



جامعة محمد الخامس بالرباط  
Université Mohammed V de Rabat

**UNIVERSITE MOHAMMED V-RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE  
PHARMACIE RABAT**



**ANNEE : 2021**

**THESE N°:146 /2021**

**INTÉRÊT DE LA TÉLÉPATHOLOGIE EN  
ANATOMIE PATHOLOGIQUE  
À PROPOS D'UNE ENQUÊTE NATIONALE**

**THÈSE**

*Présentée et soutenue publiquement le : .....*

**PAR**

**Mme Hind EL YAMANI**

**Née le 12 /07/1993**

**Pour l'Obtention du diplôme de  
Docteur en Médecine**

**MOTS CLÉS:** Télépathologie - lame virtuelle - microscope - anatomie pathologique.

**JURY**

**Pr. OULDIM KARIM**

Professeur de Génétique

**Pr. EL KHANNOUSSI BASMA**

Professeur d'Anatomie Pathologique

**Pr. ZNATI KAOUTAR**

Professeur d'Anatomie Pathologique

**Pr. SOUADKA AMINE**

Professeur de Chirurgie générale

**PRESIDENT**

**RAPPORTEUR**

**JUGE**

**JUGE**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

قَالَ

سَبَّحَانَكَ يَا عَلِيمٌ لَنَا  
إِلَٰهًا مَا عَلِمْنَا إِنَّكَ أَنْتَ  
الْعَلِيمُ الْعَظِيمُ

صدق الله العظيم

سورة البقرة الآية: ٣٢



**UNIVERSITE MOHAMMED V  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE  
RABAT**

**DOYENS HONORAIRES :**

1962 – 1969: Professeur Abdelmalek FARAJ  
1969 – 1974: Professeur Abdellatif BERBICH  
1974 – 1981: Professeur Bachir LAZRAK  
1981 – 1989: Professeur Taieb CHKILI  
1989 – 1997: Professeur Mohamed Tahar ALAOUI  
1997 – 2003: Professeur Abdelmajid BELMAHI  
2003 - 2013: Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI

**ADMINISTRATION :**

*Doyen*

**Professeur Mohamed ADNAOUI**

*Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et Estudiantines*

Professeur Brahim LEKEHAL

*Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération*

Professeur Toufiq DAKKA

*Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie*

Professeur Younes RAHALI

*Secrétaire Général*

Mr. Mohamed KARRA

*\* Enseignants Militaires*

## 1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS ET PHARMACIENS

### PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR :

#### Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz

Médecine Interne – Clinique Royale

Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi

Anesthésie -Réanimation

Pr. SETTAF Abdellatif

Pathologie Chirurgicale

#### Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed

Médecine Interne –Doyen de la FMPR

Pr. OUZZANI Taïbi Mohamed Réda

Neurologie

#### Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha

Gynécologie -Obstétrique

Pr. TAZI Saoud Anas

Anesthésie Réanimation

#### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim

Anesthésie Réanimation- Doyen de FMPO

Pr. BAYAHIA Rabéa

Néphrologie

Pr. BELKOUCHI Abdelkader

Chirurgie Générale

Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif

Chirurgie Générale

Pr. BENSOUDA Yahia

Pharmacie galénique

Pr. BERRAHO Amina

Ophtalmologie

Pr. BEZAD Rachid Gynécologie Obstétrique Méd.Chef Maternité des Orangers

Pr. CHERRAH Yahia

Pharmacologie

Pr. CHOKAIRI Omar

Histologie Embryologie

Pr. KHATTAB Mohamed

Pédiatrie

Pr. SOULAYMANI Rachida

Pharmacologie- Dir. du Centre National PV Rabat

Pr. TAOUFIK Jamal

Chimie thérapeutique \_\_\_\_\_

#### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed

Chirurgie Générale Doyen de FMPT

Pr. BENSOUDA Adil

Anesthésie Réanimation

Pr. CHAHED OUZZANI Laaziza

Gastro-Entérologie

Pr. CHRAIBI Chafiq

Gynécologie Obstétrique

Pr. EL OUAHABI Abdessamad

Neurochirurgie

Pr. FELLAT Rokaya

Cardiologie

Pr. JIDDANE Mohamed

Anatomie

Pr. TAGHY Ahmed

Chirurgie Générale

Pr. ZOUHDI Mimoun

Microbiologie

\* *Enseignants Militaires*

### **Mars 1994**

Pr. BENJAAFAR Nouredine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

### **Mars 1994**

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHERKAOUI LallaOuafae  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

### **Mars 1995**

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. EL MESNAOUI Abbes  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

### **Décembre 1996**

Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques

*Doyen de la FMPA*

Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale – *Directeur du CHIS*  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Gynécologie – Obstétrique  
Dermatologie

Urologie *Inspecteur du SSM*  
Pédiatrie  
Traumatologie – Orthopédie  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Néphrologie  
Cardiologie *Directeur HMI Mohammed V*

**\* Enseignants Militaires**

### Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

### Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*

### Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUAMAR Hassan  
Pr. BENJELLOUN DakhamaBadr.Sououd  
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine  
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer  
Pr. ECHARRAB El Mahjoub  
Pr. EL FTOUH Mustapha  
Pr. EL MOSTARCHID Brahim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

### Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia  
Pr. AJANA Fatima Zohra  
Pr. BENAMR Said  
Pr. CHERTI Mohammed  
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma  
Pr. EL HASSANI Amine  
Pr. EL KHADER Khalid  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Gynécologie-Obstétrique  
Neurologie  
Cardiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie Directeur Hôp.Ar-razi Salé  
Gynécologie Obstétrique

Neurologie Doyen de la FMP Abulcassis  
AbdesslamChirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie

Pneumo-phtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Pneumo-phtisiologie Directeur Hôp. My Youssef  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne

Neurologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie - Directeur Hôp.Cheikh Zaid  
Urologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Pédiatrie

**\* Enseignants Militaires**

### Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim

#### *Est*

Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBAH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

### Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane\*  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya

Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie - Directeur Hôp. Univ. Cheikh Khalifa  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale Directeur Hôpital Ibn Sina  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique V-D chargé Aff Acad.

Chirurgie Générale  
Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie Dir.-Adj. HMI Mohammed V  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique

**\* Enseignants Militaires**

Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair  
Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. SIAH Samir \*  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

#### **Janvier 2004**

Pr. ABDELLAH El Hassan  
Pr. AMRANI Mariam  
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas  
Pr. BENKIRANE Ahmed\*  
Pr. BOULAADAS Malik  
Pr. BOURAZZA Ahmed\*  
Pr. CHAGAR Belkacem\*  
Pr. CHERRADI Nadia  
Pr. EL FENNI Jamal\*  
Pr. EL HANCHI ZAKI  
Pr. EL KHORASSANI Mohamed  
Pr. HACHI Hafid  
Pr. JABOUIRIK Fatima  
Pr. KHARMAZ Mohamed  
Pr. MOUGHIL Said  
Pr. OUBAAZ Abdelbarre \*  
Pr. TARIB Abdelilah\*  
Pr. TIJAMI Fouad  
Pr. ZARZUR Jamila

#### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina

Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique  
Dermatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Traumatologie Orthopédie  
Pédiatrie  
Gynécologie Obstétrique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie Réanimation  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Rhumatologie  
Pédiatrie

*Directeur Hôp. Al Ayachi Salé*

**\* Enseignants Militaires**

Pr. BENYASS Aatif  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najia

**AVRIL 2006**

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*

Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. IDRIS LAHLOU Amine\*  
Pr. JROUNDI Laila  
Pr. KARMOUNI Tariq  
Pr. KILI Amina  
Pr. KISRA Hassan  
Pr. KISRA Mounir  
Pr. LAATIRIS Abdelkader\*  
Pr. LMIMOUNI Badreddine\*  
Pr. MANSOURI Hamid\*  
Pr. OUANASS Abderrazzak  
Pr. SAFI Soumaya\*  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saida\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

**Octobre 2007**

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. ACHOUR Abdessamad\*

Cardiologie  
Biophysique  
Cardiologie (*mise en disponibilité*)  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

Rhumatologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire.

**Directeur Hôpital Ibn Sina Marr.**

Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Médecine Interne  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie

Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Chirurgie générale

**\* Enseignants Militaires**

Pr. AIT HOUSSA Mahdi \*  
 Pr. AMHAJJI Larbi \*  
 Pr. AOUI Sarra  
 Pr. BAITE Abdelouahed \*  
 Pr. BALOUCH Lhousaine \*  
 Pr. BENZIANE Hamid \*  
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 Pr. CHERKAOUI Naoual \*  
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader \*  
 Pr. EL BEKKALI Youssef \*  
 Pr. EL ABSI Mohamed  
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 Pr. EL OMARI Fatima  
 Pr. GHARIB Nouredine  
 Pr. HADADI Khalid \*  
 Pr. ICHOU Mohamed \*  
 Pr. ISMAILI Nadia  
 Pr. KEBDANI Tayeb  
 Pr. LOUZI Lhousain \*  
 Pr. MADANI Naoufel  
 Pr. MAHI Mohamed \*  
 Pr. MARC Karima  
 Pr. MASRAR Azlarab  
 Pr. MRANI Saad \*  
 Pr. OUZZIF Ezzohra \*  
 Pr. RABHI Monsef \*  
 Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
 Pr. SEFFAR Myriame  
 Pr. SEKHSOKH Yessine \*  
 Pr. SIFAT Hassan \*  
 Pr. TABERKANET Mustafa \*  
 Pr. TACHFOUTI Samira  
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 Pr. TANANE Mansour \*  
 Pr. TLIGUI Houssain  
 Pr. TOUATI Zakia

**Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali \*  
 Pr. AGADR Aomar \*  
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim \*  
 Pr. AKHADDAR Ali \*

Chirurgie cardio vasculaire  
 Traumatologie orthopédie  
 Parasitologie  
 Anesthésie réanimation  
 Biochimie-chimie  
 Pharmacie clinique  
 Ophtalmologie  
 Pharmacie galénique  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie cardio-vasculaire  
 Chirurgie générale  
 Anesthésie réanimation  
 Psychiatrie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Radiothérapie  
 Oncologie médicale  
 Dermatologie  
 Radiothérapie  
 Microbiologie  
 Réanimation médicale  
 Radiologie  
 Pneumo phtisiologie  
 Hématologie biologique  
 Virologie  
 Biochimie-chimie  
 Médecine interne  
 Radiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Radiothérapie  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Ophtalmologie  
 Chirurgie générale  
 Traumatologie-orthopédie  
 Parasitologie  
 Cardiologie

Médecine interne  
 Pédiatrie  
 Chirurgie Générale  
 Neuro-chirurgie

**\* Enseignants Militaires**

Pr. ALLALI Nazik  
Pr. AMINE Bouchra  
Pr. ARKHA Yassir  
Pr. BELYAMANI Lahcen \*  
Pr. BJIJOU Younes  
Pr. BOUHSAIN Sanae \*  
Pr. BOUI Mohammed \*  
Pr. BOUNAIM Ahmed \*  
Pr. BOUSSOUGA Mostapha \*  
Pr. CHTATA Hassan Toufik \*  
Pr. DOGHMI Kamal \*  
Pr. EL MALKI Hadj Omar  
Pr. EL OUENNASS Mostapha\*  
Pr. ENNIBI Khalid \*  
Pr. FATHI Khalid  
Pr. HASSIKOU Hasna \*  
Pr. KABBAJ Nawal  
Pr. KABIRI Meryem  
Pr. KARBOUBI Lamyia  
Pr. LAMSAOURI Jamal \*  
Pr. MARMADE Lahcen  
Pr. MESKINI Toufik  
Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
Pr. MSSROURI Rahal  
Pr. NASSAR Ittimade  
Pr. OUKERRAJ Latifa  
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani \*

#### **Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
Pr. BELAGUID Abdelaziz  
Pr. CHADLI Mariama\*  
Pr. CHEMSI Mohamed\*  
Pr. DAMI Abdellah\*  
Pr. DARBI Abdellatif\*  
Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
Pr. EL HAFIDI Naima  
Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
Pr. EL MAZOUZ Samir

Radiologie  
Rhumatologie  
Neuro-chirurgie *Directeur Hôp.des Spécialités*  
Anesthésie Réanimation  
Anatomie  
Biochimie-chimie  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Traumatologie-orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Hématologie clinique  
Chirurgie Générale  
Microbiologie  
Médecine interne  
Gynécologie obstétrique  
Rhumatologie  
Gastro-entérologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Chimie Thérapeutique  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Pédiatrie  
Hématologie biologique  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Cardiologie  
Pneumo-Phtisiologie

Anesthésie réanimation  
Médecine Interne *Directeur ERSSM*  
Physiologie  
Microbiologie  
Médecine Aéronautique  
Biochimie- Chimie  
Radiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Plastique et Réparatrice

**\* Enseignants Militaires**

Pr. EL SAYEGH Hachem  
Pr. ERRABIH Ikram  
Pr. LAMALMI Najat  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

**Decembre 2010**

Pr. ZNATI Kaoutar

**Mai 2012**

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil \*  
Pr. BENCHEBBA Driss \*  
Pr. DRISSI Mohamed \*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL OUAZZANI Hanane \*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. RAISSOUNI Maha \*

**Février 2013**

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOR Mourad  
Pr. AWAB Almahti  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
Pr. BENSGHIR Mustapha \*  
Pr. BENYAHIA Mohammed \*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
Pr. CHAIB Ali \*  
Pr. DENDANE Tarek

Urologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Hématologie  
Anatomie Pathologique

Anatomie Pathologique

Chirurgie pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Traumatologie-orthopédie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie Pathologique  
Cardiologie

Pharmacologie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique  
Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique et Bromatologie  
Traumatologie orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale

**\* Enseignants Militaires**

Pr. DINI Nouzha *	Pédiatrie
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANIMohamed Ali	Anesthésie Réanimation
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa	Radiologie
Pr. ELFATEMI Nizare	Neuro-chirurgie
Pr. EL GUERROUJ Hasnae	Médecine Nucléaire
Pr. EL HARTI Jaouad	Chimie Thérapeutique
Pr. EL JAOUDI Rachid *	Toxicologie
Pr. EL KABABRI Maria	Pédiatrie
Pr. EL KHANNOUSSI Basma	Anatomie Pathologique
Pr. EL KHLOUFI Samir	Anatomie
Pr. EL KORAICHI Alae	Anesthésie Réanimation
Pr. EN-NOUALI Hassane *	Radiologie
Pr. ERRGUIG Laila	Physiologie
Pr. FIKRI Meryem	Radiologie
Pr. GHFIR Imade	Médecine Nucléaire
Pr. IMANE Zineb	Pédiatrie
Pr. IRAQI Hind	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. KABBAJ Hakima	Microbiologie
Pr. KADIRI Mohamed *	Psychiatrie
Pr. LATIB Rachida	Radiologie
Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra	Médecine Interne
Pr. MEDDAH Bouchra	Pharmacologie
Pr. MELHAOUI Adyl	Neuro-chirurgie
Pr. MRABTI Hind	Oncologie Médicale
Pr. NEJJARI Rachid	Pharmacognosie
Pr. OUBEJJA Houda	Chirurgie Pédiatrique
Pr. OUKABLI Mohamed *	Anatomie Pathologique
Pr. RAHALI Younes	Pharmacie Galénique <i>Vice-Doyen à la Pharmacie</i>
Pr. RATBI Ilham	Génétique
Pr. RAHMANI Mounia	Neurologie
Pr. REDA Karim *	Ophtalmologie
Pr. REGRAGUI Wafa	Neurologie
Pr. RKAIN Hanan	Physiologie
Pr. ROSTOM Samira	Rhumatologie
Pr. ROUAS Lamiaa	Anatomie Pathologique
Pr. ROUIBAA Fedoua *	Gastro-Entérologie
Pr SALIHOUN Mouna	Gastro-Entérologie
Pr. SAYAH Rochde	Chirurgie Cardio-Vasculaire
Pr. SEDDIK Hassan *	Gastro-Entérologie
Pr. ZERHOUNI Hicham	Chirurgie Pédiatrique
Pr. ZINE Ali *	Traumatologie Orthopédie

**\* Enseignants Militaires**

### **AVRIL 2013**

Pr. EL KHATIB MOHAMED KARIM \*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale

### **MARS 2014**

Pr. ACHIR Abdellah  
Pr. BENCHAKROUN Mohammed \*  
Pr. BOUCHIKH Mohammed  
Pr. EL KABBAJ Driss \*  
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira \*  
Pr. HARDIZI Houyam  
Pr. HASSANI Amale\*  
Pr. HERRAK Laila  
Pr. JANANE Abdellah \*  
Pr. JEAIDI Anass\*  
Pr. KOUACH Jaouad\*  
Pr. LEMNOUER Abdelhay\*  
Pr. MAKRAM Sanaa \*  
Pr. OULAHYANE Rachid\*  
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar  
Pr. SEKKACH Youssef\*  
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Chirurgie Thoracique  
Traumatologie- Orthopédie  
Chirurgie Thoracique  
Néphrologie  
Biochimie-Chimie  
Histologie- Embryologie-Cytogénétique  
Pédiatrie  
Pneumologie  
Urologie  
Hématologie Biologique  
Génécologie-Obstétrique  
Microbiologie  
Pharmacologie  
Chirurgie Pédiatrique  
CCV  
Médecine Interne  
Génécologie-Obstétrique

### **DECEMBRE 2014**

Pr. ABILKACEM Rachid\*  
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila  
Pr. BEKKALI Hicham \*  
Pr. BENAZZOU Salma  
Pr. BOUABDELLAH Mounya  
Pr. BOUCHRIK Mourad\*  
Pr. DERRAJI Soufiane\*  
Pr. DOBLALI Taoufik  
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali  
Pr. EL GHADBANE AbdedaimHatim\*  
Pr. EL MARJANY Mohammed\*  
Pr. FEJJAL Nawfal  
Pr. JAHIDI Mohamed\*  
Pr. LAKHAL Zouhair\*  
Pr. OUDGHIRI NEZHA  
Pr. RAMI Mohamed  
Pr. SABIR Maria  
Pr. SBAI IDRISSE Karim\*

Pédiatrie  
Médecine Légale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Maxillo-Faciale  
Biochimie-Chimie  
Parasitologie  
Pharmacie Clinique  
Microbiologie  
Anatomie  
Anesthésie-Réanimation  
Radiothérapie  
Chirurgie Réparatrice et Plastique  
O.R.L  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Psychiatrie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

**\* Enseignants Militaires**

### **AOÛT 2015**

Pr. MEZIANE Meryem  
Pr. TAHIRI Latifa

Dermatologie  
Rhumatologie

### **PROFESSEURS AGREGES :**

### **JANVIER 2016**

Pr. BENKABBOU Amine  
Pr. EL ASRI Fouad\*  
Pr. ERRAMI Noureddine\*  
Pr. NITASSI Sophia

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
O.R.L  
O.R.L

### **JUIN 2017**

Pr. ABBI Rachid\*  
Pr. ASFALOU Ilyasse\*  
Pr. BOUAITI El Arbi\*  
Pr. BOUTAYEB Saber  
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim  
Pr. HAFIDI Jawad  
Pr. MAJBAR Mohammed Anas  
Pr. OURAINI Saloua\*  
Pr. RAZINE Rachid  
Pr. SOUADKA Amine  
Pr. ZRARA Abdelhamid\*

Microbiologie  
Cardiologie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Oncologie Médicale  
Oncologie Médicale  
Anatomie  
Chirurgie générale  
O.R.L  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Chirurgie générale  
Immunologie

### **Mai 2018**

Pr. AMMOURI Wafa  
Pr. BENTALHA Aziza  
Pr. EL AHMADI Brahim  
Pr. EL HARRECH Youness\*\*  
Pr. EL KACEMI Hanan  
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa  
Pr. FATIHI Jamal\*  
Pr. GHANNAM Abdel ilah  
Pr. JROUNDI Imane  
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil  
Pr. TADILI Sidi Jawad  
Pr. TANZ Rachid\*

Médecine interne  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie –Réanimation  
urologie  
Radiothérapie  
Radiothérapie  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Médecine préventive, santé publique et Hyg  
Radiologie  
Anesthésie Réanimation  
Oncologie Médicale

### **NOVEMBRE 2018**

Pr. AMELLAL Mina  
Pr. SOULY Karim  
Pr. TAHRI Rajae

Anatomie  
Microbiologie  
Histologie-Embryologie-Cytogénétique

**\* Enseignants Militaires**

## **NOVEMBRE 2019**

Pr. AATIF Taoufiq \*  
Pr. ACHBOUK Abdelhafid \*  
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid \*  
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah \*  
Pr. BASSIR RIDA ALLAH  
Pr. BOUATTAR TARIK  
Pr. BOUFETTAL MONSEF  
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed \*  
Pr. BOUZELMAT Hicham \*  
Pr. BOUKHRIS Jalal \*  
Pr. CHAFRY Bouchaib \*  
Pr. CHAHDI Hafsa \*  
Pr. CHERIF EL ASRI Abad \*  
Pr. DAMIRI Amal \*  
Pr. DOGHMI Nawfal \*  
Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir  
Pr. EL ANNAZ Hicham \*  
Pr. EL HASSANI Moulay EL Mehdi \*  
Pr. EL HJOUJI Aabderrahman \*  
Pr. EL KAOUI Hakim \*  
Pr. EL WALI Abderrahman \*  
Pr. EN-NAFAA Issam \*  
Pr. HAMAMA Jalal \*  
Pr. HEMMAOUI Bouchaib \*  
Pr. HJIRA Naoufal \*  
Pr. JIRA Mohamed \*  
Pr. JNIENE Asmaa  
Pr. LARAQUI Hicham \*  
Pr. MAHFOUD Tarik \*  
Pr. MEZIANE Mohammed \*  
Pr. MOUTAKI ALLAH Younes \*  
Pr. MOUZARI Yassine \*  
Pr. NAOUI Hafida \*  
Pr. OBTEL Majdouline  
Pr. OURRAI Abdelhakim \*  
Pr. SAOUAB Rachida \*  
Pr. SBITTI Yassir \*  
Pr. ZADDOUG Omar \*  
Pr. ZIDOUH Saad \*

Néphrologie  
Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Radiothérapie  
Gynécologie-obstétrique  
Anatomie  
Néphrologie  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Traumatologie-orthopédie  
Traumatologie-orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Neurochirurgie  
Anatomie Pathologique  
Anesthésie-réanimation  
Pharmacie Galénique  
Virologie  
Gynécologie-obstétrique  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-réanimation  
Radiologie  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
O.R.L  
Dermatologie  
Médecine Interne  
Physiologie  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Anesthésie-réanimation  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Ophtalmologie  
Parasitologie-Mycologie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.  
Pédiatrie  
Radiologie  
Oncologie Médicale  
Traumatologie Orthopédie  
Anesthésie-réanimation

**\* Enseignants Militaires**

**2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES**  
**PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie Chimique
Pr .BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbes	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire/Biotechnologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

**PROFESSEURS HABILITES**

Pr BENZID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUZZANI LallaChadia	Biochimie-chimie
Pr DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr RAMLI Youssef	Chimie
Pr SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr TAZI Ahnini	Génétique
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

*Mise à jour le 05/03/2021*

***KHALED Abdellah***

***Chef du Service des Ressources Humaines***

***FMPR***

# *Dédicaces*



*Je dédie cette thèse à...*

*A la mémoire de ma chère mère Khadija Atib.*

*Tu m'as toujours poussé à prendre soin de l'autre, c'est grâce à ton humanisme que j'ai suivi cette voie.*

*Je t'aime et tu me manque.*

**والدي العزيز السيد محمد الله اليماني**

إلى من كلفه الله بالمهبة والوقار .. إلى من علمني العطاء بدون انتظار ..

إلى

من أحمل اسمه بكل افتخار .. أرجو من الله أن يمد في عمرك لتري ثماراً قد  
حان قطفها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أمتدي بها اليوم وفي

الغد وإلى الأبد

*A mon cher grand frère Yassine*

*Merci pour ton soutien inconditionnel je t'aime.*



# *Remerciements*



***A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DE THESE***

***Pr. OULDIM Karim***

***Professeur de génétique à la faculté de médecine de Fès et directeur de l'institut de recherche sur le cancer.***

*Nous sommes très honorés de votre présence à la présidence de notre jury de thèse. Veuillez croire à l'expression de notre grande admiration et notre profond respect.*

***A NOTRE MAITRE ET RAPPORTEUR DE THESE :***

***Pr. EL KHANNOUSSI Basma***

***Professeur et chef de service d'anatomie et cytologie pathologique à l'institut national d'oncologie, CHU Rabat.***

*Nous avons eu le plus grand plaisir à travailler sous votre direction. Nous vous prions, cher Maître, de trouver ici le témoignage de notre sincère reconnaissance et profonde gratitude.*

***A NOTRE MAITRE ET JUGE :***

***Pr. ZNATI Kaoutar***

***Professeur d'anatomie cytopathologique, CHU Ibn Sina, Rabat***

*Nous vous remercions de nous avoir honorés par votre présence. Cet honneur nous touche infiniment et nous tenons à vous exprimer notre profonde reconnaissance.*

***A NOTRE MAITRE ET JUGE :***

***Pr. SOUDKA Amine***

***Professeur agrégée et chirurgien à l'institut nationale de l'oncologie, CHU Rabat.***

*Vous avez accepté très spontanément de faire partie de notre jury. Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail.*





# ILLUSTRATIONS

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Schéma de l'équipement nécessaires à la télépathologie statique .....	8
Figure 2: Capture d'écran d'exemples de lames virtuelles depuis la plateforme vMic.....	11
Figure 3: Schéma de l'équipement nécessaires à la télépathologie dynamique ...	12
Figure 4: Photos des microscope numérique utilisés au service d'ACP de l'INO. .....	17
Figure 5: Photos des numériseurs de lames. ....	18
Figure 6: Algorithme des étapes du WSI .....	19
Figure 7: Numérisation d'une image.....	21
Figure 8: Visualisation d'une image pyramidale .....	23
Figure 9: Capture d'écran de LV à un grossissement de 40.....	26
Figure 10: Acquisition et visualisation en ligne des lames virtuelles .....	28
Figure 11: Décentralisation et mutualisation des lames virtuelles (LV) .....	30
Figure 12: Photo d'un adaptateur qui fixe directement un smartphone à un microscope oculaire.....	32
Figure 13: Une capture d'écran de l'application mobile "Pocket Pathologist". ...	33
Figure 14: Microscopie à faible coût utilisant un Smartphone .....	33
Figure 15: Photo résumant le fonctionnement de la télépathologie.....	34
Figure 16: Analyses des images numérique de la pathologie du sein.....	39
Figure 17: Des captures d'écran des étapes de visualisation des lames virtuelle de l'estomac sur le site pédagogique «doc-pedagogie.umontpellier.fr» .....	43
Figure 18: Le processus de mise en place d'une visioconférence avec partage d'écran .....	46
Figure 19: Schéma du fonctionnement de «TeleSlide» pour l'obtention d'un 2ème avis médical .....	48
Figure 20: Schéma montrant le fonctionnement de la plateforme de télépathologie « SOSlide » .....	49
Figure 21: Photos montrant la station de travail du technicien au site de l'examen extemporané .....	53
Figure 22: Photo de la Station d'analyse au site du médecin pathologiste.....	54
Figure 23: Photo démonstrative de l'expérience du service d'anatomopathologie hospitalo-universitaire bi-site.....	55
Figure 24: L'intelligence artificielle (ai) et les approches d'apprentissage automatique complètent l'expertise et soutiennent le pathologiste et l'oncologue .....	59

Figure 25: Répartition des répondants par sexe. ....	63
Figure 26: Répartition par secteur d'activité des répondants. ....	63
Figure 27: Répartition des répondants par tranche d'âge. ....	64
Figure 28: Répartition par nombre d'années de travail. ....	65
Figure 29: Répartition des répondants par nombre de collègues. ....	65
Figure 30: Fréquence des envois d'avis extérieurs en dehors de structure de travail. ....	67
Figure 31: Fréquence des envois d'avis extérieurs (experts à l'étranger) ....	68
Figure 32: Fréquence des examens extemporanés ....	68
Figure 33: Équipement des répondants en termes d'imagerie numérique. ....	69
Figure 34: Utilisation des scanners de lames. ....	70
Figure 35: le principal frein pour acquérir un scanner de Lames selon les répondants. ....	70
Figure 36: le principal frein pour acquérir un scanner de Lames selon les répondants. ....	70
Figure 37: l'intérêt principal des lames numérisées selon les répondants ....	71
Figure 38: La complexité du partage en limite le nombre. ....	71
Figure 39: L'importance de la formation sur la lecture des lames digitalisées. ....	72
Figure 40: Souhaitez-vous une formation en pathologie digitale ....	72

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1: Avantages et inconvénients des deux types de la télépathologie .....	14
Tableau 2: Tableau des avantages potentiels de la télépathologie .....	15
Tableau 3: Comparaison des résultats concernant les équipements en imagerie numérique. ....	74
Tableau 4: Comparaison de la fréquence de demande d'avis externe. ....	77

## ABRÉVIATIONS

- ACP** : Anatomie cytopathologique
- DSIN** : Direction du système d'information numérique
- EE** : Examen extemporané
- HES** : Hématoxyline-eosine-safran
- IHC** : Immunohistochimie
- JPEG** : Joint photographic experts group
- LV** : Lame virtuelle
- MGH** : The massachusetts general hospital
- RNIS** : Réseau numérique à intégration de services
- TE** : Télé extemporané
- TMA** : Tissue microarray
- VA** : Department of veterans affairs
- Vmic** : The virtual microscope
- VNC** : Virtual network computing
- VPN** : Virtual private network
- WSI** : Whole-slide imaging



# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>I. Définitions</b> .....	<b>3</b>
<b>II. Historique de la télépathologie :</b> .....	<b>5</b>
<b>III. Classification de la télépathologie :</b> .....	<b>8</b>
1. Télépathologie statique :.....	8
1.1. Images fixes :.....	9
1.2. Lame virtuelle :.....	9
2. Télépathologie dynamique :.....	11
2.1. Définition :.....	11
2.2. Avantages et inconvénients :.....	12
3-Télépathologie hybride :.....	13
<b>IV-Aspect technologique :</b> .....	<b>16</b>
1. Matériel de la télé pathologie :.....	16
2. Processus de numérisation d'une lame :.....	19
2.1. Acquisition des lames virtuelles :.....	20
2.2. La visualisation et gestion des lames :.....	22
2.3. La transmission et le stockage :.....	26
2.3.1-Bande passante :.....	26
2.3.2-La compression des images :.....	27
2.3.3-Les possibilités offertes par la décentralisation des données :.....	29
2.4. Matériel à cout faible : Les smartphones.....	31
3.Qualité de l'image :.....	35
4. Sécurité des applications et des données :.....	36

<b>V-Intérêt de la télépathologie dans l'anatomie patho-logique :</b>	<b>37</b>
1. Diagnostic ou lecture première :	37
2. L'enseignement des étudiants en Médecine :	39
3. La formation continue :	44
4. L'obtention d'un deuxième avis de diagnostic anatomopathologique :	47
5. L'examen de télé-extemporané :	50
6. Archivage :	56
7. La recherche :	57
8. Intelligence artificielle :	57
2eme PARTIE:ENQUETE NATIONALE	60
<b>I-Matériels et méthodes :</b>	<b>61</b>
1-Type de l'étude:	61
2-La population cible:	61
3-Elaboration du questionnaire:	61
4-La procédure :	62
5-Analyse des données :	62
<b>II-Résultats :</b>	<b>63</b>
a-Données épidémiologiques :	63
b-Second opinion (Avis extérieur) et activité d'examen extemporané :	66
c-Les équipements de télépathologie :	69
d-La formation et l'intérêt des lames virtuelles :	70
<b>III-Discussion :</b>	<b>73</b>
<b>IV-Conclusion:</b>	<b>79</b>
<b>RESUMES</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>85</b>



# INTRODUCTION

L'anatomie pathologique est une spécialité médicale qui étudie les lésions ou anomalies sur deux volets macroscopique ou microscopique pour donner un diagnostic.

La télépathologie est un domaine récent dont la pratique est actuellement en pleine expansion. Elle est défini comme un domaine spécialisé de la télémédecine, qui comprend la réalisation d'anatomie pathologique à distance à travers le microscope (ou scanner de lames) dans le site principal (site de la demande), les moyens de télécommunication et le poste de travail du pathologiste au site de la réponse. Son but est d'établir un diagnostic, d'obtenir un deuxième avis médical à partir des images envoyées entre les deux sites, ou d'utiliser pour une formation à distance. La cancérologie est un domaine d'application très important de la télépathologie.

Les débuts de la télémédecine remontent à la fin des années 1950, mais les premières expériences de télépathologie sont plus tardives : elles datent des années 1950 aux États-Unis, et au début des années 1990 en France sous l'impulsion de l'ADICAP (Association pour le Développement de l'Informatique en Anatomie et Cytologie Pathologiques). Depuis lors, de nombreux projets pilotes ont été menés dans le monde entier, ce qui a conduit à une utilisation croissante de la télépathologie.

Au Maroc, les expériences de télémédecine sont en nette augmentation mais la télépathologie demeure en retard et ne profite pas pleinement de l'évolution technologique, pour de multiples raisons. Néanmoins, aujourd'hui Le pathologiste marocain devrait s'intéresser à cette opportunité pour faciliter sa future pratique. Dans ce travail, Nous allons soulever les difficultés rencontrées dans la pratique de l'anatomie pathologique marocaine et nous allons essayer de

faire le point sur l'intérêt et l'impact de la télépathologie via l'évaluation d'une enquête nationale.

## I. DÉFINITIONS

Télépathologie = anatomopathologie + télématique .

Télémédecine = Médecine + Télématique .

Télématique = télécommunication + informatique.

### **Télémédecine :**

La télémédecine est la pratique de la médecine au moyen de techniques interactives de communication des données (audiovisuelles notamment); cela comprend la fourniture de soins médicaux, la consultation, le diagnostic et le traitement, ainsi que la formation et le transfert de données médicales[1].

### **Télépathologie :**

La télépathologie est le processus de diagnostic histopathologique effectué sur des images numériques visualisées sur un écran d'affichage plutôt que par la microscopie optique classique sur lame de verre[2].

Elle se définit aussi par la pratique qui utilise la technologie des télécommunications pour transmettre des images histologiques à un pathologiste en vue d'un diagnostic à distance[3].

### **Anatomie Pathologique :**

L'anatomie pathologique est l'étude au microscope, après coloration par différentes techniques, des prélèvements de cellules ou de tissus fixés sur lame de verre [4] afin de donner un diagnostic contribuant ainsi à une meilleure prise en charge du patient et à une meilleure compréhension des processus pathologiques dans leur globalité [5].

## II. HISTORIQUE DE LA TÉLÉPATHOLOGIE :

L'histoire de la télépathologie a été longue et mouvementée [6-7] Une liste de plusieurs étapes importantes est fournie dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

La naissance de la télépathologie a eu lieu en 1968, lorsque des images fixes en noir et blanc de frottis sanguins et de spécimens d'urine ont été envoyées par vidéo de l'aéroport Logan de Boston au MGH pour interprétation.

Par la suite dans les années 90, la valeur de la télépathologie pour le diagnostic a été mise en évidence par un document de référence concernant des milliers de cas interprétés à distance aux hôpitaux du département des anciens combattant aux États-Unis. La télépathologie était utilisée par les hôpitaux du VA pour les services de l'anatomie pathologique (par exemple, les coupes congelées), sans qu'un pathologiste ne soit présent sur place dans des endroits éloignés. Cet étude s'est basée sur un système de télépathologie dynamique Apollo, basé sur les brevets de télépathologie robotique de Weinstein et ses collègues [8-9].

Leurs données publiées ont montré une forte concordance diagnostique de la télépathologie robotique avec la microscopie optique, et une diminution du temps de traitement des cas de pathologie chirurgicale sur le site distant.

Les progrès de la télépathologie ont généralement été alignés sur les avancées technologiques. Cette évolution est bien illustrée par le changement des services de télépathologie qui étaient offerts par l'armée américaine. En 1993, l'Institut de pathologie des forces armées a lancé un service de consultation en imagerie statique dans le but de fournir une consultation rapide d'experts à l'échelle mondiale.

En 2001, la télépathologie dynamique a été adoptée par le ministère américain de la défense dans le cadre du programme de télémédecine de l'armée.

En 2005, ces systèmes ont été convertis en une plate-forme WSI. Dès lors, plusieurs entreprises ont fourni des produits concurrents pour l'imagerie numérique, offrant aux utilisateurs une gamme croissante de plateformes de numérisation et de visionneuses d'images. Plusieurs solutions logicielles commerciales (par exemple, Corista, ePath Access, Xifin) ont commencé à créer des réseaux internationaux, fournissant aux utilisateurs et aux groupes de consultation des portails de télépathologie collaborative. Ces réseaux de pathologie numérique permettent à des consortiums de consultants virtuels d'avoir accès, via le web, à des services de clouds sécurisés.

En 2009, le groupe de Dunn avait rendu compte de son expérience sur plus de 11 000 cas de télépathologie. Les taux de discordance spécifiques aux pathologistes utilisant la télépathologie dynamique/robotique (0,12 %-0,77 %) étaient bien inférieurs à ceux constatés avec la télépathologie par images statiques.

Avec la croissance de la santé mobile (mHealth), nous sommes susceptibles d'assister à une utilisation accrue de la télépathologie à l'aide d'appareils mobiles (par exemple, tablettes, téléphones portables, lunettes portables telles que Google Glass)[10].

<b>Date</b>	<b>Les étapes historiques</b>
<b>1968</b>	Des photos en noir et blanc de frottis sanguins ont été envoyées par vidéo de l'aéroport de Logan au Massachusetts General Hospital à Boston
<b>1980</b>	Télédiffusion d'une démonstration de télépathologie à l'échelle commerciale.
<b>1986</b>	Premier système de télépathologie robotique en mode vidéo utilisant le satellite ; introduction du terme "telepathology" dans la langue anglaise ; première demande de brevet de télépathologie préparée pour être soumise à l'Office américain des brevets et des marques avec le brevet accordé en 1993.
<b>1989</b>	La Norvège met en place un programme national de télépathologie pour les services de coupes congelées.
<b>1990</b>	Publication de l'expérience de la télépathologie avec plus de 2200 cas hospitaliers du VA.
<b>1994</b>	Le matériel pour un système complet de télépathologie devient disponible.
<b>1995</b>	Lancement du service de consultation d'images statiques par l'AFIP.
<b>2000</b>	Le WSI entre sur le marché.
<b>2001</b>	La télépathologie dynamique utilisée dans le programme de télé-médecine de l'armée américaine.
<b>2005</b>	L'armée américaine adopte la plateforme WSI.
<b>2009</b>	Le comité de la FDA aborde l'utilisation de la pathologie dynamique pour le diagnostic primaire.
<b>2011</b>	Introduction des systèmes d'imagerie dynamiques-robotiques/statiques WSI.
<b>2013</b>	Le Collège royal des pathologistes élabore les règles de la télépathologie.
<b>2014</b>	Mise à jour des directives cliniques de la télépathologie de l'ATA ; publication des directives de l'Association canadienne des pathologistes pour l'établissement d'un service de télépathologie pour l'anatomie pathologique à l'aide du WSI.

AFIP : Armed Forces Institute of Pathology. ATA : American Telepathology Association. FDA : Food and Drug Administration. VA : Department of Veterans Affairs. WSI : Whole-slide imaging.

Tableau 1: Tableau des grandes dates du développement de la télépathologie[10].

### III. CLASSIFICATION DE LA TELEPATHOLOGIE :

#### 1. Télépathologie statique :

La télépathologie par des images statiques est la forme la plus simple de télépathologie. Il s'agit d'acquérir, de numériser et de transmettre les images d'une lésion macroscopique ou microscopique depuis le site principal (requérant) pour transmission électronique vers un site secondaire (répondeur) ; où le pathologiste consultant peut les visionner sur écran et les interpréter. Ces images sont partagées par courrier électronique et accompagnées de textes, parfois des fichiers audio voir de vidéos [11].

Ce type de télépathologie est fait selon un mode asynchrone parce que le pathologiste qui envoie et celui qui reçoit n'ont pas besoin de le faire simultanément [12].

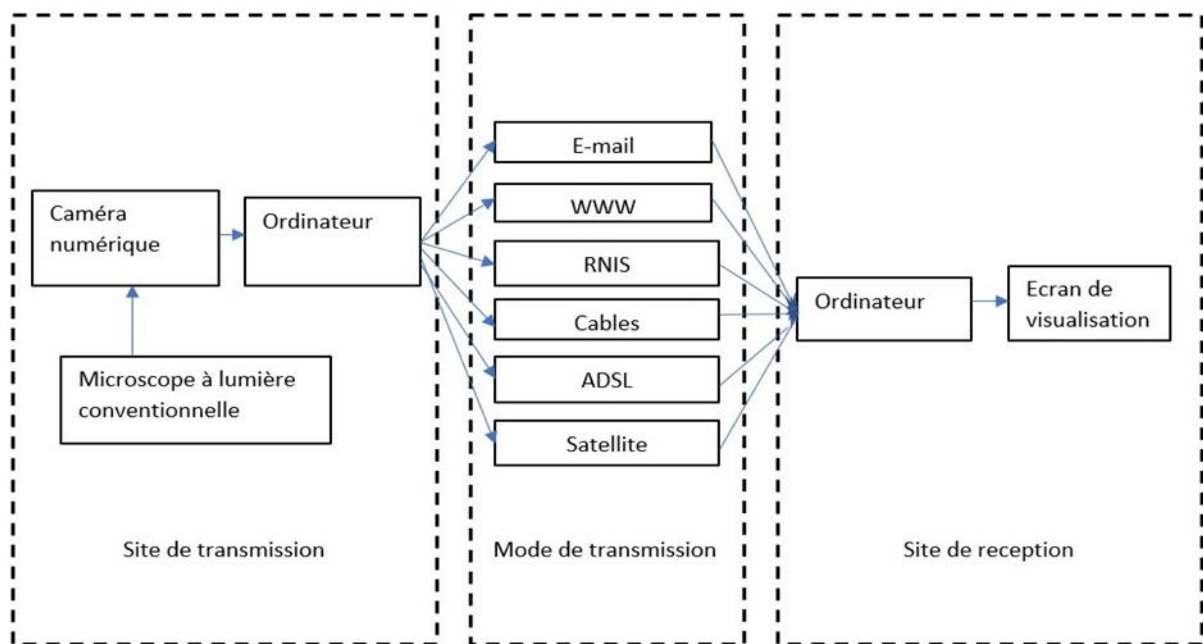


Figure 1: Schéma de l'équipement nécessaires à la télépathologie statique [10].

Il existe deux sous-types:

Envoyer une image "ponctuelle ou fixe", qui a été sélectionnée après avoir examiné l'intégralité de la lame.

Envoyer l'image après que la diapositive a été complètement numérisée (appelée lame virtuelle) [13].

### **1.1. Images fixes :**

L'image fixe est sélectionnée par la personne qui prépare la lame, et la sélection du champ à numériser est basée sur le jugement de la même personne, ainsi que les parties les plus appropriées pour que le pathologiste consultant puisse faire un 2<sup>ème</sup> avis ou parfois donner un diagnostic primaire. Par conséquent, le consultant n'a pas la main mise sur l'image sélectionnée qui est fixe [13].

Les principaux avantages de la télépathologie statique avec images fixes sont le faible coût d'investissement des équipements et l'utilisation de l'internet comme moyen de transmission. De plus, les fichiers d'images sont petits et donc plus faciles à gérer et à stocker.

### **1.2. Lame virtuelle :**

Dans le contexte actuel, la télépathologie se réfère généralement à l'application du "whole slide imaging (WSI)", signifiant « imagerie de lame entière ». WSI est une modalité d'imagerie numérique qui utilise une technologie informatisée pour scanner et convertir des lames en verre de pathologie et de cytologie en images numériques (lames virtuelles), réalisant par la suite une image géante le plus souvent de 130 à 150 gigabytes (GB). Ces images peuvent être consultées sur un ordinateur à l'aide d'un logiciel de visualisation.

L'affichage des images numériques imite un microscope optique, qui permet à l'utilisateur de balayer d'un champ à l'autre et d'augmenter ou de diminuer (zoom avant/arrière) le grossissement ; c'est pour ces raisons qu'on l'appelle aussi "microscopie virtuelle"[14].

Les LV ont plusieurs possibilités et avantages que les lames de verre n'ont pas grâce à la possibilité d'un archivage dans un serveur auquel on peut accéder à tout moment. Cela permet de régler le problème de sélection posé par les images ponctuelles car La numérisation est automatique et prends la lame de verre entière, éliminant ainsi les obstacles et les variations dues aux facteurs humains.

La télépathologie statique est généralement inadaptée aux consultations d'urgence puisque l'acquisition d'images fixes nécessite une forte intensité de travail [15-16].

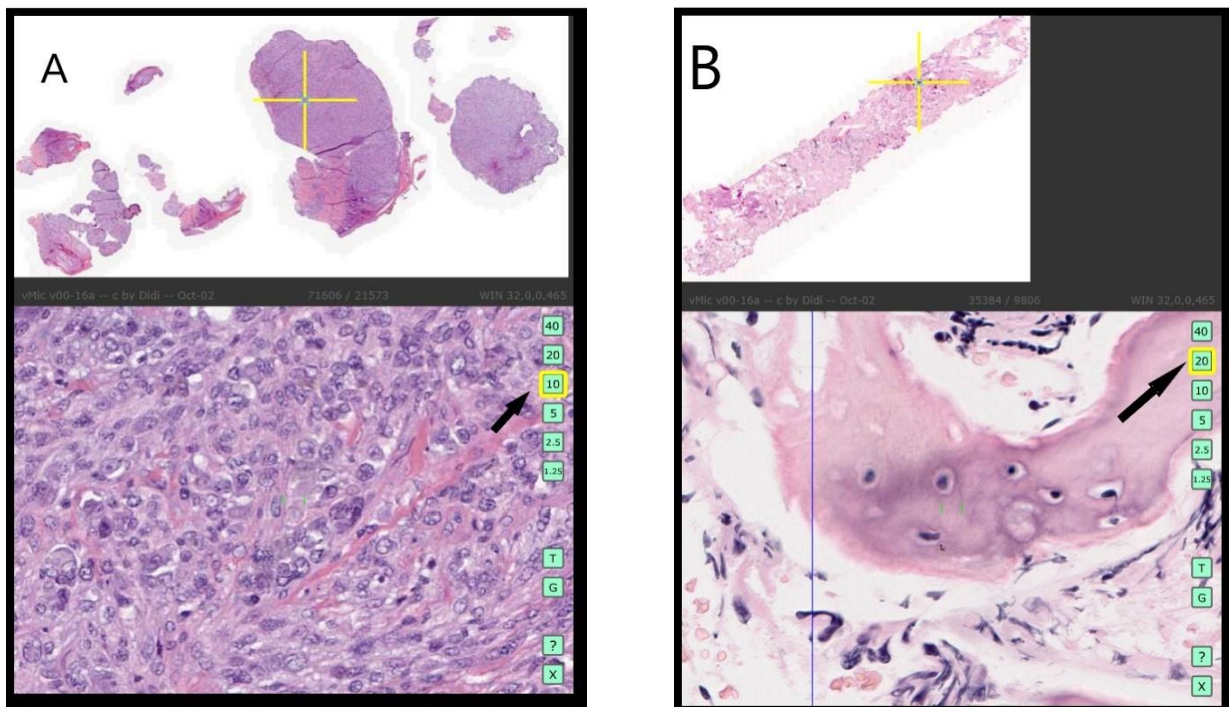


Figure 2: Capture d'écran d'exemples de lames virtuelles depuis la plateforme vMic.[17]

A : Mélanome malin (grossissement de 10)

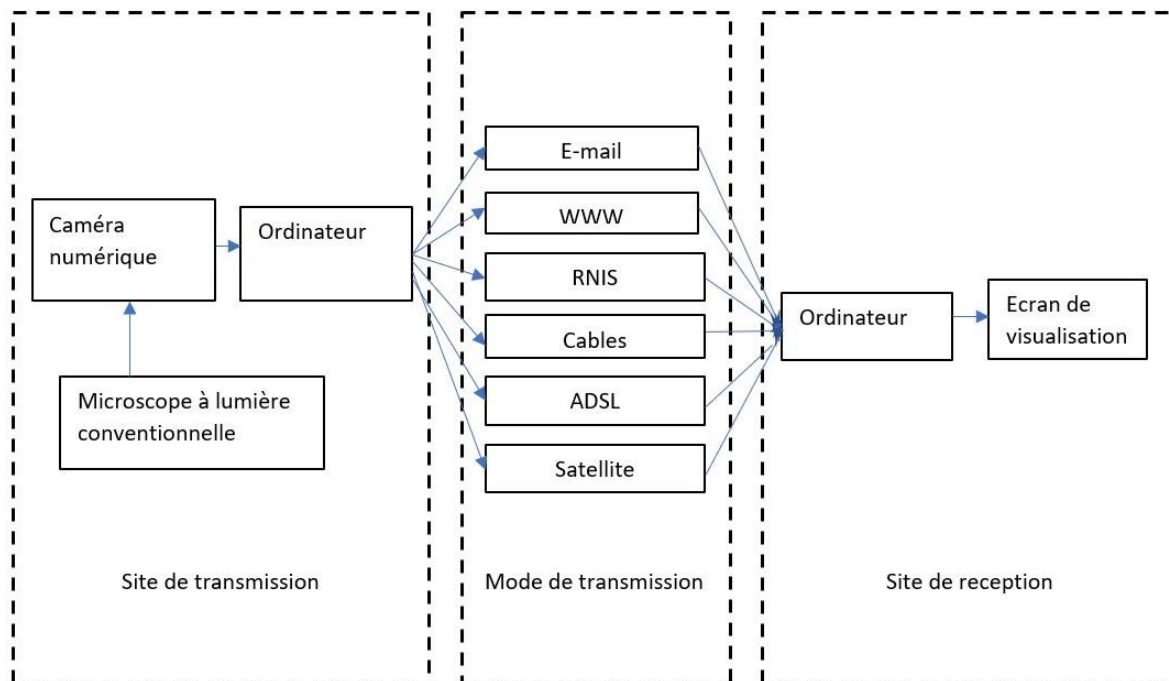
B : Métastases osseuses d'un cancer du sein (grossissement de 20)

## 2. Télépathologie dynamique :

### 2.1. Définition :

La télépathologie dynamique est une technique plus sophistiquée qui implique un microscope contrôlé par un robot avec une caméra numérique attachée au microscope et reliée à un ordinateur en réseau. Les systèmes robotiques permettent d'effectuer une télépathologie en mode synchrone (en temps réel).

Dans cette forme, le télépathologiste dispose de commandes logicielles sur son ordinateur pour "piloter" à distance (c'est-à-dire pour effectuer un panoramique et un zoom sur une lame) et mettre au point le microscope [10].



*Figure 3:Schéma de l'équipement et des connexions nécessaires à la télépathologie dynamique [10].*

## **2.2. Avantages et inconvénients :**

Les avantages de la télépathologie robotique comprennent l'accès à la lame entière, le contrôle par l'utilisateur du microscope et de l'image en ce qui concerne les champs (panoramique) et le grossissement, ainsi qu'une bonne qualité d'image et une vitesse de conduite rapide.

Parmi les inconvénients, citons une technologie coûteuse, la nécessité d'un logiciel intégré pour l'hôte et le destinataire, des exigences élevées en matière de bande passante et la nécessité d'une assistance technique et d'une maintenance permanentes [10].

### **3-Télépathologie hybride :**

Il existe aujourd'hui de nombreux systèmes de télépathologie qui combinent des éléments statiques et dynamiques. Dans ces systèmes, une série d'images statiques peut être capturée et transmise au début d'une session de télépathologie dynamique. De cette façon, le temps passé à contrôler le microscope robotisé est réduit de manière à diminuer le temps de travail global. Le temps de consultation du pathologiste receveur est réduit (bien que le temps du pathologiste référant peut être prolongé à cause de la capture des images statiques) [18].

	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
TÉLÉPATHOLOGIE STATIQUE	<b>Images ponctuelles</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fichiers de petite taille</li> <li>▪ Envoi par internet en fichiers joints</li> <li>▪ N'exigent pas de bande passante large</li> <li>▪ Faible coût d'investissement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fiabilité diagnostique variable, étroitement liée à la sélection des images</li> <li>▪ Erreurs dans le choix des champs photographiés</li> </ul>
	<b>Lame virtuelle</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fiabilité diagnostique élevée selon les données de la littérature</li> <li>▪ Processus de numérisation automatisé éliminant la possibilité d'erreurs de sélection des images ponctuelles</li> <li>▪ Si la numérisation est adéquate, la qualité est comparable à celle de la lame de verre</li> <li>▪ Caractère virtuel : <ul style="list-style-type: none"> <li>- envoi rapide</li> <li>- archivage pendant des années sans perte de qualité</li> <li>- possibilité de reproduction de copies identiques à des fins de formation, notamment sur les cas rares</li> <li>- intégration dans d'autres supports électroniques : DVD, sites Web, etc.</li> </ul> </li> <li>▪ Envoi en différé (asynchrone) par l'internet usuel ou archivage dans un serveur avec possibilité d'accès en tout temps†</li> </ul>	
TÉLÉPATHOLOGIE DYNAMIQUE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Processus de manipulation flexible et similaire à celui de l'anatomopathologie classique</li> <li>▪ Sources d'erreurs liées à la manipulation par une tierce personne minimales</li> <li>▪ Rétroaction en temps réel entre les deux équipes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coût d'investissement relativement élevé<sup>2</sup></li> <li>▪ Manque d'interopérabilité entre les différents systèmes des fournisseurs de matériel</li> <li>▪ Période d'apprentissage longue au début</li> <li>▪ Exige un temps de transmission plus long parce que la taille des données est beaucoup plus grande</li> <li>▪ Exige une bande passante large</li> </ul>

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

Tableau 1: Avantages et inconvénients des deux types de la télépathologie [13].

<b>Cibles</b>	<b>Avantages potentiels</b>
<b>Patient</b>	-Réduction des chirurgies en deux temps Réduction des transferts
<b>Pathologiste</b>	Plus grande mobilité Meilleure gestion de son temps Amélioration du délai de réponse des diagnostics Accès plus facile à une seconde opinion Collaboration plus étroite avec des collègues chirurgiens et pathologistes Meilleure distribution du travail entre pathologistes Réduction de l'isolement professionnel Meilleur accès aux lames antérieures grâce à un archivage virtuel Prise de mesures plus précises (profondeur d'envahissement, diamètre des tumeurs, etc.) Amélioration de la qualité de vie des pathologistes
<b>Organisation</b>	Gestion facilitée des interruptions de service Réduction des délais pour amorcer un traitement Réduction des coûts liés au transport et à l'hébergement des pathologistes dépanneurs Maintien du personnel de laboratoire malgré l'absence de pathologistes Rétention des chirurgiens et des pathologistes en région

Tableau 2:Tableau des avantages potentiels de la télépathologie[19].

## **IV-ASPECT TECHNOLOGIQUE :**

### **1. Matériel de la télé pathologie :**

Sur le site principal, les technologies minimales requises pour effectuer des activités de pathologie à distance sont les suivantes :

- un microscope optique.
- un appareil photo à haute résolution et/ou une caméra vidéo.
- un adaptateur.
- un ordinateur avec des logiciels de visualisation.

En outre, scanner de lame est requis lorsque la télépathologie à lame virtuelle est prévue. Un réseau de télécommunication adapté au réglage du mode de pathologie à distance est requis.

Sur le site secondaire, des postes de travail performants et des écrans à haute résolution spatiale et à haute luminosité sont nécessaires pour permettre une lecture précise des images transmises.

Nous pouvons utiliser la visioconférence ou les appels téléphoniques en parallèle entre les deux sites afin de pouvoir contrôler directement la qualité des échantillons ou guider le choix des image [13].

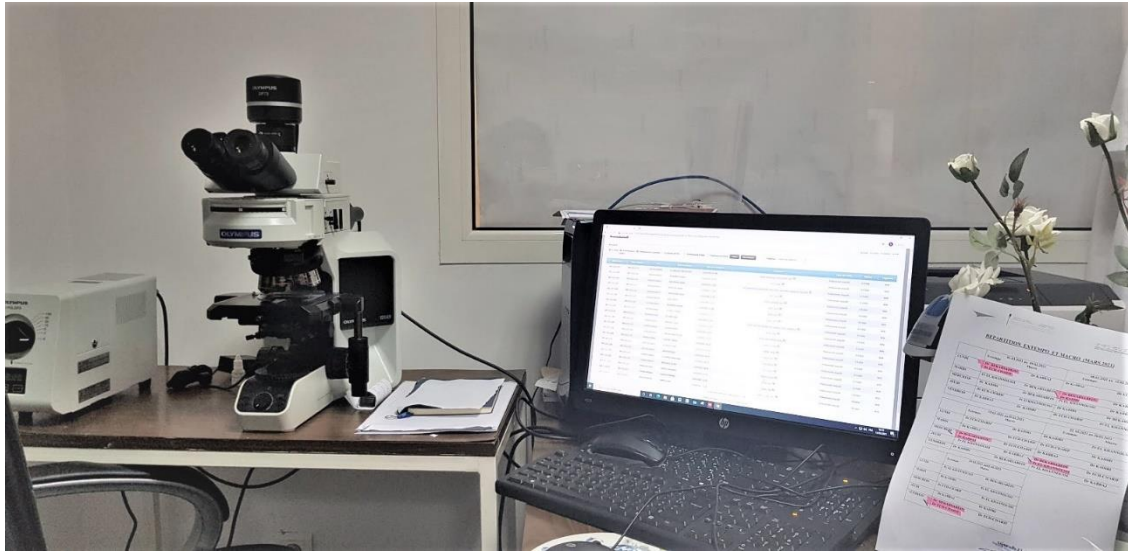


Figure 4: Photos des microscope numérique utilisés au service d'ACP de l'INO.



Figure 5:Photos des numériseurs de lames.

*A :Numériseur de lames de microscope Aperio GT 450 DX*  
*B :Numériseur de lames de microscope Aperio LV1 IVD*

## 2. Processus de numérisation d'une lame :

La télépathologie virtuelle comporte quatre étapes importantes :

- L'acquisition des lames virtuelles,
- La visualisation et gestion des lames en réseau,
- Le stockage,
- La transmission.

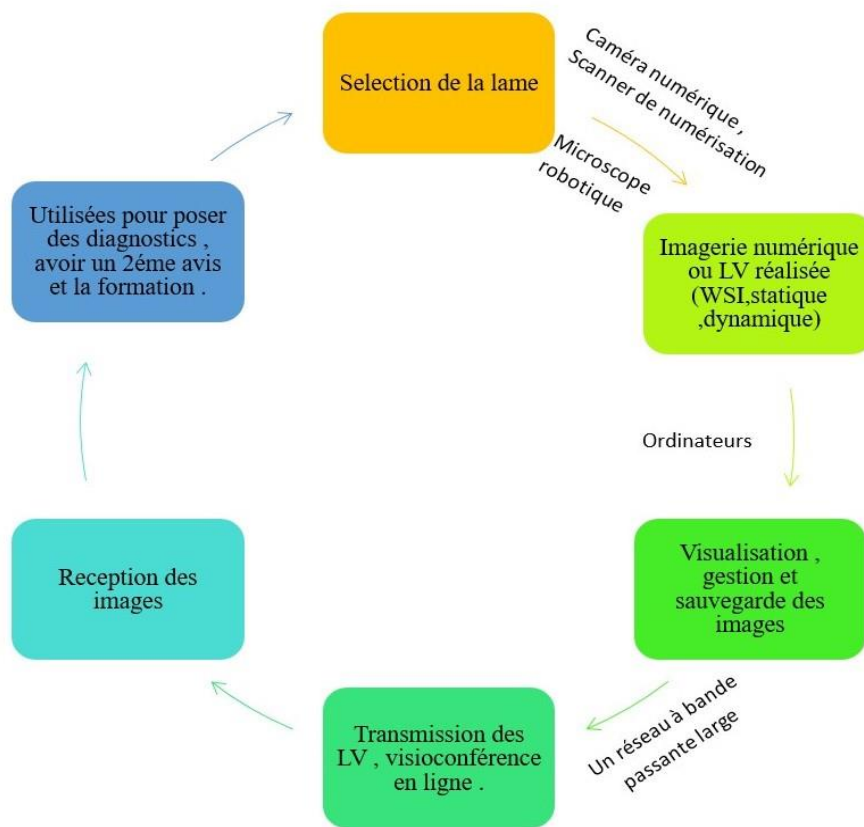


Figure 6: Algorithme des étapes du WSI [20].

## 2.1. Acquisition des lames virtuelles :

En ce qui concerne le matériel d'acquisition, on peut distinguer différents systèmes selon qu'il s'agit d'un microscope motorisé ou d'un scanner. Ils sont tous deux contrôlés par un logiciel d'acquisition qui leur est propre.

Un microscope motorisé conserve les mêmes fonctionnalités qu'un microscope ordinaire, c'est-à-dire la tête, des objectifs, des outils de positionnement et le contrôle de la luminosité.

Le deuxième élément principal est la caméra associée au microscope.

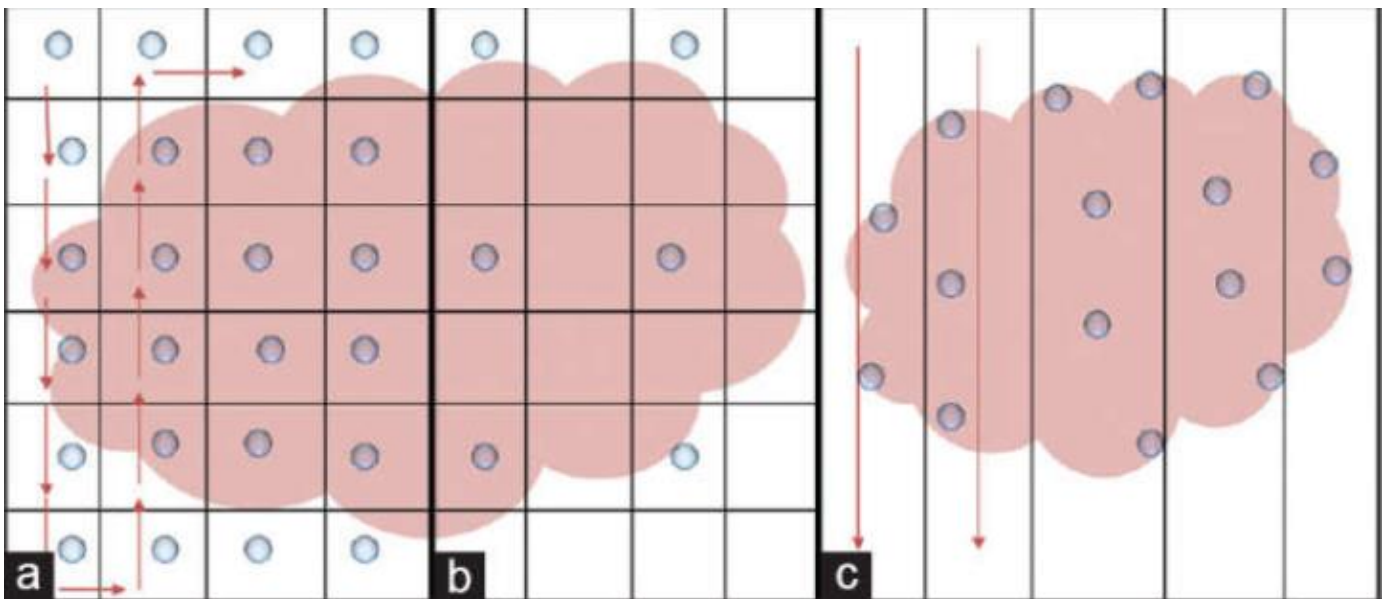
Le socle sur lequel est placée la lame se déplace sous l'objectif et une prise de vue est faite par la caméra à chaque déplacement.

Dans le cas du scanner, il s'agit de systèmes fermés, à l'exception d'une seule ouverture pour insérer la lame ou les lames dans l'appareil. Cette fois, le socle reste fixe et c'est le système de numérisation (objectifs et caméra) qui est mobile pour parcourir la lame.

L'acquisition des images se fait par bandes longues et étroites en cas de balayage linéaire, alors qu'en cas de balayage par carreaux les lames sont scannées en une série de carreaux rectangulaires [21].

Plusieurs méthodes de balayage sont utilisées pour focaliser les champs, notamment "focaliser chaque champ", "focaliser chaque énième champ" et méthode de la vue de l'ensemble de la lame (overview, slide map) ainsi, l'image finale est une mosaïque composée de multiples fichiers (Figure 7) [14].

Champ de balayage	Caractéristiques
Focaliser sur chaque champ	Précis mais chronophage
Focaliser chaque énième champ	Plus rapide plus simple
Lame entière	Plus vite mais moins précis



*Figure 7: Numérisation d'une image [14].*

*(a et b) Modèle de balayage des carreaux. Les flèches indiquent la direction du balayage.*

*Les points bleus en (a) indiquent la méthode "focaliser chaque champ".*

*Les points bleus en (b) indiquent la méthode "focaliser chaque énième champ".*

*(c) Modèle de balayage linéaire.*

Le balayage des lames s'effectue dans des plans de grossissement et de focalisation multiples. Ces images sont soit chargées automatiquement, soit des images plus petites qui seront finalement regroupées en images plus grandes à

l'aide de logiciels grâce à des algorithmes de redimensionnement. Ces logiciels reproduisent la section exacte requise dans la lame et la stockent dans l'ordinateur pour une utilisation ultérieure [14].

A titre d'exemple, on estime qu'il faut environ 1500 images et 20 minutes pour scanner une surface de 15mm×10mm à l'objectif 40×avec le système Olympus SIS (.slide)[22].

La résolution obtenue est cruciale pour permettre le diagnostic de certaines pathologies. Une LV peut occuper, selon la surface numérisée et l'objectif utilisé, de 50 Mo à 5 Go.

La structure des images produites peut être plate, c'est-à-dire l'équivalent d'une photographie numérique usuelle, en deux dimensions (de type JPEG ou TIFF) ou, le plus souvent avoir une structure pyramidale (figure 8).

Une représentation pyramidale est un fichier composé d'un ensemble d'images liées les unes aux autres et représentant différentes zones à différents grossissements et en utilisant plusieurs mises au point.

En ce qui concerne les paramètres numériques de l'image, tels que le contraste ou la luminosité, ils peuvent être modulés ultérieurement par le logiciel employé.

La qualité de l'image obtenue dépend de la qualité de la lame originale à numériser. Elle doit être exempte d'artefacts[21].

## **2.2. La visualisation et gestion des lames :**

Une fois numérisés, les fichiers d'images des lames numériques et les métadonnées associées, y compris l'identifiant du spécimen, le type de spécimen, les informations sur l'étude ou le patient, ainsi que les informations histochimiques ou immunohistochimiques pertinentes, doivent être stockées

dans une base de données ou un système de gestion d'images interrogeable et récupérable.

Pour le WSI, la méthode la plus efficace et la plus précise consiste à fixer sur la LV un code à barres doté d'un identifiant unique qui permet d'associer de manière permanente les métadonnées de la diapositive à l'image produite(figure 8).

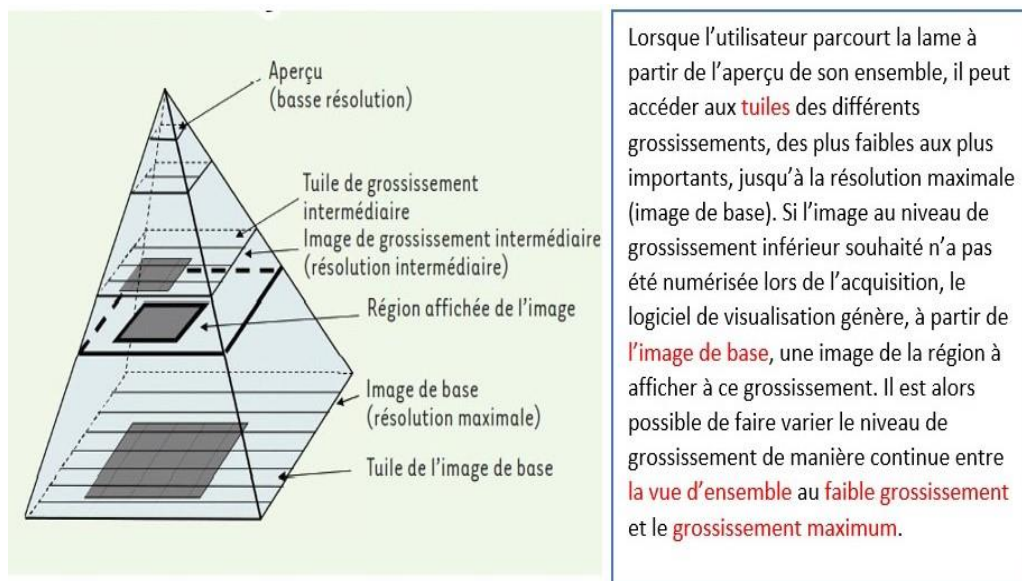


Figure 8: Visualisation d'une image pyramidale[23].

Le logiciel de visualisation « *viewer* » peut être installé localement sur l'ordinateur de l'utilisateur et permettre de regarder une LV, elle aussi stockée localement.

Un *viewer* installé localement peut également se connecter à un serveur distant qui lui transmet des flux d'images à travers le réseau[24].

Enfin, la visualisation peut être faite en se connectant à :

- Une application web permettant de lire indifféremment, après conversion (Tribvn, conversion au format .wfml) ou sans conversion (Aurora mScope), tous les formats des images acquises par les différents systèmes.
- une application « flash » qui permet de lire les images une fois exportées dans un format spécifique, le format zoomify. Les visionneurs Olympus. Slide et Aperio Image Scope, notamment, permettent une telle exportation.
- un visionneur distant lié aux différentes applications propriétaires. Il permet de diffuser sur Internet un format unique d'image, en général propriétaire (celui du système auquel est lié cette application).

Exemple : Aperio Image Scope pour les formats .cws et .svs d'Aperio, Olympus. Slide pour le format .vsi d'Olympus, Zeiss Mirax Visionneur pour le format .zeiss de Zeiss, Nikon [24].

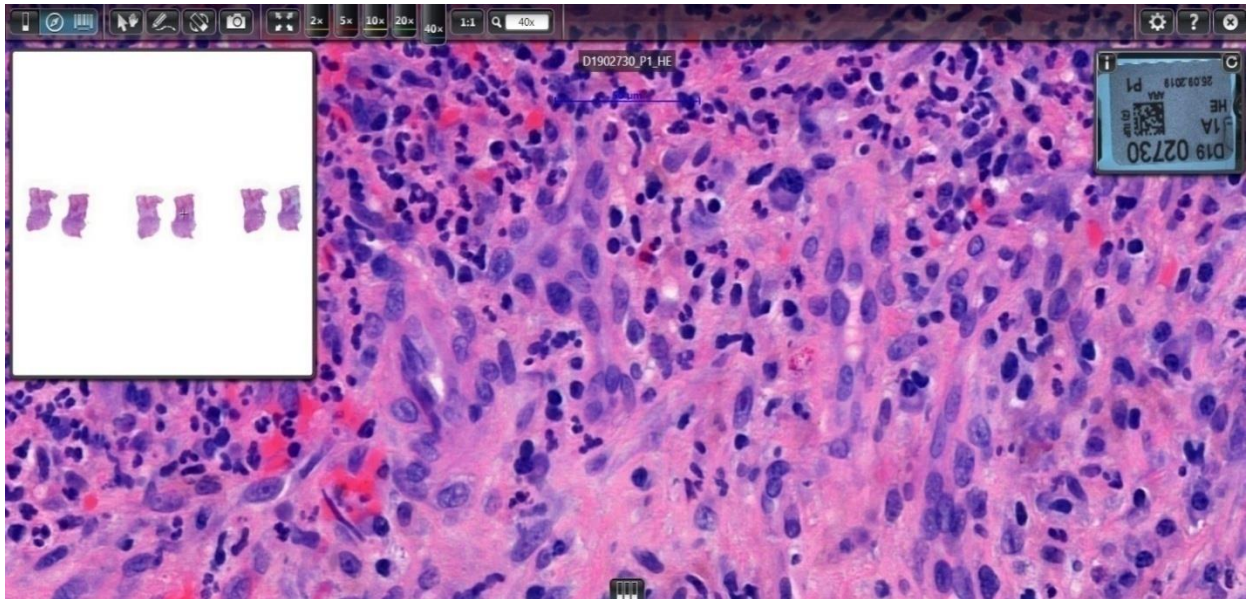
Il y a trois priorités pour les logiciels de visualisation : la qualité des images, la rapidité de leur affichage [25] et la compatibilité avec les ordinateurs ou périphériques utilisés. Une visualisation sans perte d'information par rapport à l'image acquise est donc essentielle.

En outre, pour une navigation fluide dans le cas d'une visualisation à distance, seule est diffusée à l'écran la partie de la lame que l'observateur souhaite afficher. La bande passante requise pour diffuser les lames dépend ainsi, non pas du poids (en octets) de la lame, mais de la résolution de la fenêtre d'affichage à l'écran et du nombre d'utilisateurs connectés au système. La bande passante requise pour visualiser les LV s'accommode d'une connexion ADSL (*asymmetric digital subscriber line*) usuelle (10 mégabits par seconde [Mbps]).

Enfin, la plupart des *viewers* sont compatibles avec la majorité des systèmes d'exploitation existants [24]. Par ailleurs, de nombreux outils sont intégrés aux *viewers* pour augmenter l'intérêt pédagogique ou diagnostique de la lame. Parmi ceux-ci, on peut évoquer :

- La possibilité de dépasser les limites du grossissement optique du microscope ou du scanner avec un zoom numérique.
- Un système multi-fenêtres permet de voir plusieurs lames simultanément : leur déplacement synchronisé est très utile pour observer plusieurs colorations différentes sur des champs identiques ou également pour l'analyse de TMA (*tissue microarray*)[26].
- Outre les déplacements horizontaux et verticaux, il est possible d'effectuer des rotations ou d'afficher différents plans focaux sur une zone donnée.
- On peut également citer les projets de visualisation ultra-rapide des LV sur écran géant, ou en trois dimensions grâce à la numérisation de centaines de coupes tissulaires successives pour explorer l'image produite dans son épaisseur. Ce type d'analyse permet de rendre compte du volume des structures analysées par le pathologiste, et non simplement de leur surface[27-28].

Enfin, ces fonctionnalités peuvent être complétées par des logiciels d'aide au diagnostic grâce à des outils d'analyse d'image, tels que le comptage automatique des noyaux de cellules présents sur la lame ou la mesure des surfaces de tissus[29-30].



*Figure 9: Capture d'écran de LV à un grossissement de 40  
sur(<https://pathorama.ch/vcollections/index.html>)*

### **2.3. La transmission et le stockage :**

Internet est le moyen le plus étendu et le moins cher de transmettre les images. Ce transfert peut être effectué de trois manières différentes: Web, email ou FTP (File Transfer Protocol).

En pathologie, le partage électronique a l'avantage de fournir des informations plus rapidement que les méthodes traditionnelles (courrier postal). Il est possible de traverser des distances géographiques et d'obtenir des ressources et des compétences qui ne sont pas disponibles localement. Afin de transmettre pleinement les informations, deux paramètres doivent être pris en compte: la bande passante et l'algorithme de compression [13].

#### *2.3.1-Bande passante :*

Le choix de la bande passante adéquate est un critère préalable au succès ou à l'échec de la télémédecine. Deux facteurs doivent être pris en compte dans cette définition, à savoir le coût associé au haut débit et la qualité de

transmission minimale requise pour réaliser pleinement les activités visées. La télépathologie dynamique nécessite plus de bande passante que la télépathologie statique. Pour cette dernière, la bande passante n'est pas un problème majeur en raison de la nature asynchrone de la transmission. Pour la pathologie dynamique à distance, le besoin de haut débit dépend de la quantité d'informations transmises en mode synchrone [13].

### *2.3.2-La compression des images :*

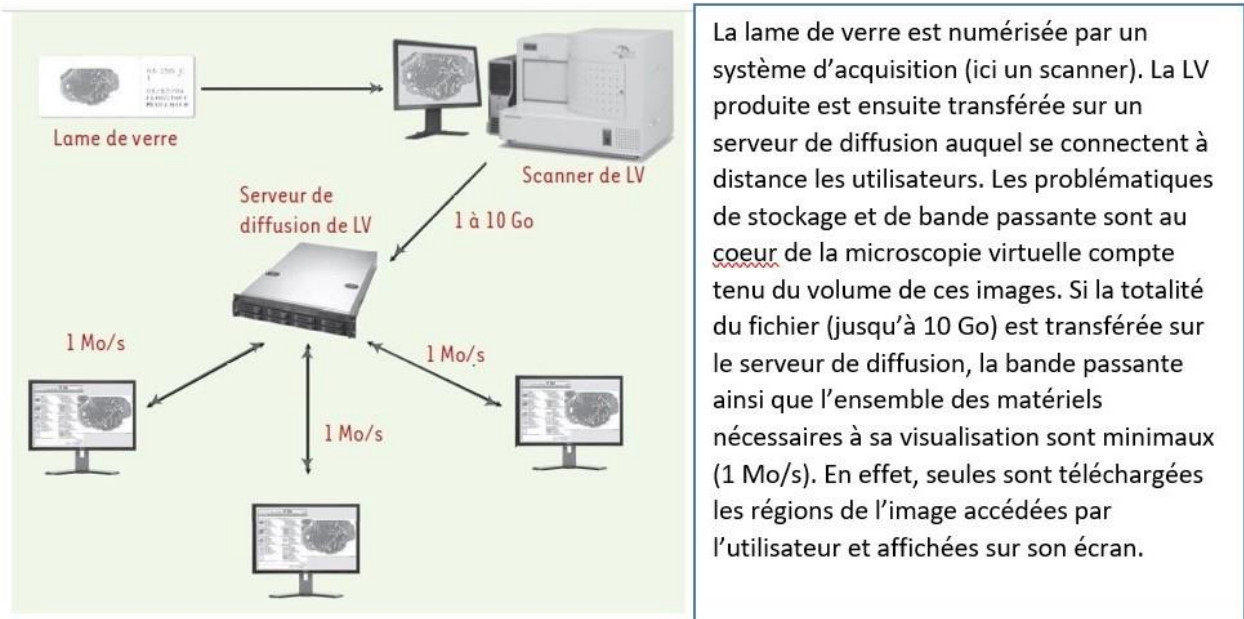
Il existe deux modes de compression d'images, avec et sans perte d'information (lossless et lossy).

La méthodes de compression sans perte d'information (aucune perte d'information)est complètement réversibles mais ne permet pas un ratio de plus de 3 pour 1.

Le mode dit ; avec perte d'information, comme le JPEG ou le JPEG 2000.

L'avantage de l'algorithme de compression utilisé par le mode JPEG c'est de réduire la taille du fichier sans affecter la qualité perçue par l'œil humain. Cependant, cette méthode introduit des artéfacts numériques sur l'image. Ceci est très important et doit être pris en compte si le fichier sera utilisé pour de nouvelles analyse à l'avenir.

Afin de s'assurer que la compression en mode JPEG ne dégrade pas la qualité de l'image, certains auteurs ont comparé la fiabilité diagnostic des images basées sur la compression JPEG avec des images non compressées (TIFF ou bitmap). Les résultats d'un essai clinique randomisé n'ont pas montré de changements significatifs de qualité d'image entre les deux groupes, qu'il s'agisse d'une image compressée à 90% ou d'une image non compressée [13].



*Figure 10: Acquisition et visualisation en ligne des lames virtuelles [23].*

Le stockage interne est actuellement limité à une dizaine de téraoctets (To) par ordinateur. Si le coût du stockage local interne ou externe reste modéré (environ 1008 MAD/To), le stockage en réseau quant à lui coûte entre 945 MAD et 4725 MAD /To/mois. Par ailleurs, la plupart des serveurs de diffusion connectés sur un réseau universitaire ont une bande passante souvent inférieure à 100 Mbps. Dans un contexte hospitalier, la bande passante est souvent encore plus faible. Ainsi, un seul serveur peut accepter au plus mille utilisateurs connectés au site de gestion des LV, cent utilisateurs visualisant des lames distinctes, et quelques dizaines d'utilisateurs visualisant la même lame. En outre, les directions des systèmes d'information (DSI) hospitaliers et universitaires ont souvent des politiques de sécurité strictes, limitant l'accès à certains programmes, sites, protocoles réseaux (http) et ports réseaux (80). Elles doivent donc toujours être associées à la mise en place de systèmes de LV [23].

### *2.3.3-Les possibilités offertes par la décentralisation des données :*

Grâce au principe du *cloud computing* , le partage en ligne des LV permet à de multiples utilisateurs de consulter des ressources provenant de structures diverses et/ou éloignées géographiquement.

Les utilisateurs se connectent à un portail général qui leur donne accès de manière indifférenciée aux LV provenant de l'un ou l'autre des serveurs de diffusion connectés. Ils pourront alors les partager, les annoter, etc. directement en ligne.

Cette structure sécurisée est évolutive et permet de dépasser les contraintes logicielles, matérielles et de bande passante en augmentant à discrétion le nombre de serveurs connectés.

Cette décentralisation des données permet de mutualiser les ressources des différentes structures participantes et, ainsi, de répartir les coûts occasionnés par les prérequis actuels des LV en termes de stockage et de bande passante. Elle permet aussi l'utilisation concomitante de différents systèmes d'acquisition et de visualisation, ainsi que la mise en commun des ressources pour des travaux d'analyse automatisée d'image à grande échelle, tels que l'analyse de la qualité.

Il s'agit donc d'une condition essentielle pour penser à l'utilisation à grande échelle des LV au sein de structures importantes et éventuellement hétérogènes [23].

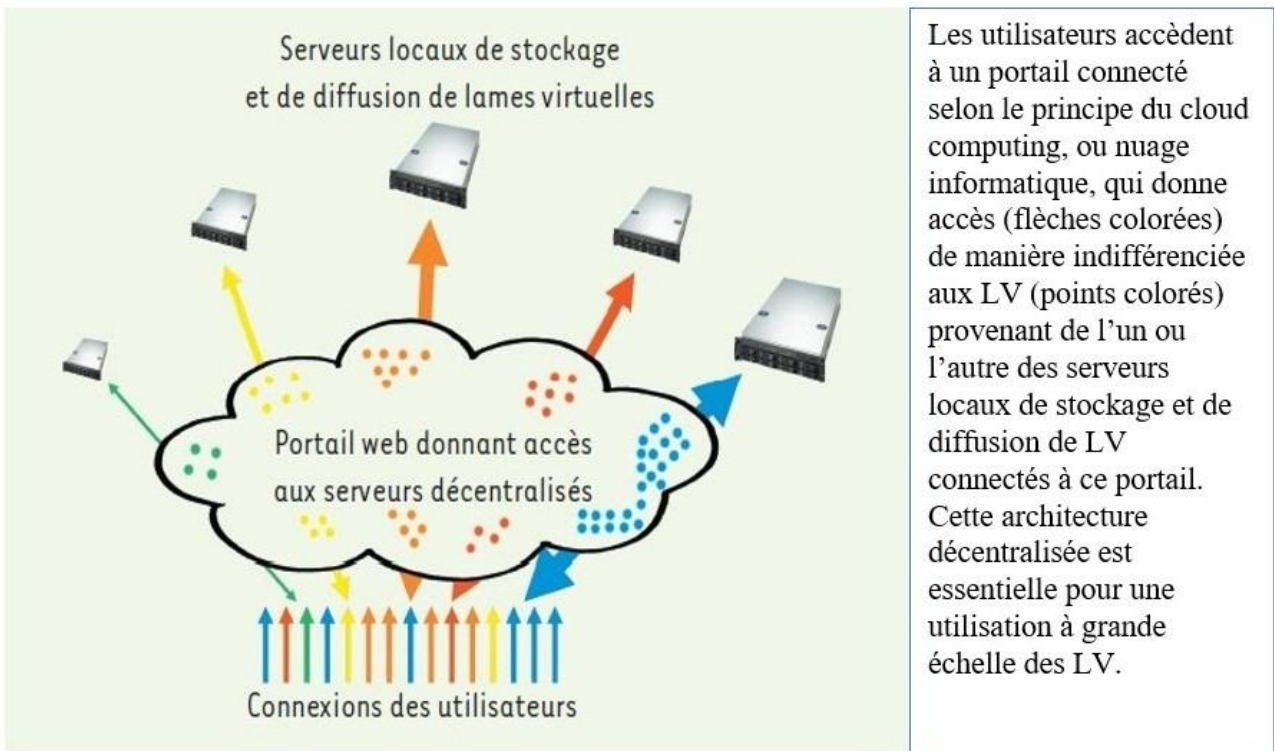


Figure 11: Décentralisation et mutualisation des lames virtuelles (LV)[23].

## 2.4. Matériel à cout faible : Les smartphones

Comme aperçu dans le chapitre 3 la télépathologie à lame virtuelle qu'elle soit statique ou dynamique implique un investissement élevé. Désormais les progrès techniques et leurs démocratisation dans les pays émergent offrent des alternatives moins couteuses comme l'utilisation d'un smartphone combiné au microscope [31].

La technologie des smartphones peut faciliter l'acquisition d'images à partir de microscopes en contournant l'exigence traditionnelle d'une caméra physiquement montée sur un microscope pour obtenir des images numériques. Avec le temps, la qualité des caméras des smartphones s'est améliorée, de sorte que les caméras des smartphones sont devenues équivalentes aux caméras numériques standard.

Avec cette avancée, il est devenu possible d'utiliser un téléphone portable pour acquérir directement des images à partir d'un microscope oculaire. Des publications plus récentes ont trouvé des images de diagnostic adéquates en utilisant des smartphones pour acquérir directement à partir d'un oculaire de microscope avec l'utilisation d'un adaptateur. Par la suite, plusieurs adaptateurs ont été commercialisés pour moins de 1000 MAD ; ils permettent de fixer un smartphone aux pièces oculaires d'un microscope (figure 12).



*Figure 12: Photo d'un adaptateur qui fixe directement un smartphone à un microscope oculaire[32].*

*Le téléphone mobile se trouve à l'intérieur de la partie ouverte et l'extrémité conique est fixée à l'oculaire du microscope.*

Une application mobile gratuite a été développée au centre médical de l'université de Pittsburgh, basée sur iOS (Pocket Pathologist) pour permettre la soumission rapide des consultations au sein du service de consultation en ligne[32].

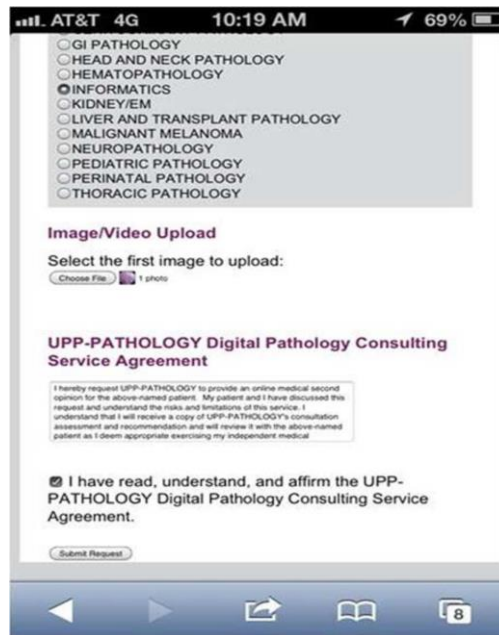


Figure 13: Une capture d'écran de l'application mobile "Pocket Pathologist".

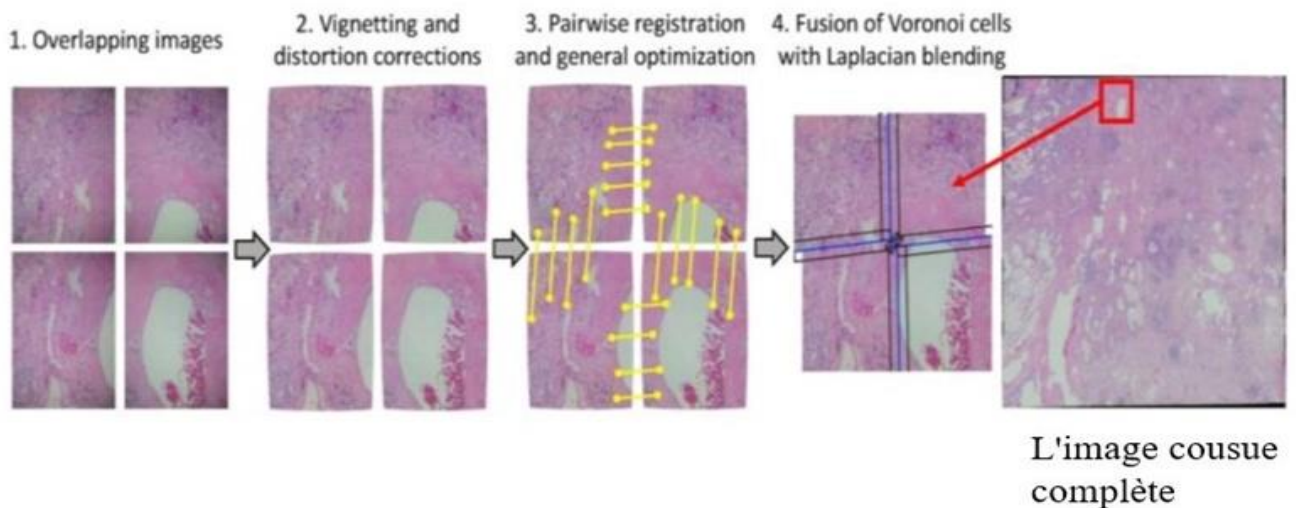


Figure 14: Microscopie à faible coût utilisant un Smartphone[31].

- (1): Images qui se chevauchent .
- (2) :Vignettage et corrections de distorsion
- (3) :Enregistrement par paires et optimisation générale(segments jaunes).
- (4) :Fusion de cellules de Voronoï(segments de lignes bleues) avec mélange Laplacien

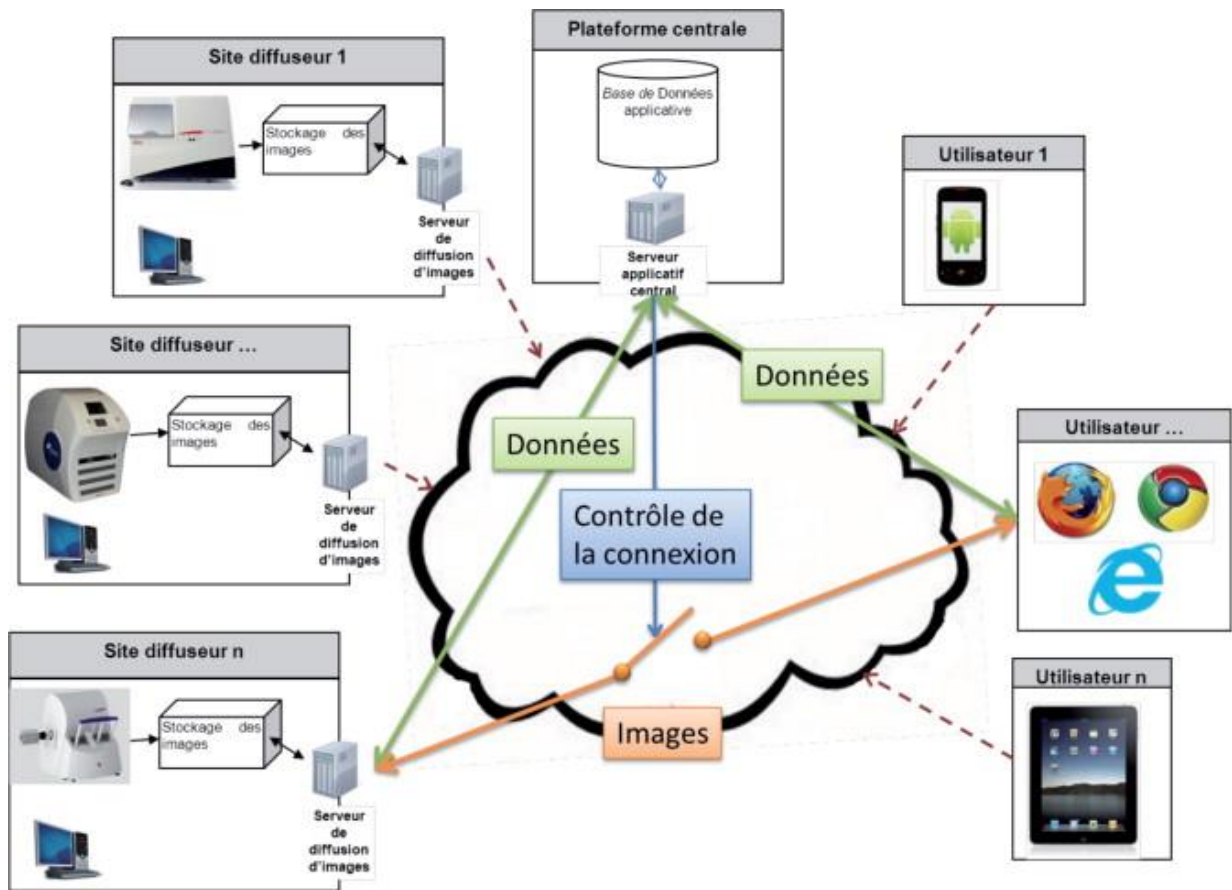


Figure 15: Photo résumant le fonctionnement de la télépathologie.

### 3. Qualité de l'image :

La qualité de l'image dépendra des performances de la caméra, des performances des algorithmes de compression et de transmission et de la qualité de l'affichage.

La bonne qualité des images transmises est une condition nécessaire à un diagnostic adéquat. Bien que certains auteurs estiment que la qualité d'image n'est pas un obstacle à la fiabilité du diagnostic, d'autres auteurs insistent sur l'importance de fournir des documents virtuels pour obtenir une qualité d'image similaire à celle des lames réelles. Une qualité similaire se réfère notamment à la possibilité de navigation dans toute la zone utilisable et au même grossissement qu'un microscope conventionnel. Ces deux normes: la possibilité d'inspecter et d'agrandir l'ensemble de la lame à travers la LV.

En ce qui concerne la qualité de la LV pour certains auteurs elle est proche de celle des microscopes optiques, tandis que d'autres s'y opposent. Le principal défi consiste à gérer les fichiers de commande gigabit, y compris l'annotation, la compression, l'archivage et le traitement des lames. De son côté, quatre conditions correctes sont définies, qui permettent de numériser correctement une diapositive virtuelle avec une résolution suffisamment élevée sans affecter la qualité de l'image. Par conséquent, il faut :

- Assurer une bonne mise au point sur toute la superficie de la lame.
- La lame doit être dépourvue de lignes de raccordement entre les images.
- Doit avoir les mêmes couleurs de la lame de verre.
- Ne présenter aucun détail lié à la compression ni d'autres artefacts (aberrations chromatiques) [13].

#### **4. Sécurité des applications et des données :**

Si un système complètement sécurisé n'existe pas, le problème de sécurité des données transmises est critique pour toutes les applications de télémédecine, y compris la télépathologie. Cette sécurité doit être assurée à différents stades des problèmes de sécurité des données cliniques et administratives par les méthodes suivantes:

- L'enregistrement de tous les accès aux données.
- L'alerte de confidentialité,
- Le rapport quotidien automatisé de surveillance fournissant une liste des accès à des données névralgiques.
- L'audit périodique [34].

## **V-INTERET DE LA TELEPATHOLOGIE DANS L'ANATOMIE PATHO-LOGIQUE :**

L'utilisation des lames virtuelles est en train de bouleverser la pratique quotidienne des analyses anatomopathologiques, qu'elle concerne les activités diagnostiques quotidiennes, les actions pédagogiques ou de recherche.

Même si des analyses quantitatives sont déjà réalisées depuis longtemps à l'aide de microscopes couplés à un logiciel informatique (notamment dans le domaine des neurosciences), les lames virtuelles permettent un plus grand développement de ce type d'application.

### **1. Diagnostic ou lecture première :**

La lecture des LV nécessite des écrans de très bonne qualité et de taille suffisante (supérieure à 19 pouces).Leurs avantages pour les activités diagnostiques sont :

#### **✚ En diagnostic HE (hématoxyline-éosine) :**

-Une accessibilité totale de la lame par réseau local ou Internet à l'instant même où elle est numérisée. Cela permet d'éviter l'étape actuelle de tri des lames avant le rendu à chaque médecin lecteur.

- Une possibilité d'annoter une image pour argumenter un diagnostic.

- Une possibilité de scanner une lame HES, et/ou avec un marqueur immunohistochimique puis la scanner de nouveau, pour permettre l'observation simultanée de plusieurs colorations d'une seule et même zone.

- Une insertion d'un lien informatique « image » dans le dossier du patient.  
[38].

### En diagnostic IHC :

En immunohistochimie, la visualisation des lames scannées permettra de quantifier un ou plusieurs marqueurs via des applications intégrées dans les *viewers* de lecture. Ces marqueurs qui sont pour certains des facteurs prédictives de la réponse aux thérapeutiques et aussi pronostiques, la lecture nécessite une évaluation quantitatives ou semi-quantitatives.

La quantification de l'immunofluorescence numérique peut aider les pathologistes à évaluer l'expression moléculaire de marqueurs dans les tissus cancéreux notamment dans les techniques d'hybridation in situ fluorescente.

En plus la microscopie classique ne permet pas la préservation à long terme des marquages immun fluorescents, cet obstacle disparaît avec la technologie des lames virtuelles qui permet, non seulement de numériser une image entière d'immunofluorescence en quelques minutes, mais également de la conserver presque indéfiniment [39].

Donnant l'exemple du cancer du sein :

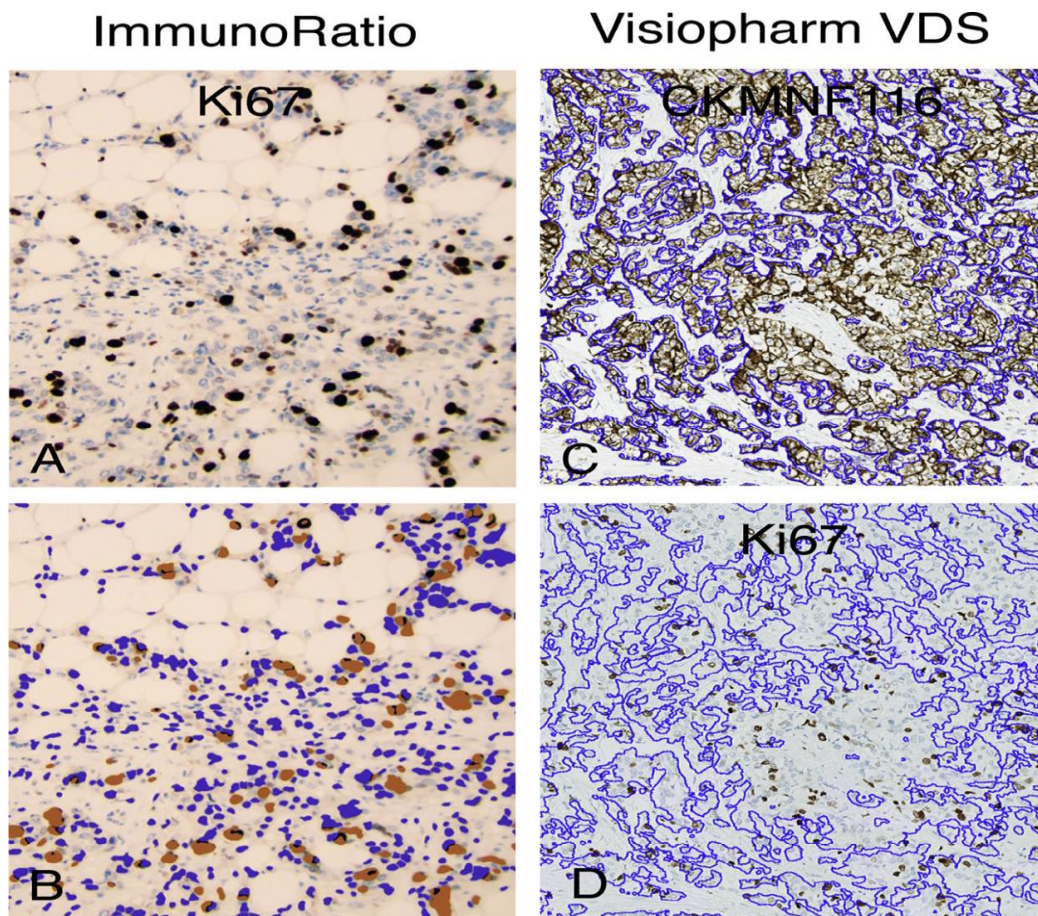


Figure 16: Analyses des images numériques de la pathologie du sein [40].

**(A-B)** Evaluation numérique automatisée de l'immunohistochimie (IHC) Ki67 en utilisant l'application ImmunoRatio pour ImageJ.

**(A)** Image originale de la coloration IHC pour Ki67 (noyaux bruns).

**(B)** Image montrant les composants de la coloration. Noyaux positifs = orange. Noyaux négatifs = bleu.

**(C-D)** Logiciel intégrateur Visiopharm utilisant la méthode sandwich de double coloration virtuelle (VDS) pour l'exclusion des cellules non épithéliales et l'évaluation IHC automatisée de Ki67.

(VDS) pour l'exclusion des cellules non épithéliales et la notation automatisée IHC Ki67.

**(C)** IHC pancytokératine CKMNF116 identifiées automatiquement et délimitées par une ligne bleue.

**(D)** Image IHC Ki67 alignée avec l'image CKMNF116, utilisée pour évaluer le Ki67 dans les [41-42].

L'enseignement de l'anatomie pathologique aux étudiants en médecine est fondé sur l'utilisation du microscope comme outil de recherche et de reconnaissance des lésions apprises dans les cours théoriques.

En effet cette démarche très formatrice rencontre toutefois des difficultés logistiques (préparation et maintenance des collections de lames, entretien des microscopes) ou pédagogiques (difficultés à répondre aux demandes des étudiants à chaque poste d'observation).

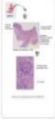
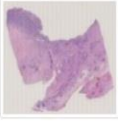


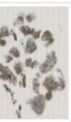

L'utilisation en réseau d'un poste informatique par étudiant permet de résoudre la plupart de ces problèmes tout en conservant une approche active avec recherche des lésions sur l'image de la section tissulaire.

Par ailleurs, la LV peut faire l'objet de multiples annotations avec des repères, des légendes, des QCM. Elle offre l'opportunité d'uniformiser l'enseignement de la ACP, les mêmes lames étant visionnées par tous les étudiants. Ainsi qu'un accès libre aux images à partir d'un site universitaire ou d'un site distant.

Ces possibilités suscitent actuellement de nombreuses initiatives pédagogiques intégrées rassemblant dans un format numérique les données cliniques, radiologiques et histopathologiques. Des atlas sont également en cours de constitution et publiés sur le web [43-44]. Outre les vastes possibilités offertes pour l'apprentissage, ces techniques permettent également l'organisation des contrôles de connaissance [45]. Notons l'exemple du site web: «doc-pedagogie.umontpellier.fr» réalisé grâce à la participation des enseignants d'histologie, d'anatomie pathologique et d'anatomie de la faculté de médecine de Montpellier-Nîmes et du Service des Usages du Numérique de la DSIN de l'université de Montpellier. Pour visualiser les tissus d'un organe, il suffit de survoler avec la souris l'organe à étudier et cliquer sur ce dernier. Ainsi, chaque

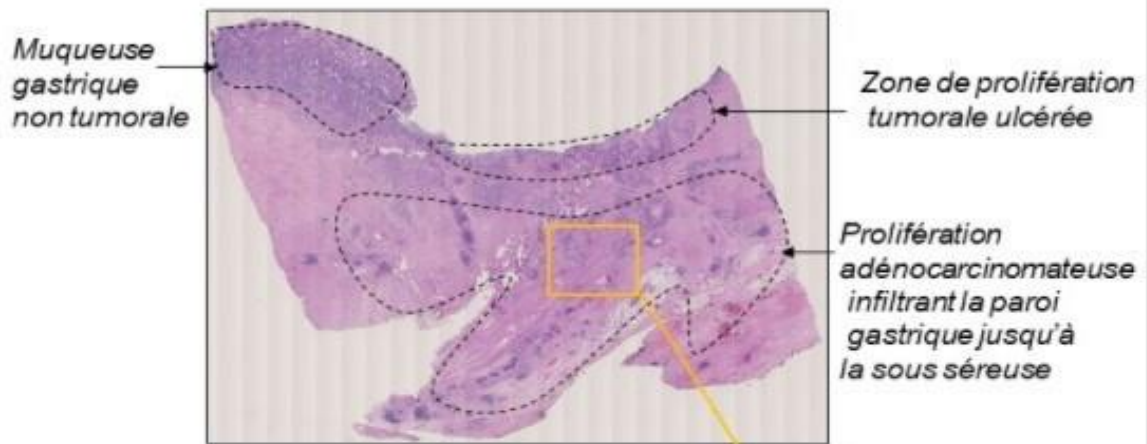
lame est accompagnée d'une interprétation des principales structures à visualiser, d'une représentation schématique de la lame et de sa description.

Techniquement, l'équipement d'une salle de TP avec microscopie digitale n'est pas très différent d'une salle de TP informatisée classique. La localisation physique des LV peut être décentralisée sur chaque poste de travail, mais cela ne facilite pas l'actualisation des documents et il est préférable d'utiliser une solution en réseau local ou par Internet. Toutefois, l'utilisation d'Internet peut être délicate si le réseau est encombré notamment si l'on souhaite organiser un examen sur LV.

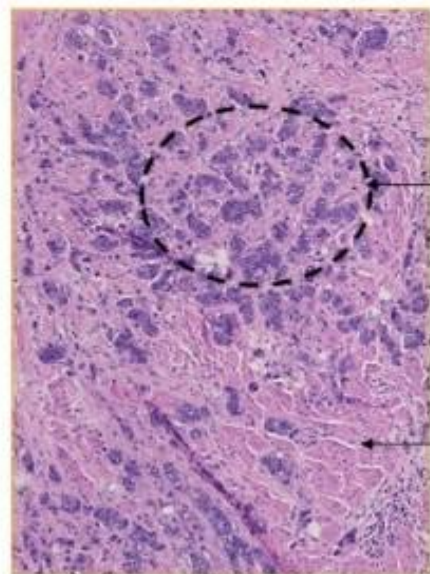
<p>ILLUSTRATION LAME VIRTUELLE : ESTOMAC - CAS N°1 - TUMEUR MALIGNE - ADÉNOCARCINOME PEU DIFFÉRENCIÉ</p>  <p>Lire la suite</p>	<p>LAME VIRTUELLE : ESTOMAC : CAS N°1 - TUMEUR MALIGNE - ADÉNOCARCINOME PEU DIFFÉRENCIÉ</p>  <p>Visualiser</p>
<p>ILLUSTRATION LAME VIRTUELLE : ESTOMAC : CAS N°2 - TUMEUR MALIGNE - LYMPHOME MALT GASTRIQUE</p>  <p>Lire la suite</p>	<p>LAME VIRTUELLE : ESTOMAC : CAS N°2 - TUMEUR MALIGNE - LYMPHOME MALT GASTRIQUE</p>  <p>Visualiser</p>
<p>LAME VIRTUELLE : ESTOMAC : CAS N°2 - TUMEUR MALIGNE - LYMPHOME MALT GASTRIQUE - CD20</p>  <p>Visualiser</p>	<p>ILLUSTRATION LAME VIRTUELLE : ESTOMAC : CAS N°2 - TUMEUR MALIGNE - LYMPHOME MALT GASTRIQUE - CD20</p>  <p>Lire la suite</p> <p style="text-align: right; color: red; font-size: 2em;"><b>A</b></p>



**B**



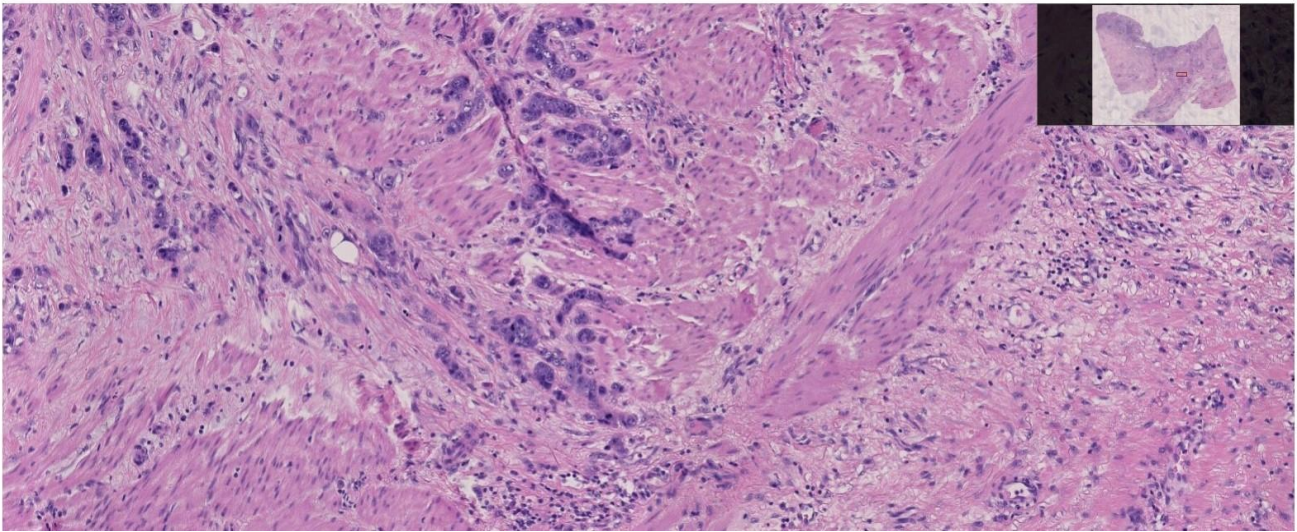
Exérèse de l'estomac x 0,38



Cellules tumorales organisées en travée

Muscleuse

Adénocarcinome gastrique ulcéré peu différencié



*Figure 17: Des captures d'écran des étapes de visualisation des lames virtuelle de l'estomac sur le site pédagogique «doc-pedagogie.umontpellier.fr»*

- (A) Des exemples de lames montrant des pathologie au niveau de l'estomac.*
- (B) La présentation d'un cas d'adénocarcinome gastrique peu différencié.*
- (C) Visualisation de la lame virtuelle avec un grossissement de 12,10.*

## Les bénéfices de la technologie de la télépathologie pour l'enseignement sont :

### ➤ Par rapport au microscope optique :

- la consultation par un nombre illimité de participants.
- l'absence de risque d'épuisement du bloc en paraffine, ce qui est particulièrement important pour les échantillons de petite taille (lésions cutanées ou biopsies).
- la possibilité de montrer des lames d'immunohistochimie.
- l'absence de variations entre les lames distribuées.
- la facilité d'archivage des lames mais aussi d'images sélectionnées (la topographie de zones intéressantes peut être mémorisée).

### ➤ Par rapport aux images numérisées « champ par champ » :

- la mise en condition « réelle » des participants, ce qui est probablement le plus grand bénéfice de cette technologie.
- l'absence d'induction du diagnostic par la sélection des images [46].

### 3. La formation continue :

Un des principaux intérêts de la télépathologie réside dans sa capacité à faciliter la formation. Si l'utilisation de LV est utile dans le cursus universitaire initial, elle est également essentielle pour aider les anatomopathologistes à poursuivre leur apprentissage post-universitaire grâce à une formation continue tout au long de leur carrière.

La pathologie numérique en formation continue des internes, résidents et spécialistes en anatomie pathologique évite surtout les déplacements à répétition ce qui favorise un gain de temps pour ceux qui sont sur-sollicités et ne disposent que de peu de temps à consacrer pour la formation.

Elle permet également aux spécialistes enseignants de dispenser la formation à l'interprétation de l'immunohistochimie ou de la microscopie électronique aux spécialistes et aux résidents en pathologie dans les centres hospitaliers qui ne disposent pas du matériel nécessaire à ces techniques.

Les LV sont également utilisées dans les conférences et réunions de pathologie pour promouvoir l'apprentissage interactif et faciliter la visualisation d'images multiples de différentes colorations en association avec des documents cliniques pertinents.

Tous ces atouts ont été mis en évidence par la pandémie du Covid 19 ;notons l'exemple du service d'anatomopathologie de la Timone à Marseille qui a largement utilisé la visioconférence pour participer aux réunions de concertation pluridisciplinaires (RCP), pour discuter de lames et donner cours aux internes et aux résidents, organiser des réunions régionales didactiques et répondre rapidement à des avis notamment quand le système postal était mis en défaut [47].

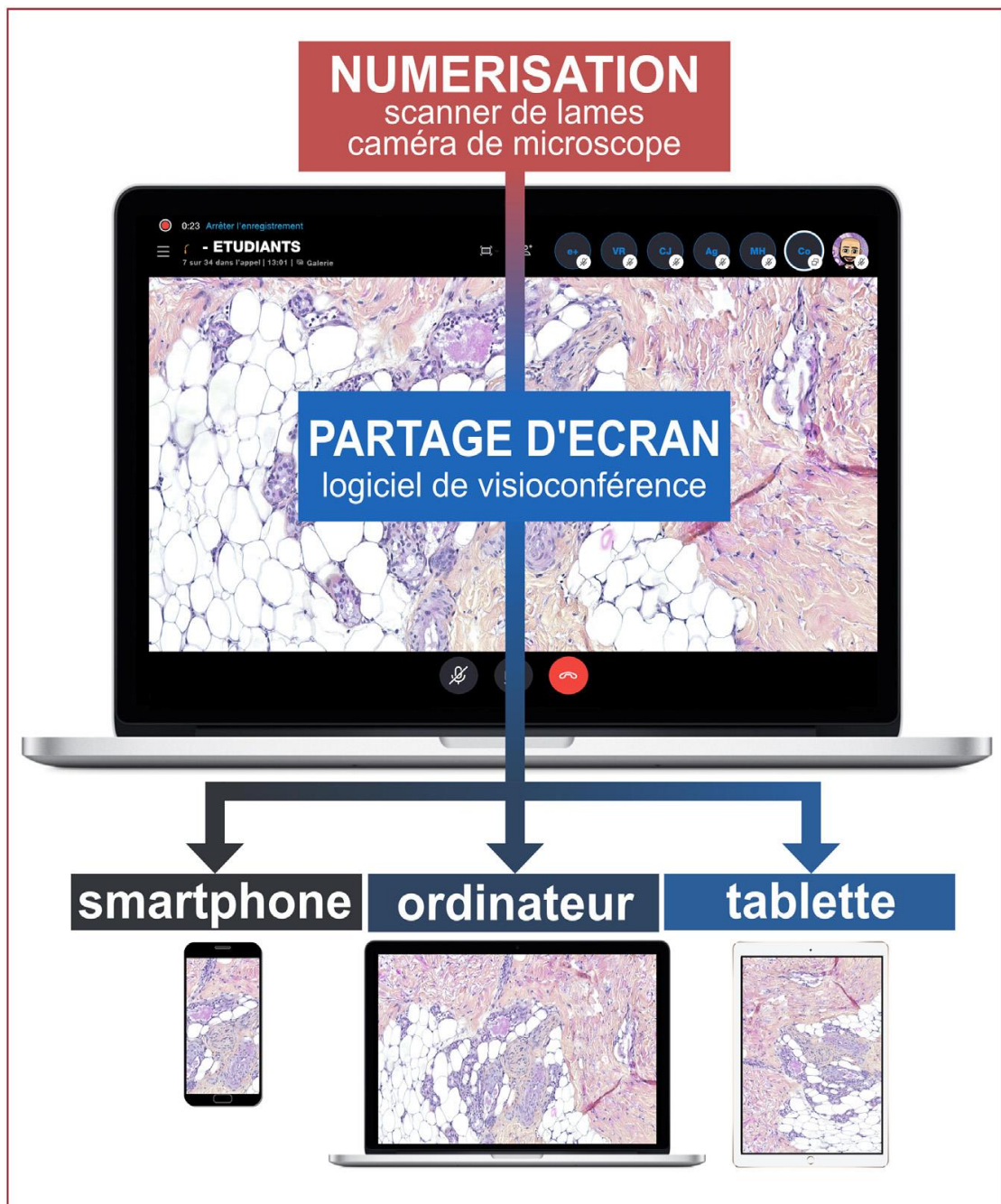


Figure 18: Le processus de mise en place d'une visioconférence avec partage d'écran[47].

#### **4. L'obtention d'un deuxième avis de diagnostic anatomopathologique :**

Un deuxième avis en anatomie pathologique est demandé dans les cas difficiles (pour confirmer un diagnostic, pour des examens complémentaires) et pour solliciter l'avis d'un expert étranger [13].

Cette pratique, réalisée systématiquement au laboratoire de pathologie, devient plus facile et plus étendue avec les avantages de rapprochement géographique apportés par cette nouvelle technologie..

Actuellement grâce aux avancées de la télémédecine et précisément de la télépathologie Les médecins peuvent facilement échanger des informations sur les cas cliniques. Ils peuvent envoyer des dossiers de cas à leurs collègues, y compris des informations sur les patients et des images nécessaires au diagnostic De cette manière, le cas peut être envoyé au bon médecin au bon moment pour mieux soigner le patient.

On peut travailler via des logicielles (*software*) ou via des applications web notons l'exemple de l'application «TeleSlide».

C'est une application de partage d'images et de documents dédiée aux activités de télémédecine. Cette application est plus spécifiquement consacrée à la pathologie anatomique et à la biologie. L'objectif principal du développement de cette application est d'assurer la continuité du diagnostic. Ainsi, d'une part, l'application peut répondre aux besoins actuels de télémédecine, mais elle peut également favoriser la création de réseaux d'experts. Dans ce cas, il permet la mise en place d'un protocole de relecture des images de cas pour établir un consensus. En fait, le médecin demandeur peut créer des documents autour de cas cliniques, y compris des données patient et des images diagnostiques. Ensuite, il soumet le fichier au réseau pour examen. Face aux urgences, ces

fonctions peuvent améliorer la réactivité du diagnostic. Ils répondent également aux besoins de prise de décision collective et d'accès à distance [48].

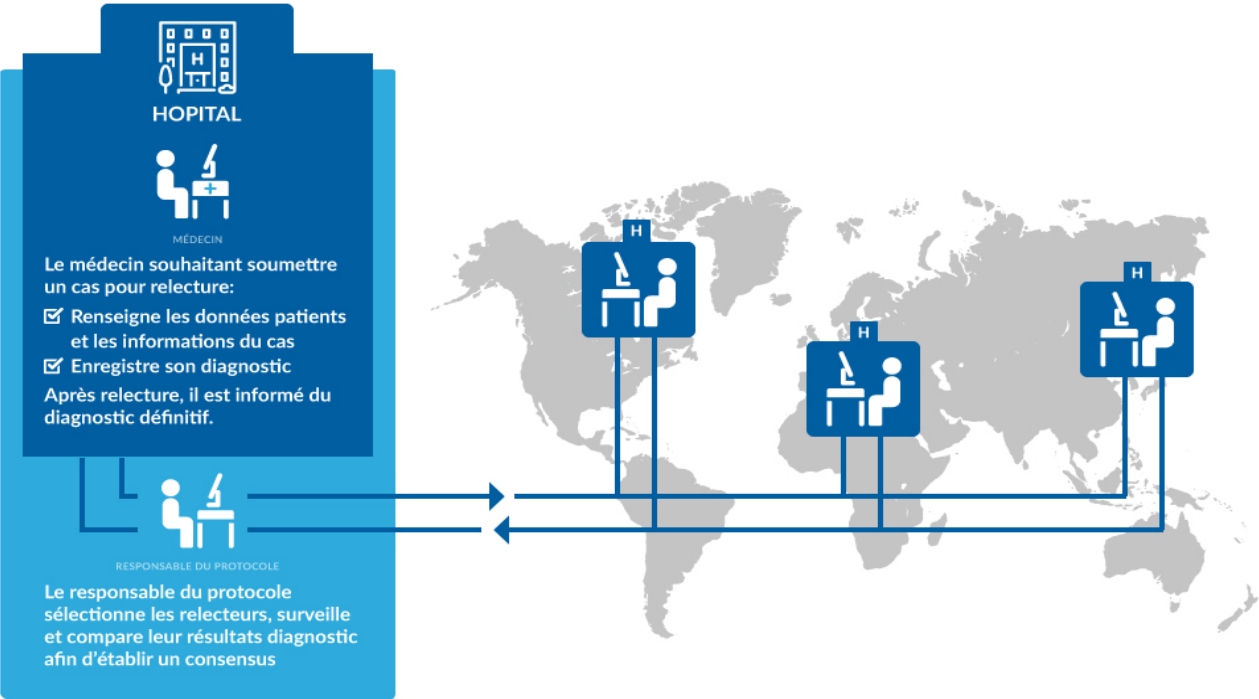


Figure 19: Schéma du fonctionnement de «TeleSlide» pour l'obtention d'un 2ème avis médical[48]



Figure 20: Schéma montrant le fonctionnement de la plateforme de télépathologie « SOSlide » [49].

*SOSlide est un réseau national de deuxième opinion pour la télépathologie. Il permet aux pathologistes d'entrer en contact avec des experts pour faire un deuxième diagnostic rapidement, quelles que soient les restrictions géographiques. La plateforme est ouverte à tous les pathologistes français, qu'ils travaillent dans un hôpital ou une clinique privée [49].*

## **5. L'examen de télé-extemporané :**

L'examen extemporané à distance ou Télédiagnostic extemporané (TE); permet la réalisation d'examen extemporané par un pathologiste non présent sur le site opératoire, est rendu possible par la technologie des microscopes robotisés dès la fin des années 90 et surtout par la technologie des lames numériques à partir des années 2010.

Le recours au TE représente un besoin croissant de l'Anatomie et Cytologie Pathologiques (ACP) pour des raisons économiques et démographiques.

Le regroupement des structures d'ACP dans le but d'une mutualisation des plateaux techniques pose la question de l'accès à l'examen extemporané dans les établissements de santé où se maintient une activité chirurgicale sans service ACP sur place.

La réalisation d'examens extemporanés à distance par un pathologiste non présent sur le site opératoire apporte une réponse à cette question et améliore l'offre de soins sur le territoire.

Le TE est un moyen d'optimiser l'organisation médicale de l'ACP dans un contexte d'activité accrue et de pénurie démographique car il permet d'éviter le détachement ou les déplacements d'un médecin pathologiste entre 2 sites.

Dans le contexte du TE, le technicien est seul sur le site de l'examen et le pathologiste se situe à distance. Cette configuration nécessite donc le recours à une solution technique.

Cette solution technique inclut un système de vidéo-macroscopie et un système de lecture à distance des lames microscopiques.

Le système de vidéo-macroscopie est indispensable : il permet au médecin pathologiste d'assister à distance si nécessaire le technicien pour l'orientation du prélèvement et l'échantillonnage du fragment destiné à l'examen extemporané.

Le technicien sur le site de l'examen extemporané dispose d'un banc macroscopique avec une configuration constituée d'une caméra ou d'un appareil photo numérique reliée à un ordinateur, d'un pédalier afin de permettre la mise au point en mains libres et d'un logiciel permettant notamment la visualisation en « live » de la pièce ainsi que la prise de vues.

Le pathologiste prend le contrôle à distance de l'ordinateur présent sur le site d'extemporéné ; pour visionner l'image macroscopique, indiquer au technicien la zone du fragment à prélever et éventuellement saisir des photos macroscopiques fixes. L'équipement du technicien par un micro-casque peut faciliter l'étape macroscopique en lui permettant de manipuler le prélèvement tout en parlant avec le médecin pathologiste. Pour l'examen microscopique à distance, deux outils peuvent être utilisés :

- Soit un microscope à platine motorisée dont le contrôle sera pris à distance par le pathologiste.
- Soit un scanner de lames permettant de numériser les lames de verre pour obtenir des lames numériques qui seront lues à distance par le pathologiste.

Que ce soit pour la vidéo macroscopie ou l'examen microscopique de lames numériques à distance, la prise de contrôle par le pathologiste du poste présent sur le site d'examen extemporané peut se faire selon deux architectures :

- Soit le contrôle point à point avec un outil de type VNC si les deux établissements sont reliés par un réseau Intranet ou équivalent Extranet via VPN .
- Soit l'utilisation d'un outil de webconférence passant par un serveur tiers et dont le fonctionnement est compatible avec les firewalls de l'hôpital; le système utilise alors le réseau Internet.

Si les deux sites font partie du même service ACP ou sont connectés via un Extranet, les photographies macroscopiques fixes et les lames numériques peuvent être directement téléchargées sur le serveur d'imagerie local en lien avec le dossier du patient, ce qui représente la situation idéale en termes de traçabilité.

Côté pathologiste, les stations de lecture doivent être confortables avec des écrans de très bonne qualité et de taille suffisante pour une bonne lecture [50].



**Banc de vidéo macroscopie**

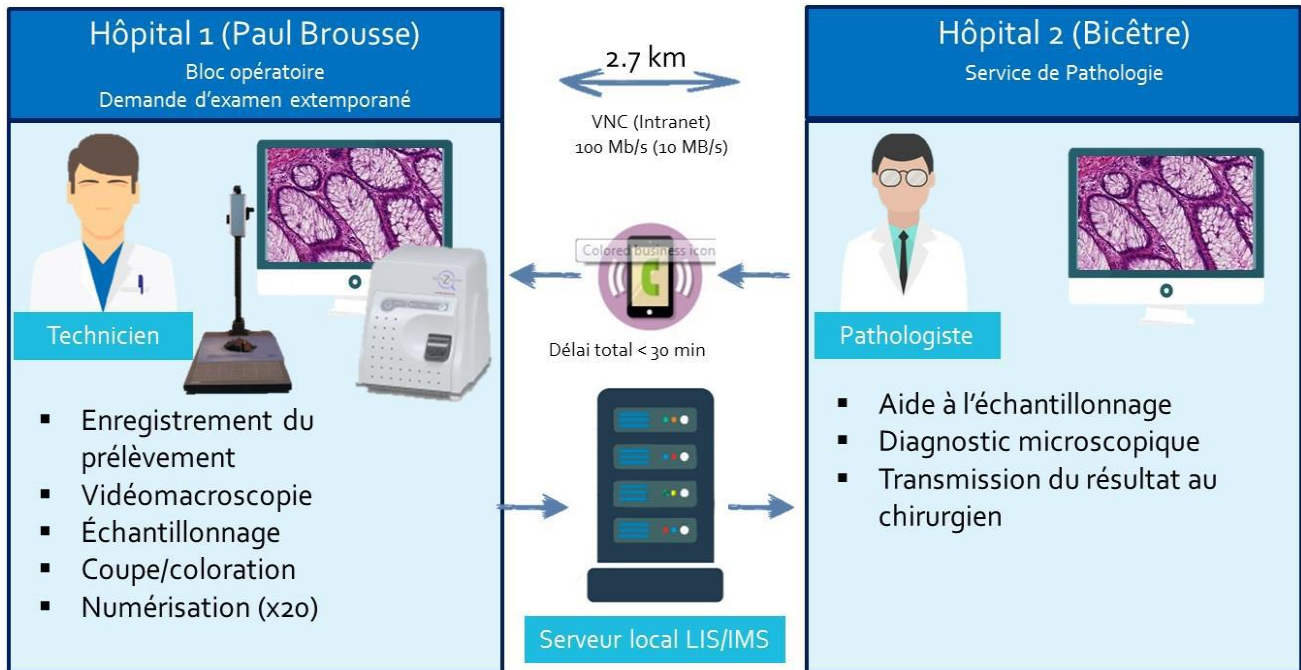


**Station de numérisation**

*Figure 21: Photos montrant la station de travail du technicien au site de l'examen extemporané [51].*



*Figure 22: Photo de la Station d'analyse au site du médecin pathologiste [51].*



*Figure 23: Photo démonstrative de l'expérience du service d'anatomopathologie hospitalo-universitaire bi-site.*

*C'est une expérience de 2 ans et demi de télédiagnostics extemporanés entre deux sites (Paul Brousse et Bicêtre) au sein du groupe hospitalier HUPS (Hôpitaux Universitaires Paris Sud)[51].*

## 6. Archivage :

Au Maroc, l'archivage des lames en verre doit se faire sur une période de 15 ans. Au Canada et en France, les lames en verre et les blocs de paraffine doivent être conservés pendant 20 ans. En Allemagne la durée minimum est de 10 ans mais en pratique, elles sont archivées indéfiniment [52].

Or l'archivage des lames en verre pose des problèmes logistiques notamment la perte, le bris ou le coût qui est estimé entre 100 000 à 500 000 MAD / an par la majorité des structures françaises, privées comme publiques. Donc le recours à l'archivage électronique s'impose.

En ce qui concerne l'archivage d'images statiques de pathologie à distance, la littérature sur cette question n'est pas cohérente. Certains auteurs suggèrent d'archiver des images fixes et ont reçu la VL pour un deuxième avis médical. D'autres auteurs recommandent de conserver l'image ou le ventricule gauche en attendant de recevoir la lame pour confirmer le diagnostic suggéré. Cette méthode s'inscrit dans la réflexion du groupe de travail d'experts en télépathologie et de pathologistes participant au projet de télépathologie. La seule exception est l'archivage de diapositives et d'images virtuelles à des fins éducatives [13].

En ce qui concerne la télépathologie dynamique, l'Association Américaine de Télépathologie estime qu'il n'est pas nécessaire d'archiver des images dynamiques ou des images en temps réel générées lors d'une conférence de télépathologie. Les images statiques utilisées uniquement pour établir un diagnostic doivent être archivées [13].

## **7. La recherche :**

Le WSI offre la possibilité de comprendre la relation spatiale entre divers phénotypes biologiques et aide au développement de biomarqueurs basés sur l'IHC qui peuvent être utilisés dans des études de recherche translationnelle.

En association avec *les microarray* tissulaires, le WSI et les outils d'analyse d'images permettent aux chercheurs d'évaluer et de noter les biomarqueurs dans tous les échantillons, rapidement et objectivement [53].

Dans le cas d'une éventuelle hétérogénéité des biomarqueurs, WSI fluorescente ou multispectrale facilite l'analyse multiplexée et contribue à l'efficacité de l'analyse.

Cette technologie peut également être utilisée dans le développement de stratégies de biomarqueurs oncologiques avec un débit et une précision quantitative accrus, ce qui favorise la découverte de médicaments [54].

## **8. Intelligence artificielle :**

Les techniques d'intelligence artificielle et en particulier les réseaux de neurones profonds (*Deep Learning*) sont en pleine émergence dans le domaine biomédical. Les réseaux de neurones s'inspirent du modèle biologique, ils sont interconnectés entre eux et suivent des modèles mathématiques. Lors de l'utilisation des réseaux de neurones artificiels, deux phases sont nécessaires : une phase d'apprentissage et une phase d'exploitation.

Les deux principales applications sont la classification et la régression. Des outils informatiques comme les processeurs graphiques accélérateurs de calcul ou des bibliothèques de développement spécifiques ont donné un nouveau souffle à ces techniques.

Leur champ d'application est vaste et permet la gestion de données de masse (*Big data*) en génomique et biologie moléculaire ainsi que l'analyse automatisée de lames histologiques grâce aux techniques de numérisation réalisées à l'aide de scanners de lames de type *Whole Slide Image*.

Ces images numériques associée aux algorithmes de *deep learning* permettent une reconnaissance automatique des lésions grâce à l'identification de régions d'intérêt, validées au préalable par le pathologiste. Ces techniques d'aide assistées par ordinateur sont testées en particulier en pathologie mammaire [55].

Enfin l'objectif des applications de l'IA n'est toutefois pas de remplacer les pathologistes, mais de rendre le processus de diagnostic plus efficace et d'aider à évaluer et à extraire les informations les plus importantes des images, ainsi qu'à détecter des modèles non visibles à l'œil humain.

En plus aider à résoudre les problèmes auxquels sont confrontés les oncologues, par le développement de tests pronostiques pour évaluer la gravité et l'issue de la maladie, ainsi que de tests pour prédire la réponse au traitement [56].

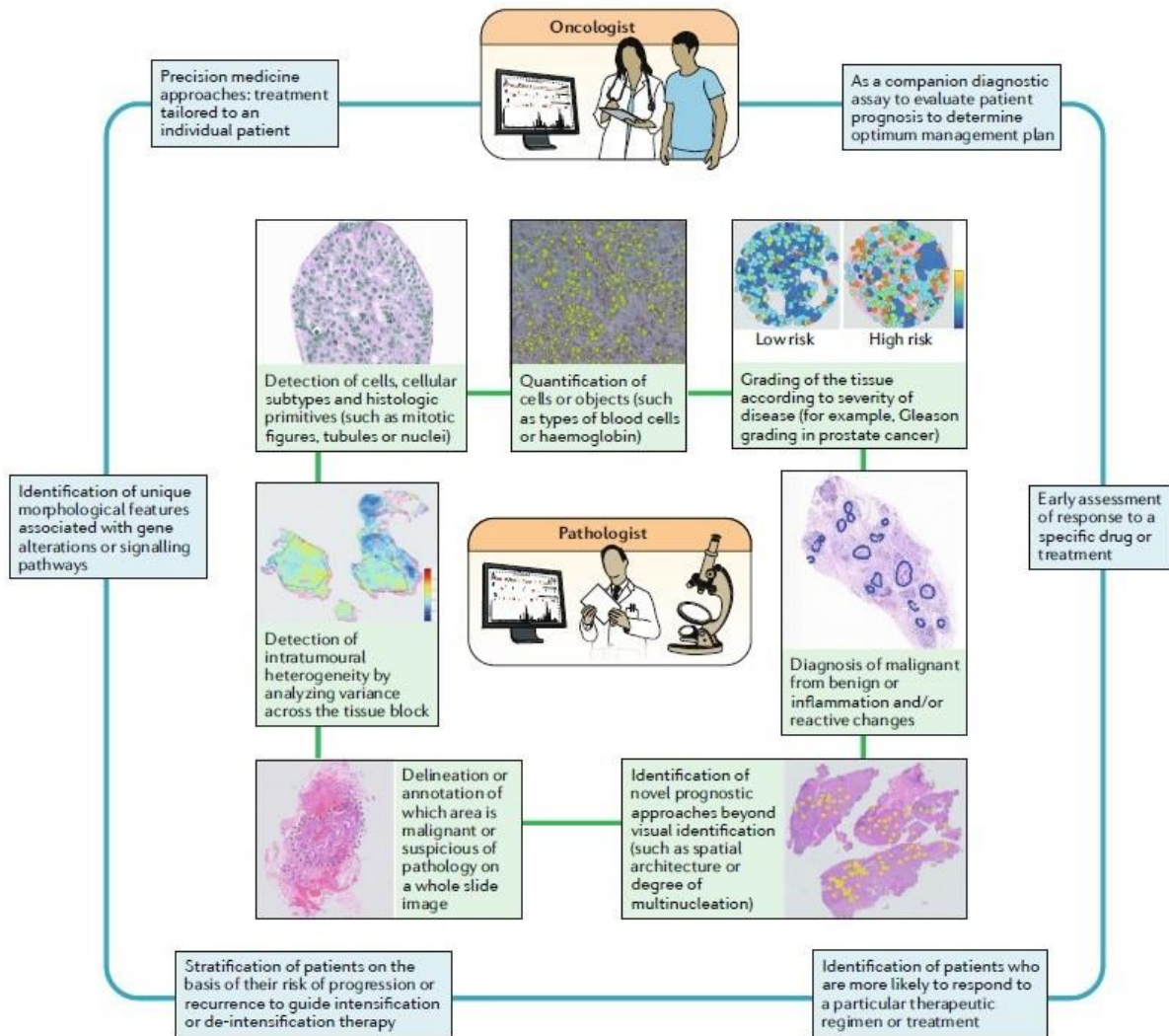


Figure 24: L'intelligence artificielle (ai) et les approches d'apprentissage automatique complètent l'expertise et soutiennent le pathologiste et l'oncologue [57].

**2EME PARTIE**

**ENQUETE NATIONALE**

## **I-MATÉRIELS ET MÉTHODES :**

### **1-Type de l'étude:**

Il s'agit d'une étude transversale, réalisée par le biais d'un questionnaire anonyme mis en ligne le 24/06/2020.

### **2-La population cible:**

Notre étude s'est concentrée sur les pathologistes exerçant dans le secteur public et libéral au Maroc.

### **3-Elaboration du questionnaire:**

L'enquête était basée sur un questionnaire auto-administré, conçu sur la plateforme gratuite "Google Forms®.

En suivant quatre entités :

- **Données épidémiologiques:**

La première partie du questionnaire a été conçu pour recueillir les données démographiques sur les participants (l'âge et le sexe) . En suite la fonction des participants; cette section comprenait 8 choix (Interne ,Résident, Médecin spécialiste, Professeur assistant, Professeur agrégé, Professeur de l'enseignement supérieur, Praticien hospitalier, Praticien libéral). Leurs secteur d'exercice (libéral ou public) ainsi que le nombre d'années d'expérience et le nombre de collègues.

- **Avis extérieur et activité d'examen extemporané:**

La deuxième partie du questionnaire a été réalisée pour évaluer le nombre d'avis extérieur demandés en moyenne par mois en dehors de la structure du travail ou bien auprès d'un expert à l'étranger.

Par la suite l'activité d'examen extemporané était devisé par 3 sections (je ne fais pas du tout d'examen extemporané, mes examens extemporanés se font au sein du laboratoire où je travaille, je me déplace en clinique ou une autre structure pour faire mes examens extemporanés).

- **Les équipements :**

On avait demandé aux participants les équipements dont ils disposaient (aucun matériel pour prendre des photos des lames, un appareil photo numérique, un téléphone portable, un microscope numérique, un scanner de lames, un microscope multi-têtes virtuel) ;

On s'est intéressé à l'utilisation des scanners de lames par les pathologistes ainsi que les principaux freins pour acquérir ces derniers.

- **La formation et l'intérêt des lames virtuelles :**

Pour cette entité la question concernait l'importance de l'intégration des lames virtuelle dans la formation des pathologistes, et leurs intérêt selon les participants.

#### **4-La procédure :**

Nous avons cherché à connaître l'opinion des pathologistes marocains à propos des techniques de la télépathologie, leurs équipements et leurs pratiques. Les pathologistes ont été informés par l'intermédiaire d'un courrier électronique : une explication concernant le but de cette étude et le lien vers le questionnaire en ligne, par la suite les données étaient recueillies de façon anonyme.

#### **5-Analyse des données :**

L'analyse statistique était purement descriptive, précisant les pourcentages des variables qualitatives et les moyennes et écarts types des variables quantitatives. Cette analyse a été effectuée à l'aide d'Excel version 2016.

## II-RÉSULTATS :

### a-Données épidémiologiques :

130 réponses ont été recueillies, au total.

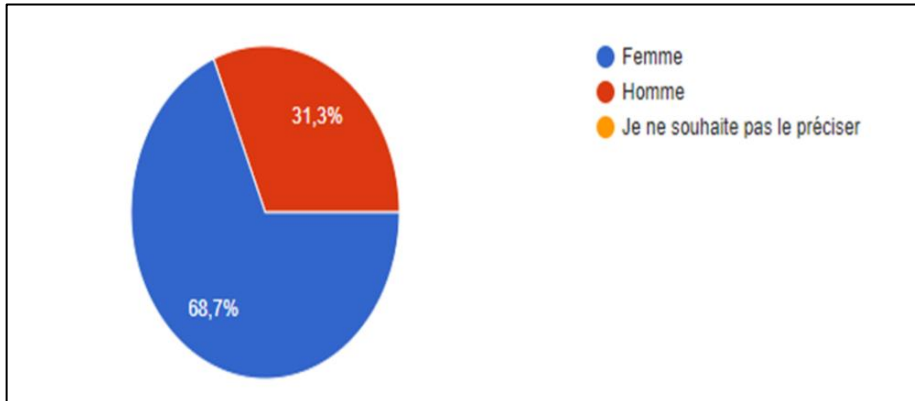


Figure 25: Répartition des répondants par sexe.

Il s'agissait de 68,7 % femmes (figure 25), 44,3% des personnes ayant répondu travaillaient exclusivement dans le secteur libéral, contre 40,5 % en milieu hospitalo-universitaire et 14,5 % avaient une activité dans une structure hospitalière public.

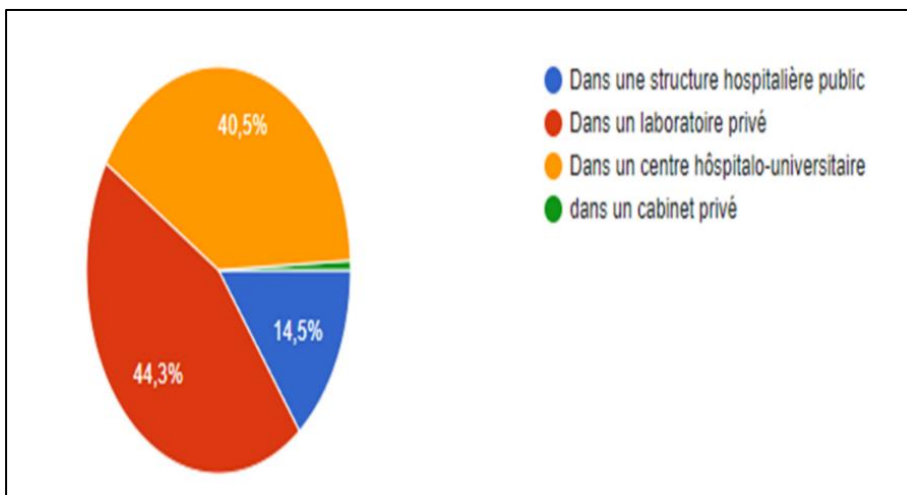


Figure 26: Répartition par secteur d'activité des répondants.

Parmi les répondants on retrouvait toute les classe d'âge.

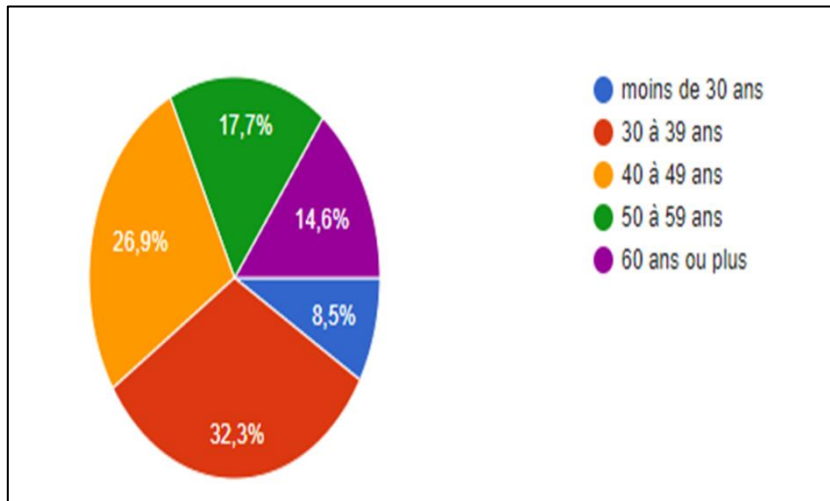


Figure 27: Répartition des répondants par tranche d'âge.

Les statuts des répondants étaient :

- Médecin spécialiste: 45,4%
- Professeur assistant: 18,5 %
- Résident: 15,4%
- Professeur de l'enseignement supérieur: 10,8%

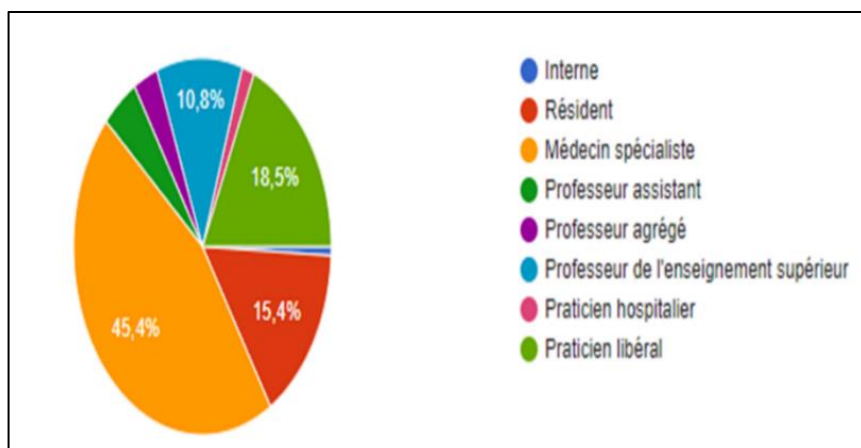


Figure 28: Répartition des répondants par fonction.

La répartition pour les années d'expérience les réponses étaient :

- Plus de 20 ans:33,1%
- 10 à 19 ans d'années de travail:26,2%
- Moins de 9ans d'années de travail :40,7%

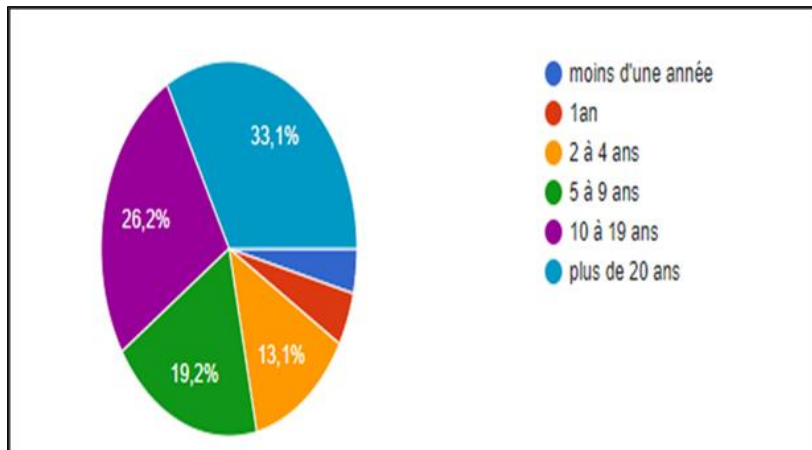
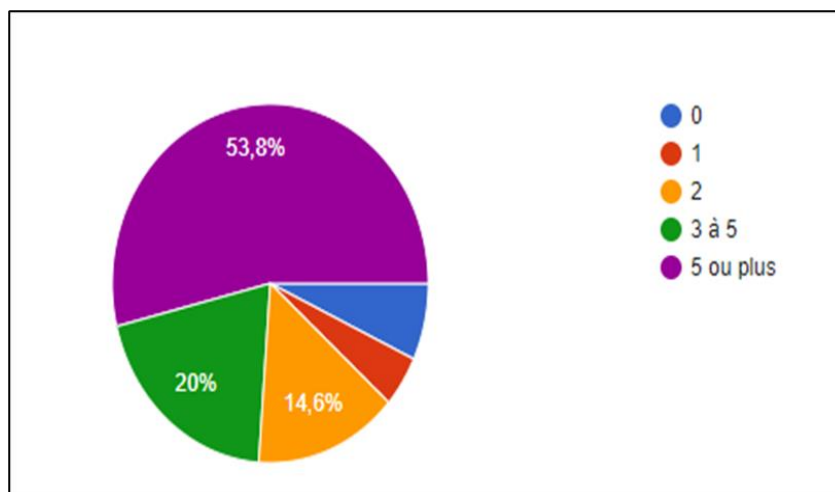


Figure 28: Répartition par nombre d'années de travail.



53,8 % des répondants avaient plus de 5 collègues pathologistes sur leurs lieux de travail, 20% en avaient entre 3 et 5 et 14,6% avaient 2 collègues.

Figure 29: Répartition des répondants par nombre de collègues.

## b-Second opinion (Avis extérieur) et activité d'examen extemporané :

Fréquence à laquelle les répondants sollicitent leurs collègues pour une relecture de lame :

-13,8% demandent 3 relectures par jour.

-16,9% demandent 2 relecture par jour.

-21,5% demandent 1 relecture par jour.

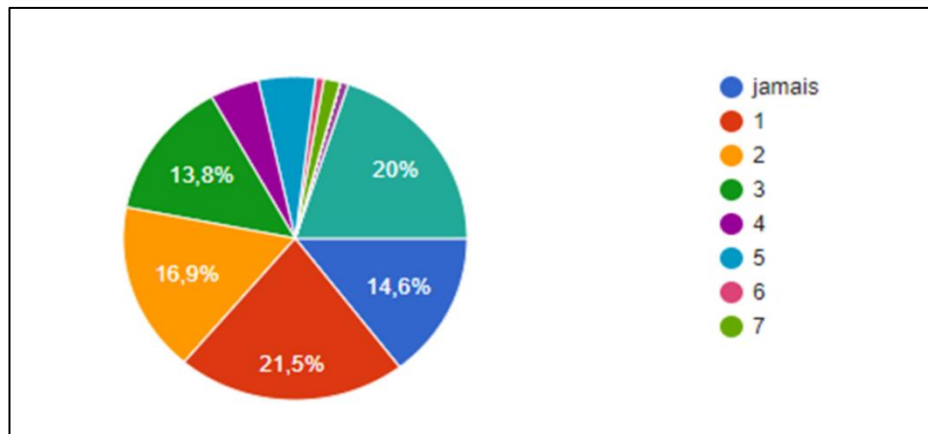


Figure 30:Auto-évaluation de la fréquence des relectures de lames.

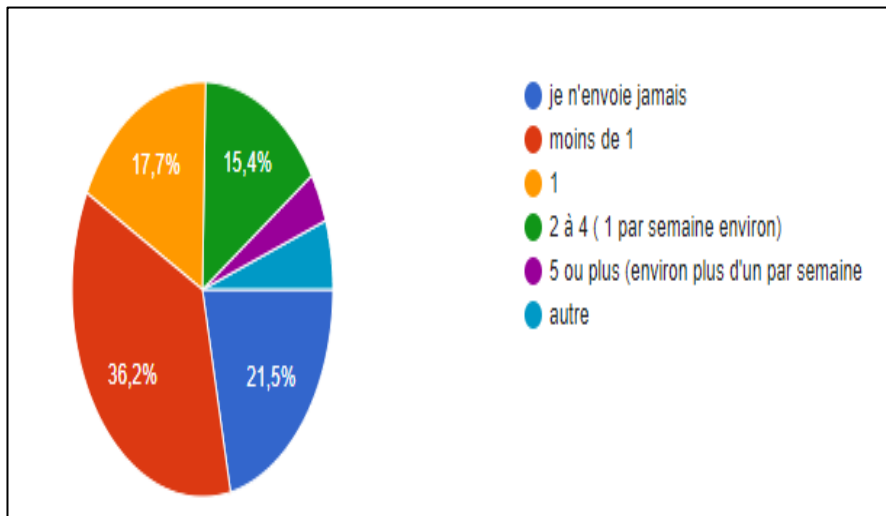


Figure 30:Fréquence des envois d'avis extérieurs en dehors de structure de travail

- 17,7% envois une demande d'avis externe une fois par mois.
- 15,4% demande un deuxième avis 2 à 4 fois par mois.
- 36,2 % des pathologistes demandent un avis extérieur moins de 1 fois par mois.
- 21,5% n'envoient jamais une lame en dehors de leurs structure de travail.

En ce qui concerne l'envoi pour un avis extérieurs chez un expert à l'étranger, 43,1% moins de un par mois et 43,8 % ne l'envoie jamais

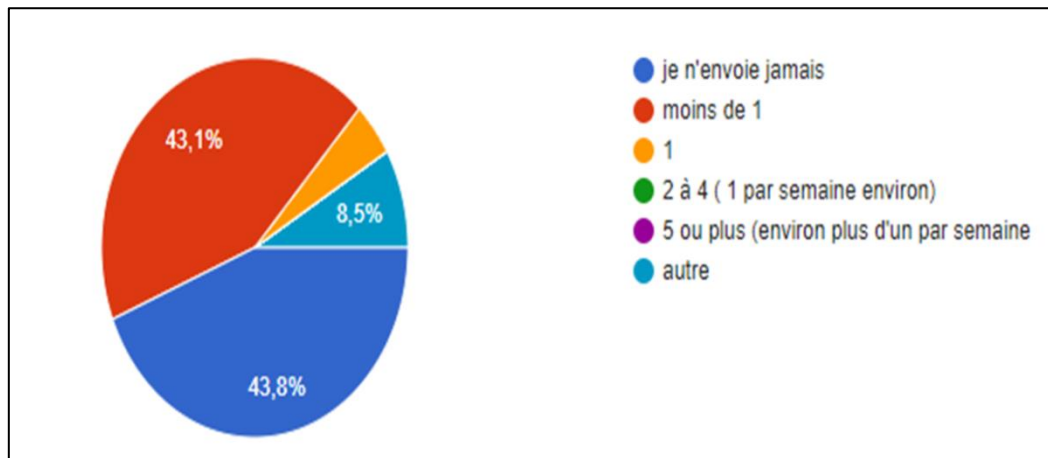


Figure 31: Fréquence des envois d'avis extérieurs (experts à l'étranger)

70,8 % des pathologistes consultés font leurs examens extemporanés au sein du laboratoire où ils travaillent .

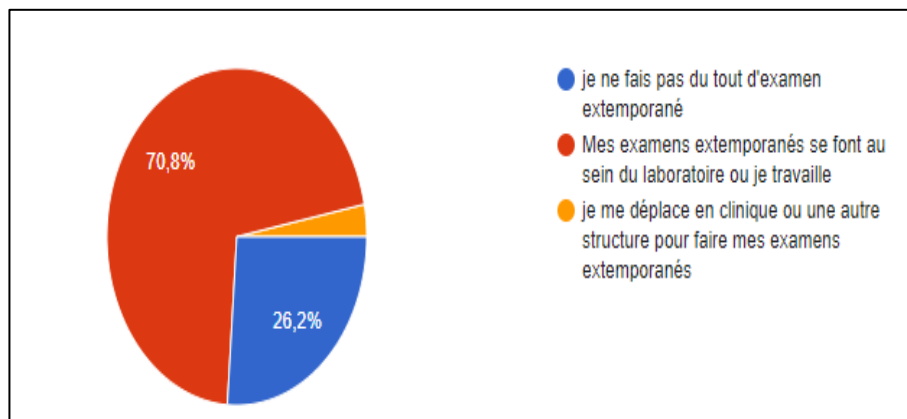


Figure 32: Fréquence des examens extemporanés

### c- Les équipements de télépathologie :

En ce qui concerne les équipements, 47,7% des pathologistes ayant répondu utilisaient un téléphone portable pour une prise de photos statiques.

- 30,8% possèdent un appareil photo numérique relié au microscope
- 22,3 % ne disposent d'aucun équipement
- 3,1% ont un scanner de lames

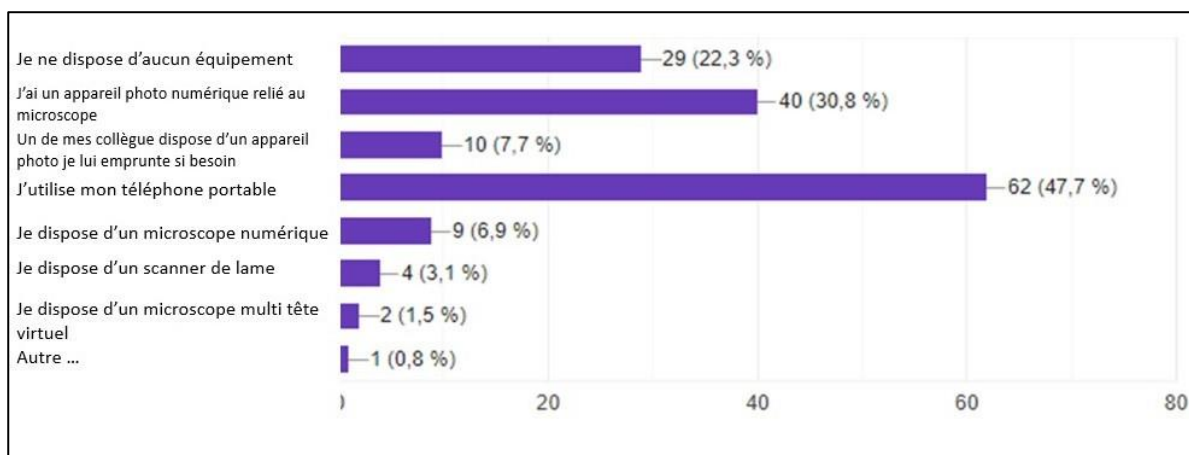


Figure 33:Équipement des répondants en termes d'imagerie numérique.

Pour les participants l'inconvénient mis en avant était la complexité de leurs utilisation, ainsi que le poids lourd des fichiers. Notons que parmi le pourcentage d'utilisateurs de scanners de lames seulement 5,4 % arrivent à l'utiliser sans problème.

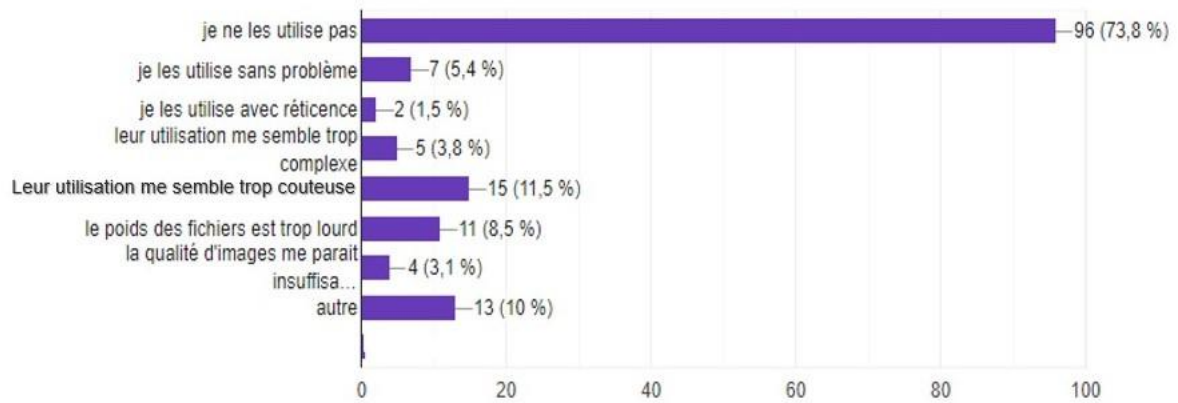


Figure 34: Utilisation des scanners de lames.

Le coût élevé est le principal frein qui empêche les pathologistes marocains d'acquérir un scanner de lames. 64,3% des réponses vont dans ce sens. Le reste des réponses étaient partagées entre le manque de formation sur la pathologie numérique et l'absence de distributeur agréé.

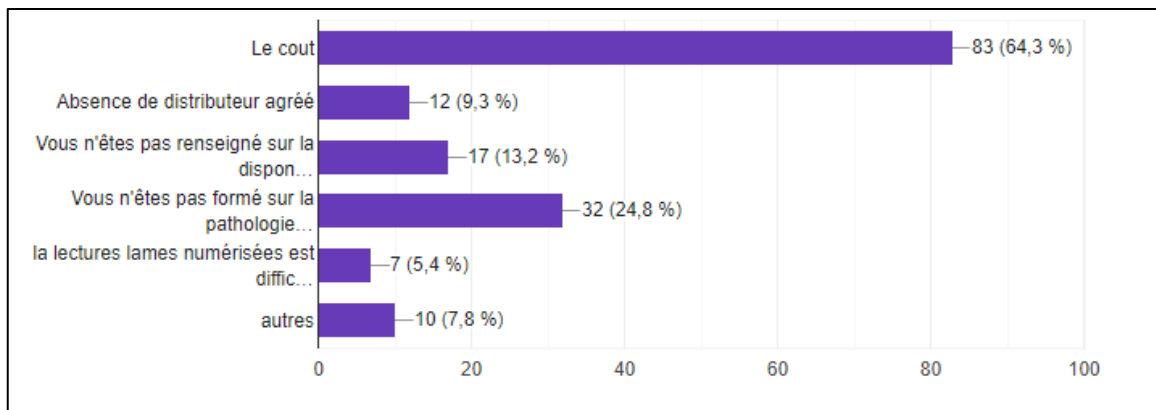


Figure 36: le principal frein pour acquérir un scanner de Lames selon les répondants.

#### d- La formation et l'intérêt des lames virtuelles :

Il est intéressant de souligner que pour les pathologistes marocains, la demande d'avis est le principal intérêt de la télépathologie. La facilité de partage ainsi que l'archivage des données sont les deux autres atouts des lames numérisées selon eux.

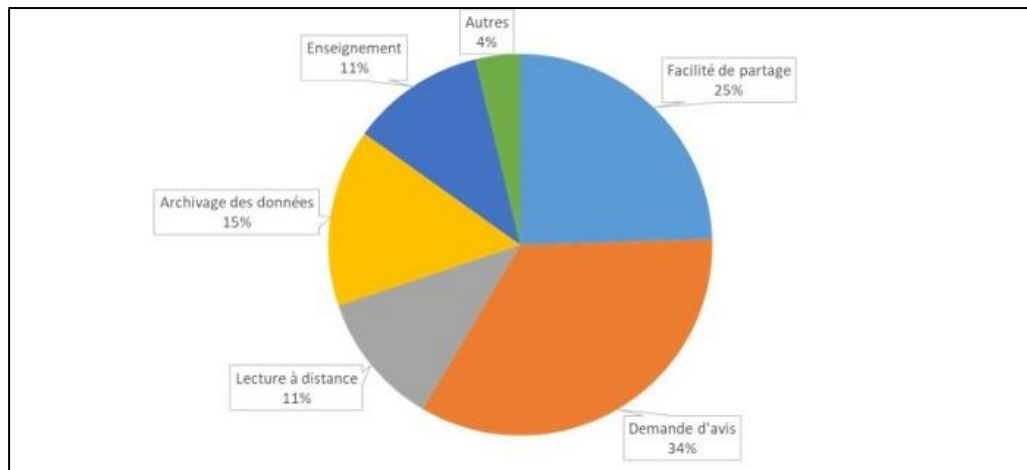


Figure 37:l'intérêt principal des lames numérisées selon les répondants

93,1% des répondants souhaitent partager plus de cas s'ils ont la possibilité de le faire et la facilité de prendre en photo leurs lames et les envoyer par la suite.

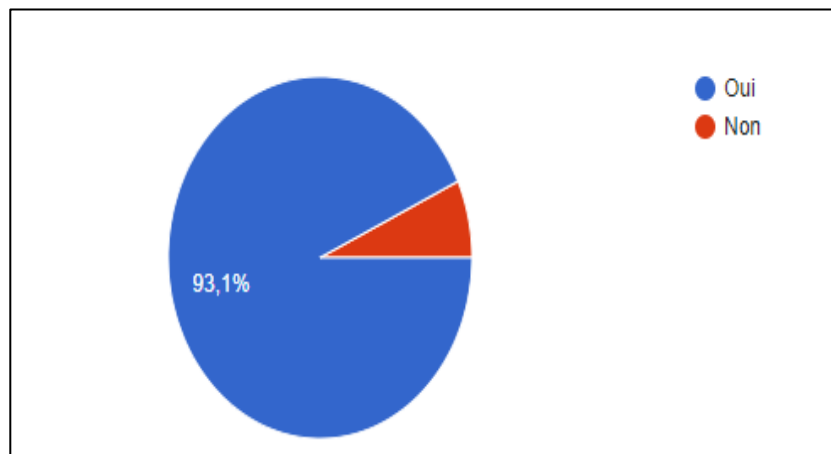


Figure 38:La complexité du partage en limite le nombre.

Près d'un pathologiste consulté sur deux pense qu'il est important d'être formé à la lecture des lames digitalisées. Ils sont 30% à considérer la formation comme indispensable.

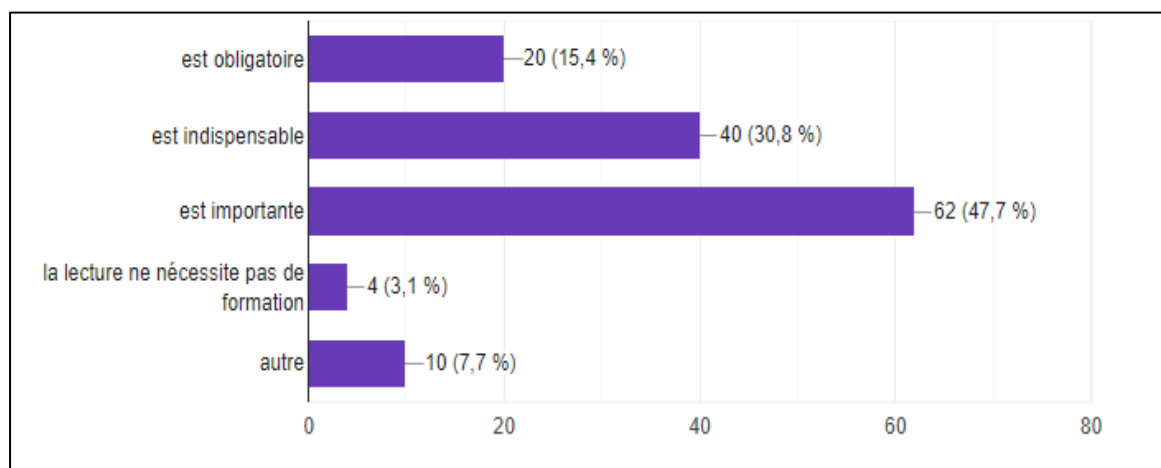


Figure 39: L'importance de la formation sur la lecture des lames digitalisées.

Le panel des répondants souhaite presque unanimement une formation en pathologie digitale.

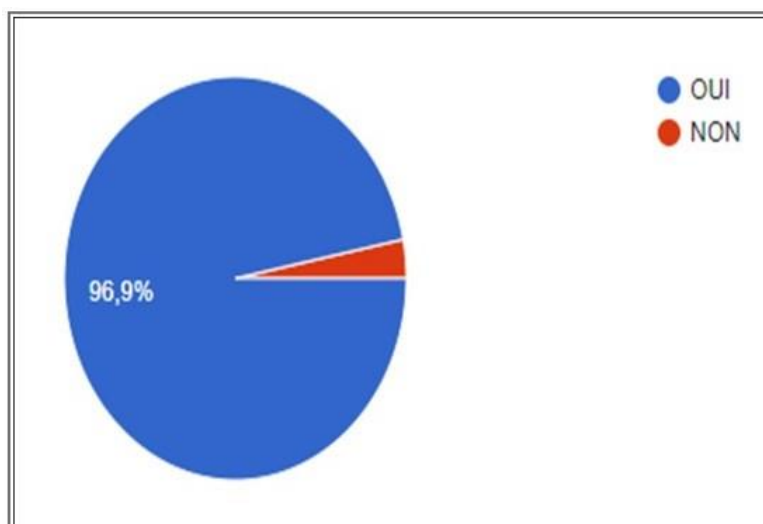


Figure 40: Souhaitez-vous une formation en pathologie digitale

### III-DISCUSSION :

Au Maroc, le nombre de pathologistes est très faible. On en compte 350 sur l'ensemble du territoire marocain, ce qui représente une moyenne de 0,83 anatomopathologiste pour 100 000 habitants. 70% des pathologistes sont localisés sur l'axe Rabat-Casablanca ce qui fait du territoire national un désert en matière de diagnostic anatomopathologique. En France, on compte une moyenne de 2,36 pathologistes pour 100 000 habitants. En Afrique du Sud on compte 0,48 pathologistes pour 100 000 habitants [58].

Selon ces données, le recours à la télépathologie comme alternative s'impose pour une égalité d'accès aux soins afin que tous les patients marocains puissent avoir la possibilité de solliciter un diagnostic histologique et cytologique « à n'importe quel moment et n'importe où ».

C'est pour cette raison que nous avons lancé une enquête nationale qui a été la première étude structurée à ce sujet. L'opinion des pathologistes marocains sur les techniques de pathologie digitale, les équipements nécessaires à sa pratique et les freins à son utilisation ont été évalués.

Les résultats de l'enquête nous ont donné une idée claire sur la pratique de la télépathologie dans notre pays.

Au Maroc, les pathologistes semblent avoir accès à des équipements d'imagerie numérique à usage personnel. Il s'agit généralement d'un téléphone portable, d'une caméra montée sur un microscope ou d'un microscope numérique. Ils ne sont qu'une minorité à posséder un scanner de lames (3,1%).

On peut s'attendre à ce que l'utilisation de l'imagerie numérique dans la pratique courante des anatomopathologistes soit fréquente. Cependant, cette enquête a révélé que ce n'est pas le cas avec 22,9 % des répondants qui ne disposent d'aucun équipement et 73,8% qui n'utilisent pas les scanners de lames.

En comparant les résultats de l'enquête menée au Maroc à ceux d'études réalisées en France en 2014 ou en Angleterre en 2005, on se rend compte qu'il y a des convergences mais aussi des divergences [37].

Les pathologistes marocains et français ont une approche semblable en ce qui concerne l'utilisation d'une caméra numérique reliée à un microscope (30,8% au Maroc, 27% au France (tableau 4) [37]) mais pas en terme de scanner de lames (3,1% au Maroc, 24,5% en France). Ceci s'explique en partie par la difficulté des pathologistes marocains à l'acquisition selon notre enquête d'une part et d'autre part l'évolution technologique ( la France en 2020 a multiplié le chiffre en terme d'utilisation de la pathologie digitale qui s'inscrit dans le cadre des mutualisation des plateaux techniques). Les habitudes des pathologistes marocains en 2021 se rapprochent de celles des Anglais en 2005 (8% qui utilise les scanners de lames). Chez ces derniers, on retrouve néanmoins une sur-utilisation d'une caméra numérique reliée à un microscope comme équipement de télépathologie [59].

	Enquête au Maroc 2020	Enquête en France 2014	Enquête en UK 2005
Un microscope multi têtes virtuel	1,5%	5,2%	4%
Un scanner de lames	3,1%	24,5%	8%
Un microscope numérique	6,9%	2,2%	
Un téléphone portable	47,7%	11,1%	
J'utilise l'appareil d'un collègue	7,7%	18,3%	
Un appareil photo numérique relié à un microscope	30,8%	27,6%	64%
Appareil photo argentique		0,9%	
Autre	0,8%	2,8%	
Aucun	22,3%	7,4%	12%

Tableau 3: Comparaison des résultats concernant les équipements en imagerie numérique.

On remarque que l'utilisation des smartphones est très fréquente au Maroc, c'est de loin l'équipement le plus utilisé par les répondants à l'enquête. 47% d'entre-eux utilisent leur téléphone portable au moment de numériser une image pour avoir un avis extérieur. Cette pratique largement répandue de l'utilisation du smartphone peut s'expliquer par sa facilité d'utilisation et son faible coût en comparaison aux autres équipements possibles. Notons que l'usage des téléphones portables reste non adapté vu que les pathologistes marocains ne possèdent pas de microscope avec des supports intégrés et de ce fait les images prise sont statiques et de mauvaise qualité ne permettant pas une interprétation adéquate. L'élaboration d'un projet national pour doter les pathologistes en équipements de télépathologie notamment les scanners de lames nous paraît indispensable.

Bien que d'autres facteurs puissent être impliqués, il est évident que les niveaux étonnamment bas d'utilisation des LV s'expliquent essentiellement par le manque de formation appropriée à l'utilisation de cette technologie et son coût élevé dans notre pays.

De plus, il est important de relever que la plupart des pathologistes renoncent à acquérir un scanner de lames en raison de son coût. Par ailleurs, il semble que la majorité des pathologistes marocains sont des amateurs autodidactes, ce qui se traduit par des niveaux de compétences souvent limités aux fonctions les plus élémentaires, d'où les résultats de notre travail concernant l'importance de la formation. Le système de lames virtuelles en ligne offre la possibilité de suivre un enseignement à distance sans la contrainte d'un déplacement, chronophage et coûteux posant souvent des problèmes d'organisation en particulier pour les petites structures.

Selon la littérature, malgré, les contraintes techniques et le coût élevé des systèmes de lames virtuelles, leur intérêt demeure reconnu dans les actions d'enseignement. La facilité de partage qui permet la lecture à distance et la demande d'avis ainsi que les possibilités d'archivage sont aussi plébiscitées dans nos résultats.

Durant notre enquête, on s'est également intéressé à la fréquence de demandes d'avis extérieur et d'envois d'avis d'experts étrangers ainsi qu'à la périodicité de la réalisation d'examens extemporanés.

L'application de la télépathologie à l'examen extemporané (télé-extemporané), favorise l'égalité d'accès aux soins pour les établissements de santé ne bénéficiant pas de pathologistes de proximité, supprime leur déplacement, souvent chronophage et donc les indemnités kilométriques. Elle permet enfin au pathologiste sur place de réaliser un diagnostic collégial à distance avec ses collègues.

Notons que Les Norvégiens ont effectué les premiers examens extemporanée à distance. Depuis lors, plusieurs réseaux ont été mis en place dans différents pays du monde pour faciliter l'accès aux principales opportunités de diagnostic.

Le Canada est actuellement un chef de file mondial dans ce domaine. The *university health network* (UHN) à Toronto a été l'un des réseaux pionniers de la télépathologie au Canada. D'autres projets sont en cours au Canada, mais le réseau de télépathologie de l'Est du Québec est le plus ambitieux d'Amérique du Nord et l'un des plus importants dans le monde. Ce projet clinique a été déployé en 2007 dans 21 établissements qui était par la suite étendu à trois autres sites. L'équipement nécessaire à la télépathologie a été livré dans tous les centres participants. Certains équipements peuvent être utilisés lorsque le site agit

comme demandeur ou bien comme consultant comprenant : soit une plateforme de macroscopie couplée à un système de visioconférence, un numériseur de lames virtuelles et un système de visualisation des images [60].

Selon les résultats de notre enquête malheureusement la majorité des pathologistes marocains ne bénéficient pas de station de lecture à distance des EE ,ce qui limite leur activité de télé-extemporané.

Il est intéressant de noter en ce qui concerne les seconds opinions, la majorité des pathologistes marocains envoient une fois par mois ou jamais alors que l'enquête française a montré que la plupart des pathologistes français font une demande d'avis au moins quatre fois par mois ou une fois par semaine. En ce qui concerne l'envoi pour un avis extérieur de la part d'un expert à l'étranger, la majorité des répondants ne l'ont jamais fait ou rarement. Ces résultats peuvent être expliqués par le manque d'équipements nécessaires à la réalisation des activités de la télépathologie au sein des services d'ACP marocains et surtout dans les hôpitaux régionaux qui sont souvent dépourvus de matériels ainsi que du personnel nécessaire à la mise en œuvre des actes de la pathologie digitale et surtout par le faible niveau de connaissance en matière de télépathologie.

	<b>Enquête au Maroc 2020</b>	<b>Enquête en France 2014</b>
<b>Je n'envoie jamais</b>	21,50%	12%
<b>Moins de 1</b>	36,20%	22%
<b>1 par mois</b>	17%	27%
<b>2 à 4 ( 1 par semaine environ)</b>	15,40%	32%
<b>5 ou plus (environ plus d'un par semaine)</b>	4%	5%

Tableau 4: Comparaison de la fréquence de demande d'avis externe.

En outre, L'hôpital universitaire à lui seul ne peut et ne doit pas être responsable de toutes les analyses pathologiques à grande échelle. En fait, en raison de la pénurie de pathologistes et de personnel, ils travaillent actuellement d'arrache-pied pour assurer les service. Ce qui impose l'implication des centres régionaux .

On pense que le plus grand défi est d'instaurer un programme de télépathologie à l'échelle nationale qui permettra par la suite d'assurer des services d'extemporanés partout et en tout temps sur l'ensemble du territoire marocain, de permettre de consulter rapidement des collègues pathologistes pour un second diagnostic (relecture), de partager le service de garde dans une région, et d'assurer le retour plus rapide en région de résultats d'examens spécialisés (immunohistochimie) effectués en milieu universitaire, permettant ainsi au pathologiste de finaliser ses comptes rendus plus rapidement.

#### **IV-CONCLUSION:**

Notre enquête est une étude pilote dans notre royaume qui vise à explorer l'opinion des anatomopathologistes marocains à propos de l'imagerie numérique dans la pratique de l'anatomie pathologique, leurs équipements en matière de télépathologie ainsi que l'intérêt de cette dernière et son apport à la spécialité et ses pratiquants.

Toutefois la télépathologie ne doit pas être considérée comme une solution de remplacement de l'anatomie pathologique classique, mais comme un complément qui vient multiplier les ressources mises à disposition des anatomopathologistes.

Cette richesse est une opportunité qui doit être saisie pour le bienfait de tous les acteurs du secteur médical. Car l'utilisation de l'imagerie digitale est une révolution technique et culturelle qui contribue à l'amélioration de la qualité des soins prodigués des patients ainsi que les conditions de travail des pathologistes.

Le principal frein à l'utilisation de la télépathologie en pratique courante dans notre pays demeure dans le manque de formation, son coût élevé ainsi que la difficulté de l'intégration de cette nouvelle technologie au sein des services de pathologie marocains.

Les résultats de notre étude nous poussent à croire que la télépathologie pourra aider à améliorer la prestation des soins notamment dans la cancérologie. Il est également réaliste de croire que dans un avenir assez proche, lorsque les quelques limitations technologiques et financière seront levées, la pathologie numérique se sera démocratisée et deviendra indispensable dans toutes les dimensions de la pratique de la spécialité.

Enfin nous croyons qu'un rapprochement et une coopération entre laboratoires, universités et hôpitaux est souhaitable pour préparer les praticants et les structures médicales à cette révolution technologique qui est en cours. Cette évolution est porteuse de nombreux défis techniques, administratifs et financiers liés aux problématiques de mise en réseau et de mise à l'échelle. Mais ses résultats et leur développement dans certains autres pays prouve que malgré les derniers obstacles à lever, c'est une voie à suivre pour parfaire la qualité des soins.



# RESUMES

## RÉSUMÉ

**Titre:** Intérêt de la télépathologie en anatomie pathologique ; à propos d'une enquête nationale.

**Auteur :** Hind EL YAMANI

**Rapporteur :** EL KHANNOUSSI BASMA

**Mots clés:** Télépathologie, lame virtuelle, microscope - anatomie pathologique.

**Introduction:** La télépathologie est la pratique de la pathologie à distance, qui consiste à transmettre des images macroscopiques et/ou microscopiques en utilisant les moyens de télécommunication pour les demandes d'avis à distance (télédiagnostic), ou des consultations à distance (téléconsultation) pour la réalisation d'un télédiagnostic extemporané en plus de l'enseignement et la recherche.

Notre étude vise à évaluer l'intérêt de la télépathologie grâce à une enquête nationale à propos de l'opinion des pathologistes marocains concernant la pathologie digitale.

**Matériels et méthodes :** L'outil d'enquête était basé sur un questionnaire auto-administré, conçu sur la plateforme gratuite Google Forms®.

**Résultats :** 130 participants ont été inclus dans notre étude. 40,8% des répondants avaient moins de 40 ans et 68,7% étaient de sexe féminin. Les médecins spécialistes étaient la fonction la plus représentée avec 45,4%. Les répondants estiment avoir recours très modérément aux relectures de lames par leurs collègues. De la même façon, la majorité d'entre eux ont envoyé des lames pour obtenir un avis extérieur une fois ou jamais. 70,8 % des pathologistes font leurs examens extemporanés au sein du laboratoire où ils travaillent. Alors que 22,3 % des répondants ne disposent d'aucun équipement d'imagerie numérique, les pathologistes qui en ont un ont possèdent un appareil photo numérique relié au microscope (30,8%), un microscope numérique (6,9%), ou un scanner de lames (3,1%). Parmi eux, seulement 5,4 % des sondés arrivent à l'utiliser sans problème. La demande d'avis est le principal intérêt de la télépathologie, la facilité de partage ainsi que l'archivage des données sont les deux autres atouts des lames numérisées selon les participants. Près d'un pathologiste consulté sur deux pense qu'il est important d'être formé à la lecture des lames digitalisées.

### **Discussion-conclusion:**

Notre étude a révélé que l'équipement en matière d'imagerie numérique est faible au Maroc, d'où le manque de demande d'avis externe et d'examen télé-extemporané. Selon la majorité des pathologistes marocains l'intérêt de la télépathologie réside dans la demande d'avis, la facilité de partage, l'archivage mais aussi l'enseignement. Par ailleurs les pathologistes marocains souhaitent avoir une formation en matière de télépathologie.

Comparativement, en ce qui concerne l'intérêt de la télépathologie et la formation des pathologistes, les résultats de notre étude sont similaires à ceux de la littérature en France. Cependant, il y a des différences de résultats en ce qui concerne les équipements et la demande d'avis externe.

## SUMMARY

**Title :** Value of telepathology in pathology; about a national survey.

**Author :** Hind EL YAMANI

**Reporter :** EL KHANNOUSSI BASMA

**Key-words :** Telepathology, virtual slide, virtual microscope, pathology.

**Introduction :** Telepathology is the practice of pathology afar, which consists in transmitting macroscopic and/or microscopic images using telecommunication means for remote advice (telediagnosis), or remote consultations (teleconsultation) for the realization of an extemporaneous telediagnosis in addition to teaching and research.

Our study aims to evaluate the interest of telepathology as well as a national survey about the opinion of Moroccan pathologists regarding digital pathology.

**Materials and methods :** The survey tool was based on a self-administered questionnaire designed on the free Google Forms® platform.

**Results :** 130 participants were included in our study. 40.8% of the respondents were under 40 years of age and 68.7% were female. Specialists were the most represented position with 45.4%. The respondents considered that they made very moderate use of slide reviews by their colleagues. The majority of them sent slides for external review once or never. 70.8% of the pathologists did their extemporaneous examinations within the laboratory where they work. While 22.3% of respondents do not have any digital imaging equipment, pathologists who do have digital imaging equipment have a digital camera connected to the microscope (30.8%), a digital microscope (6.9%), or a slide scanner (3.1%), of which only 5.4% manage to use it without any problems. Requesting advice is the main interest of telepathology. The ease of sharing and archiving data are the other two advantages of digital slides according to the participants. Nearly one out of two pathologists consulted thinks it is important to be trained to read digitized slides.

**Discussion – conclusion :** Our study revealed that digital imaging equipment is poor in Morocco, hence the lack of demand for external advice and extemporaneous exams. According to the majority of Moroccan pathologists, the interest of telepathology lies in the request for advice, the ease of sharing, archiving but also teaching. Moreover, Moroccan pathologists would like to have training in telepathology.

Comparatively, regarding the interest of telepathology and the training of pathologists, the results of our study are similar to those of the literature in France. However, there are differences in the results with regard to equipment and the demand for external advice.

## ملخص

**العنوان:** دور علم الأمراض عن بعد في علم التشريح الدقيق: حول مسح وطني.

**الكاتبة:** هند اليماني

**الأستاذة المشرفة:** بسمة الخنوسي

**الكلمات الدالة:** علم الأمراض عن بعد- شريحة افتراضية- مجهر - علم التشريح الدقيق.

**المقدمة:** ممارسة علم الأمراض عن بعد تتكون من نقل الصور العيانية و / أو المجهرية باستخدام وسائل الاتصالات لطلبات المشورة عن بعد (الاستشارة عن بعد) ، أو لإجراء تشخيص عن بعد ، فحص ارتجالي بالإضافة إلى التدريس والبحث. تهدف دراستنا إلى تقييم دور علم الأمراض عن بعد وكذلك إجراء مسح وطني حول رأي أطباء علم التشريح الدقيق المغربي فيما يتعلق بعلم الأمراض الرقمي.

**المواد والأساليب:** استندت أداة الاستطلاع إلى استبيان تم إدارته ذاتياً على النظام الأساسي المجاني "Google Forms®".

**النتائج:** تم تضمين 130 مشاركاً في دراستنا. 40.8% من المجيبون كانوا تحت سن 40 و 68.7% من الإناث. كان الأطباء المتخصصون هم الوظيفة الأكثر تمثيلاً بنسبة 45.4%. ويقدر المشاركون أنهم يستخدمون التدقيق اللغوي بالشرائح من قبل زملائهم بشكل معتدل للغاية. وبالمثل ، أرسل معظمهم شرائح للرأي الخارجي عن المختبر الذي يعملون فيه أقل من مرة أو أبداً.

كانت تجهيزات أخصائيي علم الأمراض من حيث التصوير الرقمي هي:

30.8% كاميرا رقمية متصلة بالمجهر 22.3% ليس لديهم معدات 6.9% لديهم مجهر رقمي و 3.1% لديهم ماسح ضوئي للشرائح تمكن 5.4% منهم فقط من استخدامه دون أي مشكلة. طلب المشورة هو الاهتمام الرئيسي لعلم الأمراض عن بعد. سهولة المشاركة وكذلك أرشفة البيانات هما ميزتان أخريان للشرائح الرقمية وفقاً للمشاركين. يعتقد واحد من كل اثنين من أخصائيي علم الأمراض الذين تمت استشارتهم أنه من المهم أن يتم تدريبهم على قراءة الشرائح الرقمية.

**المناقشة و الخاتمة:** كشفت دراستنا أن معدات التصوير الرقمي ضعيفة في المغرب ، وبالتالي قلة المشورة الخارجية والفحص الارتجالي عن بعد. وفقاً لغالبية أخصائيي علم الأمراض المغربية ، يكمن اهتمام علم الأمراض في طلب المشورة وسهولة المشاركة والأرشفة بالإضافة إلى التدريس. إضافة إلى ذلك ، يرغب علماء الأمراض المغربية في الحصول على التدريب في علم الأمراض عن بعد . كانت نتائج دراستنا مماثلة لتلك الموجودة في الأدبيات في فرنسا فيما يتعلق باهتمام علم الأمراض وتدريب أخصائيي علم الأمراض ، ومع ذلك ، هناك اختلافات في النتائج فيما يتعلق بالمعدات وطلب المشورة الخارجية.



# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Organisation mondiale de la Santé, Informatique sanitaire et télémédecine, 1-6, 1997.
- [2] S S Cross, T Dennis<sup>1</sup> & R D Start, Telepathology, current status and future prospects in diagnostic histopathology, report transmission.2002; 41: 91–109.
- [3] J. K.Mckenna, and S. R.Florell. Cost-effective dynamic telepathology in the mohs surgery laboratory utilizing ichtat AV software.2007; 33(1): 61-67.
- [4] D.Ameisen, Gilles,Naour, Christel Daniel. Technologie des lames virtuelles de la numérisation à la mise en, 2012 ; 28 : 976-81.
- [5] Brousset P,and al. Emergence d’une spécialité médicale nouvelle :la pathologie. 2011 ; 27 : 650-5.
- [6] W.S, Henricks,W, Becich MJ, et al. Telepathology for patient care: what am I getting myself into? AnatPathol 2010;17:130–49.
- [7] Kayser K, Szymas J, Weinstein RS.Telepathology and telemedicine: communication, electronic education and publication in e-health;2005: 2-256.
- [8] Dunn BE, Choi H, Recla DL, et al. Robotic surgical telepathology between the iron mountain and Milwaukee department of veterans affairs medical: a 12 year experience. Hum Pathol 2009;40:1092-9.
- [9] Dunn BE, Almagro UA, et al. Dynamic-robotic telepathology: Department of Veterans Affairs feasibility study.1997;28:8-12.
- [10] Navid Farahani, Liron Pantanowitz, Overview of Telepathology, 2016;36(1). 101-112.
- [11] Vincenzo Della Mea, Prerecorded telemedicine, 2005;11(6):281.
- [12] Teodorovic I, Isabelle.M, Carbone.A, P.A, Lejeune S, Jamine D, and al. TuBaFrost 6: Virtual microscopy in virtual tumour banking.2006 ; 42(18): 3110-3115.
- [13] Khalil Moqadem et Gilles Pineau , Télépathologie : lignes directrices et normes technologiques ETMIS.2008;4(7):1-58.

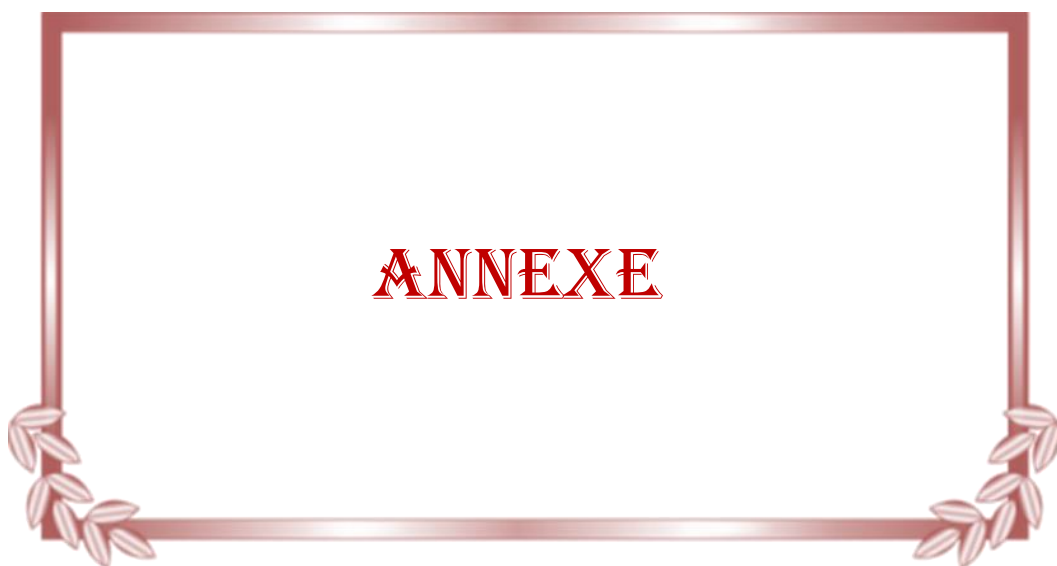
- [14] Chee Leong Cheng, PuayHoon Tan, Digital pathology in the diagnostic setting: beyond technology into best practice and service management .2017;42(18):1-4.
- [15] Della Mea V, Cataldi P, Boi S, et al. Image selection in static telepathology through the Internet. J Telemed Telecare .1998; 4(1):20-22.
- [16] Della Mea V, Cataldi P, Boi S, et al. Image sampling in static telepathology for frozen section diagnosis. J Clin Pathol .1999; 52(10): 761-765.
- [17] Katharina Glatz-Kriege, Dieter Glatz , Michael J. Mihatsch ,vMic, Disponible sur: <http://vmic.unibas.ch> [2003].
- [18] JIE ZHOU, MD, MS, MICHAEL A. HOGARTH, MD, RICHARD F. WALTERS, PHD, RALPH GREEN, MD, AND THOMAS S. NESBITT, MD, MPH, Hybrid system for telepathology.2000; 31(7):829-833.
- [19] B,Têtu, J,Boulanger, C,Houde, Jean-Paul Fortin, Marie-Pierre Gagnon, G ,Roch, G,Paré, and al , Lames virtuelles en pathologie Le réseau de télépathologie de l'Est du Québec Un véritable projet collectif. 2012 ;28(11): 993-999.
- [20] Pantanowitz L, Valenstein P, Evans A, Kaplan K, Pfeifer J, Wilbur DC, Collins LC, Colgan T. Review of the current state of whole slide imaging in pathology.2011;2:36.
- [21] Ameisen et al, Lames virtuelles en ligne en 2007: une technologie au service de nombreuses applications en pathologie.2008;28(1) :17-26.
- [22] Clarke, GM, Zubovits JT, Katic M, Peressotti C, Yaffe MJ. Spatial resolution requirements for acquisition of the virtual screening slide for digital whole-specimen breast histopathology.2007;38(12):1764-1771.
- [23] David Ameisen, Gilles Le Naour, Christel Daniel, Lames virtuelles en pathologie : de la numérisation à la mise en ligne.2012;28(11) :977-82.
- [24] J.D. Webster, R. W. Dunstan, Whole-Slide Imaging and Automated Image Analysis of Pathology: Considerations and Opportunities in the Practice, 2014.51(1):211-223.

- [25] Yagi Y, Yoshioka S, Kyusojin H, et al. Ultra high speed whole slide image viewing system. *Anal Cell Pathol (Amst)*, 2012: 65-73.
- [26] Lahrman B, Halama N, Westphal K, et al. Robust gridding of TMAs after whole-slide imaging using template matching. *Cytometry A* ,2010;77A(12): 1169-1176.
- [27] Treanor D, Jordan-Owers N, Hodrien J, et al. Virtual reality Powerwall versus conventional microscope for viewing pathology slides : an experimental comparison,2009; 55(3): 294-300.
- [28] Roberts N, Magee D, Song Y, et al. Toward routine use of 3D histopathology as a research tool,2012;180(5):1835-42.
- [29] Laurinavicius A, Laurinaviciene A, Dasevicius D, et al. Digital image analysis in pathology : benefits and obligation. *Anal Cell Pathol (Amst)*,2012;75-78.
- [30] Huang CH, Veillard A, Roux L, et al. Time-efficient sparse analysis of histopathological whole slide images, *Comput Med Imaging Graph* 2011;35(7-8):579-591.
- [31] Juan E. Ortuño, Lin Lin, María del Pilar Ortega , *Stitching Methodology For Whole Slide Low-Cost Robotic Microscope Based On A Smartphone International April 3-7, 2020.*
- [32] Douglas J. Hartman, MD , *Mobile Technology for the Practice of Pathology* ,2016;23(2):118-124.
- [33] Marchevsky AM, Dulbandzhyan R, Seely K, Carey S, Duncan RG. Storage and distribution of pathology digital images using integrates web-based viewing systems .2002:533-9.
- [34] Oberholzer M, Christen H, Haroske G, Helfrich M, Oberli H, Jundt G, et al. Modern telepathology: A distributed system with open standards. *CurrProbl Dermatol* ,2003;102-14.
- [35] MSSS, *Les orientations technologiques du réseau socio sanitaire : pour un accès intégré et sécurisé à l'information.*[2003].disponible sur :<http://publications.msss.gouv.qc.ca/acrobat/f/documentation/2002/02>.

- [36] Projet du décret relatif à la télémédecine, par le ministère de santé marocain,2018.
- [37] Maxime Arnaud, Télé-pathologie et smartphones : un outil efficace ? [Thèse de doctorat][Rouen]:Université de Rouen; 2014.
- [38] Helin HO, Lundin ME, Laakso M, Lundin J, Helin HJ, Isola J. Virtual microscopy in prostate histopathology: simultaneous viewing of biopsies stained sequentially with hematoxylin and eosin, and alpha-methylacyl-coenzyme A racemase/p63 immunohistochemistry. *J Urol* 2006;175(2):495-9.
- [39] Anne Janin, Luc Legrès, Christophe Leboeuf, Jean-Yves Scoazec, Philippe Bertheau, Lames virtuelles en pathologie Les lames virtuelles en recherche Expérimentale et en recherche clinique , 2012 ; 28 : 990-2.
- [40] Stephanie Robertson· Hossein Azizpour , Kevin Smith , Johan Hartman Digital image analysis in breast pathology—from image processing techniques to artificial intelligence .2018;194:18-35.
- [41] Boutonnat J, Paulin C, Faure C, Colle PE, Ronot X, Seigneurin D. A pilot study in two French medical schools for teaching histology using virtual microscopy.2006;90(288): 21-5.
- [42] Scoville SA, Buskirk TD. Traditional and virtual microscopy compared experimentally in a classroom setting. 2007;20(5):565-70.
- [43] Lundin M, Lundin J, and a. A digital atlas of breast pathology: an application of web based virtual microscopy .2004;57(12):1288-91.
- [44] Mikula S, Trotts I, Stone JM, Jones EG. Internet-enabled high resolution brain mapping and virtual microscopy.2007;35(1): 9-15.
- [45] Weinstein RS. Innovations in medical imaging and virtual microscopy.2005;36(4): 317-9.
- [46] Duyckaerts, Laboisie CL, Vielh P, Nouvelles méthodes d'imagerie en pathologie cellulaire et tissulaire. 2004 ;27(6-7) :651-655.

- [47] Clémence Delteil Aurélie Haffnera, Radia Fritih, Corinne Bouvier, Sébastien Taix, Nicolas Macagnoa, Point de vue : une leçon tirée du confinement, l’histopathologie en visioconférence, septembre 2020.
- [48] <https://www.tribvn-hc.com/fr/solutions/teleslide/teleslide-telemedecine>.
- [49] <https://www.tribvn-hc.com/fr/lancement-soslide/> 2018 -2019.
- [50] Astrid Laurent-Bellue<sup>1</sup>, Eric Poullier, Sophie Prevot<sup>1</sup>, Catherine Guettier. Le télédiagnostic extemporané. 2019.
- [51] Laurent Bellue, M.Prslé, J.Redon, E.PoullierE.Adnet, C.Guettier ,Télédiagnostic extemporané : L’expérience d’un service d’anatomopathologie hospitalo-universitaire bi-site , 2019.
- [52] AFAQAP - l’archivage en ACP (retour d’enquête) - décembre 2006.
- [53] Aeffner F, Zarella MD, Buchbinder N, Bui MM, Goodman MR, Hartman DJ, Lujan GM, Molani MA, Parwani AV, Lillard K, Turner OC, Vemuri VNP, Yuil-Valdes AG, Bowman D.Introduction to Digital Image Analysis in Whole-slide Imaging: A White Paper from the Digital Pathology Association.2019.
- [54] Shinde V, Burke KE, Chakravarty A, Fleming M, McDonald AA, Berger A, Ecsedy J, Blakemore SJ, Tirrell SM, Bowman D:Applications of pathology-assisted image analysis of immunohistochemistry-based biomarkers in oncology. 2014; 51:292-30.
- [55] Ryad Zemouria, Christine Devallandb, Séverine Valmary-Deganoc, Noureddine Zerhounid. Intelligence artificielle : quel avenir en anatomie pathologique ? 2019.
- [56] Stephanie Robertson, Hossein Azizpour, Kevin Smith, and Johan Hartman, ,Digital image analysis in breast pathology from image processing techniques to artificial Intelligence 2017.
- [57] K.Bera , Kurt A. Schalper, David L. Rimm , Vamsidhar Velcheti and al. Artificial intelligence in digital pathology new tools for diagnosis and precision oncology, 2019.

- [59] T.Dennis, RD Start,S Cross, The use of digital imaging video conferencing and telepathology in histopathology :a national.2005;58(3): 254-258.
- [60] Bernard T,J.Boulanger, C.Houde, Le projet de télépathologie sur lames virtuelles de l'est du Québec :un projet clinique déployé sur 21 sites .2010 ; 30(5) : 25-27.



## Questionnaire télépathologie en Anatomie Pathologique

Prenez 5 minutes pour répondre à ce questionnaire

**\*Obligatoire**

1- Vous êtes \*

Femme

Homme

Je ne souhaite pas le préciser

2- Vous exercez \*

Dans une structure hospitalière public

Dans un laboratoire privé

Dans un centre hôpitalo-universitaire

3- Précisez votre tranche d'âge \*

moins de 30 ans

30 à 39 ans

40 à 49 ans

50 à 59 ans

60 ans ou plus

4- Quelle est votre fonction ? \*

Interne

Résident

Médecin spécialiste

Professeur assistant

Professeur agrégé

Professeur de l'enseignement supérieur

Praticien hospitalier

Praticien libéral

5- Vous exercez l'anatomie Pathologique depuis combien d'année ? \*

moins d'une année

1 an

2 à 4 ans

5 à 9 ans

10 à 19 ans

plus de 20 ans

6- Hormis vous, combien de personnes travaillent avec vous dans la structure:

il s'agit de la structure principale dans laquelle vous exercez ? \*

0

1

2

3 à 5

5 ou plus

7- Dans votre travail quotidien, évaluez la fréquence à laquelle vous montrez

des lames à vos collègues de travail \*

jamais

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Plusieurs fois par jour

8- Combien d'avis extérieur (en dehors de votre structure) envoyez-vous en moyenne par mois ? \*

je n'envoie jamais

moins de 1

1

2 à 4 ( 1 par semaine environ)

5 ou plus (environ plus d'un par semaine

autre

9- Combien d'avis extérieur (expert à l'étranger) envoyez vous en moyenne par mois ? \*

je n'envoie jamais

moins de 1

1

2 à 4 ( 1 par semaine environ)

5 ou plus (environ plus d'un par semaine

autre

10- Concernant votre activité d'examen extemporanée \*

je ne fais pas du tout d'examen extemporané

Mes examens extemporanés se font au sein du laboratoire ou je travaille

je me déplace en clinique ou une autre structure pour faire mes examens extemporanés

11- Concernant votre équipement en imagerie numérique : \*

Précisez de quel(s) type(s) de matériel(s) vous disposez sur votre lieu principal de travail

Je ne dispose d'aucun équipement me permettant de prendre mes lames en photo

J'ai un appareil photo numérique relié à mon microscope

Un de mes collègues dispose d'un appareil photo, je lui emprunte si besoin

J'utilise mon téléphone portable pour faire des photos de mes cas

Je dispose d'un microscope numérique

Je dispose d'un scanner de lames

Je dispose d'un microscope multitête virtuel

Autre :

12- Concernant les scanners de lames \*

(Plusieurs réponses possibles)

je ne les utilise pas

je les utilise sans problème

je les utilise avec réticence

leur utilisation me semble trop complexe

leur utilisation me semble trop coûteuse

le poids des fichiers est trop lourd

la qualité d'images me paraît insuffisante

autre

13- Quel est selon vous l'intérêt principal des lames numérisées ? \*

Votre réponse

14- Selon vous, quel est le principal frein pour acquérir un scanner de Lames

Le cout

Absence de distributeur agréé

Vous n'êtes pas renseigné sur la disponibilité et les délai de livraison dans le marché

Vous n'êtes pas formé sur la pathologie digitale

la lectures lames numérisées est difficile

autres

15- Si vous avez la possibilité de prendre des photos de vos lames et les partager rapidement avec collègue (moins d'une minute), partagez-vous plus de cas ? \*

Oui

Non

16- Concernant la formation sur la lecture des lames digitalisées \*

est obligatoire

est indispensable

est importante

la lecture ne nécessite pas de formation

autre

Souhaitez vous une formation en pathologie digitale? \*

OUI

NON

Est ce que la formation en pathologie digitale doit intégrer la formation des résidents en Anatomie Pathologique? \*

oui

non

## Serment d'Hippocrate

*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

- *Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.*
- *Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.*
- *Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*
- *Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*
- *Les médecins seront mes frères.*
- *Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*
- *Je maintiendrai le respect de la vie humaine dès la conception.*
- *Même sous la menace, je n'userai pas de mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*
- *Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

# قسم أبقر اط

## بسم الله الرحمان الرحيم أقسم بالله العظيم

في هذه اللحظة التي يتم فيها قبولي عضوا في المهنة الطبية أتعهد علانية:

- < بأن أكرس حياتي لخدمة الإنسانية.
- < وأن أحترم أساتذتي وأعترف لهم بالجميل الذي يستحقونه.
- < وأن أمارس مهنتي بوازع من ضميري وشرفي جاعلا صحة مريضني هدي في الأول.
- < وأن لا أفشي الأسرار المعهودة إلي.
- < وأن أحافظ بكل ما لدي من وسائل على الشرف والتقاليد النبيلة لمهنة الطب.
- < وأن أعتبر سائر الأطباء إخوة لي.
- < وأن أقوم بواجبي نحو مرضاي بدون أي اعتبار ديني أو وطني أو عرقي أو سياسي أو اجتماعي.
- < وأن أحافظ بكل حزم على احترام الحياة الإنسانية منذ نشأتها.
- < وأن لا أستعمل معلوماتي الطبية بطريق يضر بحقوق الإنسان مهما لاقيت من تحديد.
- < بكل هذا أتعهد عن كامل اختيار ومقسما بالله.

والله على ما أقول شهيد.



المملكة المغربية  
جامعة محمد الخامس بالرباط  
كلية الطب والصيدلة  
الرباط



أطروحة رقم: 146

سنة: 2021

## دور علم الأمراض عن بعد في علم التشريح الدقيق : حول مسع وطني.

### أطروحة

قدمت ونوقشت يوم : .....

من طرف

الأنسة : هند اليميني

المزادة في 12/07/1993

لنيل شهادة دكتور في الطب

الكلمات الأساسية: علم الأمراض عن بعد- شريحة افتراضية- مجهر افتراضي- علم التشريح الدقيق.

### أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس

السيد: أولديم كريم

أستاذ في علم الوراثة

مشرفة

السيدة: بسمة الخنوسي

أستاذة في علم الأحياء الدقيقة

السيدة: كوثر زياتي

أعضاء

أستاذة في الجراحة العامة

السيد: صواق أمين

أستاذ في الجراحة العامة