.fr/2021/02/24/cancer-93-000-depistages-nont-pas-pu-etre-realises-en-2020-a-cause-du-covid-19-9391677.php> (Consulté le 10 avril 2022).
2. R Ferreira, B Moon, J Humphries, A Sussman, J Saltz, R Miller, A Demarzo, 1997. The Virtual Microscope. *Conference of the American Medical Informatics Association*, n°5, p 449 – 453.
3. Faucon F, Guillou YL, 2021 Introduction à l'économie politique de la santé. *Editions Ellipses*, 322 p.
4. Juvin S, 2015. Les acteurs de la régulation du système de santé. *Actualités Pharmaceutiques*, vol 54, n°547, p. 25 - 9.
5. Fantino B, Ropert G, 2008. Le système de santé en France : Diagnostic et propositions. *Dunod*, 370 p.
6. CEOWORLD magazine. *Revealed : Countries With The Best Health Care Systems, 2021* [en ligne]. Disponible sur : <https://ceoworld.biz/2021/04/27/revealed-countries-with-the-best-health-care-systems-2021/> (Consulté le 5 janvier 2022).
7. Masson E. Nezosi G, 2016. La protection sociale. *La documentation française, Coll*, 240 pp.
8. TOUTELEUPE.EU. *Les dépenses de santé dans les pays de l'Union européenne* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.touteleurope.eu/societe/les-depenses-de-sante-dans-les-pays-de-l-union-europeenne/> (Consulté le 12 janvier 2022).
9. INSEE. *Espérance de vie et indicateurs de mortalité dans le monde* [en ligne]. (Consulté le 12 janvier 2022). Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2383448>
10. Sciences et Avenir. *L'espérance de vie dans le monde a augmenté de plus de 5 ans* [en ligne]. Disponible sur: https://www.sciencesetavenir.fr/sante/l-espérance-de-vie-dans-le-monde-a-augmente-de-plus-de-5-ans_132774 (Consulté le 12 janvier mai 2022).
11. IDEAL-INVESTISSEUR.FR. *Le système de santé français est-il toujours l'un des meilleurs du monde ?* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.ideal-investisseur.fr/economie/performance-systeme-de-sante-8037.html> (Consulté le 12 janvier 2022).
12. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques. *Démographie des professionnels de santé* [en ligne]. Disponible sur : <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/demographie-des-professionnels-de-sante> (Consulté le 12 janvier 2022).
13. GEREP. *Reste à charge : que reste-t-il ?* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.gerep.fr/2021/12/03/que-reste-t-il-du-reste-a-charge/> (Consulté le 12 janvier 2022).
14. Haute Autorité de Santé, 2017. *Indicateurs Pour l'Amélioration de la Qualité et de la Sécurité des Soins Indicateurs de mortalité hospitalière : expériences étrangères, enseignements de la littérature et recommandations pour l'aide à la décision publique et le développement d'indicateurs en France*,
15. Direction de la recherche, des études, de l'évaluation et des statistiques. *Déserts médicaux : comment les définir ? Comment les mesurer ?* [en ligne]. Disponible sur: <https://drees.solidarites-sante.gouv.fr/publications/les-dossiers-de-la-drees/deserts-medicaux-comment-les-definir-comment-les-mesurer> (Consulté le 15 janvier 2022).
16. Académie française. *Dictionnaire de l'Académie française* [en ligne]. Disponible sur: <https://www.dictionnaire-academie.fr/article/A9N0819> (Consulté le 20 janvier 2022).
17. Charle-Maachi C, Moreau-Gaudry A, Sainati D, Camus D, Adenot I, Barthelemy CE, et al, 2022. Les solutions numériques en santé, quelles valeurs apportées, quels mécanismes de financement et quelles évaluations ? *Thérapies*, vol 77, n°1, p. 117-32.

18. Buxeraud J, Faure S, 2019. La carte Vitale. *Actualités Pharmaceutiques*, vol 58, n°587, p. 31-2.
19. Mergnac K, Phillippe C, Moulin T, Binet JR, 2012. Télémedecine : quel cadre juridique lui conférer ? *European Research in Telemedicine*, vol 1, n°2, p. 66-9.
20. Daucourt V, Sicotte C, Pelletier-Fleury N, Petitjean ME, Chateil JF, Michel P, 2006. Cost-minimization analysis of a wide-area teleradiology network in a French region. *International Journal for Quality in Health Care*, vol 18, n°4, p. 287-93.
21. Topsante. *Cyberattaques sur les hôpitaux : quelles conséquences sur les patients et les traitements ?* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.topsante.com/medecine/votre-sante-vous/acces-aux-soins/cyberattaques-hopitaux-consequences-patients-traitements-641908> (Consulté le 20 janvier 2022).
22. Carpentier J.P, 2020. Médecine de Catastrophe - Urgences Collectives. *La Revue de la société française de médecine de catastrophe*, vol 4, n°4, p. 323-326.
23. G_Nius. *Stratégie d'accélération santé numérique* [en ligne]. Disponible sur : <https://gni.us.esante.gouv.fr/fr/strategie-dacceleration-sante-numerique> (Consulté le 10 février 2022).
24. Gouvernement, 2021. *Communiqué du 18 octobre 2021 à propos de l'investissement d'avenir : lancement de la stratégie d'accélération "Santé numérique"*. Gouvernement de la République française. <https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/Numerique/cp-lancement-strategie-sante-numerique.pdf>
25. Bpi France. *Appel à manifestation d'intérêt : « AMI Santé Numérique »* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.bpifrance.fr/nos-appels-a-projets-concours/appele-a-manifestation-dinteret-ami-sante-numerique> (Consulté le 15 février).
26. Gouvernement, 2021. *Dossier de presse Stratégie d'accélération Santé Numérique*. https://www.economie.gouv.fr/files/files/2021/DP_sante_numerique_20211019.pdf
27. Health Data Hub. *Lancement d'un Appel à Manifestation d'Intérêt - Organisation de Data Challenge* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.health-data-hub.fr/actualites/lancement-dun-appel-manifestation-dinteret-organisation-de-data-challenge> (Consulté le 15 février 2022)
28. Ensta. *bMotion devient Mila* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.ensta.org/fr/news/bmotion-devient-mila-190> (Consulté le 16 février 2022).
29. Arcagy. *Épidémiologie du cancer* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.arcagy.org/infocancer/en-savoir-plus/le-cancer/chiffres-du-cancer/epidemiologie-du-cancer.html/> (Consulté le 20 février 2022).
30. Dictionnaire de l'Académie Nationale de Médecine. *Définition cancer* [en ligne]. Disponible sur : <http://dictionnaire.academie-medecine.fr/search/results?titre=cancer> (Consulté le 21 février 2022).
31. Organisation mondiale de la Santé. *Cancer* [en ligne]. <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/cancer> (Consulté le 22 février 2022).
32. Topsante. *Cancer : un diagnostic précoce augmente fortement les chances de survies* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.topsante.com/medecine/cancers/cancer/cancer-un-diagnostic-precoce-augmente-fortement-les-chances-de-survie-622508> (Consulté le 22 février 2022).
33. Ghosh SK, 2017. Giovanni Battista Morgagni (1682–1771) : father of pathologic anatomy and pioneer of modern medicine. *Anatomical Science International*, vol 92, n°3, p. 305-12.
34. Collège Français des Pathologistes (CoPath), 2011. *Moyens et objectifs de l'anatomie pathologique en médecine*, 22 p.
35. Profil Médecin. *Chiffres clés: Anatomopathologiste* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.profilmedecin.fr/contenu/chiffres-cles-anatomopathologiste/> (Consulté le 25 février 2022).

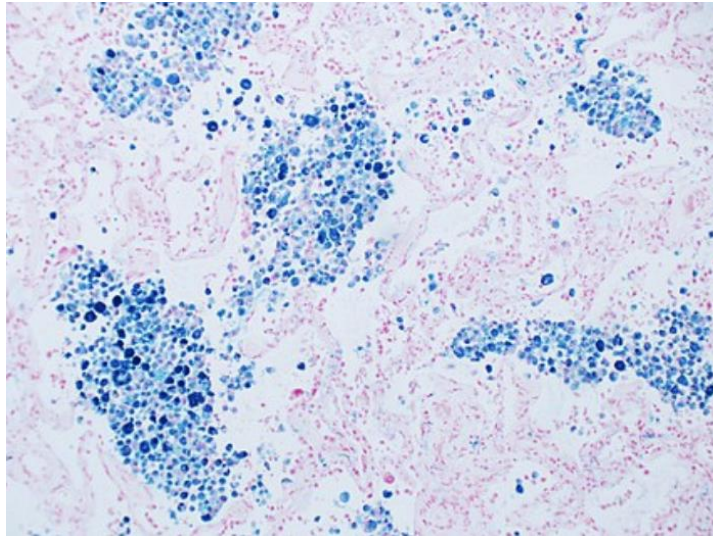
36. Kallat A, Ouazize H, Fahsi O, Abousaleh H, El Sayegh H, Iken A, et al, 2017. Carcinome tubulo-papillaire chez une jeune de 17 ans : à propos d'un cas et revue de la littérature. *Pan African Journal Med*, vol 26, 73 p.
37. Baidoshvili A, Bucur A, van Leeuwen J, van der Laak J, Kluin P, van Diest PJ, 2018. Evaluating the benefits of digital pathology implementation: time savings in laboratory logistics. *Histopathology*, vol 73, n°5, p. 784-94.
38. Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, 2012. Rapport anatomie et cytologie pathologiques https://www.smpf.info/wp-content/uploads/2016/12/Rapport_ACP_DGOS_150412.pdf
39. Silage DA, Gil J, 1985. Digital image tiles: a method for the processing of large sections. *J Microsc*, n° 138, p. 221-7.
40. Roignot P, Donzel JP, Brunaud MD, 2011. L'utilisation des lames virtuelles en pratique quotidienne par un laboratoire de pathologie. *Annales de Pathologie*, vol 31, n°2, p. 73-7.
41. Zalmaï L, 2014. *Applications des lames virtuelles en cyto-hématologie : création d'une banque de cas cytologiques atypiques et mise en place d'une évaluation externe de la qualité du myélogramme sous forme de frottis numérisés*. [Thèse de doctorat, Université de Lorraine]. fihal-01733152f
42. El yamani H, 2021. *Intérêt de la télépathologie en anatomie pathologique*. [Thèse de doctorat, Université Mohammed V-Rabat Faculté de médecin et de pharmacie Rabat]. fihal-01793102b
43. Ameisen et al, 2008. Lames virtuelles en ligne en 2007: une technologie au service de nombreuses applications en pathologie. *Annales de pathologie*, vol 28, n°1, p. 17-26.
44. Herrmann MD, Clunie DA, Fedorov A et al, 2018. Implementing the DICOM Standard for Digital Pathology. *J Pathol Inform*, p. 9-37.
45. Zemouri R, Devalland C, Valmary-Degano S, Zerhouni N, 2019. Intelligence artificielle : quel avenir en anatomie pathologique ? *Annales de Pathologie*, vol 39, n°2, p. 119-29.
46. Gaubert A, Long-Mira É, Lassalle S, Hofman V, Hofman P, Ilié M, 2020. Intelligence artificielle et pathologistes, est-ce bien raisonnable ? *Revue Francophone des Laboratoires*, vol 2020, n°518, p. 34-9.
47. Garberis I, Andre F, Lacroix-Triki M, 2021. L'intelligence artificielle pourrait-elle intervenir dans l'aide au diagnostic des cancers du sein ? – L'exemple de HER2. *Bulletin du Cancer*, vol 108, n°11, p. 35-45.
48. Ameisen D et al, 2008. Lames virtuelles en ligne en 2007 : une technologie au service de nombreuses applications en pathologie. *Annales de pathologies*, vol 28, p. 17-26.
49. Martin ED, Dusserre P, Flandrin G, Got C, Vieillefond A, Vacher-Lavenu MC, 1995. Apport de l'informatique et de la télépathologie en anatomocytopathologie cancérologique. *Bulletin du Cancer*, vol 5, n°82, p.565-8.
50. E-cancer. *Les réseaux nationaux pour les patients atteints de cancers rares* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.e-cancer.fr/Professionnels-de-sante/L-organisation-de-l-offre-de-soins/Organisation-des-soins-pour-les-patients-atteints-de-cancers-rares/Les-reseaux-nationaux-pour-les-patients-atteints-de-cancers-rares#toc-les-15-r-seaux-nationaux-labellis-s-en-201> (Consulté le 28 février)
51. Vergier B, Guettier C, 2012. L'utilisation des lames virtuelles en pédagogie. *Medecine Sciences*, vol 28, n°11, p.986-9.
52. Têtu B, Boulanger J, Houde C, Fortin JP, Gagnon MP, Roch G, et al, 2012. Le réseau de télépathologie de l'Est du Québec - Un véritable projet collectif. *Medecine Sciences*, vol 28, n°11, p. 993-9.

53. Meyer J, Paré G, Trudel MC, Têtu B, 2014. Télémédecine et accessibilité aux soins de santé spécialisés en régions éloignées. *Gestion*, vol 39, n°3, p. 29-37.
54. Centre de coordination en télésanté CHU de Québec – Université Laval, 2018. État de situation de la télépathologie sur le territoire desservi par le CCT CHU de Québec. https://www.telesantechudequebec.ca/wp-content/uploads/2018/09/RAP_Etat_situation_Telepathologie_2010-2018.pdf
55. Journal du net. *La digitalisation du diagnostic du cancer, un retard français* [en ligne]. Disponible sur : <https://www.journaldunet.com/economie/sante/1503501-la-digitalisation-du-diagnostic-du-cancer-un-retard-francais-par-marie-sockeel-fondatrice-et-medical-advisor-chez-primaa/> (Consulté le 2 mars 2022).
56. Mind Health. *Numérisation du service d'anatomopathologie : comment l'hôpital Bicêtre a réussi sa transition pour travailler en full digital* [en ligne]. Disponible sur: <https://www.mindhealth.fr/parcours-de-soins/numerisation-du-service-danatomopathologie-comment-lhopital-bicetre-a-reussi-sa-transition-pour-travailler-en-full-digital/> (Consulté le 2 mars 2022).
57. Ameisen D, Vergier B, Hauchecorne O, Camparo P, Kussaibi H, Rivet J, et al, 2008. Lames virtuelles en ligne en 2007 : une technologie au service de nombreuses applications en pathologie. *Annales de Pathologie*, vol 28, n°1, p. 17-26.
58. Facts and Factors. Global Digital Pathology Market size & share revenue [en ligne]. Disponible sur : <https://www.globenewswire.com/en/news-release/2022/03/31/2414026/0/en/Demand-for-Global-Digital-Pathology-Market-Size-Share-Worth-USD-1738-82-Million-by-2028-Exhibit-a-13-8-CAGR-Growth-Digital-Pathology-Industry-Trends-Analysis-Forecast-Report-by-Fac.html> (Consulté le 4 mars 2022).
59. Kania A, Porcino A, Vehoef MJ, 2008. Value of Qualitative Research in the Study of Massage Therapy. *Int J Ther Massage Bodywork*, vol 1, n°2, p. 6-10.
60. Wahnich S, 2006. Enquêtes quantitatives et qualitatives, observation ethnographique : trois méthodes d'approche des publics. *Bulletin des bibliothèques de France (BBF)*, n° 6, p. 8-12.
61. Fourboul CV, 2012. Abstract. *Revue internationale de psychosociologie*, n°44, p. 71-88.
62. Auerbach C, Silverstein LB, 2003. Qualitative Data : An Introduction to Coding and Analysis. *NYU Press*, 219 p.
63. Miles, M. B., & Huberman, A. M, 1994. Qualitative Data Analysis : An Expanded Sourcebook. *Sage Publications*, 354 p.
64. Zemouri R, Devalland C, Valmary-Degano S, Zerhouni N, 2019. Intelligence artificielle : quel avenir en anatomie pathologique ? *Annales de Pathologie*, vol 39, n°2, p. 119-29.

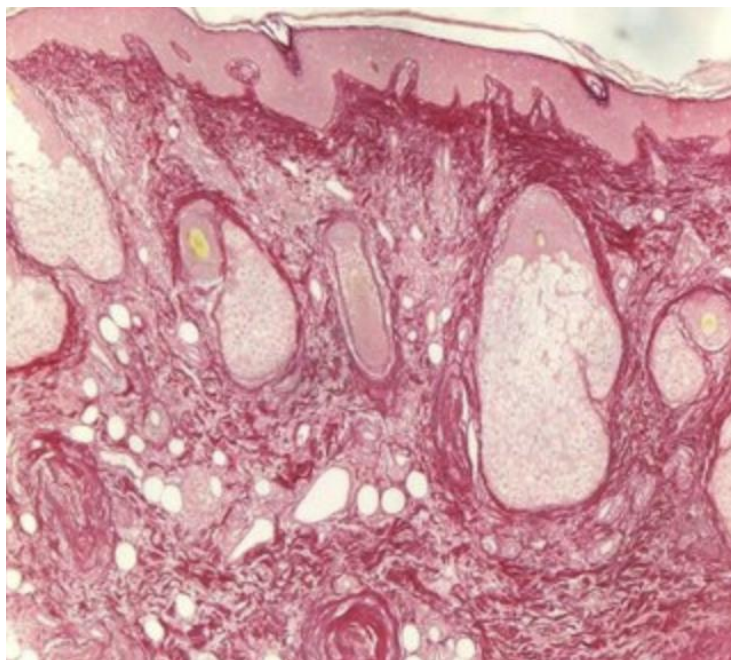
Annexes

Annexe 1 : Exemple de colorations spéciales

- ❖ Colorations de Perls : permet de détecter la surcharge de fer



- ❖ Coloration au rouge Sirius : permet de colorer les fibres de collagène



Annexe 2 : Marché des scanners en France

Hamamatsu



Gamme NanoZoomer

Leica



Gamme Aperio

3D Histech



Gamme Pannoramic

Philips



Gamme Second Generation Scanner

Annexe 3 : Guide des entretiens

Présentation et rappel du sujet de mémoire à l'interviewé :

Je vais commencer par me présenter. Je suis Anna Curty, étudiante en dernière année de master ingénierie de la santé option healthcare business à la faculté d'ingénierie et de management de la santé (ILIS) à Lille. Pour clôturer ce parcours, la rédaction d'un mémoire est obligatoire. Ayant entendu parler de la pathologie numérique au cours de mes expériences professionnelles, c'est donc tout naturellement que j'ai choisi ce sujet car il n'y a pas beaucoup d'études sur les aspects de ce sujet en France. Après m'être renseignée grâce à la littérature scientifique, j'ai ensuite décidé de réaliser des entretiens qualitatifs avec des questions ouvertes auprès des anatomopathologistes de France. Avant de commencer cet entretien, je vous informe que ces entretiens seront analysés de manière anonyme. M'autorisez-vous à enregistrer notre entretien ?

Questions :

- Pouvez-vous présenter votre parcours ainsi que votre métier ?
- La pathologie numérique est-elle un sujet que vous maîtrisez ?
- Quelles sont les raisons qui poussent les hôpitaux et les laboratoires privés à numériser leurs lames ?
- Cette technologie va-t-elle permettre d'attirer de nouveaux jeunes médecins ?
- Quels avantages apportent la pathologie numérique ?
 - En termes de qualité diagnostic ;
 - En termes de temps de rendu du compte rendu ;
 - En termes financiers.
- Quels sont les inconvénients à la pathologie numérique ?
- Faut-il combiner la pathologie numérique et l'intelligence artificielle pour obtenir un réel intérêt diagnostic ?
- Pensez-vous que dans une vingtaine d'années tous les établissements seront passés au 100% numérique ?

Remerciements et proposition d'envoi du mémoire :

Je vous remercie pour le temps consacré à cet entretien et vous propose de vous envoyer mon mémoire une fois celui-ci terminé par mail.

Annexe 4 : Mail prise de contact interviews anatomopathologistes

Bonjour Dr XX,

Je suis actuellement étudiante en deuxième année de Master Ingénierie de la Santé option Healthcare Business à la Faculté d'Ingénierie et de Management de la santé de Lille. Je me permets de vous solliciter dans le cadre de ma recherche pour mon mémoire de fin d'études. Je souhaiterais recueillir vos expériences et vos retours en ce qui concerne la pathologie numérique.

En effet, dans le cadre de mon mémoire, je m'intéresse à la transformation des laboratoires d'anatomopathologie en des laboratoires 100% numérisés. Je souhaiterais connaître les raisons et les enjeux de la pathologie numérique.

L'entretien a une durée approximative d'une demi-heure dont je garantis à la fois l'anonymat et le libre choix de répondre ou non aux questions posées.

Si vous acceptez, cet entretien sera réalisé en distanciel via la méthode de votre choix (téléphone, Zoom, Teams, Google Meet...)

Si cela vous intéresse, n'hésitez pas à me communiquer vos disponibilités.

Par ailleurs, je me tiens à votre entière disposition pour toute autre information.

En vous remerciant par avance, ne serait-ce que du temps que vous aurez consacré à la lecture de mon message.

Bien cordialement,

–

Anna Curty

Etudiante Master 2 Healthcare Business

Faculté d'ingénierie et de management de la santé de Lille (ILIS)

Annexe 5 : Retranscription d'un entretien - Dr A.

Pouvez-vous vous présenter ?

Je suis Docteur A, je travaille en anapath à l'hôpital public, je suis PH. Je travaille dans des domaines assez divers, je fais de la neuropathologie (cancer du cerveau et de la moelle), de l'urologie (cancer vessie et du rein), de l'ORL (cancer des glandes salivaires et de la cavité buccale), de la pneumologie (cancer des poumons). Je ne fais pas de digestif, de foie et pas d'endocrinologie. Le numérique est présent dans le service depuis longtemps puisque le premier scanner est arrivé en 2007 ou 2008 avec un premier scanner destiné à l'enseignement et à la recherche. Moi je suis arrivé dans le service en 2010 et d'emblée on se rend compte qu'avec le numérique il y a des choses que l'on peut faire de façon précise tout ce qui est mesure, quantification, le numérique c'est un outil extrêmement utile pour ça. Après il y a l'aspect dématérialisation, c'est-à-dire pouvoir consulter les lames notamment chez soi, sans forcément avoir de microscope, donc ça c'était mes premiers contacts avec le numérique. En 2016 on a eu un nouveau scanner avec une plus grosse capacité alors le premier imperio et le deuxième un panoramique 250 de chez 3DHitech qui avait l'avantage de faire du fond clair et de la fluorescence. La fluorescence va justement permettre de faire d'autres marqueurs et nous on a pas mal travaillé avec cet appareil, toujours dans une visée recherche et enseignement. Puis on a commencé à l'utiliser pour la clinique, en fait les lames numérisées dans le service étaient utilisées pour les staffs, les réunions de concertations pluridisciplinaires où on a des cliniciens, des radiologues, des oncologues et les anatomopathologistes sont régulièrement présents mais avant on faisait que discuter sur des comptes rendus, les cliniciens ne voyaient pas nécessairement les lames. L'apparition de la pathologie numérique a permis de montrer les lames aux cliniciens, avec un intérêt pour des disciplines pas très cancérologiques comme l'hépatologie, la néphrologie c'est là où les staffs numériques ont vraiment été utilisés. En 2018, grâce à un appel d'offre de l'ARS, on a pu passer en full numérique, cette fois-ci, la numérisation complète du service. Cela a été possible parce que d'une part on a eu des sous de l'ARS mais aussi des sous du Grand Paris notre laboratoire était sur des vieux locaux qui ont été rachetés par le Grand Paris pour construire une nouvelle station de métro. Les sous récupérés ont permis de construire à la fois un nouveau laboratoire et nous aider à passer au 100% numérique. Dans ce passage au numérique, l'hôpital public a mis très peu d'argent, cela s'est fait sur des financements autres pareils pour le premier scanner c'est des fonds de la faculté de médecine qui avaient été utilisés. Aujourd'hui, jusqu'à récemment les hôpitaux n'étaient pas partants pour mettre 250 000€ pour un scanner. C'est des plans d'équipements qui sont relativement nouveaux en France, ce qui explique pourquoi c'est assez lent dans notre pays.

Donc on est passé au 100% numérique en 2018, on a pu avoir un scanner haut débit p1000 de 3DHitech qui faisait que du fond clair et en backup on a prévu un autre p250 toujours de 3DHitech. On s'est retrouvé avec un parc de 3 scanners : 1 scanner orienté recherche et puis ces 2 scanners 1 fond clair et 1 mixte pour le backup. Donc on est passé en complet digital en 2020, l'implémentation de la pathologie numérique s'est faite de manière très progressive, secteur par secteur, pathologistes par pathologistes. Aujourd'hui, nous utilisons tous le numérique, il y a un des médecins qui l'utilise moins que les autres mais qui sait quand même l'utiliser.

Pour vous, quelles sont les raisons qui poussent les hôpitaux et les laboratoires privés à numériser leurs lames ?

Alors ça a pas mal d'avantages. Cela permet de dissocier le plateau technique de production des lames du lieu de lecture et du diagnostic. En fait, au niveau organisationnel ça vous permet d'avoir une grosse unité de production des lames avec des techniciens etc et puis à côté de ça avoir à 10, 20, 30 km de là le lieu où les pathologistes vont faire le diagnostic. Ça désynchronise le lieu de production des lames et le lieu de diagnostic. Je pense que pour un laboratoire privé ou pour un hôpital, cela a aidé aux restructurations. Sur bicêtre, on est 3 hôpitaux, aujourd'hui sur les autres sites il n'y a plus qu'un seul technicien qui s'occupe de la réception des caisses mais il n'y a plus de médecin anatomopathologiste et plus d'autres techniciens. Toutes les pièces sont ensuite acheminées dans notre hôpital où on fait toute la technique. Nous ça nous a permis au niveau médical de regrouper toute l'activité médicale sur un même lieu. Ce qui favorise une taille critique du laboratoire plus importante qui permet d'assurer plus facilement les urgences, c'est à dire que si vous avez un pool de 4 personnes anatomopathologistes, si vous devez avoir quelqu'un qui est d'astreinte pour les urgences tous les jours, forcément c'est plus compliqué. Tout cela suppose une organisation particulière. Si vous passez à 8 ou 11 médecins, cela vous permet une plus grande souplesse de regrouper les activités comme ça. Alors le numérique favorise les échanges, entre 2 anatomopathologistes on peut plus facilement discuter des cas, c'est-à-dire que si vous avez une lame qui vous pose soucis vous envoyez un mail, le lien et la personne regarde dans son bureau sur son ordinateur. Il n'y pas besoin d'envoyer physiquement les lames. Il y a une grande promesse dans le numérique mais qui n'est pas encore accomplie, c'est le probable aide diagnostic que l'on aura avec l'intelligence artificielle. Le fait de numériser les lames permet de développer, déployer des algorithmes d'intelligence artificielle qui vont aider à la lecture. Alors aujourd'hui, ces algorithmes pour en avoir testé quelques-uns ont des performances hétérogènes. Il y a des algorithmes qui

marchent très bien et d'autres moins bien. Le gros problème est qu'ils ont des coûts absolument prohibitifs et qui bloquent le déploiement de l'intelligence artificielle dans le secteur de la santé. Quand on prend des villes comme Paris où l'immobilier peut être extrêmement coûteux, donc pouvoir délocaliser une unité de production dans des zones où l'immobilier est moins cher cela a un gain considérable.

Vous parliez d'un médecin dans votre service qui utilise moins la pathologie numérique, comment est perçue cette technologie par ce médecin ?

Il est contre. Je pense que c'est comme pour n'importe quoi, on peut prendre l'exemple des vaccins récemment Anticovid. Vous avez toujours une tranche de la population opposée à des développements technologiques. Après, la position est un peu hypocrite car malgré tout le collègue utilise de temps en temps les lames virtuelles, il fait 95% de son travail au microscope et 5% avec les lames numérisées. Il se trouve que dans son activité, il estime qu'il va beaucoup plus vite avec le microscope qu'avec les lames numérisées. C'est sa perception, chacun fait comme il le sent.

Pensez-vous que les microscopes vont disparaître au bout d'un moment ?

Je pense qu'on a toujours besoin d'un backup. Je ne pense pas que les microscopes disparaîtront de façon définitive. Il suffit, par exemple, d'imaginer que vous ayez une attaque et que votre serveur informatique soit en rade. Si vous n'avez pas de backup physique pour pouvoir continuer votre travail vous allez être extrêmement embêté. Deuxième point, actuellement il y a des tissus qui sont encore difficiles à gérer par les scanners. Il y a les cytologies par exemple quand elles sont très faiblement cellulaires, le scanner peut être gêné pour détecter les quelques cellules qu'il faut trouver. Vous pouvez avoir des lames numériques non informatiques, il y a réellement des choses qui sont présentes mais le scanner n'a pas eu les capacités de repérer ces très rares éléments. La pour le coup le microscope est encore utilisé car les scanners n'ont pas une performance de 100% sur les tissus. Il y a un autre truc aussi sur lequel une très grande majorité des scanners ne savent pas, c'est tout ce qui est polarisation. Vous avez une maladie dont le diagnostic est purement histologique l'amylose, pour cette amylose on utilise une coloration qui est le rouge congo. Pour lire cette coloration, il faut utiliser une polarisation, lumière polarisée et il y a un scanner qui sait le faire chez Olympus. Il y a encore des petits secteurs sur lesquels les scanners ne sont pas encore à 100% parfaits. Ça s'améliore, on voit les progrès techniques sur les 10 dernières années, c'est juste incroyable mais on n'est pas encore à du 100%.

D'après mes recherches, la pathologie est une spécialité où il manque des anatomopathologistes et dont la population est vieillissante, est-ce que vous pensez que la pathologie numérique va permettre d'attirer des jeunes médecins, des nouveaux médecins ?

C'est difficile à dire, le côté attractivité. Le passage au numérique pour l'anapath correspond à ce qu'à vécu la radiologie il y a 30 ans de cela. Quand vous faisiez une IRM, vous aviez des plaques photographiques et les gens lisaient ces plaques. Ils ne lisaient pas sur les ordinateurs. Aujourd'hui, tous les radiologues lisent les images sur les ordinateurs. Pour moi, sur l'anapath c'est exactement la même chose. Alors est-ce que le passage de la plaque photographique au numérique a permis d'attirer plus de radiologues, je n'en suis pas absolument convaincu. Peut-être pour les jeunes pathologistes qui sont là cela a un côté dynamisant pour la profession. Je ne suis pas sûre que cela change beaucoup de choses. Par contre cela permet le regroupement des forces, on est plus fort quand on est 10 que lorsqu'on est tout seul dans son coin. Notamment, aujourd'hui on est dans une société qui apprécie partir en vacances, prendre des RTT et tout cela c'est faisable que si vous avez une taille critique de laboratoire. Le numérique de ce côté-là permet le regroupement des forces et favorise les restructurations et peut permettre pour les forces qui sont en présence d'être plus efficace.

Pour résumer, pouvez-vous me dire les avantages de la pathologie numérique, en termes de qualité de diagnostic, en termes de rendu de compte de rendu et en termes financiers ?

Alors sur la qualité du diagnostic, comme je le disais, il y a l'avantage de pouvoir prendre des mesures précises. Autrefois, on prenait une lame de verre, on prenait un marqueur et une règle pour mesurer directement sur la lame. Aujourd'hui, on peut mesurer de manière extrêmement précise au micron près ce qu'on a sur la lame. Pour le coup cela permet d'être beaucoup plus précis. Ça permet aussi des quantifications automatisées pas loin de la vérité, en tout cas l'œil humain ne fait pas forcément beaucoup mieux même moins bien. On gagne en qualité entre ce que l'homme sait faire et la machine. Pour les quantifications, le temps d'analyse sur les lames numérisées est réduit et plus précis. On peut gagner sur la mesure, sur la quantification, le numérique pour ça est extrêmement efficace. L'autre chose est le partage des lames et les seconds avis, je peux demander à un collègue dans un autre hôpital pour me dire ce qu'il en pense. Ça c'est faisable en temps réel grâce au numérique. Typiquement en neuro-oncologie, il y a un groupe qui s'appelle le Renoclip un

groupe de relecture nationale où tous les médecins anatomopathologistes (spécialisés en neurologie) peuvent soumettre un cas difficile à ce groupe de relecture. Tous les 15 jours, ce groupe se réunit via Zoom et grâce au numérique on peut montrer les lames, les partager et chacun peut donner son avis que l'on soit à Paris, Angers, Marseille, Lyon, Lille et tous ces gens-là qui sont loin les uns des autres, grâce au numérique peuvent donner un avis collégial et permettre qu'un patient qui soit prise en charge à Brest par exemple puisse bénéficier des avis de tous ces experts dispersés en France. Donc là oui on gagne énormément en qualité. Autrefois, le Renoclip qui existait déjà avec le microscope c'était 3-4 réunions par an et c'était un nombre limité de patients. Or là tous les 15 jours, on colle beaucoup plus à la réalité du terrain. Si vous deviez attendre plusieurs mois pour un avis d'un cancer très agressif cela pourrait être compliqué. Avec ça vous réduisez de façon considérable la durée des avis des experts et là on a une optimisation de la prise en charge du patient.

Le côté financier est compliqué à évaluer, on peut dire que dans des structures comme le Renoclip ne pas faire voyager 10 personnes ça a un coût qui est majeur. L'autre question est : est-ce que la pathologie numérique permet réellement de gagner du temps au quotidien. Cette question est compliquée à répondre parce que le fait de numériser c'est une étape supplémentaire dans le processus de travail. On pourrait s'arrêter à juste la lame de verre. Le fait de numériser ça suppose de passer les lames dans le scanner même si le temps de numérisation par lame est d'une minute, cela prend du temps et les lames ne vont pas être numérisées en même temps. Cela introduit un délai supplémentaire dans le rendu des lames. Le pathologiste a accès de façon moins rapide à ces lames qu'auparavant. Cela est un petit défaut pour les urgences. Cela suppose d'avoir un workflow très bien organisé pour avoir accès rapidement aux examens d'urgence par rapport aux autres. Après, il faut bien comprendre que le pathologiste ne va pas lire ses 30 cas en même temps. Ce délai introduit par la pathologie numérique peut être vrai pour les 5 premiers examens mais au-delà tout ce qui reste ce délai-là va disparaître. La perte de temps peut être limitée par l'organisation du temps de travail, on peut contenir ses pertes de temps. Je ne suis pas convaincu qu'un pathologiste, je vous ai montré on peut rendre un compte rendu bien plus précis qu'avant, passe beaucoup moins de temps sur examen quand il est en numérique versus quand il est sur lames de verre. Je pense que le gain de temps entre le numérique versus le microscope doit être relativement marginal. Le fait qu'un pathologiste numérique soit plus rapide qu'un pathologiste au microscope n'est pas complètement certain, en tout cas à l'heure actuelle en l'absence d'algorithmes d'intelligence artificielle. Le gain est possible avec les algorithmes mais ce gain est surévalué par les industriels, tout ce qui développe

les algorithmes et surtout le coût de ces algorithmes est prohibitif souvent des formules autour de 50 000 euros par an pour un algo qui va vous faire une ou deux fonctions. 30 à 50 000 euros c'est à peu près la moitié d'un PH temps complet en termes d'argent, je ne suis pas sûr qu'on gagne un demi-temps de travail avec ces algorithmes, il y a encore des choses à faire.

Il y a d'autres inconvénients que vous voyez à la pathologie numérique ?

Je vous l'ai dit, aujourd'hui cela introduit un délai de rendu supplémentaire. L'autre inconvénient c'est la qualité des scanners. Les images sont des fois pixélisées, le scanner peut parfois rendre des images moins nettes qu'au microscope et ça peut poser problème pour le diagnostic. Il y a deux types de problèmes : les zones de flous (caméra n'a pas réussi à faire le focus) et zones non détectées (trous car prélèvement en bordure de lames par exemple). Ce sont des problèmes liés à la qualité des scanners, normalement on doit pouvoir pallier ce genre de problèmes aujourd'hui, mais ils peuvent exister.

Si je comprends bien, ces problèmes dépendent des fournisseurs ?

Ça dépend pas mal des fournisseurs et aussi un peu des laboratoires. Évidemment c'est comme pour tout matériel si vous faites n'importe quoi, vous avez une mauvaise technique à la base, votre lame n'est pas belle à la base. C'est évident que votre scanner va numériser il va vous sortir une image qui n'est pas belle. Il ne va pas vous améliorer l'image. Si vous avez une technique qui est mauvaise au départ, le résultat final sera mauvais. Cela suppose que du côté du laboratoire, on a optimisé la technique pour essayer d'avoir la plus belle image possible. La pathologie numérique contrairement par exemple à la radiologie dont l'IRM va vous sortir des images de toute façon sous format digitale, en anatopath ce n'est pas exactement le même cas, on a un format physique avec une certaine qualité et ensuite il y a une numérisation et on crée cette image numérique et donc au moment de la création de cette image soit on part sur une image de base de mauvaise qualité mais on peut avoir de temps en temps une numérisation qui n'est pas bonne avec des artefacts qui vont gêner le diagnostic.

Du coup, c'est important que les anatomopathologistes et les fournisseurs travaillent en coopération pour améliorer la pathologie numérique ?

Oui tout à fait, on est encore dans un domaine mouvant. On arrive à un certain degré de maturité mais il y a des choses à améliorer et c'est sûr qu'il faut des discussions entre les gens de terrain et les fournisseurs.

Vous parlez d'intelligence artificielle, est-ce que vous pensez que pour qu'il y ait un réel intérêt diagnostique il faudra obligatoirement combiner pathologie numérique et intelligence artificielle ?

Clairement, il faut travailler là-dessus. Par exemple, sur le cancer du sein une start-up a développé un algorithme qui permet de prédire tels ou tels traitements complémentaires sera utile ou non. Il y a des choses qui sont en train d'être développées. Il n'est pas possible que l'analyse IA permette de détecter des choses que l'on ne savait pas détecter jusqu'à présent. C'est tout à fait possible et même probable. Je pense qu'il y a dans le domaine de l'anapath, l'autre grand moyen de développer des traitements complémentaires c'est tout ce qui est biologie moléculaire. Mais la concurrence va se faire entre anapath pathologie numérique versus biologie moléculaire. Après force à ceux qui développent l'IA de démontrer que c'est moins coûteux que de faire de la biologie moléculaire standard. Pour certaines tumeurs fréquentes clairement l'IA devrait permettre de faire gagner du temps aux pathologistes. Comme dit tout à l'heure, entre lecture numérique et lecture microscope le gain de temps est relativement peu important mais si on y injecte un peu d'IA qui va vous aider à repérer les zones pathologiques et bah on peut imaginer que ce gain va être encore augmenté.

Pensez-vous que dans quelques années tous les laboratoires d'anapath seront au 100% numérique ?

Alors cela suppose des investissements qui sont considérables de la part des pouvoirs publics. Aujourd'hui, à l'hôpital il y a une vraie prise de conscience sur la nécessité de passer les services en digital et je pense que ça va prendre plusieurs années, à priori avec des strats successives. Tous ces efforts de numérisation seront corrélés à des efforts de restructurations, d'optimisation des plateaux techniques et plateaux médicaux. Le mouvement a été enclenché à l'hôpital. Elle va investir pour la numérisation des services mais cela va prendre du temps. Je ne suis pas convaincu, sauf si les coûts des scanners se réduisent, par exemple que les hôpitaux généraux aient le budget pour passer au 100% numérique. Pour les structures privées c'est très hétérogène, il y a des gros laboratoires qui ont un chiffre d'affaires suffisant pour financer la pathologie numérique. En effet, équiper un laboratoire c'est à peu près 1 million d'euros. Il y a aussi les coûts cachés avec l'infrastructure informatique. Les serveurs ont des grosses capacités de stockage ce qui est un frein à la pathologie numérique car chaque lame que nous avons fait est de l'ordre du giga. Les serveurs avec une grosse capacité de stockage ont un coût très important. Pour les petites structures, débloquer 1 million c'est compliqué. Peut-être que ces petites

structures sont vouées à disparaître sur le long terme. Je pense qu'il y a une erreur de vision de la problématique par rapport aux aides de l'État notamment. Nos scanners sont reliés à un cloud. Le problème du cloud est que l'on est pas du tout conforme au RGPD car les clouds sont majoritairement détenus par des structures américaines. Ces clouds là les données peuvent fuiter aux états unis. Donc ce qui avait été imaginé est d'utiliser ces clouds de ces entreprises. Finalement on va devoir développer des serveurs dans chaque centre ce qui va engendrer des frais d'investissements plus importants.

Une innovation technologique au sein d'une spécialité médicale méconnue : L'anatomopathologie numérique

La **pathologie numérique** est une technologie ayant pour but de numériser les pratiques au sein des **laboratoires** d'anatomopathologie. Cette nouvelle technologie s'inscrit dans un contexte d'augmentation constante du nombre de **cancers** et de pénurie de médecins **anatomopathologistes**. Aujourd'hui en France, seulement deux services d'anatomopathologie ont numérisé à 100% leurs pratiques. Il a semblé intéressant de se demander en quoi la pathologie numérique est-elle capable de transformer les pratiques des laboratoires d'anatomopathologie dans le cas d'une **numérisation complète** du laboratoire. Ce travail est constitué d'une revue de littérature suivie d'une étude terrain. Cette enquête a été menée auprès de 5 médecins anatomopathologistes. Enfin, des recommandations ont pu être formulées grâce à l'analyse des entretiens et afin d'améliorer la mise en place de la numérisation au sein des laboratoires. D'une part, en proposant aux laboratoires un déploiement de la numérisation progressif et accompagné. D'autre part, en proposant plus de financements pour aider les laboratoires et en améliorant la technologie des solutions proposées comme les **scanners de lames**.

Mots-clés : pathologie numérique, laboratoires, cancer, anatomopathologiste, numérisation complète, scanners de lames

A technological innovation in a little-known medical speciality : digital pathology

Digital pathology is a technology that aims to digitize practices within pathology **laboratories**. This new technology is part of a context of constant increase in the number of **cancers** and a shortage of **pathologists**. Today in France, only two pathology departments have 100% digitized their practices. It seemed interesting to ask how digital pathology is capable of transforming the practices of pathology laboratories in the case of a **whole digitisation** of the laboratory. This work consists of a literature review followed by a field study. This survey was conducted with 5 pathologists. Finally, recommendations were formulated thanks to the analysis of the interviews and in order to improve the implementation of digitisation within the laboratories. On the one hand, by proposing to the laboratories a gradual and supported deployment of digitisation. On the other hand, by proposing more funding to help laboratories and by improving the technology of the proposed solutions such as **slide scanners**.

Keywords : digital pathology, laboratories, cancer, pathologist, whole digitisation, slide scanners