

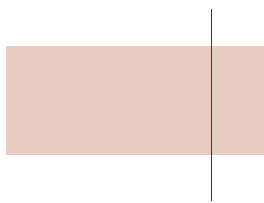
Télépathologie : lignes directrices et normes technologiques

Revue de la littérature



AGENCE D'ÉVALUATION DES TECHNOLOGIES
ET DES MODES D'INTERVENTION EN SANTÉ

ETMIS 2008; Vol. 4 : N° 7



Télépathologie : lignes directrices et normes technologiques

Revue de la littérature

Note technique préparée pour l'AETMIS par

Khalil Moqadem et Gilles Pineau

Décembre 2008

20 *ans*
AVEC VOUS
POUR LA SANTÉ

Agence d'évaluation
des technologies
et des modes
d'intervention en santé
Québec 

Cette note technique a été adoptée par l'Assemblée des membres de l'Agence lors de sa réunion du 19 septembre 2008.

Le contenu de cette publication a été rédigé et édité par l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS). Ce document ainsi que le résumé anglais, intitulé *Telepathology: Guidelines and Technical Standards, Literature Review*, sont également offerts en format PDF dans le site Web de l'Agence.

RÉVISION SCIENTIFIQUE

Jean-Marie R. Lance, conseiller scientifique principal

RÉVISION LINGUISTIQUE

Suzie Toutant

CORRECTION D'ÉPREUVES

Suzanne Archambault

TRADUCTION

Mark Wickens

COORDINATION INTERNE ET MONTAGE

Jocelyne Guillot

VÉRIFICATION BIBLIOGRAPHIQUE

Denis Santerre

BIBLIOTHÉCAIRE

Pierre Vincent

RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Micheline Paquin

COMMUNICATIONS ET DIFFUSION

Service des communications

Pour se renseigner sur cette publication ou toute autre activité de l'AETMIS, s'adresser à :

Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé

2021, avenue Union, bureau 10.083

Montréal (Québec) H3A 2S9

Téléphone : 514-873-2563

Télécopieur : 514-873-1369

Courriel : aetmis@aetmis.gouv.qc.ca

www.aetmis.gouv.qc.ca

Comment citer ce document :

Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS). Télépathologie : lignes directrices et normes technologiques – Revue de la littérature. Note technique préparée par Khalil Moqadem et Gilles Pineau. ETMIS 2008;4(7):1-41.

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2008

Bibliothèque et Archives Canada, 2008

ISSN 1915-3082 ETMIS (Imprimé), ISSN 1915-3104 ETMIS (PDF)

ISBN 978-2-550-54714-3 (Imprimé), ISBN 978-2-550-54715-0 (PDF)

© Gouvernement du Québec, 2008.

La reproduction totale ou partielle de ce document est autorisée, à condition que la source soit mentionnée.

LA MISSION

L'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) a pour mission de contribuer à améliorer le système de santé québécois. Pour ce faire, l'Agence conseille et appuie le ministre de la Santé et des Services sociaux ainsi que les décideurs du système de santé en matière d'évaluation des services et des technologies de la santé. L'Agence émet des avis basés sur des rapports scientifiques évaluant l'introduction, la diffusion et l'utilisation des technologies de la santé, incluant les aides techniques pour personnes handicapées, ainsi que les modalités de prestation et d'organisation des services. Les évaluations tiennent compte de multiples facteurs, dont l'efficacité, la sécurité et l'efficience ainsi que les enjeux éthiques, sociaux, organisationnels et économiques.

LES MEMBRES

D^{re} Marie-Dominique Beaulieu,
titulaire de la Chaire Docteur Sadok Besrouer en médecine familiale, professeure titulaire, Faculté de médecine, Université de Montréal, et chercheure, Centre de recherche du CHUM, Montréal

D^{re} Sylvie Bernier,
directrice, Organisation des services médicaux et technologiques, MSSS, Québec

D^r Serge Dubé,
chirurgien, Hôpital Maisonneuve-Rosemont, et vice-doyen aux affaires professorales, Faculté de médecine, Université de Montréal

M. Roger Jacob,
ingénieur, directeur associé, Gestion des immobilisations et des technologies médicales, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal

D^r Michel Labrecque,
professeur et chercheur clinicien, Unité de médecine familiale, Hôpital Saint-François d'Assise, CHUQ, Québec

M. A.-Robert LeBlanc,
ingénieur, professeur titulaire et directeur des programmes, Institut de génie biomédical, Université de Montréal, et directeur adjoint à la recherche, au développement et à la valorisation, Centre de recherche de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal

LA DIRECTION

D^r Juan Roberto Iglesias,
président-directeur général

D^{re} Alicia Framarin,
directrice scientifique

D^r Reiner Banken,
directeur général adjoint au développement et aux partenariats

D^r Pierre Dagenais,
directeur scientifique adjoint

M. Jean-Marie R. Lance,
économiste, conseiller scientifique principal

M^{me} Esther Leclerc,
infirmière, directrice générale adjointe – affaires cliniques, Hôtel-Dieu du CHUM, Montréal

D^r Jean-Marie Moutquin,
spécialiste en obstétrique-gynécologie, professeur titulaire et directeur du département d'obstétrique-gynécologie, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke

D^r Réginald Nadeau,
cardiologue, chercheur, Centre de recherche de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal, et professeur émérite, Faculté de médecine, Université de Montréal

M^{me} Johane Patenaude,
éthicienne, professeure agrégée, département de chirurgie, Faculté de médecine et des sciences de la santé, Université de Sherbrooke, et chercheure boursière, FRSQ

D^r Simon Racine,
spécialiste en santé communautaire, directeur général, Centre hospitalier Robert-Giffard – Institut universitaire en santé mentale, Québec

TABLE DES MATIÈRES

LA MISSION	i
PRÉFACE	iv
L'AVIS EN BREF	v
REMERCIEMENTS.....	vi
RÉSUMÉ	vii
SUMMARY	ix
ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....	xi
GLOSSAIRE.....	xii
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Contexte.....	1
1.2 Mandat et structure du document	2
1.3 Objectif général	3
2 GÉNÉRALITÉS.....	4
2.1 Lignes directrices et normes technologiques.....	4
2.2 Définitions.....	5
2.3 Classification des applications de la télépathologie.....	5
2.3.1 Mode asynchrone et télépathologie statique.....	6
2.3.2 Mode synchrone et télépathologie dynamique.....	6
2.3.3 Télépathologie hybride.....	7
2.3.4 Autre forme : la télépathologie intégrée.....	7
3 MÉTHODE	8
3.1 Stratégie de recension des écrits	8
3.2 Critères d'inclusion et d'exclusion	8
3.3 Sélection des études.....	9
4 TÉLÉPATHOLOGIE STATIQUE.....	10
4.1 Fiabilité diagnostique.....	10
4.1.1 Images fixes	11
4.1.2 Lame virtuelle.....	12
4.2 Avantages et inconvénients.....	14
5 TÉLÉPATHOLOGIE DYNAMIQUE.....	15
5.1 Faisabilité et fiabilité diagnostique	15
5.2 Avantages et inconvénients.....	17

6	LIGNES DIRECTRICES ET CHAMPS D'APPLICATION.....	19
6.1	Conditions de succès de la télépathologie	19
6.2	Champs d'application	20
6.2.1	Examen extemporané	20
6.2.2	Obtention d'un deuxième avis médical	21
6.2.3	Téléformation	21
6.2.4	Normes de pratique en télépathologie	22
7	NORMES TECHNOLOGIQUES	24
7.1	Matériel requis pour la télépathologie	24
7.1.1	Poste de travail	24
7.1.2	Interface et logiciels	24
7.1.3	Numériseur	25
7.2	Données transmises	25
7.2.1	Taille du fichier.....	25
7.2.2	Temps nécessaire pour poser un diagnostic.....	26
7.2.3	Qualité de l'image	26
7.3	Normes de transmission.....	27
7.3.1	Bande passante	27
7.4	Normes de compression.....	28
7.5	Sécurité des applications et des données	29
7.6	Archivage.....	30
8	CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELLES	31
9	DISCUSSION	34
10	CONCLUSIONS.....	36
	ANNEXE A STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE.....	37
	RÉFÉRENCES	38

Liste des encadrés et des tableaux

Encadré 1	Recommandations clés proposées par Rashbass et Furness pour le compte du Royal College of Pathologists de Grande-Bretagne	22
Encadré 2	Principales normes définies par Yagi et Gilbertson	23
Tableau 1	Principaux indicateurs correspondant aux variables à la base de la sélection de la littérature pertinente	9
Tableau 2	Comparaison des avantages et des inconvénients des deux modes de télépathologie, statique et dynamique, selon la littérature consultée.....	18

PRÉFACE



Télépathologie : lignes directrices et normes technologiques Revue de la littérature

Depuis quelques années, les technologies de l'information et de la communication en santé évoluent très vite, et leur contribution devient incontournable. Certaines spécialités médicales ont adopté ces technologies plus rapidement et ont ainsi gagné une longueur d'avance par rapport à d'autres. Les raisons en sont multiples : une technologie fiable, un processus de soins qui s'adapte facilement à l'introduction d'un médium technologique, des professionnels enclins à modifier leur processus de travail, des besoins criants, etc.

En télémédecine, la radiologie et la psychiatrie comptent parmi les spécialités médicales qui ont adopté la visioconférence et le visionnement à distance d'images depuis plus de 40 ans. Il en est autrement de la télépathologie, qui est apparue en 1986. Plusieurs auteurs tracent cependant un parallèle étroit entre cette application et la téléradiologie.

En effet, les deux applications se basent sur la transmission et la lecture d'images à des fins diagnostiques et d'orientation de la prise de décision médicale. Toutefois, des différences existent entre les deux applications, ce qui soulève des questions et des enjeux importants. Par exemple, la télépathologie exige la manipulation d'un tissu histologique ainsi que la transmission très fidèle de sa texture et de sa couleur de l'équipe qui consulte à un pathologiste à distance. Elle nécessite aussi la transmission et l'archivage de quantités de données beaucoup plus considérables que la téléradiologie.

De nombreuses expérimentations ont eu lieu à travers le monde pour répondre à des questions spécifiques. Mais avant d'introduire cette technologie à grande échelle, la question des normes régissant une telle application émerge, d'autant plus que, depuis peu, des projets d'implantation de systèmes de télépathologie sont prévus au Québec.

Pour qu'une telle entreprise réussisse, une revue de la littérature internationale s'impose afin que le processus d'implantation bénéficie des connaissances disponibles les plus valides. La demande qu'a adressée la Direction générale des services de santé et médecine universitaire (DGSSMU) du ministère de la Santé et des Services sociaux à l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) va dans ce sens pour trois domaines de la télésanté : la télépsychiatrie et la téléadaptation, qui ont fait l'objet de deux rapports déjà publiés, et la télépathologie.

En remettant la présente note technique, l'AETMIS souhaite fournir au ministère de la Santé et des Services sociaux des informations pertinentes et à jour pour une prise de décision adéquate au sujet de la télépathologie.

Juan Roberto Iglesias, m.d., M. Sc.
président-directeur général

L'AVIS EN BREF

Les activités de télésanté jouent un rôle important lorsque certains professionnels ou une expertise ne sont pas présents sur les lieux de la prestation des soins. Par ailleurs, il est bien établi que ces activités constituent des solutions complémentaires plutôt que de remplacement des services. Depuis 2004, l'instauration de la télésanté à l'échelle du Québec a visé en conséquence les disciplines prioritaires suivantes : la santé mentale, la réadaptation et la pathologie.

La télépathologie est une application de la télémédecine qui s'appuie sur l'envoi et la lecture d'images de tissus histologiques à distance. Elle se divise en deux catégories principales selon le mode de communication entre les centres participants, soit en temps réel ou en différé. La télépathologie statique consiste en la prise, en la numérisation et en l'envoi d'images d'une pièce macroscopique ou microscopique, que, dans un deuxième temps, l'anatomopathologiste consultant peut visionner sur un écran et interpréter. La télépathologie dynamique réfère à l'envoi et à la visualisation en temps réel d'images histologiques issues d'un microscope situé à un centre distant.

Au moment de la rédaction du présent document, des projets d'implantation d'activités de télépathologie sont en cours au Québec. Cependant, l'instauration généralisée de ces activités devra passer par la standardisation des plateformes technologiques et des pratiques entre les équipes qui y participent, même si déjà le Réseau de télécommunications sociosanitaire peut offrir une plateforme sécuritaire et vraisemblablement adéquate pour le soutien de ces activités.

La présente revue rigoureuse de la documentation scientifique publiée sur la télépathologie confirme la fiabilité diagnostique de la télépathologie dynamique et son utilité dans l'enseignement et la recherche, bien que des limites d'ordre économique et technique en restreignent l'utilisation. Pour la télépathologie statique, l'avènement de la lame virtuelle, qui consiste en la numérisation de la lame de verre entière, a amélioré considérablement la fiabilité diagnostique. Cette modalité procure des avantages importants pour l'examen extemporané et l'obtention d'un diagnostic histopathologique, la demande d'un deuxième avis médical et les activités de formation à distance.

À la lumière de son évaluation et de l'état actuel des connaissances, l'AETMIS en arrive aux conclusions suivantes :

- La lame virtuelle offre les meilleures solutions à la plupart des problèmes liés à la distance et au manque d'anatomopathologistes dans les centres hospitaliers éloignés, et représente le meilleur compromis.
- Malgré des avantages prometteurs, la télépathologie dynamique reste encore peu utilisée.
- Sur le plan technologique, l'enjeu fondamental réside dans l'agencement de toute une chaîne de composantes difficilement interopérables, comme le type de microscope, la caméra, l'ordinateur personnel, le numériseur, etc.
- Sur le plan technique, les enjeux les plus importants sont liés à la sécurité des données et à l'archivage, notamment lorsqu'on recourt à des réseaux sécurisés et à des intranets.
- Sur le plan organisationnel, une formation adéquate de tous les intervenants concernés en matière d'environnements virtuels constitue un préalable indispensable; de plus, il est essentiel d'uniformiser les processus de production des images numériques entre les différentes équipes pour minimiser les erreurs possibles.
- Enfin, il est nécessaire de poursuivre l'examen des enjeux éthiques, juridiques et économiques de la télépathologie, y compris la question clé de la rémunération des intervenants, pour soutenir un déploiement adéquat de la technologie.

REMERCIEMENTS

Cette note technique a été préparée à la demande de l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) par le **D^r Khalil Moqadem**, Adm. A., M.B.A. et candidat au doctorat en santé publique, et le **D^r Gilles Pineau**, également diplômé en génie physique, tous deux chercheurs consultants à l'AETMIS.

L'Agence tient à remercier les lecteurs externes qui, grâce à leurs nombreux commentaires, ont permis d'améliorer la qualité et le contenu de cette note technique :

M. Jean Boissonneault, ingénieur biomédical, conseiller en génie biomédical et télésanté, Centre hospitalier universitaire de Québec, Québec

D^r Louis Gaboury, pathologiste, professeur agrégé, département de pathologie et de biologie cellulaire, Hôtel-Dieu du CHUM (Centre hospitalier de l'Université de Montréal), Montréal

D^r François Guilbault, chef du service d'anatomopathologie, Centre de santé et de services sociaux de Montmagny-L'Islet, Montmagny

M. Renald Lemieux, directeur de l'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé, Direction des services professionnels, Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke-Hôpital Fleurimont, Sherbrooke

D^r Jean Michaud, neuropathologiste, directeur de pathologie et de médecine de laboratoire, Université d'Ottawa, Hôpital d'Ottawa et Centre hospitalier pour enfants de l'est de l'Ontario

D^r Bernard Têtu, pathologiste, chef de service d'anatomo-pathologie, département de biologie médicale, Centre hospitalier universitaire de Québec, Québec

M. Alain Thibault, directeur des opérations, département de médecine de laboratoire, Centre hospitalier pour enfants de l'est de l'Ontario, Ottawa

Divulgence de conflits d'intérêts

Aucun conflit à signaler.

RÉSUMÉ

La télépathologie est un champ spécialisé de la télémédecine qui consiste en la pratique de l'anatomopathologie à distance, entre deux ou plusieurs centres éloignés, par l'entremise d'un microscope (ou d'un numériseur de lames), d'un médium de télécommunication et d'un poste de travail pour l'anatomopathologiste consultant. Elle a pour objectif de fournir des services de pathologie à distance lorsqu'un pathologiste n'est pas disponible sur place.

Selon que la communication entre les centres se fait en temps réel ou en différé, la télépathologie est classée en forme statique ou dynamique. La télépathologie statique consiste en la prise, en la numérisation et en l'envoi d'images d'une pièce macroscopique ou microscopique à un anatomopathologiste consultant qui peut les visionner sur écran et les interpréter. Quant à la télépathologie dynamique, elle désigne l'envoi et la visualisation en temps réel d'images histologiques issues d'un microscope situé à un centre distant. La revue de la littérature a permis de constater que les deux types de télépathologie, avec leurs avantages et leurs inconvénients, trouvent leur utilité dans l'établissement d'un diagnostic, dans l'obtention d'un deuxième avis médical ou dans le cadre de la formation à distance.

Pour la télépathologie statique, les recherches sur l'envoi d'images fixes concluent que les sources d'erreurs relativement nombreuses sont liées au choix des champs photographiés. La possibilité de numériser la lame de verre entière, appelée lame virtuelle, a réduit ces problèmes d'échantillonnage, améliorant ainsi la fiabilité diagnostique de la télépathologie statique. La possibilité de transfert en différé, le caractère virtuel permettant, entre autres, la reproduction de copies identiques, l'envoi rapide et l'archivage, constituent des avantages appréciables de la lame virtuelle.

Les résultats des recherches portant sur la fiabilité diagnostique de la télépathologie dynamique sont très probants. Elle procure la possibilité de manipuler le microscope à distance, donc d'exécuter le travail selon le procédé habituel de la microscopie optique. Outre le diagnostic à distance, la télépathologie dynamique trouve son utilité dans l'enseignement et en recherche scientifique. À l'heure actuelle, ses principaux inconvénients demeurent d'ordre économique (le prix des appareils) et technique (la lenteur de fonctionnement et la difficulté de mise au point des systèmes). De plus, elle exige une bande passante élevée. Toutes ces limites techniques pourront se corriger avec les avancées technologiques.

Les différentes applications de la télépathologie recensées dans la littérature peuvent se résumer en trois grandes catégories : l'examen extemporané (examen effectué lors d'une intervention chirurgicale); l'obtention d'un deuxième avis médical et la téléformation. En matière d'examen extemporané, la télépathologie rend des services appréciables lorsqu'il n'y a pas de pathologiste au lieu du prélèvement. L'envoi d'images fixes ou dynamiques d'échantillons ou de tissus histologiques à un pathologiste a l'avantage de permettre d'obtenir un diagnostic pour guider la conduite chirurgicale. Comme il n'y a pas de pathologistes à tous les centres où une chirurgie est réalisée, le gain de temps constitue l'un des avantages majeurs de l'examen extemporané par télépathologie. Avec l'élimination des barrières géographiques que procure la télépathologie, l'obtention d'un deuxième avis médical, notamment lors de l'examen de cas difficiles, devient possible et donne accès à des expertises pointues. Parallèlement, la téléformation est l'une des applications qui bénéficient le plus des atouts de la télépathologie.

À la lumière du bilan des avantages et des inconvénients de la télépathologie tant statique que dynamique et de leurs applications, il ressort que la lame virtuelle offre les meilleures solutions à la plupart des problèmes liés à la distance et au manque d'anatomopathologistes dans les centres hospitaliers éloignés et représente le meilleur compromis.

Pour réaliser adéquatement les activités de télépathologie, deux conditions techniques doivent être remplies : l'établissement doit être équipé d'un matériel qui se prête à l'application prévue, et les normes technologiques doivent être respectées afin d'assurer une qualité adéquate des données transmises. Au minimum, le site primaire¹ doit être équipé d'un microscope optique, d'une caméra numérique à haute résolution et (ou) d'une caméra vidéo, d'une caméra document pour la macroscopie et d'un ordinateur personnel doté de logiciels de lecture des images. De plus, un numériseur est requis lorsque la télépathologie virtuelle est prévue. Au site secondaire¹, un poste de travail performant ainsi qu'un écran à haute résolution spatiale et à haute luminance sont exigés pour permettre une lecture exacte des images transmises. La visioconférence ou le téléphone sont parfois utilisés en parallèle entre les deux sites pour contrôler la qualité des prélèvements ou guider la prise des images fixes.

En matière de normes de transmission, les débits utilisés dans les recherches publiées sont variables. En revanche, il y a consensus sur le fait que l'envoi d'images en différé n'exige pas une largeur de bande élevée, contrairement à l'envoi en temps réel, comme dans le cas de la télépathologie dynamique ou de l'envoi d'une lame virtuelle pour un examen extemporané. La littérature sur la télépathologie montre que l'internet est utilisé dans différentes recherches et que les lignes privées sont conseillées parce qu'elles sont plus sécuritaires. Le Québec bénéficie du Réseau de télécommunications sociosanitaire (RTSS) pour la transmission de l'information clinico-administrative.

La littérature consultée n'est pas unanime au sujet de la question d'archivage pour la télépathologie statique. Différentes pratiques existent, et de nombreuses réflexions sont en cours sur les aspects légaux de toutes les options possibles. Quant à la télépathologie dynamique, l'American Telemedicine Association (ATA) soutient qu'il n'est pas nécessaire d'archiver les images dynamiques et les images obtenues en temps réel générées lors d'une séance de télépathologie.

Pour que les activités de télépathologie réussissent, l'adéquation entre tous les maillons de la chaîne, depuis la proposition d'achat jusqu'à l'installation et à la maintenance, doit être assurée. Ainsi, la fiabilité de l'équipement, l'interopérabilité entre les différentes composantes, la variabilité dimensionnelle (*scalability*) sont des paramètres à considérer avant tout processus d'acquisition. D'autres dimensions entourant les aspects purement techniques sont des facteurs clés de succès. Il s'agit de la formation de tout le personnel associé à la télépathologie : nouveaux pathologistes utilisateurs (formation en imagerie), techniciens en pathologie, chirurgiens, etc.

Parallèlement à la formation, des enjeux liés à l'accréditation médicale, à la confidentialité, au paiement des honoraires et à la responsabilité professionnelle ainsi que d'autres problèmes médicolégaux non résolus continuent à restreindre l'expansion de la télépathologie. La littérature sur la télémédecine considère la rémunération des intervenants comme un facteur clé de succès ou d'échec de cette activité. Il serait souhaitable de se pencher sur ces questions ainsi que sur les enjeux éthiques, juridiques et économiques de la télépathologie pour faciliter le déploiement de la technologie.

1. Le site primaire est le centre qui fait la demande de consultation, et le site secondaire celui qui offre les services d'un expert situé dans un centre de soins spécialisés (centre de soins secondaires ou tertiaires). Nous avons choisi de conserver le terme site parce qu'il s'agit de télécommunications (ex. : site Web), et d'utiliser les termes primaire et secondaire pour faire référence au type de soins (primaires ou secondaires) offerts dans de tels centres.

SUMMARY

TELEPATHOLOGY: GUIDELINES AND TECHNICAL STANDARDS, LITERATURE REVIEW

Telepathology is a specialized field of telemedicine. It is the practice of anatomical pathology at a distance between two or more distant facilities using a microscope (or a slide scanner), a telecommunications medium, and a workstation for the consulting pathologist. The aim of telepathology is to provide pathology services at a distance when there is no on-site pathologist.

Depending on whether the communication between the facilities occurs in real-time or delayed-time mode, telepathology is considered static or dynamic. Static telepathology consists in capturing, digitizing and transmitting images of a gross or microscopic specimen to a consulting pathologist, who can view them on a screen and interpret them. As for dynamic telepathology, it involves transmitting and viewing in real time histological images from a microscope located at a distant facility. A literature review revealed that both types are, with their advantages and drawbacks, useful in diagnosing, obtaining a second medical opinion or in teletraining.

In the case of static telepathology, research on static image transmission concludes that the relatively numerous sources of error are associated with the choice of photographed fields. The possibility of digitizing an entire glass slide, referred to as a virtual slide, has reduced these sampling problems, thus improving the diagnostic reliability of static telepathology. The possibility of delayed transmission and the fact that the virtuality permits, among other things, the making of identical copies, fast transmission, and archiving, are substantial pluses of the virtual slide.

The results of research on the diagnostic reliability of dynamic telepathology are very convincing. It enables one to operate a microscope from a distance and, therefore, to work as in conventional light microscopy. In addition to distance diagnosing, dynamic telepathology is useful in

teaching and scientific research. Presently, its main drawbacks are of an economic (the cost of the equipment) and technical (slow operating speed and the difficulty focusing with these systems) nature, and it requires high bandwidth. All of these technical limitations can be overcome with technological advances.

The different applications of telepathology identified in the literature can be grouped into three main categories: the extemporaneous examination (an examination performed during a surgical procedure), the obtaining of a second medical opinion, and teletraining. In the case of the extemporaneous examination, telepathology is very useful when there is no pathologist at the location where the specimen is obtained. Sending static or dynamic images of specimens or histological tissues to a pathologist has the advantage of enabling one to obtain a diagnosis in order to guide the surgical course of action. Since there is not a pathologist at every facility where surgery is performed, the time gain constitutes one of the main advantages of the extemporaneous examination by telepathology. With the elimination of geographical barriers in telepathology, obtaining a second medical opinion, especially when examining difficult cases, becomes possible and provides access to specialized expertise. As for teletraining, it is one of the applications that benefits the most from the advantages of telepathology.

In light of the analysis of the advantages and drawbacks of telepathology, both static and dynamic, and of their applications, it emerges that the virtual slide offers the best solutions to most of the problems associated with distance and the lack of pathologists at remote hospitals and constitutes the best compromise.

To properly carry out telepathology, two technical conditions must be met: the institution must

have equipment that lends itself to the planned application, and the technical standards must be met to ensure that the transmitted data are of suitable quality. At a minimum, the primary site² must be equipped with a light microscope, a high-resolution digital camera and/or a video camera, a document camera for gross examinations, and personal computer with image reading software. In addition, a scanner is required when virtual telepathology is planned. At the secondary site², a high-performance workstation and a high-luminance, high-spatial-resolution screen are needed for accurate reading of the transmitted images. Videoconferencing or the telephone is sometimes used at the same time between the two sites to check specimen quality or guide static image acquisition.

As regards transmission standards, the speeds used in the published research vary. On the other hand, there is a consensus that delayed image transmission does not require high bandwidth, unlike real-time transmission, as in the case of dynamic telepathology or the transmission of a virtual slide for an extemporaneous examination. The telepathology literature shows that the Internet is used in different areas of research and that private lines are recommended because they are more secure. Québec has the advantage of the Quebec Health Computing Network (Réseau de télécommunications sociosanitaire, or RTSS) for transmitting clinical administrative data.

The literature consulted is not unanimous with regard to the issue of archiving in static telepathology. There are different practices, and many discussions are underway regarding the legal aspects of all the possible options. As for dynamic telepathology, the American Telemedicine Association (ATA) maintains that it is not necessary to archive dynamic images and real-time images generated during a telepathology session.

For telepathology activities to succeed, the soundness of all the links in the chain—from the purchase proposal to installation and maintenance—must be ensured. Thus, the reliability of the equipment, the interoperability between the different components, and scalability are parameters that need to be considered before any purchase process is undertaken. Other aspects surrounding the purely technical facets are key factors for success. They are the training of all the personnel involved in telepathology: new user-pathologists (imaging training), pathology technicians, surgeons and so on.

Together with training, issues relating to medical accreditation, confidentiality, the payment of fees, and professional liability, as well as other unresolved medicolegal problems continue to hinder the expansion of telepathology. Telemedicine literature considers the remuneration of those involved a key factor for success or failure for telepathology. These issues and the ethical, legal and economic issues regarding telepathology should be examined to facilitate the deployment of this technology.

2. The primary site is the facility that makes the consultation request, while the secondary site is the one that offers the services of an expert at a specialized care centre (secondary or tertiary care centre). We chose to use the term “site” because telecommunications (e.g., Internet site) are involved and the terms “primary” and “secondary” when referring to the type of care (primary or secondary) provided at these facilities.

ABBREVIATIONS ET ACRONYMES

ACR	American College of Radiology
AETMIS	Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé
ATA	American Telemedicine Association
CHUM	Centre hospitalier de l'Université de Montréal
CHUQ	Centre hospitalier universitaire de Québec
CHUS	Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke
CST	Canadian Society of Telehealth
DARE	Database of Abstracts of Reviews of Effects
DGSSMU	Direction générale des services de santé et médecine universitaire
DICOM	<i>Digital Imaging and Communications in Medicine</i> ³
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
Gb	Gigabits
Gbps	Gigabits par seconde
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (États-Unis)
INAHTA	International Network of Agencies for Health Technology Assessment
JPEG	Joint Photographic Experts Group
Kbps	Kilobits par seconde
Mbps	Mégabits par seconde
MHz	Mégahertz
MSSS	Ministère de la Santé et des Services sociaux (Québec)
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NHS-EED	National Health Service Economic Evaluation Database
NIFTE	National Initiative for Telehealth
ppp	Point par pouce
PLCO	Provincial Laboratory Coordinating Office
RLS	Réseaux locaux de services
RTSS	Réseau de télécommunications sociosanitaire
RUIS	Réseau universitaire intégré de santé
RUIS-UL	Réseau universitaire intégré de santé de l'Université Laval
SCT	Société canadienne de télésanté
TIE	Telemedicine Information Exchange
TIFF	<i>Tag Image File Format</i>

3. National Electrical Manufacturers Association (NEMA). DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [brochure]. Disponible à : <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Brochure.pdf>.

GLOSSAIRE

Bande passante

Concept tiré de la théorie de l'information. Au sens strict, la bande passante fait référence à la représentation dans le domaine spectral d'un signal physique servant à transmettre des données, peu importe le support physique (conducteur métallique, fibre optique). À cause de contraintes techniques et technologiques, on peut utiliser seulement une partie du domaine spectral pour transmettre des informations. La zone utilisable s'appelle « bande passante ». Plus elle est grande, plus le débit d'informations est élevé. Par extension, on utilise le terme « largeur de bande » pour décrire directement le débit (quantité par unité de temps) d'informations qu'une ligne de communication peut transporter. Par abus de langage, les termes « largeur de bande passante » et « bande passante » sont utilisés sans distinction.

DICOM

Digital Imaging and Communications in Medicine est une norme qui établit le référentiel de communication en imagerie médicale.

Examen extemporané

Examen qui se fait sur-le-champ, qui n'est pas préparé d'avance. Se dit en particulier d'une biopsie effectuée pendant une intervention chirurgicale et dont on attend le résultat de l'examen histologique pour décider de la suite de l'intervention [Quevauvilliers *et al.*, 2007]. Il s'agit d'une consultation peropératoire entre le chirurgien qui effectue le prélèvement et l'anatomopathologiste qui établit le diagnostic. Les résultats de cette consultation influent sur la poursuite de l'intervention chirurgicale en cours.

Gigabit par seconde (Gbps)

Unité de mesure du débit d'informations. Pour un canal de communication, 1 Gbps représente un débit d'environ un milliard de bits par seconde. Pour obtenir le nombre d'octets transmis par seconde, il faut diviser ce nombre par huit (nombre de bits dans un octet).

Interopérabilité

Capacité que possèdent des systèmes informatiques d'interagir grâce, entre autres, à l'utilisation de langages et de protocoles communs, et de donner accès à leurs ressources de façon réciproque.

Intranet

Internet privé ou réseau interne qui emploie certains protocoles de communication utilisés par l'internet. Un intranet peut être relié à l'internet par l'entremise de passerelles étroitement supervisées [ATA, 2004].

Ligne directrice

Énoncé de principes ou marche à suivre contribuant à déterminer un plan d'action ou à établir des normes [adapté de Loane et Wootton, 2002, cité dans NIFTE, 2003].

Mégabit par seconde (Mbps)

Unité de mesure du débit d'informations. Pour un canal de communication, 1 Mbps représente un débit d'environ un million de bits par seconde. Pour obtenir le nombre d'octets transmis par seconde, il faut diviser ce nombre par huit (nombre de bits dans un octet).

Norme

Une norme est un énoncé établi par consensus ou en vertu d'une autorité, fixant un point de repère pour mesurer la qualité et visant l'atteinte de résultats optimaux [NIFTE, 2003].

Stadification

Processus d'évaluation de l'étendue d'une atteinte (d'une lésion) tumorale, soit la taille de la tumeur, le degré de dissémination locale, le degré de propagation aux ganglions lymphatiques et la présence de cellules cancéreuses dans d'autres parties du corps⁴.

4. Société canadienne du cancer. Disponible à : <http://info.cancer.ca/f/glossary/S/Stadification.htm>.

1.1 Contexte

Au Québec, la restructuration en réseaux locaux de services (RLS) et en réseaux universitaires intégrés de santé (RUIS) [MSSS, 2004] offre la possibilité d'intégrer la télémédecine dans le processus de soins. Cette intégration vise une complémentarité synergique entre les soins et services existants et les facilités et les atouts qu'apporte la technologie. En avril 2006, le réseau de la santé et des services sociaux a bénéficié de 562 millions de dollars dans le cadre d'un vaste projet d'informatisation [Lévesque, 2006], dont 303 millions d'Inforoute Santé du Canada et 259 millions du gouvernement du Québec⁵. Cette initiative témoigne de la vision ministérielle de l'utilité de la technologie comme levier important dans le processus de prestation de soins et de services de santé, une telle vision étant compatible avec celle d'Inforoute Santé du Canada.

Les applications de la télémédecine sont aussi nombreuses que les disciplines médicales, mais elles peuvent être regroupées en deux grandes catégories. D'une part, une grande majorité d'applications s'appuient sur la visioconférence pour la formation médicale et professionnelle, l'échange d'informations entre professionnels de la santé et la prestation de soins et services, principalement cliniques avec la participation du patient, comme la télépsychiatrie. D'autre part, quelques applications s'appuient sur le transfert de données et d'images, comme la téléradiologie et la télépathologie, et sont considérées comme faisant partie des services de diagnostic médical [Bashshur *et al.*, 2000].

Comme dans plusieurs pays, la télépathologie s'est développée au Québec grâce à l'initiative de personnes motivées qui ont démarré des projets d'application pour répondre à des besoins ponctuels. Mentionnons à titre d'exemple les projets pilotes suivants : le projet du Centre hospitalier universitaire de Québec (CHUQ), amorcé en collaboration avec la compagnie Cifra Médical, et le projet du Centre hospitalier universitaire de Sherbrooke (CHUS). Dans ce contexte d'initiatives locales non intégrées qui ont précédé la nouvelle restructuration, il est clair que les objectifs étaient avant tout la réalisation et la réussite de telles interventions plutôt que la standardisation des pratiques dans un cadre structuré.

Devant les besoins croissants en services d'anatomopathologie dans toute la province, la télépathologie représente l'une des avenues de solution pour pallier le manque de ressources nécessaires au maintien de l'accessibilité à ces services. Une structuration des activités de télépathologie en programmes est requise, ces derniers devant s'intégrer harmonieusement dans la nouvelle configuration en RUIS et en RLS. Ainsi, l'adoption de normes technologiques et de lignes directrices cliniques devient une nécessité. Le présent document constitue un premier pas dans ce sens en faisant état de la littérature publiée sur le sujet.

Comme les normes et les lignes directrices sont intimement liées à un contexte donné, et puisqu'il s'agit d'une évaluation réalisée en amont de l'implantation d'un programme, nous avons jugé utile de tenir compte, dans la mesure du possible, de ce contexte. De plus, afin de relever les normes technologiques et les lignes directrices cliniques qui pourraient s'appliquer au Québec, nous avons mis à contribution les expériences réalisées dans notre milieu et à l'étranger qui nous sont apparues les plus pertinentes. Ainsi, le présent

5. Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Sommaire budgétaire [site Web]. MSSS; 2008. Disponible à : http://www.dossierdesante.gouv.qc.ca/fr_sommaire_budget.phtml.

travail tient compte des projets en cours sur la télépathologie, notamment le projet parrainé par le RUIS de l'Université Laval en collaboration avec la Faculté de médecine de l'Université Laval [RUIS-UL, 2005], et le projet mené par le Laboratoire central de pathologie de la Colombie-Britannique (Provincial Laboratory Coordinating Office [PLCO]).

Le projet du RUIS-UL a pour objectif d'améliorer l'accessibilité des soins et services par la conception, l'évaluation et la mise en place de projets de télésanté, notamment en télépathologie. Plus spécifiquement, le projet de télépathologie s'échelonne sur trois phases principales. La première, achevée au premier trimestre 2008, a consisté en une analyse des besoins des centres intéressés (26 établissements) par la télépathologie, une étape jumelée à une veille technologique pour mieux orienter le choix du matériel de télépathologie [RUIS-UL, 2006]. La deuxième phase portera sur le choix du matériel de télépathologie. Cette étape cruciale se divise en sous-étapes : 1) procéder à un appel d'offres; 2) faire tester les dispositifs des principaux fournisseurs de matériel de télépathologie par les intervenants en pathologie; 3) choisir le matériel qui convient le mieux à l'amélioration de l'accessibilité aux services de pathologie; et 4) mettre ce matériel en place dans un nombre restreint de centres (n = 6). La troisième et dernière phase se concentrera tant sur la formation et l'accompagnement que sur la généralisation de l'implantation des systèmes choisis dans tout le territoire du RUIS-UL.

Le projet du PLCO de Colombie-Britannique a pour objectif d'établir des normes provinciales qui serviront de guides à l'élaboration et à l'implantation d'un réseau de télépathologie interopérable. Plus spécifiquement, ce projet vise à définir les politiques et les procédures régissant les activités de télépathologie, les processus d'assurance de la qualité, les mesures de sécurité relatives à l'étiquetage des échantillons, la maintenance de l'équipement, l'établissement de plans d'urgence et la définition des aspects juridiques.

1.2 Mandat et structure du document

Le mandat qu'a confié la Direction générale des services de santé et médecine universitaire (DGSSMU) du ministère de la Santé et des Services sociaux à l'Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS) était tripartite. Il visait l'instauration de normes technologiques et de lignes directrices dans trois domaines de la télémédecine. Deux rapports d'évaluation de la télépsychiatrie et de la téléadaptation ont déjà été publiés [AETMIS, 2006a; 2006b]. Le troisième est le présent document sur la télépathologie. Il vise à contribuer à la démarche d'implantation de services de télépathologie dans toute la province actuellement en cours.

La présente note technique se divise en 10 chapitres. Le premier présente le document. Le deuxième fournit des informations générales sur l'intervention et en définit les principales composantes. Le troisième décrit la méthode adoptée pour réaliser ce travail. Les chapitres 4 et 5 traitent des deux principales formes de la télépathologie, statique et dynamique. Le chapitre 6 fournit des éléments relatifs aux lignes directrices et aux champs d'application de la télépathologie. Le chapitre 7 définit les normes nécessaires à la standardisation d'une plateforme technologique, comme les normes de compression, de codage, d'archivage, etc. Des considérations techniques et organisationnelles sont présentées au chapitre 8, suivies d'une discussion. Nous terminons en dégagant certaines conclusions qui serviront de points de repère pour l'adoption d'éventuelles normes et lignes directrices en télépathologie.

1.3 Objectif général

La pratique médicale traditionnelle est souvent considérée comme « la référence » dans la littérature qui évalue la télémédecine. En tenant compte des limites inhérentes à une évaluation préalable à l'implantation d'un programme structuré, nous nous sommes fixé comme objectif général de tirer d'un examen détaillé de la littérature les normes technologiques et les lignes directrices qui pourraient contribuer à l'implantation adéquate d'une plateforme technologique en télépathologie. Cet objectif tient compte du principe général de l'anatomopathologie, qui est l'établissement d'un diagnostic dont l'importance et les conséquences pour la qualité des soins sont majeures.

Cependant, pour assurer une fiabilité diagnostique équivalente à celle de la microscopie traditionnelle (standard ou optique), ce qui est essentiel pour une pratique adéquate de la télépathologie [Furness, 2007], il faut effectuer des tests sur le terrain. Contrairement aux deux rapports précédents sur la télémédecine (télépsychiatrie et téléadaptation), de tels tests n'ont pas été réalisés pour la présente note technique parce qu'il n'y a pas de technologies de télépathologie sur le terrain au Québec. Ils devront être effectués dans une phase ultérieure.

Le modèle adopté dans la présente note technique est la communication entre un site requérant, appelé site primaire, et un site répondant, dit site secondaire. L'intérêt de ce cadre est double, soit de garder le cap sur le mandat qui nous a été confié par le MSSS et d'éviter d'alourdir le texte.

2.1 Lignes directrices et normes technologiques

La télépathologie est une discipline de la télémédecine relativement récente et ne fait pas encore l'objet de normes établies [Crimmins *et al.*, 2005; Weinstein *et al.*, 2001; Zhou *et al.*, 2000]. Les premières expériences remontent aux années 1970, mais le terme « télépathologie » n'a été employé pour la première fois qu'en 1986 [Weinstein *et al.*, 2001; 1987]. Depuis, de nombreux projets pilotes ont été réalisés dans le monde [Cross *et al.*, 2002], et elle est de plus en plus utilisée.

Au Québec, la recherche de l'efficacité dans l'utilisation des ressources du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) nécessite l'instauration d'une plateforme commune à toutes les équipes œuvrant dans chacun des domaines de la télémédecine à la grandeur de la province. Une telle initiative de standardisation a des implications stratégiques substantielles à cause des répercussions qu'elle aura sur les activités de télémédecine dans notre système de santé.

Nous sommes conscients de la difficulté que pose une telle activité de standardisation, qui est liée directement à l'évolution rapide des technologies ainsi qu'à la diversité et à la complexité des appareils nécessaires pour fonctionner en télépathologie. En revanche, la proposition d'une plateforme commune standard est possible avec certaines balises et à certaines conditions. C'est avec une vision d'utilisation efficace des ressources qu'il faudra établir les normes technologiques minimales requises pour des activités de télépathologie adéquates.

Il existe un débat sur la définition des mots normes et lignes directrices, débat que nous ne voulons ni alimenter ni prétendre résoudre. Notre compréhension s'aligne de façon générale sur les définitions données par Loane et Wootton ainsi que par la National Initiative for Telehealth (NIFTE). Une norme est un énoncé établi par consensus ou en vertu d'une autorité, fixant un point de repère pour mesurer la qualité et visant l'atteinte de résultats optimaux [NIFTE, 2003]. Nous entendons par « point de repère » la norme technologique minimale requise pour atteindre un résultat optimal, soit l'équivalent d'une activité clinique classique entre un patient et un médecin dans un cabinet de consultation. Dans le présent travail, ce point de repère devient la norme minimale requise pour permettre une lecture adéquate équivalente à celle qui est réalisée directement au microscope.

Une ligne directrice est un énoncé de principes ou une marche à suivre contribuant à déterminer un plan d'action ou à établir des normes (définition adaptée de Loane et Wootton). Selon Loane et Wootton [2002], les normes supposent le respect de critères stricts et bien définis, tandis que les lignes directrices supposent le respect de pratiques recommandées et, dans une certaine mesure, flexibles. Le but général des lignes directrices est de promouvoir des pratiques exemplaires et d'améliorer l'uniformité et l'efficacité des soins en se fondant sur la recherche scientifique et clinique et sur les opinions d'experts [NIFTE, 2003; Loane et Wootton, 2002].

2.2 Définitions

Dans sa définition la plus simple, l'anatomopathologie est une spécialité médicale qui étudie les lésions ou anomalies d'une pièce macroscopique ou microscopique d'un tissu afin de poser un diagnostic. L'histopathologie est l'examen d'un tissu sous microscope optique [Dennis *et al.*, 2005]. Sur cette base, la télépathologie sera l'exercice de l'anatomopathologie à distance [Weinstein *et al.*, 2001]. Tout en donnant cette définition, la littérature souligne son caractère restrictif et en propose d'autres plus précises [Kayser *et al.*, 2004].

L'une de ces définitions considère la télépathologie comme un champ spécialisé de la télémédecine qui consiste en la pratique de l'anatomopathologie à distance par l'entremise d'un microscope (ou d'un numériseur de lames) dans un site primaire (site requérant), d'un médium de télécommunication et d'un poste de travail pour l'anatomopathologiste au site secondaire (site répondant) [Weinstein *et al.*, 2007; Kayser *et al.*, 2005]. Sa finalité est l'établissement d'un diagnostic histopathologique ou l'obtention d'un deuxième avis médical à partir d'images envoyées entre les deux sites [Leinweber *et al.*, 2006; Rashbass et Furness, 2005; Marcelo *et al.*, 2000] ou pour la formation à distance.

La télépathologie fait donc partie des disciplines médicales qui se fondent sur l'image pour poser un diagnostic [Rashbass et Furness, 2005; Weinstein *et al.*, 2001], comme la téléradiologie et la télédermatologie [Marcelo *et al.*, 2000]. Plusieurs auteurs comparent la télépathologie à la téléradiologie [Weinstein *et al.*, 2001]. Celle-ci est considérée comme l'application de la télémédecine la plus avancée [Thrall, 2007; Wootton, 2006]. L'analogie entre les deux disciplines vise *a priori* à faire progresser plus rapidement les activités de télépathologie en s'inspirant des normes déjà bien établies de la téléradiologie. Certes, ces deux disciplines télémédicales s'appuient sur l'image, mais elles se distinguent par plusieurs différences [Rashbass et Furness, 2005]. Une brève discussion à ce sujet figure au chapitre 7 portant sur les normes technologiques.

D'emblée, il est important de souligner que la télépathologie ne doit pas être considérée comme une solution de remplacement à l'anatomopathologie classique, mais qu'elle en est complémentaire [Kldiashvili, 2008; Hutarew *et al.*, 2003; Kayser *et al.*, 2000].

2.3 Classification des applications de la télépathologie

Différentes catégorisations existent en télépathologie, selon les systèmes technologiques, les applications, le mode de communication, etc. [Kldiashvili, 2008]. Sur la base d'une revue de la littérature, Weinstein et ses collaborateurs [2007; 2001] ont classé les systèmes de télépathologie en 12 catégories regroupées en quatre générations définies selon leur apparition dans le temps. Cette classification est l'une des plus exhaustives, mais elle est complexe et apparaît peu utile pour les fins de la présente note technique.

Deux autres classifications se fondent sur le mode de communication, soit synchrone ou asynchrone [Teodorovic *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2000]. Elles sont plus simples et plus courantes. La première classe la télépathologie en : 1) statique; 2) dynamique; et 3) système de lame virtuelle [Isabelle *et al.*, 2006; Teodorovic *et al.*, 2006]. Ainsi, la lame virtuelle est considérée comme une classe à part [Teodorovic *et al.*, 2006; Yagi et Gilbertson, 2005]. La deuxième catégorise la télépathologie sous trois rubriques : statique (incluant la lame virtuelle), dynamique et hybride [Leinweber *et al.*, 2006].

Cette dernière classification inclut la lame virtuelle dans la télépathologie statique et considère le mode hybride comme une rubrique distincte. C'est elle qui a été retenue dans la présente note technique, car elle est majoritairement proposée dans la littérature et rejoint la catégorisation en modes synchrone et asynchrone.

2.3.1 Mode asynchrone et télépathologie statique

Le mode *asynchrone* (*store-and-forward*), représenté par la télépathologie statique, consiste à envoyer de l'information d'un site requérant primaire, où le prélèvement est fait, à un site secondaire, où l'anatomopathologiste consultant peut visionner les images sur écran et les interpréter [Cross *et al.*, 2002]. L'information est envoyée sous forme d'images accompagnées de textes et des renseignements nécessaires à la lecture des images [Della Mea, 2005]. Deux sous-catégories existent : l'envoi d'images ponctuelles et l'envoi d'une lame virtuelle. Les images ponctuelles sont choisies par la personne qui prépare la lame, et la sélection des champs à photographier s'appuie sur le jugement de cette même personne quant aux zones les plus appropriées pour que l'anatomopathologiste consultant puisse obtenir un deuxième avis ou parfois poser un diagnostic principal. Les images choisies sont donc fixes, ce qui ne donne aucune marge de manœuvre au consultant. La littérature traite abondamment des inconvénients d'une telle approche, d'où la pertinence de la lame virtuelle. Cette dernière est la plus récente de toutes les formes de télépathologie. Elle consiste en la numérisation entière de la lame de verre et en son envoi électronique pour analyse et interprétation. Ainsi, l'anatomopathologiste consultant aura la possibilité d'examiner la lame entière et d'appuyer son analyse sur cette base.

2.3.2 Mode synchrone et télépathologie dynamique

Le mode *synchrone* (en temps réel), représenté par la télépathologie dynamique, permet à l'anatomopathologiste consultant situé au site secondaire d'obtenir sur écran des images transmises en temps réel d'un microscope optique situé dans un site primaire [Cross *et al.*, 2002]. Dans sa forme la plus élaborée et la plus courante, la télépathologie dynamique implique la manipulation du microscope à distance [Kayser *et al.*, 2005], d'où le qualificatif de « microscope robotisé ». Le chapitre 5 traite de la télépathologie dynamique microscopique.

Par ailleurs, le mode synchrone peut être utilisé pour visionner en temps réel des images de pièces macroscopiques. Cet examen macroscopique constitue une étape essentielle de la pratique de l'anatomopathologie [Kayser *et al.*, 2005; Oberholzer *et al.*, 1995]. Il se fait par l'entremise d'un appareil appelé station de macroscopie, qui consiste en un dispositif technologique muni d'une tablette sur laquelle la pièce anatomique est exposée, d'une caméra à haute résolution fixée à un support vertical, à 30 ou 40 cm de hauteur. L'image produite par la caméra peut être visionnée sur un écran local ou à distance. C'est une étape préalable ou simultanée à tout examen microscopique d'un tissu prélevé, qui sert à guider la coupe et la préparation du tissu pour l'examen microscopique. Cet examen macroscopique à distance trouve son utilité lors de la demande d'un deuxième avis ou comme préalable à un examen extemporané ou télédiagnostique peropératoire. Comme l'envoi des images fixes à distance présente l'inconvénient d'être final, l'envoi d'images dynamiques par l'entremise de la station de macroscopie offre comme principal avantage de permettre de discuter en temps réel du plan de coupe, par exemple, et d'obtenir une information plus juste sur le siège de la lésion pour guider l'examen microscopique [Wellnitz *et al.*, 2000] par lame virtuelle, par exemple.

Soulignons que la littérature qui a étudié spécifiquement la macroscopie à distance est rare. Quelques indications sur son utilisation sont mentionnées dans les articles et fournissent de l'information très sommaire à ce sujet. Toutefois, Leong et ses collègues [2000] soutiennent que, pour un examen macroscopique, l'envoi d'images statiques

multiples montrant clairement l'endroit du prélèvement améliore amplement la fiabilité diagnostique. D'autres auteurs abondent dans le même sens et insistent sur l'importance d'avoir un protocole détaillé et standardisé lorsque les deux parties (les deux sites) ne sont pas en communication directe (mode dynamique) [Rashbass et Furness, 2005]. D'autres mesures, comme la formation continue des membres de l'équipe de chirurgie sur le choix de l'échantillon et l'examen macroscopique, peuvent donner de bons résultats [Wellnitz *et al.*, 2000]. Cela permettrait de minimiser les erreurs d'interprétation liées à la sélection des images.

2.3.3 Télépathologie hybride

La troisième catégorie associe les deux types d'interactions, statique et dynamique [Weinstein *et al.*, 2007; Yagi et Gilbertson, 2005; Tucker *et al.*, 2001]. Une série d'images est prise et transmise au début ou au cours de la séance, avec jumelage à un contrôle dynamique à distance [Cross *et al.*, 2002].

2.3.4 Autre forme : la télépathologie intégrée

La télépathologie intégrée a été décrite par Kayser et ses collègues [2005] : il s'agit du regroupement d'images, de lames virtuelles et de données sur le patient (symptômes, histoire de la maladie et schéma thérapeutique) dans une seule banque de données. Le défi majeur que pose ce mode est la taille des fichiers, qui les rend difficilement gérables. Ces deux dernières formes de la télépathologie ne sont présentées qu'à titre indicatif et ne seront pas traitées dans le présent document.

3.1 Stratégie de recension des écrits

Les principales banques de données consultées dans la présente revue de la littérature sont les bases de données générales et celles qui donnent accès à la littérature portant sur la télémédecine. Il s'agit de : Medline (base de données de la National Library of Medicine accessible par l'outil PubMed), Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE), National Health Service Economic Evaluation Database (NHS-EED), Telemedicine Information Exchange (TIE) et The Cochrane Library. La base de données des organismes d'évaluation qui font partie de l'International Network of Agencies for Health Technology Assessment (INAHTA) a aussi été interrogée.

Les mots clés suivants, seuls ou en association, ont été utilisés : *telemedicine, telehealth, pathology, telepathology, diagnostic, standard, guidelines, digital microscopy, virtual slide, histopathology, frozen section, robotics*, etc. La stratégie complète de recherche documentaire est exposée à l'annexe A. Une recension manuelle dans des revues spécialisées comme The Journal of Telemedicine and Telecare, Histopathology et Human Pathology ainsi que la consultation des références des articles recensés ont complété ces recherches.

Par ailleurs, pour tenir compte des avancées et des tendances technologiques, les sites Web et les brochures de fournisseurs de matériel de microscopie virtuelle et de matériel de télépathologie ont été consultés.

L'année 1997 a été choisie comme date de début de la recherche. Dans le domaine de la télémédecine, une perspective de 10 ans nous paraît raisonnable et suffisante. Toutefois, nous avons porté une attention particulière aux dates des références retenues sur les normes technologiques afin d'éviter de nous appuyer sur des normes désuètes, mais nous avons dans certains cas cité des références antérieures à 1997. Décembre 2007 était la date de la fin de la recherche, mais une veille documentaire a été réalisée jusqu'en juillet 2008.

L'examen de la littérature a été effectué par les deux auteurs. Une première sélection a été faite sur la base des titres, suivie de l'examen des résumés. Les divergences d'appréciation ont été discutées entre les deux auteurs jusqu'à établissement d'un consensus.

3.2 Critères d'inclusion et d'exclusion

Sur le plan méthodologique, tous les types de plans de recherche ont été considérés : méta-analyses, revues systématiques, essais cliniques, randomisés ou non, études d'observation, rapports de recherche, informations des sites Web d'organismes officiels, etc. La variable centrale était la télépathologie. Toutefois, différentes études étaient retenues si elles traitaient des variables technologiques et (ou) cliniques. Les publications ont été retenues ou exclues en fonction de la présence ou de l'absence de certains paramètres présentés au tableau 1. Par ailleurs, les informations contenues dans des sites Web qui n'appartiennent pas à des organismes officiels n'ont pas été retenues.

3.3 Sélection des études

La question de l'établissement de lignes directrices et de normes technologiques pour la télépathologie regroupe plusieurs dimensions. Comme on l'a mentionné au chapitre précédent, il faut considérer plusieurs types de recherches pour obtenir les réponses attendues. Ainsi, l'appréciation de la qualité des plans de recherche portant sur différents sujets par une grille unique serait difficile et sujette aux biais. En fait, pour chaque sous-dimension, clinique et technologique, un certain nombre d'indicateurs ont été retenus pour sélectionner les recherches recensées, et une grille de pertinence à trois niveaux a été adoptée. Le niveau 1 renvoie à une étude qui apporte peu d'informations sur les indicateurs retenus; le niveau 2 réfère à de l'information pertinente qui ne fournit pas beaucoup de détails; enfin, le niveau 3 correspond au niveau le plus élevé, soit de l'information très pertinente et détaillée sur les indicateurs en question.

Les principaux indicateurs retenus pour aiguiller la collecte de données sur les deux dimensions principales, soit les normes technologiques et les lignes directrices cliniques, sont présentés au tableau 1.

TABEAU 1

Principaux indicateurs correspondant aux variables à la base de la sélection de la littérature pertinente	
VARIABLE PRINCIPALE	PRINCIPAUX INDICATEURS
Normes technologiques	Normes de compression, normes de transmission, bande passante, sécurité des données, archivage, qualité de l'image
Lignes directrices cliniques (pour les trois formes de télépathologie : statique, dynamique et hybride)	Indications cliniques, fiabilité diagnostique, temps requis pour poser un diagnostic, avantages et inconvénients

Une recherche préliminaire a repéré plus de 500 titres, parmi lesquels une centaine d'études ont été retenues selon les critères d'inclusion et d'exclusion établis.

La télépathologie statique est la prise, la numérisation et l'envoi d'images d'une pièce macroscopique ou microscopique d'un site primaire (requérant), où le prélèvement est fait, à un site secondaire (répondant), où l'anatomopathologiste consultant peut les visionner sur écran et les interpréter [Cross *et al.*, 2002]. L'information envoyée est principalement sous forme d'images accompagnées de textes, parfois d'extraits audio ou vidéo [Della Mea, 2005].

Il y a deux sous-catégories de télépathologie statique : 1) l'envoi d'images « ponctuelles », sélectionnées après l'examen de la lame entière; et 2) l'envoi d'une image après la numérisation complète de la lame de verre, appelée lame virtuelle. Il faut signaler d'emblée que de nombreuses limites discréditent l'usage des images ponctuelles à cause des erreurs possibles d'interprétation dues au choix des champs photographiés [Leinweber *et al.*, 2006; Teodorovic *et al.*, 2006]. Conséquemment, lorsque l'on parle de télépathologie statique, la littérature réfère de plus en plus à la lame virtuelle comme une méthode novatrice récemment mise au point [Furness, 2007; Yagi et Gilbertson, 2005; Weinstein *et al.*, 2001] pour éviter les contraintes liées à la sélection des images. En effet, un examen chronologique de la littérature permet de constater que l'envoi d'images ponctuelles a constitué le point de départ de la télépathologie statique, progressivement jumelée à l'envoi de la lame virtuelle, puis remplacée par cette méthode. Cette transition a été possible grâce à l'avancement de la technologie de numérisation, de transmission et de lecture, notamment l'amélioration de la résolution des écrans et de la fréquence d'horloge des postes de travail [Furness, 2007].

La lame virtuelle est considérée comme la forme automatisée de la télépathologie statique [Leinweber *et al.*, 2006]. Elle consiste à numériser une lame entière à haute résolution (de 20 à 40 fois) et à l'envoyer au site correspondant (secondaire) pour lecture et diagnostic [Isabelle *et al.*, 2006; Yagi et Gilbertson, 2005] ou pour d'autres fins, comme l'enseignement ou la recherche [Furness, 2007; Teodorovic *et al.*, 2006; Leong et Leong, 2004]. L'objectif est de reproduire une image qui représente le plus fidèlement possible la lame de verre, sans perte d'information ni artefacts [Gu et Ogilvie, 2005]. Les principales applications de la lame virtuelle sont, outre le télédiagnostic, l'assurance de la qualité des programmes de télépathologie, la demande d'un deuxième avis et la formation [Kayser *et al.*, 2005; Demichelis *et al.*, 2002a; Weinstein *et al.*, 2001].

4.1 Fiabilité diagnostique

Depuis plus de 10 ans, la fiabilité diagnostique est une question fondamentale en télépathologie statique, et beaucoup de recherches ont été publiées à ce sujet [Cross *et al.*, 2002]. Elle constitue une préoccupation majeure, aussi bien en microscopie classique qu'en télépathologie [Weinstein *et al.*, 2007; Gilbertson *et al.*, 2006]. De nombreux auteurs se sont penchés sur cette question sous l'angle de la variabilité interobservateurs ou intra-observateur lors de l'utilisation d'un système de télépathologie [Weinstein *et al.*, 2001]. Les plans de recherche expérimentaux et quasi expérimentaux, avec ou sans groupes équivalents, ont été les plus utilisés. Plusieurs recherches adoptent donc une méthode de comparaison du diagnostic fait à partir de lames virtuelles ou d'images fixes par les mêmes pathologistes à un intervalle de temps donné, parfois avec le diagnostic posé à partir de lames de verre [Li *et al.*, 2008].

4.1.1 Images fixes

L'étude que Halliday et ses collaborateurs [1997] ont réalisée sur un service international de consultation a fourni des données sur la fiabilité diagnostique de la télépathologie statique. Dans 144 cas sur 171, un diagnostic a pu être établi. Le taux de concordance entre l'analyse des images fixes et celle des lames de verre était de 88,2 %. Toutefois, comme l'établissement du diagnostic a été reporté pour 27 cas, soit pour obtenir les lames de verre, soit pour obtenir les résultats d'analyses immunohistochimiques, le taux de concordance global lors de la séance de télépathologie a baissé à 74,3 %.

Une étude norvégienne portant sur l'examen de 90 images fixes afin d'évaluer la fiabilité diagnostique d'un deuxième avis médical obtenu par télépathologie statique a enregistré un taux de concordance de 67,8 % entre la lecture de l'image fixe et le deuxième avis, et de 68,9 % entre la lecture de la lame de verre et le deuxième avis. On note que 11 des 29 cas divergents auraient pu avoir des répercussions cliniques. Les auteurs concluent que l'emploi d'images fixes pour obtenir un deuxième avis médical est pertinent [Nordrum *et al.*, 2004]. Sur la base des données de la littérature, ces auteurs indiquent que le taux de fiabilité du diagnostic fondé sur des images fixes est compris entre 52 et 96 % lorsque le comparateur est le diagnostic fondé sur des lames de verre. Notons que ces variations dépendent du tissu examiné.

Par ailleurs, la fiabilité diagnostique de certaines sous-catégories de télépathologie statique a fait l'objet de recherches. En télécytologie, une sous-catégorie de la télépathologie statique, Jialdasani et ses collègues [2006] ont analysé pendant deux ans 46 cas de cytologie pour établir la fiabilité de la télépathologie statique. L'évaluation de la concordance se fondait sur la comparaison à double insu, par trois pathologistes, du diagnostic posé à partir de la lame avec le diagnostic posé à partir de l'image et, au besoin, avec le diagnostic histopathologique définitif. Un diagnostic cliniquement utile a été établi dans 91 % des cas, avec un taux de concordance complète de 74 % (calcul sur 43 cas seulement, trois n'étant pas disponibles au moment de la révision). D'après les auteurs, le 9 % restant de divergences majeures dans le diagnostic s'explique par des erreurs d'interprétation ou de sélection des échantillons. Selon eux, les principales causes de difficultés diagnostiques sont plus l'absence d'architecture tissulaire et la diffusion du frottis sur lame que les problèmes liés à la télémédecine. Ce résultat les a amenés à conclure que la télécytologie est utile pour obtenir un deuxième avis, à condition de bien choisir les frottis. Une étude réalisée par Yamashiro et ses collaborateurs [2004] sur 614 cas de cytologie arrive à une concordance de 89 % entre la lecture des images fixes et celle des lames de verre.

Comme étape diagnostique complémentaire dans les cas difficiles [Liang *et al.*, 2001], l'immunohistochimie exige dans une grande majorité de cas le recours à des centres spécialisés, faute de ressources matérielles et humaines dans les centres éloignés [Demichelis *et al.*, 2001; Weinstein *et al.*, 2001]. Avec la télépathologie, il est possible d'obtenir l'avis d'un anatomopathologiste formé en immunohistochimie lorsque le site primaire est techniquement capable de préparer des images pour une lecture immunohistochimique.

L'utilisation de l'immunohistochimie (immunofluorescence directe et immunoperoxydase) pour diagnostiquer certaines maladies dermatologiques donne de bons résultats. L'étude australienne de Lanschuetzer et ses collègues [2004] en est un bon exemple. Ils ont envoyé les lames de 17 cas à des centres d'expertise éloignés situés en Australie et au Japon afin d'obtenir un diagnostic ou un deuxième avis. La concordance entre le diagnostic fait sur lame au site primaire et celui fait sur image au

site secondaire était de 82 %. L'étude conclut que l'évaluation à distance des échantillons immunohistochimiques est utile pour : 1) obtenir un deuxième avis en cas de difficulté diagnostique; 2) discuter de maladies dermatologiques rares; et enfin, 3) mener des activités de formation.

Somme toute, ces recherches montrent qu'il est possible que les images ponctuelles aient une fiabilité faible ou variable. En effet, la littérature est unanime à souligner que les erreurs de sélection des images constituent une faiblesse majeure de cette forme de télépathologie. À cette source de biais s'ajoutent les caractéristiques du tissu examiné, l'architecture tissulaire et l'expérience de l'anatomopathologiste [Odze *et al.*, 2006].

4.1.2 **Lame virtuelle**

Il y a de plus en plus de publications sur l'appréciation de la fiabilité diagnostique de la lame virtuelle par rapport à celle de la microscopie sur lame de verre. Certaines ont porté sur la comparaison de tissus d'un organe précis, alors que d'autres ont comparé la fiabilité diagnostique de prélèvements sur lame de différents organes.

Dans le cadre de la pathologie rénale, Furness [2007] a publié les résultats d'un vaste essai clinique randomisé qui a colligé les données issues de la circulation de lames virtuelles dans l'internet et de lames de verre à l'échelle de l'Angleterre. Cette initiative, connue sous le nom de réseau UK National Renal Pathology External Quality Assessment Scheme, a une visée formative. Dans ce contexte, l'essai a consisté à comparer la justesse (*correctness*) diagnostique de ces deux méthodes, que l'auteur a définie comme le niveau de concordance d'opinion entre les examinateurs. Douze biopsies rénales à l'aiguille ont été numérisées et déposées dans un serveur pour être examinées par les 96 membres du réseau. Par ailleurs, subséquemment, pour des raisons pratiques, les 12 lames de verre de ces mêmes biopsies ont été mises en circulation auprès des 96 membres. Vingt-six anatomopathologistes (27 %) ont posé un diagnostic sur 6 des 12 lames virtuelles. Quarante-cinq anatomopathologistes (88,5 %) ont posé un diagnostic sur les 12 lames de verre. Au total, 156 diagnostics effectués sur lame virtuelle et 1 018 diagnostics effectués sur lame de verre ont été compilés. Sur cette base, l'auteur a conclu qu'il n'y a pas de différence significative entre les résultats obtenus par les deux groupes. Il a par ailleurs souligné que le groupe d'anatomopathologistes qui a examiné les lames virtuelles s'était constitué volontairement à cause de son intérêt pour les nouvelles technologies. De plus, l'auteur signale que le temps requis pour l'analyse des lames virtuelles a été plus long.

En urologie, la prise de décision thérapeutique devant un cancer de la prostate s'appuie entre autres sur le score de Gleason, un système de classification largement utilisé pour apprécier la malignité. Devant les limites inhérentes à la sélection d'échantillons et compte tenu des avantages de la lame virtuelle, Helin et ses collègues [2005] ont évalué la validité de l'appréciation du score de Gleason sur la base de lames virtuelles. Ces dernières ont été rendues disponibles dans un site Web interactif. Un premier uropathologiste a examiné une série de 62 prélèvements sur lames de verre et sur lames virtuelles à six semaines d'intervalle. La fiabilité intra-observateur a été jugée excellente par les auteurs, les scores étant identiques dans 48 des 62 cas (coefficient kappa = 0,73). Les 14 scores restants ont différé d'un stade seulement sur une échelle de 2 à 10. Par la suite, les lames virtuelles ont été présentées à deux autres uropathologistes qui n'avaient pas visualisé au préalable les lames de verre. Les auteurs ont conclu que la concordance interobservateurs était équivalente à celle obtenue avec l'examen sur lames de verre (coefficient kappa = de 0,55 à 0,62). Les trois observateurs affirment que la qualité de l'image n'avait aucun effet sur la fiabilité du score de Gleason établi [Helin *et al.*, 2005].

Une récente recherche portant sur 20 cas d'anatomopathologie pulmonaire a comparé la lecture de 29 lames virtuelles avec celle de lames de verre. Deux examinateurs ont analysé des lames posant des difficultés diagnostiques variables. Des 20 cas, 17 (85 %) ont eu un diagnostic identique. Les divergences dans les trois cas restants étaient dues aux raisons suivantes : 1) images de mauvaise qualité et fixation insuffisante; 2) sélection insatisfaisante des échantillons de tissu prélevés lors de la fibroscopie; et 3) interprétation différente des deux examinateurs. Après une fixation additionnelle, ces cas controversés ont été réexaminés et discutés par un comité d'anatomopathologistes experts, pour atteindre une concordance de 100 %. Les auteurs concluent que les 15 % de divergences ne sont pas dues à la méthode utilisée (lame virtuelle), mais plutôt à la technique de fixation et au choix de tissu prélevé [Slodkowska *et al.*, 2008].

L'étude réalisée par Li et ses collègues [2007] sur la fiabilité de la lame virtuelle en anatomopathologie chirurgicale a donné de bons résultats. La méthode adoptée a consisté en l'examen de 400 cas couvrant des prélèvements d'organes variés, dont 80 % étaient des lésions courantes alors que 20 % présentaient des difficultés diagnostiques. Une confirmation diagnostique avait été faite par quatre pathologistes qualifiés d'experts (*seniors*); au moins deux d'entre eux ont réexaminé les lames de verre dans chaque cas, et leur diagnostic consensuel est devenu le diagnostic « correct », ou de référence. Cela établi, deux anatomopathologistes qui connaissaient bien le système virtuel ont revu, sans savoir quel était le diagnostic, les 400 lames virtuelles préparées et les lames de verre à trois semaines d'intervalle, sans consultation mutuelle. La fiabilité de la lecture des lames de verre et des lames virtuelles était de 97,25 % (389/400) et de 95,5 % (382/400) respectivement pour le premier anatomopathologiste, et de 96,25 % (385/400) et 94,75 % (379/400) respectivement pour le deuxième. Le taux de diagnostics divergents avec les lames virtuelles était de 4,5 % (18/400) et de 5,25 % (21/400) pour le premier et le deuxième anatomopathologiste respectivement, et de 2,75 % (11/400) et 3,75 % (15/400) avec les lames de verre pour le premier et le deuxième anatomopathologiste respectivement.

Mis à part ces recherches montrant des avantages appréciables de la lame virtuelle, deux études recensées n'ont pas obtenu une fiabilité assez élevée. La première, portant sur des lésions cutanées et génito-urinaires, visait l'établissement d'un diagnostic complet et la rédaction d'un rapport détaillé. Pour ce faire, trois anatomopathologistes ont examiné 25 cas sur lames virtuelles, représentant 31 échantillons (pièces), ce qui a généré au total 93 « diagnostics » indépendants. Les rapports produits ont été dans un premier temps analysés par un comité qui discutait des cas divergents et formulait un diagnostic par consensus. Dans un deuxième temps, ces diagnostics ont été comparés à ceux qui avaient été formulés à partir de la lecture des lames de verre. Il y avait concordance dans 16 cas sur 25, représentant 21 pièces sur 31. Pour les 12 diagnostics divergents sur 93, dans trois cas, la source de l'erreur était la mauvaise qualité de l'image, notamment des artéfacts de compression et une mise au point de moins bonne qualité. Malgré cela, les auteurs ont conclu que la lame virtuelle permet d'établir un diagnostic fiable et d'élaborer un rapport complet, tout en soulignant que ce résultat ne devrait pas être interprété comme impliquant que la lame virtuelle est analogue à la microscopie optique [Gilbertson *et al.*, 2006].

La deuxième étude, réalisée par Massone et ses collaborateurs [2007], portait sur l'examen de 46 lames virtuelles par un réseau de 12 anatomopathologistes de six pays différents. Ces lames se rapportaient à des maladies inflammatoires de la peau. L'examen des lames de verre par deux anatomopathologistes expérimentés a permis d'établir l'étalon comparateur. Au total, 552 diagnostics ont été effectués. Les taux

de fiabilité d'environ 73 % par rapport à l'étalon de référence et de 74 % par rapport à la méthode diagnostique classique s'expliquent, selon les auteurs, par le manque de données cliniques pour certaines lames et par les difficultés inhérentes aux maladies inflammatoires de la peau (variabilité de l'infiltration inflammatoire et de l'architecture cellulaire), qui rendent le diagnostic extrêmement difficile.

Somme toute, après cet exposé des résultats d'études primaires sur la lame virtuelle, il serait possible de conclure que la capacité de l'anatomopathologiste à poser un diagnostic à l'aide d'une lame virtuelle présente une fiabilité assez élevée. Les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la recherche est bien menée, que les données cliniques sont disponibles, que les images sont de bonne qualité et que le tissu examiné ne présente pas des difficultés diagnostiques inhérentes à la maladie.

4.2 Avantages et inconvénients

Les principaux avantages de la télépathologie statique qui s'appuie sur des images fixes sont le faible coût d'investissement du matériel requis [Nordrum *et al.*, 2004; O'Brien *et al.*, 1998] et l'utilisation de l'internet usuel comme moyen de transmission [Cross *et al.*, 2002]. De plus, l'asynchronisme permet de transférer les images en différé, par exemple la nuit lorsque les réseaux de communication ne sont pas encombrés [Teodorovic *et al.*, 2006].

Pour la lame virtuelle, le caractère numérique laisse entrevoir plusieurs possibilités et avantages que la lame de verre n'a pas [Demichelis *et al.*, 2001]. Il s'agit de la reproduction de copies identiques, de l'archivage pendant des années sans perte de qualité et du transfert plus rapide par un réseau d'internet [Leong et McGee, 2001] que l'envoi traditionnel par voie postale. De plus, la consultation à distance et l'intégration à d'autres formes de médias comme les DVD à des fins de formation [Isabelle *et al.*, 2006; Demichelis *et al.*, 2001] représentent aussi des avantages additionnels. Qui plus est, la lame virtuelle pourrait être archivée dans un serveur auquel on peut accéder en temps opportun [Weinstein *et al.*, 2007; Helin *et al.*, 2005; Lundin *et al.*, 2004].

La lame virtuelle a pour principal avantage de régler le problème de sélection que posent les images ponctuelles [Cross *et al.*, 2002; Halliday *et al.*, 1997], car le processus de numérisation est automatisé et couvre l'ensemble de la lame de verre, éliminant ainsi les difficultés et les variations dues aux facteurs humains [Yagi et Gilbertson, 2005].

La télépathologie dynamique est une application relativement nouvelle. Elle consiste en l'envoi et en la visualisation d'images histologiques en temps réel d'un microscope situé dans un site primaire à un site secondaire pour interprétation [McKenna et Florell, 2007]. Elle est souvent qualifiée de robotisée lorsque le contrôle du microscope est assuré par l'anatomopathologiste au site secondaire [Weinstein *et al.*, 2007; Odze *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2002]. Les principaux enjeux de la télépathologie dynamique sont la faisabilité de l'application et la fiabilité diagnostique.

5.1 Faisabilité et fiabilité diagnostique

La littérature sur la télépathologie dynamique n'est pas abondante [Odze *et al.*, 2006]. Les principales recherches décrivent des projets et évaluent la fiabilité diagnostique. Le projet états-unien étudié par Dunn et ses collaborateurs entre 1997 et 2001 a fourni des résultats probants sur la fiabilité diagnostique et une description adéquate des modes de fonctionnement de cette application de la télépathologie [Dunn *et al.*, 2001; 1999; 1997a; 1997b]. Dans cette étude où les anatomopathologistes étaient leur propre « témoin », les principaux résultats montrent que, comparativement au microscope optique, l'examen de 2 200 cas chirurgicaux par l'entremise de la télépathologie dynamique atteint une concordance de 99,7 % pour les cas non reportés pour diagnostic (seulement 2,5 % des 2 200 cas ont été reportés, soit 56 cas). Notons que les 200 premiers cas avaient déjà fait l'objet d'une publication. De plus, le temps moyen requis pour évaluer un cas est passé de 10,26 minutes pour les 200 premiers cas à 3,58 minutes pour les 200 derniers cas [Dunn *et al.*, 1999].

Dans le but d'évaluer l'utilité potentielle de la télépathologie dynamique, l'équipe de Liang [2001] a fait examiner 60 cas de lésions prostatiques (30 cas bénins et 30 malins) issus d'une banque d'échantillons. Cet examen a été réalisé par un uropathologiste expert qui ne connaissait pas le diagnostic posé; l'anatomopathologiste au site transmetteur ne le connaissait pas non plus. Les 30 cas de tumeurs malignes avaient été confirmés au préalable par deux anatomopathologistes experts. Ces 30 cas de tumeurs malignes ont été correctement diagnostiqués. Un seul cas de tumeur bénigne sur 30 a été mal diagnostiqué, ce qui donne une sensibilité de 100 % et une spécificité de 96,7 %, avec un coefficient kappa de 0,97.

Singh et ses collaborateurs [2002] ont évalué un système de télépathologie dynamique sur la base de trois paramètres : la fiabilité diagnostique, le temps requis pour évaluer les cas et les difficultés rencontrées lors de l'utilisation. Pour ce faire, 47 frottis ont été examinés par un anatomopathologiste spécialisé en microscopie optique par l'entremise d'un microscope robotisé. Une concordance complète entre le télédiagnostic et le diagnostic définitif a été atteinte dans 80,9 % des cas, avec un seul faux positif et aucun faux négatif. Le microscope robotisé améliore, selon les auteurs, l'efficacité du processus diagnostique. La qualité de l'image était jugée bonne et ne représentait pas un obstacle pour poser le diagnostic. De plus, le temps requis pour examiner les cas à distance était de 10,81 minutes, avec une étendue de 2 à 25 minutes, un temps plus long qu'avec la microscopie optique, qui était de 2,39 minutes, avec une étendue de 0,5 à 7 minutes. Enfin, les principales difficultés rencontrées portaient principalement sur la

mise au point lors de la variation des agrandissements. Ces difficultés étaient dues pour la plupart, selon les auteurs, à des problèmes de logiciel.

Une récente étude menée par Li et ses collaborateurs [2008] dans le but d'examiner la fiabilité diagnostique de la télépathologie dynamique a obtenu de bons résultats. Quatre anatomopathologistes de niveaux d'expérience différents dans l'emploi de cette technologie ont examiné 600 cas de lésions de 16 organes par l'entremise du système dynamique et par microscopie optique à quelques semaines d'intervalle. Les résultats ont été comparés à un étalon de référence (*gold standard*) établi au préalable par deux anatomopathologistes expérimentés. L'étude obtient des taux de fiabilité diagnostique de 94,8 %, 93,3 %, 91,7 % et 97 % pour les quatre anatomopathologistes, le dernier n'ayant examiné que 400 cas. En moyenne, le taux de concordance avec l'étalon de référence s'élevait donc à 94,2 %, alors que le taux de concordance lorsque les deux méthodes étaient comparées entre elles atteignait 99,3 %.

D'autres recherches portant sur des domaines particuliers de l'anatomopathologie ont été recensées. Citons notamment celle d'Odze et ses collaborateurs [2006], qui a évalué la variabilité interobservateurs pour le diagnostic des différents stades de la dysplasie de la colite ulcéreuse. L'analyse de 38 cas de dysplasie effectuée par sept anatomopathologistes par l'entremise d'un système de télépathologie dynamique a été comparée à l'analyse que les mêmes anatomopathologistes ont réalisée par microscopie optique, et elle a donné des résultats encourageants. Malgré que la concordance interobservateurs dans l'interprétation des résultats sur la dysplasie était faible (coefficient kappa = 0,32), les résultats de l'examen virtuel étaient aussi variables que ceux obtenus par la microscopie optique. Les auteurs concluent que la télépathologie dynamique peut être utile pour le diagnostic des dysplasies, mais qu'il faut des critères plus spécifiques pour accroître le degré d'accord entre les évaluateurs.

D'autres recherches récentes confirment la faisabilité et la fiabilité diagnostique de la télépathologie dynamique. L'étude de McKenna et Florell [2007] arrive à une concordance de 95 % avec l'examen de 20 lames de lésions dermatologiques enrobées de paraffine, et de 100 % avec l'examen de 20 lames de tissus frais congelés. Les auteurs indiquent que la qualité de l'image n'était pas un obstacle pour établir un diagnostic. Cette publication fait suite à une étude de faisabilité publiée par la même équipe en 2002 sur la télépathologie dynamique, où l'examen de 110 lames par télépathologie et par microscopie optique de prélèvements de peau atteint une concordance de 100 % lorsque la lecture est faite par le même dermatopathologiste [Nehal *et al.*, 2002].

5.2 Avantages et inconvénients

La télépathologie dynamique a pour principal avantage de permettre à l'anatomopathologiste d'exécuter son travail selon le procédé habituel de la microscopie optique [Odze *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2002], sans qu'il y ait interposition d'une tierce personne [Cross *et al.*, 2002]. Dans le cadre de recherches effectuées sur la faisabilité de la télépathologie dynamique, McKenna et Florell [2007] ont qualifié la manipulation du matériel d'intuitive. Cela réduit les erreurs liées au choix d'un champ prédéfini, comme avec la télépathologie statique à images ponctuelles. D'autres auteurs voient dans la télépathologie dynamique une application utile en enseignement et en recherche scientifique [Riley *et al.*, 2004; Hutarew *et al.*, 2003; Leong et McGee, 2001].

Au sujet de la qualité de l'image transmise, certains paramètres techniques inhérents à la transmission en mode dynamique ont été relevés. Comme avec le mode statique, les différentes étapes de la préparation de la lame peuvent compromettre la qualité de l'image finale. S'y ajoutent les paramètres de transmission, soit la largeur de bande passante et les algorithmes de compression [Leinweber *et al.*, 2006; Yagi et Gilbertson, 2005], ainsi que l'interopérabilité entre les systèmes de différents fabricants [Leinweber *et al.*, 2006]. À ce sujet, des études récentes soulignent que la principale limite de la télépathologie dynamique demeure la lenteur de fonctionnement et de mise au point des systèmes de télépathologie actuels par rapport à la microscopie optique [Kldiashvili, 2008; Odze *et al.*, 2006]. Ce dernier point avait été soulevé auparavant par d'autres auteurs, comme Cross et ses collaborateurs [2002], et est considéré comme une entrave à l'équivalence qu'on pourrait espérer entre la télépathologie dynamique et l'examen par microscopie classique [Rashbass et Furness, 2005]. D'autres auteurs mentionnent que le temps requis pour réaliser la séance à distance est long [Furness, 2007].

Lorsqu'ils ont étudié l'utilisation d'un système de télépathologie dynamique pour une application particulière de diagnostic de dysplasies de colite ulcéreuse, Odze et ses collaborateurs [2006] ont soulevé les difficultés suivantes : 1) appréhender la profondeur; 2) examiner des sections larges; et 3) percevoir en détail certaines anomalies nucléaires, apoptotiques ou mitotiques. Par ailleurs, le coût d'acquisition du matériel de télépathologie dynamique demeure élevé [Singh *et al.*, 2002].

Le tableau 2 résume les avantages et les inconvénients de ces deux principales modalités de télépathologie.

TABLEAU 2

Comparaison des avantages et des inconvénients des deux modes de télépathologie*, statique et dynamique, selon la littérature consultée		
	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
TÉLÉPATHOLOGIE STATIQUE	<p>Images ponctuelles</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fichiers de petite taille ▪ Envoi par l'internet en fichiers joints ▪ N'exigent pas de bande passante large ▪ Faible coût d'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fiabilité diagnostique variable, étroitement liée à la sélection des images ▪ Erreurs dans le choix des champs photographiés
	<p>Lame virtuelle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fiabilité diagnostique élevée selon les données de la littérature ▪ Processus de numérisation automatisé éliminant la possibilité d'erreurs de sélection des images ponctuelles ▪ Si la numérisation est adéquate, la qualité est comparable à celle de la lame de verre ▪ Caractère virtuel : <ul style="list-style-type: none"> - envoi rapide - archivage pendant des années sans perte de qualité - possibilité de reproduction de copies identiques à des fins de formation, notamment sur les cas rares - intégration dans d'autres supports électroniques : DVD, sites Web, etc. ▪ Envoi en différé (asynchrone) par l'internet usuel ou archivage dans un serveur avec possibilité d'accès en tout temps† 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le temps nécessaire à la numérisation peut être long, selon la vitesse du numériseur ▪ La numérisation de la lame virtuelle génère des fichiers de grande taille, qui posent des problèmes de stockage et de transmission ▪ La qualité de l'image peut être compromise par la compression
TÉLÉPATHOLOGIE DYNAMIQUE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processus de manipulation flexible et similaire à celui de l'anatomopathologie classique ▪ Sources d'erreurs liées à la manipulation par une tierce personne minimales ▪ Rétroaction en temps réel entre les deux équipes 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coût d'investissement relativement élevé‡ ▪ Manque d'interopérabilité entre les différents systèmes des fournisseurs de matériel ▪ Période d'apprentissage longue au début ▪ Exige un temps de transmission plus long parce que la taille des données est beaucoup plus grande ▪ Exige une bande passante large

* Certains éléments techniques mentionnés dans ce tableau seront examinés au chapitre 8.

† La lame virtuelle est un fichier d'une taille de l'ordre des gigabits. Sa transmission requiert une bande passante assez large en cas d'urgence. Toutefois, l'envoi en différé pourrait pallier cette contrainte.

‡ Les coûts d'acquisition recensés dans la littérature varient entre 60 000 et 100 000 \$ pour l'achat d'un système de télépathologie dynamique, incluant le microscope [Leong, 2001].

6.1 Conditions de succès de la télépathologie

La littérature nous apprend que de nombreux bénéfices découlent de l'offre de services à distance, aussi bien pour les patients que pour les prestataires de services. Avec le mode classique, le manque de pathologistes sur place oblige à effectuer un prélèvement et à attendre le résultat quelques semaines plus tard [Teodorovic *et al.*, 2006]. La télépathologie jouera un rôle déterminant dans l'amélioration et la promptitude des services. Ainsi, l'examen de la littérature disponible, sans être exhaustif, nous apprend que les principales activités de télépathologie peuvent se résumer comme suit.

La transmission en différé vise la lecture d'images afin d'établir un diagnostic, d'obtenir un deuxième avis médical ou de réaliser des séances de formation [Yagi et Gilbertson, 2005; Riley *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2003; Leong et McGee, 2001; Zhou *et al.*, 2000]. En revanche, ce mode statique soulève des problèmes liés à des facteurs humains [Kldiashvili, 2008; Yagi et Gilbertson, 2005] imposés par la distance et le médium technologique. Pour les deux sous-catégories de télépathologie statique (images ponctuelles et lame virtuelle), le problème réside dans le fait que la lecture est effectuée par une personne ou une équipe différente de celle qui a réalisé la préparation de la lame et la prise des images. La littérature porte une attention particulière aux enjeux relatifs à la sélection des images envoyées et à leur qualité, particulièrement pour les images fixes dites ponctuelles. Malgré ces inconvénients, elles peuvent toutefois continuer à aider à guider le diagnostic dans des conditions strictes d'utilisation, notamment lorsque les deux équipes ont des normes communes de pratique et lorsqu'il faut un avis ponctuel sur une lésion désignée de façon bien précise.

Avec le développement de la technologie de la lame virtuelle, l'examen extemporané entre deux centres distants devient de plus en plus possible [Rashbass et Furness, 2005] et offre de nombreux avantages, dont nous avons discuté aux chapitres 4 et 5. Notons aussi que le mode statique est très utilisé pour des applications précises quand le transfert en temps réel (télépathologie dynamique) n'est pas disponible [Zhou *et al.*, 2000], et ce, surtout pour des raisons d'ordre technique et (ou) économique. À titre d'exemple, mentionnons les situations où la largeur de la bande passante ou la disponibilité du matériel ne permettent pas un transfert en temps réel.

La littérature fait état d'autres applications pertinentes lorsqu'on ne dispose pas des compétences requises sur place. Un projet états-unien associant huit hôpitaux étudié par Dunn et ses collègues [2001] indique que les systèmes de télépathologie ne sont pas à l'usage exclusif des pathologistes. Outre l'utilité du système pour l'examen de pièces macroscopiques pour les autopsies, d'autres spécialistes ont pu en bénéficier, comme les microbiologistes, les hématologistes et les biochimistes cliniques.

La littérature accorde une importance particulière aux données transmises dans les deux sens entre les sites primaire et secondaire. Ainsi, même s'ils ne constituaient pas l'objectif principal des recherches, des modes de pratique en télépathologie forts utiles et porteurs de leçons ont été recensés. L'étude de Kaplan et ses collaborateurs [2002] indique que les données démographiques, cliniques et radiologiques sont les informations jugées pertinentes pour accompagner les images et en permettre la lecture et l'interprétation. Le compte rendu du pathologiste comprend le diagnostic définitif

ou un avis sur la malignité avec un texte explicatif et une appréciation de la qualité des images sur lesquelles le diagnostic a été fondé et de la qualité technique du lien de communication. Une échelle subjective à quatre niveaux utilisée pour évaluer la qualité des images et du réseau est bien décrite dans cet article. Dans les cas difficiles, l'anatomopathologiste devra demander des informations supplémentaires afin d'évaluer le cas en question.

6.2 Champs d'application

Le champ d'application de la télépathologie est très vaste, mais peut être classé en trois catégories principales : l'établissement du diagnostic principal (gestion des cas urgents, examens extemporanés), l'obtention d'un deuxième avis (télé-expertise et contrôle de la qualité), recherche et enseignement (réunions pluridisciplinaires, mise en communication d'un réseau interexperts, programmes de formation) [Kldiashvili, 2008; Furness, 2007; Rashbass et Furness, 2005; Yagi et Gilbertson, 2005; Demichelis *et al.*, 2002a; Weinstein *et al.*, 2001]. Toutes ces applications convergent vers la prestation de services à distance pour pallier le manque de ressources et (ou) de connaissances pointues là où le prélèvement du tissu à examiner a eu lieu.

6.2.1 Examen extemporané

L'examen extemporané est l'une des applications les plus prometteuses et la plus utilisée de la télépathologie [Kaplan *et al.*, 2002; Weinstein *et al.*, 2001; Wellnitz *et al.*, 2000]. Cette application peut pallier le manque de pathologistes aux centres où les opérations chirurgicales sont effectuées en permettant de demander l'avis d'un anatomopathologiste et de recourir à son expertise à distance pour établir un diagnostic et ainsi orienter adéquatement la prise de décision au cours d'une intervention chirurgicale [Liang *et al.*, 2008]. Contrairement à l'opinion d'experts, où le transfert de données peut être réalisé entre deux centres spécialisés, l'examen extemporané est souvent demandé par un hôpital périphérique à un hôpital central [Kldiashvili, 2008; Kaplan *et al.*, 2002]. Cet examen constitue l'application la plus répandue de la télépathologie, car sa fiabilité a été démontrée dans plusieurs projets dans le monde [Weinstein *et al.*, 2001]. Soulignons que l'examen macroscopique prend toute son importance dans le cadre de l'examen extemporané [Rashbass et Furness, 2005; Wellnitz *et al.*, 2000].

Dans une revue de la littérature visant à tester la fiabilité diagnostique de l'examen extemporané, Wellnitz et ses collègues [2000] ont combiné les résultats de 13 études regroupant un total de 1 293 cas. Le taux de fiabilité de la télépathologie était de 91 %, alors que l'examen extemporané classique, représenté par l'examen en microscopie directe, était de 98 %. La différence s'explique surtout par des taux plus élevés d'examens différés et de faux négatifs, alors que la spécificité de la télépathologie et du mode classique est semblable : en fait, lorsque les examens différés sont exclus, on ne relève que sept faux positifs sur un total de 1 293 cas, d'où une spécificité se situant autour de 99 %. Les auteurs concluent que s'il n'y a pas d'anatomopathologiste sur place au centre où a lieu la chirurgie, l'examen extemporané est justifié par les avantages qu'il procure, notamment le gain de temps et d'argent ainsi que l'accès des hôpitaux éloignés aux services d'un anatomopathologiste à distance.

Pour leur part, Hutarew et ses collègues [2006] ont obtenu un taux de fiabilité de 94,6 % lors de l'examen de 343 pièces de neuroanatomie sur une période de quatre ans (93,7 % en 2002, 96,8 % en 2003, 94,0 % en 2004 et 94,5 % en 2005). Après exclusion des erreurs dans le prélèvement des échantillons, le taux de fiabilité était de 97,9 % (97,5 %

en 2002, 99,0 % en 2003, 97,9 % en 2004, et 97,0 % en 2005). Les auteurs ajoutent que, contrairement aux autres disciplines chirurgicales, l'examen macroscopique joue un rôle mineur en neuropathologie à cause de la petite taille de l'échantillon, les biopsies étant généralement partielles et stéréotaxiques. L'un des objectifs de cette recherche était de mesurer le temps requis pour réaliser un examen extemporané. Ainsi, de l'examen macroscopique jusqu'à l'établissement du diagnostic, ce temps atteignait en moyenne 26,1 minutes. Cette durée globale se divisait comme suit : le temps moyen pour réaliser l'examen macroscopique était de trois minutes; la coloration prenait 4,2 minutes, la préparation du frottis 5,4 minutes, et le temps moyen pour poser un diagnostic était de 10,7 minutes.

Ces recherches montrent que la standardisation des étapes de l'examen extemporané est cruciale pour minimiser les erreurs, et que la fiabilité est plus élevée qu'avec la pratique classique en microscopie optique. D'autres revues de la littérature et recherches corroborent cette fiabilité élevée [Kaplan *et al.*, 2002; Weinstein *et al.*, 2001]. De plus, l'avantage majeur est le temps gagné par l'équipe de chirurgie au centre éloigné, qui bénéficie ainsi de l'expertise d'un anatomopathologiste à distance [Frierson et Galgano, 2007; Kaplan *et al.*, 2002].

Sauf pour ces recherches portant sur la fiabilité diagnostique, l'examen de la littérature seul ne permet pas de trancher quant à la supériorité de la lame virtuelle ou de la télépathologie dynamique pour cette application. Les deux modalités sont indiquées et faisables dans la mesure où l'équipement est disponible. Dans leurs lignes directrices sur la télépathologie, Rashbass et Furness [2005] soutiennent que la télépathologie dynamique est plus indiquée pour l'examen extemporané. D'autres auteurs penchent pour la lame virtuelle et appuient leurs propos par les avantages déjà décrits au chapitre 4, notamment d'ordre technologique et économique.

6.2.2 Obtention d'un deuxième avis médical

Quel que soit son niveau d'expérience, l'anatomopathologiste a besoin de s'assurer de la justesse de son diagnostic. Cette activité, effectuée systématiquement dans les laboratoires de pathologie, est rendue plus facile et répandue avec l'élimination de la distance qu'offre la télépathologie [Kayser *et al.*, 2005]. Un deuxième avis est requis dans les cas difficiles [Furness, 2007], et il se sollicite aussi bien à une échelle nationale qu'internationale [Kldiashvili, 2008] à condition que des normes juridiques précises entre les pays participants soient respectées [Ranson, 2007; Kayser *et al.*, 2005].

6.2.3 Téléformation

La formation à distance est l'une des applications qui a bénéficié le plus des atouts de la télépathologie [Weinstein *et al.*, 2001]. La disponibilité des sites Web de télépathologie et les possibilités qu'offrent les logiciels d'annotation des images apportent beaucoup d'avantages aux activités de formation à distance. De plus, la connexion à distance en temps réel [Wootton, 2006] ou autour d'images statiques ou d'une lame virtuelle, associée à la visioconférence, par exemple, constitue une source précieuse de formation et d'amélioration des compétences. Elle rend possible la disponibilité des cas rares en anatomopathologie pour analyse [Rashbass et Furness, 2005]. Avec tous les avantages qu'offre la lame virtuelle, la littérature octroie à cette forme de télépathologie une place centrale dans la formation à distance [Slodkowska *et al.*, 2008; Helin *et al.*, 2005; Kayser *et al.*, 2005; Lundin *et al.*, 2004; Demichelis *et al.*, 2002a; Weinstein *et al.*, 2001].

6.2.4 Normes de pratique en télépathologie

Sans être exhaustifs, les éléments de lignes directrices et les applications examinés dans le présent chapitre s'alignent sur les lignes directrices disponibles dans la littérature, notamment celles que Rashbass et Furness [2005] ont élaborées pour le compte du Royal College of Pathologists de Grande-Bretagne. Ce document est l'un des rares à analyser de façon concise tant les applications de la télépathologie que certains aspects techniques et quelques éléments légaux. Bien qu'aucune précision ne soit fournie sur la méthode adoptée ou les sources sur lesquelles les auteurs ont appuyé leurs arguments, il demeure une référence à consulter sur le sujet. Les éléments clés des recommandations proposées par ces auteurs sont résumés dans l'encadré 1.

ENCADRÉ 1

Recommandations clés proposées par Rashbass et Furness pour le compte du Royal College of Pathologists de Grande-Bretagne

1. Les méthodes de télépathologie offrent l'avantage d'améliorer beaucoup d'aspects de la pratique de l'anatomopathologie, et ce, au bénéfice du patient.
2. Il est urgent d'établir des normes d'agrément sur l'usage de la télépathologie, la qualité de l'image, la formation et les communications dans ce domaine. Des normes propres à chacune des applications de la télépathologie devraient être appliquées.
3. L'acquisition, la manipulation et l'utilisation des images numériques devront faire partie des programmes de formation des anatomopathologistes. Pour ceux qui sont déjà en pratique, une formation en images numériques devra être intégrée aux programmes de formation continue.
4. Il est erroné de penser que les compétences diagnostiques employées en microscopie optique s'appliquent nécessairement à la télépathologie, et vice versa.
5. L'introduction de la télépathologie doit s'accompagner d'un programme adéquat d'audit et de contrôle de la qualité.
6. De nombreux problèmes légaux et d'échange d'informations peuvent être soulevés lorsque la télépathologie est utilisée à des fins diagnostiques et qu'il n'y a pas d'anatomopathologiste responsable au lieu du prélèvement. Cette situation s'apparente à celle de l'envoi de lames de verre pour télédiagnostic lorsque le site primaire ne peut compter sur la présence d'un anatomopathologiste. Cette question a été prise en considération dans les lignes directrices publiées en août 2003 par le Royal College of Pathologists, intitulées *Code of practice for pathologists participating in remote reporting of histopathology or cytopathology*. Les conclusions de ce rapport sont pertinentes, aussi bien pour la pratique classique (l'envoi de lames de verre) que pour la télépathologie.
7. Les meilleurs services d'anatomopathologie sont fournis dans un contexte de gouvernance clinique, d'agrément des laboratoires ainsi que de bon fonctionnement des laboratoires et des équipes, incluant une bonne communication. La prestation de services (d'anatomopathologie) à distance pourrait être une solution à court terme à la pénurie de main-d'œuvre, mais une attention particulière doit être portée aux questions précitées. Le travail d'équipe entre des pathologistes expérimentés et leurs collègues dans le même lieu physique doit être l'approche privilégiée dans la majorité des cas. Le travail à distance ne serait pas approprié pour l'examen macroscopique et celui d'échantillons complexes.

Source : Rashbass et Furness, 2005 (traduction libre des auteurs).

Le document préparé par Yagi et Gilbertson [2005] fournit aussi des informations pertinentes sur la standardisation des activités de télépathologie. De nombreux éléments examinés dans ce document appuient nos conclusions et les complètent adéquatement. L'encadré 2 présente les principales normes. Elles seront discutées dans le chapitre suivant.

ENCADRÉ 2

Principales normes définies par Yagi et Gilbertson

1. Le système (de télépathologie) devrait permettre le partage des fichiers d'images.
2. Les normes devraient permettre la transmission standardisée d'informations en couleur selon les paramètres d'affichage recommandés.
3. Les images devront être utiles (pour le diagnostic) à l'anatomopathologiste, mais pas nécessairement de meilleure ou de pire qualité que les images obtenues en microscopie optique.
4. Un mécanisme d'évaluation objective de la qualité des images devrait être mis en place.
5. Un mécanisme d'ajustement et de correction des erreurs mineures de préparation des échantillons devrait être élaboré.
6. Un organisme public devrait soutenir les anatomopathologistes dans leur processus d'élaboration de normes.

Source : Yagi et Gilbertson, 2005 (traduction libre des auteurs).

7.1 Matériel requis pour la télépathologie

Ce chapitre porte sur le matériel requis et précise sommairement les différents dispositifs nécessaires à la réalisation d'une activité de télépathologie pour les applications déjà décrites. D'autres informations pouvant aider au processus d'acquisition du matériel sont présentées au chapitre 8.

Au site primaire, les technologies minimales requises pour réaliser les activités de télépathologie sont les suivantes : un microscope optique, une caméra numérique à haute résolution et (ou) une caméra vidéo, un adaptateur, une caméra document pour la visualisation des pièces macroscopiques, un ordinateur personnel avec des logiciels de lecture [Cross *et al.*, 2002; Kaplan *et al.*, 2002]. En outre, un numériseur est requis lorsque la télépathologie virtuelle est prévue. Une ligne de transmission adaptée au mode de télépathologie mis en place est nécessaire. Au site secondaire, un poste de travail performant ainsi qu'un écran à haute résolution spatiale et à haute luminance sont requis pour permettre une lecture exacte des images transmises. Certains auteurs utilisent en parallèle la visioconférence ou le téléphone entre les deux sites afin de pouvoir contrôler la qualité des prélèvements ou orienter la sélection d'images [Dunn *et al.*, 1997b].

7.1.1 Poste de travail

Une revue de la littérature réalisée par Cross et ses collaborateurs [2002] a montré qu'un ordinateur personnel doté d'un processeur de fréquence d'horloge de 400 MHz et d'une mémoire vive de 128 Mb associés à une interface Windows 1998 était une configuration suffisante comme poste de travail. Il est évident que cette configuration matérielle, qui date de 10 ans, laisse place aujourd'hui à des postes de travail plus puissants qui traitent de l'information de plus grande envergure. Cette tendance se concrétise dans les recherches les plus récentes, selon lesquelles il faut un poste de travail performant pour permettre une lecture adéquate de fichiers de plus en plus volumineux [Slodkowska *et al.*, 2008]. Les recherches les plus récentes cautionnent cette tendance en utilisant les ordinateurs de dernière génération [Massone *et al.*, 2007; McKenna et Florell, 2007].

7.1.2 Interface et logiciels

À notre connaissance, aucune recherche n'a évalué les différents logiciels offerts sur le marché pour le matériel de télépathologie. L'examen de la littérature permet en revanche de comprendre que les technologies disponibles sont fournies avec des logiciels dédiés [Rojo *et al.*, 2006] ou téléchargés et installés sur un ordinateur personnel. Ces logiciels permettent de visualiser des images ou des lames virtuelles situées à distance et logées dans des serveurs, palliant ainsi la difficulté de téléchargement d'un fichier d'une dizaine de gigabits [Soenksen, 2005]. Les logiciels disponibles sur les postes dédiés à la télépathologie sont de plus en plus conviviaux. Les interfaces sont devenues intuitives, elles ressemblent au champ de la microscopie optique et sont faciles à utiliser. De plus, toute l'information utile, comme le positionnement du champ scruté par rapport à la lame entière, le grossissement, etc., est affichée sur des fenêtres adjacentes [Cross *et al.*, 2002]. Les logiciels actuels permettent d'inscrire des annotations sous forme de

texte ou d'icônes, très utiles pour un deuxième avis ou comme preuve légale. Même si les anatomopathologistes les trouvent en général conviviaux et considèrent qu'ils facilitent le travail, des difficultés ont été mentionnées par certains auteurs, mais elles se corrigent avec le temps [Singh *et al.*, 2002]. Certains recommandent d'utiliser dans les deux sites le même logiciel, et parfois le même matériel, afin de pallier les problèmes d'interopérabilité [Riley *et al.*, 2004; Hutarew *et al.*, 2003].

7.1.3 Numériseur

La numérisation de la lame de verre constitue l'une des étapes essentielles du processus de production d'une lame virtuelle. Cette étape consiste à mettre une ou plusieurs lames dans un appareil, un numériseur, qui produit une image complète de la lame de verre. Cette technologie est née il y a quelques années et connaît actuellement un grand essor. Au moment de la rédaction de la présente note technique, les fabricants de matériel de télépathologie affirment que la qualité de l'image obtenue par les appareils qui produisent la lame virtuelle est identique à celle de la microscopie optique⁶.

Certains auteurs affirment que dans les cinq dernières années, la technologie a radicalement évolué, à tel point qu'elle ne fait plus obstacle au processus de diagnostic en télépathologie [Rojo *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2002]. Jusqu'à récemment, la numérisation prenait environ 30 minutes par lame [Weinstein, 2005]. La littérature précise que les appareils de numérisation exigent un intervalle de temps allant de quelques minutes à quelques heures, selon la vitesse de traitement du système [Słodkowska *et al.*, 2008; Teodorovic *et al.*, 2006]⁷. Avec l'évolution technologique, les documents techniques de certains fournisseurs de numériseurs indiquent que la technologie actuellement disponible permet de numériser jusqu'à quelques centaines de lames en quelques minutes, et des fichiers de plusieurs gigabits⁸. Il serait logique de croire, comme le laissent entendre certains auteurs, que la tendance technologique va vers une diminution significative des durées de numérisation [Furness, 2007; Isabelle *et al.*, 2006]. Pour leur part, Kayser et ses collaborateurs [2004] établissent une comparaison intéressante entre les normes technologiques réelles disponibles en 2004 et les normes idéales pour une analyse adéquate de lame virtuelle. Selon eux, le temps nécessaire pour numériser une lame devrait idéalement être de moins de 10 secondes au lieu de 5 minutes.

7.2 Données transmises

7.2.1 Taille du fichier

Une fois qu'il est numérisé, la taille d'un fichier (lame virtuelle) non compressé est de l'ordre de plusieurs gigabits (Gb) [Kayser *et al.*, 2004]. Cette taille est proportionnelle à la résolution spatiale choisie lors de la numérisation. Par exemple, la numérisation d'une lame de 15 mm sur 15 mm à deux résolutions de 50 000 et de 100 000 points

6. Carl Zeiss Microimaging. Mirax Scan: The new way of looking at pathology [brochure]. Thornwood, NY : Zeiss; 2006. Disponible à : [http://www.zeiss.com/4125681F004E2140/EmbedTitelIntern/MiraxScanBrochure/\\$File/MIRAX_SCAN_brochure_US.pdf](http://www.zeiss.com/4125681F004E2140/EmbedTitelIntern/MiraxScanBrochure/$File/MIRAX_SCAN_brochure_US.pdf).

7. Yagi Y, Jukic D, Parwani A, Ho J, Gross W, Kokal E, et al. The integration of whole slide imaging in the clinical anatomic pathology – limitations of laboratory information systems, image capture systems and archives [présentation PowerPoint]; 2005. Disponible à : http://medical.nema.org/dicom/Conf-2005/Day-2_Selected_Papers/B105_Yagi_Pathology.pdf.

8. Les sites Web suivants donnent accès aux brochures présentant trois produits : Mirax Scan, disponible à : [http://www.zeiss.com/4125681F004E2140/EmbedTitelIntern/MiraxScanBrochure/\\$File/MIRAX_SCAN_brochure_US.pdf](http://www.zeiss.com/4125681F004E2140/EmbedTitelIntern/MiraxScanBrochure/$File/MIRAX_SCAN_brochure_US.pdf); Nanozoomer Digital Pathology, disponible à : http://www.olympusamerica.com/seg_section/files/bacus/e_ndp3.pdf; ScanScope® XT System, disponible à : http://www.aperio.com/PDF_docs/quicklinks/XT%20Data.pdf.

par pouce (ppp) donne des tailles de fichier de 2,5 Gb et de 10 Gb respectivement [Slodkowska *et al.*, 2008; Soenksen, 2005]. Cet exemple donne un ordre de grandeur de la taille des fichiers de la lame virtuelle et de la largeur de bande passante qu'il faut réserver sur le réseau pour faire un envoi d'urgence. Toutefois, l'envoi en différé permet de contourner une telle contrainte, tout comme le dépôt dans des serveurs ou des sites Web dédiés [Glatz-Krieger *et al.*, 2003].

7.2.2 Temps nécessaire pour poser un diagnostic

Le temps comptabilisé avant l'établissement d'un diagnostic varie d'une étude à l'autre. Certains auteurs incluent le temps nécessaire au choix du champ, à la numérisation, à la compression et à l'envoi de la lame [Crimmins *et al.*, 2005]. D'autres ne comptabilisent que le temps nécessaire pour examiner les images fixes, la lame virtuelle ou les images transmises en mode dynamique. Des paramètres techniques liés, entre autres, à la vitesse et à la performance du matériel utilisé (ordinateurs et lignes de transmission) font varier la durée. De plus, l'expérience de l'opérateur a également une influence [Moser *et al.*, 2003]. La littérature fait état de durées moyennes variant entre 2 et 20 minutes [Li *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2008; Nordrum *et al.*, 2004; Moser *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2002]. Ces durées varient en fonction de plusieurs paramètres, comme l'expérience de l'anatomopathologiste avec la technologie utilisée, l'inclusion ou non de la préparation de l'échantillon, etc. Pour les raisons mentionnées, il est difficile d'établir une durée minimale ou optimale pour chacune des applications de la télépathologie. Par ailleurs, l'une des conclusions qu'on peut tirer de toutes les études qui ont comptabilisé les temps de consultation est que, du fait de son caractère névralgique, l'examen extemporané doit être réalisé dans un temps minimum. De même, malgré la courbe d'apprentissage et le niveau de performance de la technologie, la télépathologie exige plus de temps que l'examen en microscopie optique, et ce, quel que soit le matériel utilisé [Kldiashvili, 2008; Rashbass et Furness, 2005].

7.2.3 Qualité de l'image

Il faut noter que les écrans d'affichage ont connu une évolution marquée dans les cinq dernières années. Malgré que certains auteurs ont affirmé il y a quelques années qu'une résolution de 768 x 576 pixels est suffisante pour permettre de discerner les détails nécessaires au diagnostic [Kaplan *et al.*, 2002; Leong *et al.*, 2000], la tendance actuelle qui se dégage de la littérature se caractérise par l'affichage à haute définition et des images de haute qualité. Notons que la qualité de l'image dépend aussi de la performance de la caméra d'acquisition de l'image, de la performance des algorithmes de compression et de transmission ainsi que de la qualité de l'écran d'affichage.

Une bonne qualité de l'image transmise est une condition essentielle à un diagnostic adéquat. Malgré que certains auteurs soutiennent que la qualité de l'image n'est pas un obstacle à la fiabilité diagnostique [Singh *et al.*, 2002], d'autres insistent sur l'importance de fournir un document virtuel permettant d'obtenir une qualité d'image semblable à celle d'une lame réelle⁹. Par qualité semblable, on entend notamment la possibilité de navigation dans tout le champ disponible et la possibilité d'un grossissement équivalent à celui de la microscopie classique [Teodorovic *et al.*, 2006; Demichelis *et al.*, 2002b]. Ces deux critères – possibilité d'examen de la lame entière et de grossissement – sont remplis par la lame virtuelle [Costello *et al.*, 2002, cités dans Teodorovic *et al.*, 2006]. À ce

9. Une qualité d'image virtuelle semblable à celle qu'on obtient par microscopie optique correspond à une résolution optique de 5 micromètres (μm) avec une lentille optique 4x; à une résolution optique de 1 μm avec une lame optique 20x; et à une résolution optique de 0,5 μm avec une lentille 40x [Yagi et Gilbertson, 2005].

sujet, des auteurs soutiennent que la qualité de la lame virtuelle s'approche de celle de la microscopie optique [Furness, 2007], alors que d'autres affirment qu'elle est semblable [Teodorovic *et al.*, 2006; Soenksen, 2005]. Le seul défi serait lié à la gestion d'un fichier de l'ordre des gigabits comprenant l'annotation de la lame, la compression, l'archivage et le traitement.

Pour sa part, Soenksen [2005] définit quatre conditions essentielles à une numérisation adéquate d'une lame virtuelle d'une résolution assez élevée pour que la qualité de l'image ne soit pas compromise. Ainsi, la lame virtuelle devra : 1) permettre une bonne mise au point sur toute la surface de la lame; 2) être débarrassée des lignes de raccordement entre les images; 3) reproduire de manière exacte les couleurs de la lame de verre; 4) ne présenter aucun détail lié à la compression ni d'autres artefacts (aberrations chromatiques).

7.3 Normes de transmission

Le moyen le plus utilisé et le moins cher pour transmettre des images en anatomopathologie est l'internet [Brauchli *et al.*, 2004; La Rosa, 2003; Lee *et al.*, 2003; Cross *et al.*, 2002; Leong, 2001; Tucker *et al.*, 2001; Marcelo *et al.*, 2000]. Cette transmission peut se faire de trois façons différentes : Web, courriel ou FTP (*File Transfer Protocol*) [Lee *et al.*, 2003; Leong, 2001; Klossa *et al.*, 1998]. En anatomopathologie, l'envoi électronique offre l'avantage d'acheminer l'information plus rapidement que par la voie classique, la poste [Dennis *et al.*, 2005; Cross *et al.*, 2002]. Le franchissement des distances géographiques ainsi que l'accès à des ressources et à des compétences dont on ne dispose pas localement deviennent possibles. Pour transmettre l'information de façon adéquate, deux paramètres entrent en jeu : la bande passante et les algorithmes de compression [Goodwin et Ryan, 2002].

7.3.1 Bande passante

La détermination de la largeur de bande passante adéquate constitue une condition de réussite ou d'échec en télémédecine. Deux facteurs sont à considérer dans cette définition, soit le coût lié au haut débit et la qualité de transmission minimale requise pour réaliser adéquatement l'activité visée.

La télépathologie dynamique exige une bande passante plus large que la télépathologie statique [Cross *et al.*, 2002; Zhou *et al.*, 2000]. Pour la télépathologie statique, la largeur de bande passante n'est pas un problème majeur à cause du caractère asynchrone de la transmission [Rashbass et Furness, 2005; Kaplan *et al.*, 2002]. Pour la télépathologie dynamique, la nécessité d'avoir une bande passante large découle de la quantité d'informations transmises en mode synchrone [Teodorovic *et al.*, 2006]. De la même façon, l'envoi d'une lame virtuelle en temps réel pour un examen extemporané nécessite une largeur de bande élevée. Somme toute, comme pour toutes les applications de la télémédecine réalisées en temps réel, la quantité d'informations à transmettre se répercute directement sur la qualité de la connexion [Wootton, 2006].

Notre revue de la littérature n'a pas repéré de recherche qui s'est penchée sur les largeurs de bandes passantes minimales ou optimales requises pour l'un ou l'autre des deux modes de transmission. La seule information disponible est de type descriptif, soit la largeur de bande passante utilisée dans le projet à l'étude. Une mise en garde s'impose donc pour préciser que l'information fournie dépend de l'année de réalisation du projet et de l'année de publication, ce qui rend difficile de tirer des conclusions sur la base de l'examen de la littérature des 10 dernières années, comme le précise le chapitre 3 portant

sur la méthode. Un autre paramètre rend difficile une telle analyse, c'est l'évolution des technologies de transmission dans les dernières années.

En revanche, l'examen de la littérature permet de fournir des balises à ce sujet. En tenant compte de la date de publication des recherches, des études précisent que, contrairement à la télépathologie statique, aucune activité de télépathologie dynamique ne peut être réalisée par l'entremise d'une bande passante de moins de 56 Kbps [Cross *et al.*, 2002; O'Brien *et al.*, 1998]. Des bandes passantes plus larges à débit constant sont requises [Teodorovic *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2002]. En 2001, Leong et McGee [2001] recommandaient un minimum de bande passante de 512 Kbps pour la télépathologie dynamique, alors que pour la télépathologie statique, un modem standard de 64 ou de 128 Kbps peut être suffisant. Pour leur part, Hutarew et ses collaborateurs [2003] ont utilisé une bande passante atteignant un pic de 2,5 Mbps, avec une moyenne comprise entre 512 Kbps et 1 Mbps.

Certaines recherches ont utilisé la fibre optique offrant des largeurs de bandes de 10, 100 ou 200 Mbps pour effectuer des tests de fiabilité de la télépathologie (lame virtuelle ou dynamique) [Slodkowska *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2002]. McKenna et Florell [2007] ont utilisé une transmission par câble d'une largeur de bande allant jusqu'à 4 Mbps pour supporter des activités de télépathologie dynamique. Une récente recherche réalisée par Liang et ses collaborateurs [2008] indique que différentes largeurs de bandes passantes, notamment 128 Kbps, 384 Kbps, 568 Kbps et 1,5 Mbps, ont été essayées pour des examens extemporanés. Les auteurs affirment qu'un diagnostic pourrait être établi avec toutes ces largeurs. Soulignons que, aussi bien pour les résultats publiés en 2000 que pour ceux de 2008, cette équipe a travaillé avec un intranet dont la bande passante pouvait atteindre 100 Mbps, et qu'elle définit 1,5 Mbps comme une largeur de bande minimale pour la télépathologie dynamique [Liang *et al.*, 2008; 2001].

7.4 Normes de compression

La télépathologie, comme la téléradiologie, se fonde sur l'image pour poser un diagnostic. Toutefois, certaines différences existent entre les deux disciplines et présentent des défis. En effet, la téléradiologie produit des images numériques acheminées intégralement d'un site à l'autre. Cela réduit les erreurs liées à la numérisation d'un matériel physique comme la lame virtuelle [Rashbass et Furness, 2005]. De plus, les fichiers de télépathologie tendent à être plus volumineux que ceux de la téléradiologie à cause de la gradation de couleurs et de la résolution des images microscopiques. Les fichiers à transmettre sont donc de plus grande taille, et la compression avant l'envoi devient essentielle pour des raisons de transmission et d'archivage, au besoin [ACR, 2006; Soenksen, 2005], et ce, sans pour autant dégrader la qualité de l'image transmise.

Toutefois, le problème lié à la compression est la perte de qualité de l'image. Il existe deux modes de compression des images, sans et avec perte d'information (*lossless* et *lossy*). Les méthodes de compression *lossless* (sans perte d'information) sont complètement réversibles mais ne permettent pas un ratio de plus de 3 pour 1 [Foran *et al.*, 1997]. Le mode dit *lossy* (avec perte d'information), comme le Joint Photographic Experts Group (JPEG) ou le JPEG 2000, est le mode le plus reconnu [Leinweber *et al.*, 2006; Kayser *et al.*, 2005; Marchevsky *et al.*, 2002; Marcelo *et al.*, 2000; O'Brien *et al.*, 1998] et le plus utilisé par les auteurs des études [Jialdasani *et al.*, 2006; Prayaga *et al.*, 2006; Nordrum *et al.*, 2004; Kaplan *et al.*, 2002]. L'algorithme de compression utilisé par le mode JPEG a l'avantage de réduire le fichier sans compromettre la qualité perçue par l'œil humain. Cependant, cette méthode introduit des artéfacts numériques sur

l'image. Cette particularité peut être importante et doit être prise en considération si le fichier doit être utilisé ultérieurement pour une nouvelle analyse [Leong et Leong, 2004].

Afin d'assurer que la compression en mode JPEG ne détériore pas la qualité de l'image, certains auteurs ont comparé la fiabilité du diagnostic fondé sur des images compressées en JPEG en regard des images non compressées (TIFF ou *bitmap*). Les résultats d'un essai clinique randomisé ne montrent aucune différence significative dans la qualité de l'image entre les deux groupes, soit celle de l'image compressée à 90 % *versus* celle de l'image non compressée [Marcelo *et al.*, 2000]. Seidenari et ses collaborateurs [2004] arrivent à des résultats similaires avec un facteur de compression de 30 fois. D'autres études qui ont analysé la qualité de l'image compressée montrent qu'un ratio de compression de 10 à 20 pour 1 donne de bons résultats, sans perte perceptible de la qualité de l'image [Prayaga *et al.*, 2006; Nordrum *et al.*, 2004; O'Brien *et al.*, 1998].

Le *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) est une norme de communication largement utilisée en téléradiologie [ACR, 2006]. Ce n'est pas un mode de compression, mais il permet d'échanger, d'intégrer, de partager et de récupérer les données. Il assure donc l'interopérabilité des systèmes d'information¹⁰. Selon le peu d'informations disponibles dans la littérature sur cette norme, elle ne serait pas en vigueur en télépathologie [Weinstein *et al.*, 2007; Rashbass et Furness, 2005]. La dernière version publiée par le groupe de travail de la National Electrical Manufacturers Association précise que la principale utilité du DICOM en téléradiologie est la standardisation de plusieurs formes de données – dossier patient, images radiologiques, etc. – en un seul format compatible avec les normes reconnues, notamment la norme HL7 [NEMA, 2008]. Récemment, un groupe de travail composé d'anatomopathologistes et de représentants de l'industrie a été mis sur pied par DICOM (Working Group 26) pour obtenir une conformité DICOM en anatomopathologie¹¹. Cependant, il faudra résoudre certaines difficultés liées, entre autres, aux dimensions de l'image, au transfert en continu (*streaming*) des données et à l'organisation de l'échantillon (*specimen organization*) [Zwönitzer *et al.*, 2007].

7.5 Sécurité des applications et des données

Bien qu'un système complètement sécuritaire n'existe pas, la question de la sécurité des données transmises est cruciale dans toutes les applications de la télémédecine, y compris la télépathologie. Cette sécurité doit être assurée à différentes étapes : enregistrement de tous les accès aux données, alerte de confidentialité, rapport quotidien automatisé de surveillance fournissant une liste des accès à des données névralgiques, audit périodique, etc. [Marchevsky *et al.*, 2002]. Par exemple, McKenna et Florell [2007] soulèvent le problème de la sécurité des données clinico-administratives et soutiennent que durant la communication entre deux sites par visioconférence, le cryptage de la communication à 128 bits s'est avéré nécessaire pour protéger la confidentialité de la communication entre le dermatologiste et le chirurgien.

Mis à part l'aspect purement technique, cette assertion renvoie à un aspect crucial en matière de sécurité des données, celui des ressources humaines qui manipulent les systèmes. Les deux parties engagées dans une activité de télépathologie doivent respecter certaines conditions et prendre des mesures de sécurité afin de protéger les données transmises. Par exemple, l'authentification des utilisateurs est essentielle.

10. National Electrical Manufacturers Association (NEMA). DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) [brochure]. Disponible à : <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Brochure.pdf>.

11. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM). DICOM WG-26 Pathology [section du site *Web Standards in digital pathology and telepathology*]. Disponible à : <http://www.conganat.org/digital/index.htm>.

Les intervenants comme l'anatomopathologiste consultant, le demandeur (technicien, anatomopathologiste, chirurgien, etc.) et toute autre personne qui utilise le système (administrateur, assistant) doivent être capables de s'identifier entre eux et auprès du système utilisé. De plus, une restriction de l'accès aux données doit être respectée au sein de l'établissement. Ces éléments de base devront être clairement énoncés et appliqués par tous les centres concernés.

La littérature sur la télépathologie montre que l'internet est utilisé dans différentes recherches et que les lignes privées sont conseillées parce qu'elles sont plus sécuritaires [Oberholzer *et al.*, 2003; Cross *et al.*, 2002]. Le Québec a l'avantage de détenir depuis 1998 l'un des plus grands réseaux au monde de télécommunications en santé, le Réseau de télécommunications sociosanitaire (RTSS). C'est un réseau virtuel privé, en ce sens qu'il est réservé à un groupe de personnes ou d'établissements qui appuie le déploiement des applications relatives à l'information sociosanitaire dans tout le Québec. Il assure une sécurité adéquate de l'information clinico-administrative lors de sa transmission [MSSS, 2003]. De plus, chaque établissement de soins du Québec doit se conformer aux règles de sécurité des actifs informationnels émises par le MSSS. Ces règles régissent les aspects techniques et humains liés à la manipulation et à l'archivage de l'information confidentielle, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des établissements de soins. Il s'agit là d'un atout supplémentaire qui assure la sécurité et la confidentialité des données clinico-administratives.

7.6 Archivage

Pour la télépathologie statique, la littérature n'est pas unanime sur la question de l'archivage des données. Certains auteurs proposent d'archiver automatiquement les images fixes ainsi que les lames virtuelles reçues pour un deuxième avis médical, par exemple. Dans ce cas se posent des questions d'ordre juridique et le problème de l'espace requis pour stocker toutes ces informations.

Pour pallier ces deux problèmes, certains auteurs suggèrent d'archiver les images ou les lames virtuelles en attendant de recevoir les lames de verre pour confirmer les diagnostics proposés. Cette approche va dans le même sens que les réflexions des groupes de travail des experts en télésanté et des anatomopathologistes qui participent à des projets de télépathologie. La seule exception serait l'archivage des lames virtuelles et des images à des fins d'enseignement.

Quant à la télépathologie dynamique, l'American Telemedicine Association soutient qu'il n'est pas nécessaire d'archiver les images dynamiques ni les images obtenues en temps réel générées lors d'une séance de télépathologie. Seules les images statiques ayant servi à l'établissement d'un diagnostic doivent être archivées [ATA, 1999].

CONSIDÉRATIONS TECHNIQUES ET ORGANISATIONNELLES

La qualité du matériel utilisé en télépathologie influe beaucoup sur la qualité des images produites, qu'elles soient dynamiques ou statiques. En fait, un certain nombre d'éléments devront être considérés pour assurer que le matériel choisi sera celui qui répondra le mieux aux besoins des anatomopathologistes et des techniciens en pathologie.

Avant de procéder à une demande de propositions d'achat d'équipement de télépathologie, il est important de bien définir les critères de sélection de l'équipement souhaité et de respecter les pratiques éprouvées en matière d'approvisionnement. De plus, afin d'assurer la durabilité de l'équipement, il est primordial d'évaluer les aspects suivants au cours d'un processus d'acquisition : l'interopérabilité, la variabilité dimensionnelle (*scalability*), la facilité d'accès au fabricant ainsi que la compatibilité et la fiabilité des produits offerts.

L'interopérabilité des différents appareils est une dimension fondamentale à considérer en télépathologie. La Société canadienne de télésanté a déterminé en 2001 trois types d'interopérabilité, soit humaine et opérationnelle, clinique et technique [CST/SCT, 2001]. Le présent chapitre portera sur l'interopérabilité technique entre les différentes composantes technologiques utilisées dans le cadre de la télésanté. L'interopérabilité vise à assurer une interaction et des échanges de données entre les diverses composantes selon une méthode prescrite afin d'obtenir des résultats prévisibles. La technologie de télésanté est un moyen accessoire utilisé en clinique pour pallier les contraintes liées à la distance. Elle doit donc être acceptable pour tous les utilisateurs, cliniciens, techniciens, etc., et se caractériser par la fiabilité, la convivialité et la qualité de transmission des données. De plus, les utilisateurs doivent recevoir une formation appropriée, et les rencontres doivent être fixées à un moment qui convient à tous.

La fiabilité technique se définit comme la capacité d'un système ou d'une composante d'accomplir les tâches requises dans des conditions données, et ce, pendant une période précise [IEEE, 1990]. La fiabilité de l'équipement de télé-médecine peut être mesurée par des indicateurs de processus tels que les heures utilisées en regard des heures prévues [Perednia, 1996]. Selon un sondage effectué par la NIFTE, la grande majorité des répondants tiennent un journal de bord pour contrôler la fiabilité de l'équipement. Ils recueillent surtout des renseignements sur l'heure à laquelle commencent et prennent fin les séances, les problèmes techniques, les problèmes rencontrés par les utilisateurs et le mode de résolution de ces problèmes. Il s'agit d'une démarche exemplaire qui, associée à un entretien préventif approprié, assurera la pérennité de l'équipement.

La qualité de la séance de télépathologie dépend autant du fonctionnement de l'équipement que de la fiabilité du réseau de télécommunications. Les utilisateurs s'en remettent généralement au fournisseur de service, qui doit assurer une stabilité ou une connexion sans interruption. Une entente de fiabilité comprenant des indicateurs de performance et de fiabilité est essentielle aux applications de télépathologie.

Comme toutes les applications de la télé-médecine, la télépathologie est en constante évolution. De nouvelles fonctionnalités et composantes verront le jour au cours du temps. De ce fait, au moment de l'acquisition d'un équipement, il faudra, dans la mesure du possible, choisir des technologies qui permettront de faire une mise à jour en fonction

des principales tendances techniques connues. En prévoyant une telle flexibilité, on pourra augmenter la durée de vie de l'infrastructure technologique choisie à grande échelle.

Dans les cinq dernières années, la technologie a radicalement évolué, à tel point qu'elle n'est plus un obstacle au processus diagnostique en télépathologie [Cross *et al.*, 2002]. Malheureusement, les problèmes liés à l'accréditation médicale, à la confidentialité, au paiement des honoraires et à la responsabilité professionnelle ainsi que d'autres problèmes médico-légaux non résolus continuent de limiter l'expansion de la télépathologie [Dennis *et al.*, 2005; Riley *et al.*, 2004]. Ces enjeux freinent le déploiement de toutes les activités de télémédecine, y compris la télépathologie [Furness, 2007]. Les enjeux éthiques, juridiques et économiques ne font pas partie du présent mandat, mais il serait souhaitable de les examiner pour faciliter le déploiement de la technologie. Parallèlement, la littérature sur la télémédecine considère la rémunération des intervenants comme un facteur clé de succès ou d'échec de l'activité [Hilty *et al.*, 2008; Weinstein *et al.*, 2008; Bashshur *et al.*, 2000]. Cette question devra être réglée pour faciliter l'acceptation de la technologie.

La littérature scientifique portant sur la télépathologie rejoint celle qui traite des autres applications de la télémédecine et appuie l'importance de la gestion des ressources humaines et du changement associé à toute implantation technologique. L'organisation des activités des ressources humaines en télépathologie est essentielle. Plusieurs paramètres cliniques, techniques et humains entrent en jeu dans la standardisation de la télépathologie. Des facteurs humains comme les aptitudes, les compétences, les attitudes et les perceptions liées à la préparation du plan de coupe ainsi qu'à la fixation et au paramétrage du microscope augmentent la complexité du processus de standardisation [Yagi et Gilbertson, 2005; Weinstein *et al.*, 2001]. Ces difficultés incitent à standardiser les canaux de communication et l'information à transmettre entre les deux équipes afin de minimiser les erreurs. De plus, les compétences diagnostiques ne sont pas aisément transférables de l'anatomopathologie classique à la télépathologie. Une formation adéquate devra donc être donnée à toutes les personnes qui participent au processus de télépathologie, de la préparation jusqu'à la lecture et à l'interprétation. Cette formation devra cibler aussi bien les anatomopathologistes et les techniciens en pathologie que les chirurgiens qui doivent préparer les pièces anatomiques et histologiques pour une lecture à distance. Une enquête nationale publiée en 2005 portant sur l'utilisation de la télépathologie dans tout le Royaume-Uni conclut que 59 % des répondants (anatomopathologistes) n'ont jamais reçu de formation sur les images numériques (taux de réponse de 47 %, soit 237 sur 500 questionnaires envoyés) [Dennis *et al.*, 2005]. Ce problème renforce la nécessité de fournir une formation adéquate aux techniciens et aux anatomopathologistes en matière d'environnements virtuels, notamment en analyse et en interprétation des images, comme on l'a fait en téléradiologie [Rashbass et Furness, 2005].

Pour assurer de telles activités entre le site primaire et le site secondaire, et selon le degré de spécialisation qu'exigent les tâches à accomplir avant la transmission de l'information (images ou autres), une quantité et une qualité minimales de ressources humaines sont nécessaires. Cross et ses collègues [2002] mentionnent que certaines tâches peuvent être réalisées par un technicien en pathologie, d'autres par un anatomopathologiste. De plus, selon son niveau de compétence, les tâches du technicien peuvent se situer sur un continuum allant de la simple connexion des technologies entre les deux sites jusqu'à la préparation des images désignées par un anatomopathologiste et à la réalisation de la numérisation de la lame virtuelle. Même en anatomopathologie robotisée, la présence

d'un technicien au site primaire est nécessaire pour manipuler les lames et veiller au bon déroulement du processus d'examen à distance [Zhou *et al.*, 2000].

Pour que les activités de télépathologie soient réussies dans les meilleures conditions, le document contenant le diagnostic devrait permettre d'inscrire des remarques sur la qualité des images, la grosseur du fichier, la date du rapport, etc. [Jialdasani *et al.*, 2006]. Ces données sont très utiles pour croiser les informations en cas de difficultés diagnostiques ou de révision des dossiers. En effet, à l'examen d'un prélèvement en microscopie classique, l'anatomopathologiste peut conclure que la qualité de l'image est insuffisante et refuser de poser un diagnostic. La reprise de l'activité pour des raisons techniques est d'autant plus justifiée que le diagnostic en télépathologie repose sur l'image.

Selon le guide du Royal College of Pathologists (Grande-Bretagne), l'usage de la télépathologie comme médium de discussion entre deux anatomopathologistes experts peut exiger un minimum de standardisation. Toutefois, il faudrait uniformiser les méthodes de pratique entre les intervenants des sites ou tenir compte des différences existantes [Rashbass et Furness, 2005]. Cette uniformisation est nécessaire lorsque différents paliers et diverses disciplines collaborent pour une finalité commune.

Comme on l'a signalé dans la section 2.3 portant sur la classification des applications de la télépathologie, celle-ci ne doit pas être considérée comme une solution de remplacement à l'anatomopathologie classique, mais elle en est complémentaire [Kldiashvili, 2008; Hutarew *et al.*, 2003; Kayser *et al.*, 2000]. Cette affirmation est corroborée dans la grande majorité des applications de la télémédecine, notamment par le projet états-unien sur la télépathologie dynamique décrit à la section 5.1 du présent document. Dunn et ses collaborateurs [2001] concluent à la suite de quelques années de pratique en télépathologie dynamique que l'implantation des systèmes n'a pas complètement éliminé la nécessité du déplacement des anatomopathologistes entre les 12 centres qui font partie de leur projet.

La télépathologie est une spécialité de la télémédecine qui se fonde sur l'image pour poser un diagnostic. Depuis la fin des années 1980, de nombreuses recherches ont porté sur l'évaluation des différentes technologies existantes et émergentes, et surtout, sur la fiabilité diagnostique de la télépathologie. Comme en anatomopathologie classique, il s'agit d'un élément clé du processus de prise de décision thérapeutique [Cross *et al.*, 2002]. Les résultats de ces recherches sont très prometteurs, mais dépendent de paramètres techniques et organisationnels.

Sur les deux principaux modes de télépathologie, statique et dynamique, de nombreux auteurs concluent qu'ils sont utiles, en général, pour obtenir un diagnostic principal ou un deuxième avis médical et pour faire de la formation à distance [Kldiashvili, 2008; Rashbass et Furness, 2005; Yagi et Gilbertson, 2005; Weinstein *et al.*, 2001]. Sur les deux sous-catégories de télépathologie statique, les résultats issus des recherches sur l'envoi d'images ponctuelles sont encourageants, mais souffrent d'importantes lacunes. La littérature est unanime à souligner que les images ponctuelles sont discréditées par les problèmes de sélection sous-jacents [Leinweber *et al.*, 2006; Teodorovic *et al.*, 2006]. Du fait de l'avancement technologique, la télépathologie statique réfère de plus en plus à la lame virtuelle, résultat de la numérisation complète de la lame de verre, qui pallie le problème du choix des images et donne une fiabilité diagnostique élevée qui, selon certains auteurs, serait semblable à celle de l'anatomopathologie classique [Slodkowska *et al.*, 2008; Furness, 2007]. Avec l'ensemble des avantages que la lame virtuelle procure, elle joue un rôle marqué dans les trois indications de la télépathologie, soit le diagnostic principal (surtout l'examen extemporané), le deuxième avis et la téléformation [Kayser *et al.*, 2005; Demichelis *et al.*, 2002a; Weinstein *et al.*, 2001].

Le deuxième mode est la télépathologie dynamique, qui consiste en l'envoi d'images en temps réel. L'anatomopathologiste consultant peut manipuler à distance le microscope, ce qui confère à cette modalité certains avantages, principalement la possibilité de travailler selon les procédés habituels de la microscopie optique [Odze *et al.*, 2006; Cross *et al.*, 2002]. Sur le plan de la fiabilité diagnostique, les recherches publiées font état de résultats très encourageants. Toutefois, deux facteurs limitent son usage et son déploiement. Le premier est le coût d'investissement [Singh *et al.*, 2002] et le deuxième, la largeur de bande passante requise pour permettre une activité adéquate entre deux sites distants [Liang *et al.*, 2008; Teodorovic *et al.*, 2006]. Parallèlement, certaines difficultés, liées notamment au logiciel utilisé, ont été répertoriées par certains auteurs, comme la lenteur de la mise au point et le temps nécessaire pour poser un diagnostic, et ce, indépendamment de la largeur de bande utilisée [Kldiashvili, 2008; Odze *et al.*, 2006].

Avec une modalité techniquement avancée comme la télépathologie, des conditions sont requises pour que les images puissent être transférées adéquatement d'un site à l'autre. Des enjeux technologiques et organisationnels en découlent. Sur le plan technologique, il est fondamental d'agencer toute une chaîne de composantes difficilement interopérables, comme le type de microscope, la caméra, l'ordinateur personnel, le numériseur, etc. De plus, les enjeux techniques les plus importants restent liés à la sécurité des données et à l'archivage. À ce sujet, bien que le débat ne soit pas clos et que plusieurs auteurs proposent l'utilisation de bandes passantes à transmission constante, des recommandations sont formulées au sujet de l'importance des réseaux sécurisés et des

intranets [Oberholzer *et al.*, 2003; Cross *et al.*, 2002]. Le Québec peut compter sur le RTSS, une plateforme sécuritaire et vraisemblablement adéquate pour le soutien des activités de télépathologie.

Sur le plan organisationnel, la télépathologie ne peut continuer à se développer sans que les intervenants reçoivent une formation adéquate en matière d'environnements virtuels (analyse et interprétation des images, comme en téléradiologie) [Rashbass et Furness, 2005]. Cette formation devrait cibler toutes les personnes qui participent au processus de production, d'analyse et d'interprétation des données. De plus, il est essentiel d'uniformiser les processus de production des images numériques entre les différentes équipes pour minimiser les erreurs possibles [Jialdasani *et al.*, 2006; Marchevsky *et al.*, 2002].

Comme le présent mandat ne prévoyait pas une analyse complète de tous les enjeux soulevés, il serait souhaitable d'examiner les enjeux éthiques, juridiques et économiques de la télépathologie pour soutenir un déploiement adéquat de la technologie. Parallèlement, la littérature sur la télémédecine considère la rémunération des intervenants comme un facteur clé de succès ou d'échec de cette activité [Hilty *et al.*, 2008; Weinstein *et al.*, 2008; Bashshur *et al.*, 2000]. Cette question devrait être considérée pour faciliter l'implantation de la technologie, son acceptation et son utilisation.

Compte tenu des difficultés liées à toute activité de standardisation des technologies, souvent évolutives, le présent travail constitue un premier pas vers l'établissement de lignes directrices sur la télépathologie afin de contribuer à la mise en place d'une plateforme provinciale commune, en synergie avec le projet d'élaboration du plan de déploiement entrepris par le RUIS-UL.

La télépathologie ne doit toutefois pas être considérée comme une solution de remplacement de l'anatomopathologie classique, mais elle en est complémentaire. À cet égard, la revue de la documentation scientifique publiée confirme la fiabilité diagnostique de la télépathologie dynamique et son utilité dans l'enseignement et la recherche, bien que des limites d'ordre économique et technique en restreignent l'utilisation. Pour la télépathologie statique, l'avènement de la lame virtuelle, qui consiste en la numérisation de la lame de verre entière, a amélioré considérablement la fiabilité diagnostique. Cette modalité procure des avantages importants pour l'examen extemporané et l'obtention d'un diagnostic histopathologique, la demande d'un deuxième avis médical et les activités de formation à distance.

À la lumière de son évaluation et de l'état actuel des connaissances, l'AETMIS en arrive aux conclusions suivantes :

- La lame virtuelle offre les meilleures solutions à la plupart des problèmes liés à la distance et au manque d'anatomopathologistes dans les centres hospitaliers éloignés, et représente le meilleur compromis.
- Malgré des avantages prometteurs, la télépathologie dynamique reste encore peu utilisée.
- Sur le plan technologique, l'enjeu fondamental réside dans l'agencement de toute une chaîne de composantes difficilement interopérables, comme le type de microscope, la caméra, l'ordinateur personnel, le numériseur, etc.
- Sur le plan technique, les enjeux les plus importants sont liés à la sécurité des données et à l'archivage, notamment lorsqu'on recourt à des réseaux sécurisés et à des intranets.
- Sur le plan organisationnel, une formation adéquate de tous les intervenants concernés en matière d'environnements virtuels constitue un préalable indispensable; de plus, il est essentiel d'uniformiser les processus de production des images numériques entre les différentes équipes pour minimiser les erreurs possibles.
- Enfin, il est nécessaire de poursuivre l'examen des enjeux éthiques, juridiques et économiques de la télépathologie, y compris la question clé de la rémunération des intervenants, pour soutenir un déploiement adéquat de la technologie.

ANNEXE A

STRATÉGIE DE RECHERCHE DOCUMENTAIRE

Bases de données bibliographiques

PubMed

Recherche effectuée le 31 juillet 2008

Limites : de 1997 à 2008

- #1 (“remote consultation”[mh] OR remote consultation[tw] OR teled*) AND patholog*
- #2 telepathology[mh] OR telepatho* OR tele-patho* OR telecyto* OR tele-cyto* OR telehistochem* OR tele-histochem* OR teleimmunochem* OR tele-immunochem*
- #3 #1 OR #2

Une veille régulière a été faite dans cette base de données.

The Cochrane Library 2008, issue 2

Recherche effectuée le 31 juillet 2008

- #1 (remote consultation OR teled*) AND patholog*
- #2 telepathology[mh] OR telepatho* OR tele-patho* OR telecyto* OR tele-cyto* OR telehistochem* OR tele-histochem* OR teleimmunochem* OR tele-immunochem*
- #3 #1 OR #2

Recherche dans le Web

Les moteurs de recherche suivants ont été interrogés : *Copernic* et *Google*, et les énoncés utilisés ont été adaptés pour les banques bibliographiques. Les catalogues de bibliothèques nationales et universitaires ont été consultés pour repérer des livres d’intérêt sur le sujet.

La littérature grise a été repérée sur les sites Web d’agences d’évaluation des technologies de la santé et d’organismes gouvernementaux ou professionnels.

Exemple de sites Web consultés :

COMPAGNIE	ADRESSE URL	DERNIÈRE CONSULTATION
Zeiss	www.zeiss.com/4125681F004CA025/Contents-Frame/09A0F8F0979FC42B852571D20054D822	2008-02-26
Olympus	www.olympusamerica.com/seg_section/seg_home.asp	2008-02-26
Aperio	www.aperio.com/PDF_docs/quicklinks/XT%20Data.pdf	2008-02-26

RÉFÉRENCES

- Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS). Télésanté : lignes directrices cliniques et normes technologiques en télépsychiatrie. Rapport préparé par Gilles Pineau, Khalil Moqadem, Carole St-Hilaire, Robert Perreault, Éric Levac et Bruno Hamel, en collaboration avec Alexandra Obadia et Lorraine Caron. Montréal, Qc : AETMIS; 2006a.
- Agence d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (AETMIS). Télésanté : lignes directrices cliniques et normes technologiques en téléadaptation. Rapport préparé par Gilles Pineau, Khalil Moqadem, Carole St-Hilaire, Éric Levac et Bruno Hamel, en collaboration avec Hélène Bergeron, Alexandra Obadia et Lorraine Caron. Montréal, Qc : AETMIS; 2006b.
- American College of Radiology (ACR). ACR technical standard for teleradiology. Reston, VA : ACR; 2006. Disponible à : <http://www.siiimweb.com/assets/E86FFB0D-7F00-4412-8739-D5F882D18A02.pdf>.
- American Telemedicine Association (ATA). Home telehealth toolkit. Washington, DC : ATA; 2004. Disponible à : <http://www.atmeda.org/memberonly/Toolkit.hometelehealth.Jan.doc>.
- American Telemedicine Association (ATA). Clinical guidelines for telepathology. Pittsburgh, PA : ATA Special Interest Group; 1999. Disponible à : <http://dpig.upmc.com/ata/guideline.htm>.
- Bashshur RL, Reardon TG, Shannon GW. Telemedicine: A new health care delivery system. *Annu Rev Public Health* 2000;21:613-37.
- Brauchli K, Oberli H, Hurwitz N, Kunze KD, Haroske G, Jundt G, et al. Diagnostic telepathology: Long-term experience of a single institution. *Virchows Arch* 2004;444(5):403-9.
- Canadian Society of Telehealth / Société canadienne de télésanté (CST/SCT). National telehealth interoperability workshop report. Calgary, AB : CST/SCT; 2001. Disponible à : http://www.cst-sct.org/en/index.php?module=library&VV_DocumentManager_op=downloadFile&VV_File_id=57 (consulté le 16 avril 2008).
- Crimmins D, Crooks D, Pickles A, Morris K. Intérêt de la télépathologie dans le diagnostic rapide des spécimens neurochirurgicaux. *Neurochirurgie* 2005;51(2):84-8.
- Cross SS, Dennis T, Start RD. Telepathology: Current status and future prospects in diagnostic histopathology. *Histopathology* 2002;41(2):91-109.
- Della Mea V. Prerecorded telemedicine. *J Telemed Telecare* 2005;11(6):276-84.
- Demichelis F, Barbareschi M, Dalla Palma P, Forti S. The virtual case: A new method to completely digitize cytological and histological slides. *Virchows Arch* 2002a;441(2):159-64.
- Demichelis F, Della Mea V, Forti S, Dalla Palma P, Beltrami CA. Digital storage of glass slides for quality assurance in histopathology and cytopathology. *J Telemed Telecare* 2002b;8(3):138-42.
- Demichelis F, Barbareschi M, Boi S, Clemente C, Dalla Palma P, Eccher C, Forti S. Robotic telepathology for intraoperative remote diagnosis using a still-imaging-based system. *Am J Clin Pathol* 2001;116(5):744-52.
- Dennis T, Start RD, Cross SS. The use of digital imaging, video conferencing, and telepathology in histopathology: A national survey. *J Clin Pathol* 2005;58(3):254-8.
- Dunn BE, Choi H, Almagro UA, Recla DL. Combined robotic and nonrobotic telepathology as an integral service component of a geographically dispersed laboratory network. *Hum Pathol* 2001;32(12):1300-3.
- Dunn BE, Choi H, Almagro UA, Recla DL, Krupinski EA, Weinstein RS. Routine surgical telepathology in the Department of Veterans Affairs: Experience-related improvements in pathologist performance in 2200 cases. *Telemed J* 1999;5(4):323-37.
- Dunn BE, Almagro UA, Choi H, Recla DL, Weinstein RS. Use of telepathology for routine surgical pathology review in a test bed in the Department of Veterans Affairs. *Telemed J* 1997a;3(1):1-10.
- Dunn BE, Almagro UA, Choi H, Sheth NK, Arnold JS, Recla DL, et al. Dynamic-robotic telepathology: Department of Veterans Affairs feasibility study. *Hum Pathol* 1997b;28(1):8-12.
- Foran DJ, Meer PP, Papathomas T, Marsic I. Compression guidelines for diagnostic telepathology. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 1997;1(1):55-60.

- Frierson HF Jr et Galgano MT. Frozen-section diagnosis by wireless telepathology and ultra portable computer: Use in pathology resident/faculty consultation. *Hum Pathol* 2007;38(9):1330-4.
- Furness P. A randomized controlled trial of the diagnostic accuracy of internet-based telepathology compared with conventional microscopy. *Histopathology* 2007;50(2):266-73.
- Gilbertson JR, Ho J, Anthony L, Jukic DM, Yagi Y, Parwani AV. Primary histologic diagnosis using automated whole slide imaging: A validation study. *BMC Clin Pathol* 2006;6:4.
- Glatz-Krieger K, Glatz D, Mihatsch MJ. Virtual slides: High-quality demand, physical limitations, and affordability. *Hum Pathol* 2003;34(10):968-74.
- Goodwin SN et Ryan P. Telemental health/telepsychiatry operations and implementation manual for county mental health plans. Sacramento, CA : California Institute for Mental Health; 2002. Disponible à : <http://www.cimh.org/downloads/TMManual.pdf>.
- Gu J et Ogilvie RW. Virtual microscopy and virtual slides in teaching, diagnosis, and research. Boca Raton, FL : Taylor and Francis; 2005.
- Halliday BE, Bhattacharyya AK, Graham AR, Davis JR, Leavitt SA, Nagle RB, et al. Diagnostic accuracy of an international static-imaging telepathology consultation service. *Hum Pathol* 1997;28(1):17-21.
- Helin H, Lundin M, Lundin J, Martikainen P, Tammela T, Helin H, et al. Web-based virtual microscopy in teaching and standardizing Gleason grading. *Hum Pathol* 2005;36(4):381-6.
- Hilty DM, Cobb HC, Neufeld JD, Bourgeois JA, Yellowlees PM. Telepsychiatry reduces geographic physician disparity in rural settings, but is it financially feasible because of reimbursement? *Psychiatr Clin North Am* 2008;31(1):85-94.
- Hutarew G, Schlicker HU, Idriceanu C, Strasser F, Dietze O. Four years experience with teleneuropathology. *J Telemed Telecare* 2006;12(8):387-91.
- Hutarew G, Dandachi N, Strasser F, Prokop E, Dietze O. Two-year evaluation of telepathology. *J Telemed Telecare* 2003;9(4):194-9.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). IEEE standard computer dictionary: A compilation of IEEE standard computer glossaries. New York, NY : IEEE; 1990.
- Isabelle M, Teodorovic I, Oosterhuis JW, Riegman PH, Passiukov A, Lejeune S, et al. Virtual microscopy in virtual tumor banking. *Adv Exp Med Biol* 2006;587:75-86.
- Jialdasani R, Desai S, Gupta M, Kothari A, Deshpande R, Shet T, et al. An analysis of 46 static telecytology cases over a period of two years. *J Telemed Telecare* 2006;12(6):311-4.
- Kaplan KJ, Burgess JR, Sandberg GD, Myers CP, Bigott TR, Greenspan RB. Use of robotic telepathology for frozen-section diagnosis: A retrospective trial of a telepathology system for intraoperative consultation. *Mod Pathol* 2002;15(11):1197-204.
- Kayser K, Szymas J, Weinstein RS, Kayser K. Telepathology and telemedicine: Communication, electronic education, and publication in e-health. 2^e éd. Berlin, Allemagne : VSV Interdisciplinary Medical Publishing; 2005.
- Kayser K, Kayser G, Radziszowski D, Oehmann A. New developments in digital pathology: From telepathology to virtual pathology laboratory. *Stud Health Technol Inform* 2004;105:61-9.
- Kayser K, Beyer M, Blum S, Kayser G. Recent developments and present status of telepathology. *Anal Cell Pathol* 2000;21(3-4):101-6.
- Kldiashvili E. Telemedicine for pathology. *Stud Health Technol Inform* 2008;131:227-43.
- Klossa J, Cordier JC, Flandrin G, Got C, Hemet J. A European de facto standard for image folders applied to telepathology and teaching. *Int J Med Inform* 1998;48(1-3):207-16.
- La Rosa FG. Store and forward telepathology. Lakewood, CO : TelePathology Consultants, PC; 2003. Disponible à : <http://telepathology.com/articles/telepathology/Store&Forward%20TP.doc>.
- Lanschuetzer CM, Pohla-Gubo G, Schafleitner B, Hametner R, Hashimoto T, Salmhofer W, et al. Telepathology using immunofluorescence/immunoperoxidase microscopy. *J Telemed Telecare* 2004;10(1):39-43.
- Lee ES, Kim IS, Choi JS, Yeom BW, Kim HK, Han JH, et al. Accuracy and reproducibility of telecytology diagnosis of cervical smears. A tool for quality assurance programs. *Am J Clin Pathol* 2003;119(3):356-60.
- Leinweber B, Massone C, Kodama K, Kaddu S, Cerroni L, Haas J, et al. Teledermatopathology: A controlled study about diagnostic validity and technical requirements for digital transmission. *Am J Dermatopathol* 2006;28(5):413-6.
- Leong AS, Visinoni F, Visinoni C, Milios J. An advanced digital image-capture computer system for gross specimens: A substitute for gross description. *Pathology* 2000;32(2):131-5.
- Leong FJ. Practical applications of Internet resources for cost-effective telepathology practice. *Pathology* 2001;33(4):498-503.
- Leong FJ et Leong AS. Digital imaging in pathology: Theoretical and practical considerations, and applications. *Pathology* 2004;36(3):234-41.

- Leong FJ et McGee JO. Automated complete slide digitization: A medium for simultaneous viewing by multiple pathologists. *J Pathol* 2001;195(4):508-14.
- Lévesque C. Un colossal défi technologique et social : le plan d'informatisation du réseau québécois de la santé et des services sociaux. *Accélération* 2006;9:5-6, 8-10. Disponible à : <http://www.crim.ca/fr/publications/documents/AccelerationNo9.pdf>.
- Li X, Gong E, McNutt MA, Liu J, Li F, Li T, et al. Assessment of diagnostic accuracy and feasibility of dynamic telepathology in China. *Hum Pathol* 2008;39(2):236-42.
- Li X, Liu J, Xu H, Gong E, McNutt MA, Li F, et al. A feasibility study of virtual slides in surgical pathology in China. *Hum Pathol* 2007;38(12):1842-8.
- Liang WY, Hsu CY, Lai CR, Ho DM, Chiang IJ. Low-cost telepathology system for intraoperative frozen-section consultation: Our experience and review of the literature. *Hum Pathol* 2008;39(1):56-62.
- Liang WY, Pan CC, Chiang H. Real-time dynamic telepathology through the Internet: Evaluation of a new and economic technology at Taipei Veterans General Hospital. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)* 2001;64(5):277-82.
- Loane M et Wootton R. A review of guidelines and standards for telemedicine. *J Telemed Telecare* 2002;8(2):63-71.
- Lundin M, Lundin J, Helin H, Isola J. A digital atlas of breast histopathology: An application of web based virtual microscopy. *J Clin Pathol* 2004;57(12):1288-91.
- Marcelo A, Fontelo P, Farolan M, Cualing H. Effect of image compression on telepathology: A randomized clinical trial. *Arch Pathol Lab Med* 2000;124(11):1653-6.
- Marchevsky AM, Dulbandzhyan R, Seely K, Carey S, Duncan RG. Storage and distribution of pathology digital images using integrated web-based viewing systems. *Arch Pathol Lab Med* 2002;126(5):533-9.
- Massone C, Peter Soyer H, Lozzi GP, Di Stefani A, Leinweber B, Gabler G, et al. Feasibility and diagnostic agreement in teledermatopathology using a virtual slide system. *Hum Pathol* 2007;38(4):546-54.
- McKenna JK et Florell SR. Cost-effective dynamic telepathology in the Mohs surgery laboratory utilizing iChat AV videoconferencing software. *Dermatol Surg* 2007;33(1):62-8.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Plan d'informatisation du réseau de la santé et des services sociaux : présentation générale. Québec, Qc : MSSS; 2004. Disponible à : http://www.mdeie.gouv.qc.ca/fileadmin/sites/internet/documents/publications/pdf/Entreprises/secteurs_industriels/technologies-information/Presentation_generale.pdf.
- Ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS). Les orientations technologiques du réseau sociosanitaire : pour un accès intégré et sécurisé à l'information. Québec, Qc : MSSS; 2003. Disponible à : <http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2002/02-705-01.pdf>.
- Moser PL, Lorenz IH, Sogner P, Stadlmann S, Mikuz G, Kolbitsch C. The accuracy of telediagnosis of frozen sections is inferior to that of conventional diagnosis of frozen sections and paraffin-embedded sections. *J Telemed Telecare* 2003;9(3):130-4.
- National Electrical Manufacturers Association (NEMA). DICOM Strategic document. Rosslyn VA : NEMA; 2008. Disponible à : <http://medical.nema.org/dicom/geninfo/Strategy.pdf>.
- National Initiative for Telehealth (NIFTE). Cadre de lignes directrices cliniques de l'Initiative nationale de télésanté. Ottawa, ON : NIFTE; 2003. Disponible à : http://www.cst-sct.org/en/index.php?module=library&VV_DocumentManager_op=downloadFile&VV_File_id=56 (consulté le 11 mars 2008).
- Nehal KS, Busam KJ, Halpern AC. Use of dynamic telepathology in Mohs surgery: A feasibility study. *Dermatol Surg* 2002;28(5):422-6.
- Nordrum I, Johansen M, Amin A, Isaksen V, Ludvigsen JA. Diagnostic accuracy of second-opinion diagnoses based on still images. *Hum Pathol* 2004;35(1):129-35.
- O'Brien MJ, Takahashi M, Brugal G, Christen H, Gahm T, Goodell RM, et al. Digital imagery/telecytology. International Academy of Cytology Task Force summary. *Diagnostic Cytology Towards the 21st Century: An International Expert Conference and Tutorial. Acta Cytol* 1998;42(1):148-64.
- Oberholzer M, Christen H, Haroske G, Helfrich M, Oberli H, Jundt G, et al. Modern telepathology: A distributed system with open standards. *Curr Probl Dermatol* 2003;32:102-14.
- Oberholzer M, Fischer HR, Christen H, Gerber S, Bruhlmann M, Mihatsch MJ, et al. Telepathology: Frozen section diagnosis at a distance. *Virchows Archiv* 1995;426(1):3-9.

- Odze RD, Tomaszewski JE, Furth EE, Feldman MD, Diallo R, Poremba C, et al. Variability in the diagnosis of dysplasia in ulcerative colitis by dynamic telepathology. *Oncol Rep* 2006;16(5):1123-9.
- Perednia DA. Telemedicine system evaluation, transaction models, and multicentered research. *J AHIMA* 1996;67(1):60-3.
- Prayaga AK, Loya AC, Rao IS. Telecytology—are we ready? *J Telemed Telecare* 2006;12(6):319-20.
- Quevauvilliers J, Somogyi A, Fingerhut A. Dictionnaire médical de poche. 2^e éd. Paris, France : Masson; 2007.
- Ranson D. Telemedicine and the law. *J Law Med* 2007;15(3):356-9.
- Rashbass J et Furness P. Telepathology: Guidance from the Royal College of Pathologists. Londres, Angleterre : Royal College of Pathologists; 2005. Disponible à : <http://www.rcpath.org/resources/pdf/G026-Telepathology-May05.pdf>.
- Riley RS, Ben-Ezra JM, Massey D, Slyter RL, Romagnoli G. Digital photography: A primer for pathologists. *J Clin Lab Anal* 2004;18(2):91-128.
- Rajo MG, Garcia GB, Mateos CP, Garcia JG, Vicente MC. Critical comparison of 31 commercially available digital slide systems in pathology. *Int J Surg Pathol* 2006;14(4):285-305.
- RUIS Université Laval (RUIS-UL). Télépathologie. Manuel d'organisation de projet – MOP, phase 1. Version 1.4.1, 13 janvier 2006. Québec, Qc : RUIS-UL; 2006. Disponible à : http://w3.fmed.ulaval.ca/ruis/fileadmin/ruis/Documents/Documents/Historique/Telepathologie_RUIS_Laval-MOP_Phase_1_v1-4-11.pdf.
- RUIS Université Laval (RUIS-UL). Plan de déploiement de la télésanté au RUIS Laval. Québec, Qc : RUIS-UL; 2005. Disponible à : http://w3.fmed.ulaval.ca/ruis/fileadmin/ruis/Documents/Documents/Documents_d_interet/Plan_de_d_ploiement_T_l_sant__RUIS-UL_Ver1.pdf.
- Seidenari S, Pellacani G, Righi E, Di Nardo A. Is JPEG compression of videomicroscopic images compatible with telediagnosis? Comparison between diagnostic performance and pattern recognition on uncompressed TIFF images and JPEG compressed ones. *Telemed J E Health* 2004;10(3):294-303.
- Singh N, Akbar N, Sowter C, Lea KG, Wells CA. Telepathology in a routine clinical environment: Implementation and accuracy of diagnosis by robotic microscopy in a one-stop breast clinic. *J Pathol* 2002;196(3):351-5.
- Slodkowska J, Chyczewski L, Wojciechowski M. Virtual slides: Application in pulmonary pathology consultations. *Folia Histochem Cytobiol* 2008;46(1):121-4.
- Soenksen DG. A fully integrated virtual microscopy system for analysis and discovery. Dans : Gu J et Ogilvie RW, réd. *Virtual microscopy and virtual slides in teaching, diagnosis, and research*. Boca Raton, FL : Taylor and Francis; 2005 : 35-47.
- Teodorovic I, Isabelle M, Carbone A, Passioukov A, Lejeune S, Jamine D, et al. TuBaFrost 6: Virtual microscopy in virtual tumour banking. *Eur J Cancer* 2006;42(18):3110-6.
- Thrall JH. Teleradiology. Part I. History and clinical applications. *Radiology* 2007;243(3):613-7.
- Tucker JH, Busch C, Spatz A, Wells C, Brugal G. An experimental inter-expert telepathology network using static imaging. *J Clin Pathol* 2001;54(10):752-7.
- Weinstein RS. Innovations in medical imaging and virtual microscopy. *Hum Pathol* 2005;36(4):317-9.
- Weinstein RS, Lopez AM, Krupinski EA, Beinar SJ, Holcomb M, McNeely RA, et al. Integrating telemedicine and telehealth: Putting it all together. *Stud Health Technol Inform* 2008;131:23-38.
- Weinstein RS, Lopez AM, Barker GP, Krupinski EA, Descour MR, Scott KM, et al. The innovative bundling of teleradiology, telepathology, and teleoncology services. *IBM Systems Journal* 2007;46(1):69-84.
- Weinstein RS, Descour MR, Liang C, Bhattacharyya AK, Graham AR, Davis JR, et al. Telepathology overview: From concept to implementation. *Hum Pathol* 2001;32(12):1283-99.
- Weinstein RS, Bloom KJ, Rozek LS. Telepathology and the networking of pathology diagnostic services. *Arch Pathol Lab Med* 1987;111(7):646-52.
- Wellnitz U, Binder B, Fritz P, Friedel G, Schwarzmann P. Reliability of telepathology for frozen section service. *Anal Cell Pathol* 2000;21(3-4):213-22.
- Wootton R. Realtime telemedicine. *J Telemed Telecare* 2006;12(7):328-36.
- Yagi Y et Gilbertson JR. Digital imaging in pathology: The case for standardization. *J Telemed Telecare* 2005;11(3):109-16.
- Yamashiro K, Kawamura N, Matsubayashi S, Dota K, Suzuki H, Mizushima H, et al. Telecytology in Hokkaido Island, Japan: Results of primary telecytodiagnosis of routine cases. *Cytopathology* 2004;15(4):221-7.
- Zhou J, Hogarth MA, Walters RF, Green R, Nesbitt TS. Hybrid system for telepathology. *Hum Pathol* 2000;31(7):829-33.
- Zwönitzer R, Kalinski T, Hofmann H, Roessner A, Bernarding J. Digital pathology: DICOM-conform draft, testbed, and first results. *Comput Methods Programs Biomed* 2007;87(3):181-8.

*Agence d'évaluation
des technologies
et des modes
d'intervention en santé*

Québec 