



Passer au numérique en pathologie rénale : le projet pilote CaloPix® de Providence Health Care

Résumé exécutif

Providence Health Care (PHC), l'une des principales institutions académiques de la Colombie-Britannique, a lancé une initiative pilote innovante afin d'évaluer la faisabilité de la pathologie numérique dans le diagnostic rénal, un domaine reconnu pour sa complexité diagnostique et sa sensibilité clinique. Mené dans le cadre du Provincial Laboratory Medicine Services (PLMS) Digital Pathology Test Bed, le projet a permis de tester si l'examen numérique des lames pouvait atteindre la même précision et fiabilité que la microscopie traditionnelle sur lames de verre.

Les pathologistes rénaux ont obtenu une concordance ≥ 95 % entre les examens sur lames numérisées et les examens sur lames de verre pour dix des treize critères de pathologie rénale, avec jusqu'à 100 % de concordance pour des paramètres critiques tels que la présence du cortex et la nécrose fibrinoïde.

Plusieurs plateformes de pathologie numérique ont été évaluées dans le cadre du projet pilote, mais CaloPix® s'est distingué par son interface intuitive, sa grande robustesse et sa performance clinique élevée. Cette plateforme offre une navigation simple des lames, la plus grande capacité de visualisation côte à côte des colorations et des flux de travail rationalisés. Le déploiement privé et sécurisé sur Microsoft Azure a marqué une première provinciale, démontrant que la pathologie numérique cloud sécurisée, évolutive et scalable, est à la fois réalisable et bénéfique.

Le projet montre que la pathologie numérique n'est pas seulement viable, elle apporte une réelle valeur ajoutée. Le déploiement de CaloPix® a permis d'améliorer la cohérence diagnostique, d'optimiser l'expérience utilisateur, et de créer de nouvelles opportunités d'intégration à l'échelle de l'entreprise, notamment avec l'intelligence artificielle. Il a également mis en évidence plusieurs bonnes pratiques pour les établissements se préparant à une transformation numérique, allant des améliorations ergonomiques à l'intégration au LIS (système d'information de laboratoire) et à l'alignement entre départements. L'expérience de PHC offre ainsi une feuille de route concrète pour d'autres organisations de santé souhaitant moderniser leur pratique pathologique. La pathologie numérique ne consiste plus seulement à remplacer les lames de verre, elle permet de repenser la manière dont les diagnostics sont produits et délivrés.

Introduction

Providence Health Care (PHC), l'une des principales institutions académiques et cliniques de la Colombie-Britannique, a lancé un projet pilote visant à évaluer la faisabilité de la pathologie numérique pour le diagnostic des biopsies rénales médicales, l'un des domaines les plus complexes de la pathologie. Mené dans le cadre du Provincial Laboratory Medicine Services (PLMS) Digital Pathology Test Bed, le projet avait deux objectifs : 1. Réaliser une comparaison détaillée entre l'examen des lames numérisées et l'examen des lames physiques, en se concentrant sur les observations morphologiques clés, au-delà du simple diagnostic final. et 2. développer une infrastructure numérique basée sur le cloud, offrant à la fois une autonomie au sein du système PHC et une compatibilité totale avec l'architecture numérique provinciale, afin de favoriser la collaboration et l'interopérabilité à l'échelle de la province.

La médecine de laboratoire en Colombie-Britannique est organisée en six autorités sanitaires indépendantes, chacune supervisant et gérant les activités de laboratoire dans les hôpitaux locaux relevant de son autorité, mais sous la supervision administrative du PLMS et du ministère de la Santé.

Ce modèle permet à chaque autorité sanitaire de répondre aux besoins locaux tout en fonctionnant dans le cadre d'une infrastructure provinciale unifiée. Cette organisation opérationnelle a ensuite été étendue au domaine de la pathologie numérique par le PLMS.



Dans le cadre de cette initiative provinciale, PHC a évalué plusieurs plateformes de pathologie numérique, y compris CaloPix®, déployées au sein de l'infrastructure numérique locale basée sur le cloud de PHC. Ce déploiement pour un usage local dans le cloud, permettant également une collaboration indépendante du fournisseur sous l'architecture cloud provinciale, représente une approche unique en matière d'infrastructure et d'organisation opérationnelle de la pathologie numérique propre à la Colombie-Britannique. Aucun fournisseur officiel n'a été sélectionné par PHC, mais, en collaboration avec Tribun Health, CaloPix® a été essentiel pour le développement complet de l'infrastructure cloud et a été déployé pour l'utilisation du laboratoire St. Paul dans le cadre de la validation clinique numérique. L'engagement de Tribun Health à faire preuve de flexibilité pour répondre aux besoins cliniques de PHC ainsi que sa réactivité face aux retours techniques et aux commentaires des pathologistes ont été essentiels à l'avancement du projet pilote local de pathologie rénale de PHC, ouvrant la voie à son intégration dans l'initiative provinciale à plus grande échelle.

Conception du projet et périmètre clinique

Objectif :

Les diagnostics établis à partir de l'examen d'images numériques doivent démontrer une équivalence avec ceux réalisés à partir de lames de verre traditionnelles observées au microscope. La validation classique de la pathologie numérique repose sur la comparaison de la concordance diagnostique entre ces deux approches. Les biopsies rénales médicales sont des échantillons très complexes nécessitant l'évaluation par plusieurs formes de microscopie, et pas seulement la microscopie optique. Afin d'atténuer les difficultés diagnostiques liées à la seule microscopie optique, 13 paramètres morphologiques couramment utilisés dans la description microscopique des rapports finaux de pathologie rénale ont été évalués et comparés, en plus du profil diagnostique final. Ces paramètres ont été approuvés à l'unanimité par les pathologistes rénaux comme étant essentiels à l'établissement des rapports de pathologie rénale médicale.



Méthodologie :

Soixante cas de pathologie rénale : 26 rétrospectifs et 34 prospectifs, ont été analysés. Chaque cas a été analysé indépendamment par un pathologiste en utilisant à la fois les lames de verre et les lames numérisées, avec un intervalle de deux semaines entre les deux examens afin de réduire le biais de mémoire. L'étude s'est concentrée uniquement sur la microscopie optique, excluant l'immunofluorescence (IF) et la microscopie électronique (EM).

Données recueillies :

- Treize critères morphologiques de la biopsie rénale médicale pour l'analyse comparative
- Retours des pathologistes sur l'utilisabilité, l'efficacité, les fonctionnalités du logiciel et l'expérience en pathologie numérique

Cette approche a permis une évaluation clinique rigoureuse tout en capturant l'expérience quotidienne des utilisateurs, essentielle pour une mise en œuvre durable.

Résultats quantitatifs : concordance diagnostique

Examen sur lames numérisées vs. lames de verre :

Dans l'analyse initiale, les résultats numériques ont été comparés à l'examen traditionnel sur lames de verre selon des critères stricts : toute divergence ou critère non répondu était considéré comme discordant.

Critère	Pourcentage de concordance numérique avec le verre
Nombre de fragments rénaux	93%
Présence du cortex	100%
Présence de la médulla	90%
Autres tissus	75%
Profil glomérulaire	93%
Présence de croissants glomérulaires	98%
Présence de nécrose fibrinoïde	100%
Étendue de la tubulite	88%
Étendue de l'inflammation interstitielle	88%
Étendue de la fibrose interstitielle / de l'atrophie tubulaire	87%
Étendue de la fibrose intinale	87%
Étendue de la hyalinose artériolaire	92%
Profil diagnostique	90%

Point clé :

Seules 3 mesures ont atteint la concordance recommandée de 95 % dans les directives CAP. Cela est très probablement dû au respect de critères stricts lorsqu'il existe une variabilité bien connue intra- et inter-pathologistes lors de l'examen des lames histologiques en pathologie rénale.

Rapport numérique vs rapport final signé :

Pour mieux évaluer l'alignement clinique, une deuxième analyse a comparé directement les examens sur lames numérisées avec le rapport final de pathologie, considéré comme la référence clinique, qui interprète les résultats de la biopsie dans le contexte de l'histoire clinique et des analyses du patient, informations qui n'étaient pas fournies dans ce projet pilote. Les paramètres numériques non renseignés ont été exclus de cette analyse.

Critère	% concordance numérique avec le rapport final
Nombre de fragments rénaux	100%
Présence du cortex	100%
Présence de la médulla	97%
Autres tissus	100%
Profil glomérulaire	95%
Présence de croissants glomérulaires	98%
Présence de nécrose fibrinoïde	100%
Étendue de la tubulite	95%
Étendue de l'inflammation interstitielle	88%
Étendue de la fibrose interstitielle / de l'atrophie tubulaire	95%
Étendue de la fibrose intinale	90%
Étendue de la hyalinose artériolaire	93%
Profil diagnostique	98%

Point clé :

10 des 13 critères ont atteint ou dépassé **95 % de concordance**, y compris **le profil diagnostique (98 %), la tubulite (95 %) et la fibrose interstitielle et l'atrophie tubulaire (95 %)**, ce qui constitue un indicateur pronostique important pour l'évolution à long terme des reins. Notamment, l'interprétation par pathologie numérique **de la fibrose interstitielle et de l'atrophie** qui était plus proche du rapport final que celle réalisée sur lames de verre. La quantification de la fibrose interstitielle et de l'atrophie tubulaire, de l'inflammation interstitielle, de la fibrose intinale et de la hyalinose artériolaire sont toutes des mesures connues en pathologie rénale pour être inconsistantes, non seulement entre différents pathologistes rénaux, mais aussi pour un même pathologiste à différents moments. Les résultats quantitatifs confirment que la pathologie numérique est une plateforme fiable pour le diagnostic médical rénal, et tous les logiciels, y compris CaloPix®, ont montré un taux de concordance élevé.

Retour qualitatif : expérience des pathologistes

La pathologie numérique est complètement différente de la pathologie conventionnelle sur lames de verre, non seulement en raison de la méthode d'examen des images (image numérique versus tissu coloré sur lames de verre), mais aussi à cause du matériel utilisé. Avec cette différence marquée dans le flux de travail quotidien, l'expérience qualitative des pathologistes a également été recueillie, et leurs retours ont été utilisés pour ajuster et améliorer le déploiement de CaloPix®, afin d'optimiser encore davantage l'expérience des pathologistes.

Ce qui a bien fonctionné :

Les pathologistes de PHC ont rapporté que la pathologie numérique, lorsqu'elle est soutenue par le logiciel approprié, offre des améliorations concrètes du flux de travail par rapport à l'examen classique sur lames de verre.

Principaux avantages de CaloPix® rapportés :

- **Navigation simplifiée des lames :** Pas de refocalisation manuelle, zoom et déplacement fluides à différents grossissements.
- **Efficacité du flux de travail améliorée :** Toutes les lames numériques accessibles dans une seule interface, sans manipulation physique ni risque de perte ou de casse.
- **Diagnostics comparatifs améliorés :** Visualisation côte à côte des colorations et biopsies antérieures pour un suivi plus rapide et précis de l'évolution des lésions.
- **Qualité et fidélité des images :** Images haute résolution avec ajustement du contraste et des couleurs, réduisant la variabilité des colorations.
- **Annotations complètes :** Les utilisateurs ont apprécié la possibilité d'ajouter des notes détaillées et mesurables directement sur l'image, améliorant ainsi la communication entre pathologistes concernant les résultats de biopsie.
- **Meilleure organisation pour les consultations et réunions multidisciplinaires :** Préparation des cas et collaboration à distance facilitées grâce à des archives centralisées et des visuels plus clairs.



Domaines à améliorer :

- **Plan de focalisation fixe** : À des grossissements élevés (40x et 60x), l'incapacité de refaire la mise au point après le scan a été une limitation importante, en particulier pour les tâches diagnostiques fines.
- **Perte des repères tactiles** : Sans commandes physiques du microscope, les pathologistes ont dû s'adapter à de nouvelles routines visuelles et opérationnelles.
- **Fatigue numérique** : Les longues sessions ont causé une tension liée à l'écran et aux mouvements de souris. Les utilisateurs ont souligné le besoin de postes mieux équipés (souris 3D, grands écrans, sièges ergonomiques), absents durant la POC.
- **Courbe d'apprentissage** : Malgré l'interface intuitive de CaloPix®, la navigation numérique a ralenti les premières lectures, faute de « mémoire musculaire » acquise au microscope. D'autres sites indiquent toutefois une courbe d'adaptation courte.
- **Absence d'intégration au LIS** : La validation des cas et l'accès au contexte clinique complet n'étaient pas possibles dans le système, ralentissant le flux de travail. Cette limite, non traitée lors de la phase pilote, devra être corrigée pour un déploiement clinique complet.

La pathologie numérique n'est pas un simple équivalent du microscope, mais une réinvention du diagnostic. Elle impose un nouveau rythme et de nouveaux outils. L'essentiel n'est pas seulement le logiciel, mais son intégration au quotidien des pathologistes. Avec une formation adaptée, de meilleures conditions ergonomiques et l'intégration au LIS, elle peut devenir un outil transformateur.

Performance du viewer et fonctionnalités préférées

Dans le cadre du projet pilote, PHC a évalué plusieurs plateformes de pathologie numérique, dont CaloPix®, afin d'identifier celles répondant le mieux aux besoins des pathologistes rénaux.

Fonctionnalités de CaloPix® mises en avant par les pathologistes :

- Interface rapide et réactive, avec un délai minimal
- Rendu d'images en haute résolution
- Outils de comparaison performants, avec volets synchronisés
- Annotation et partage de cas faciles
- Excellent support du fournisseur

Aucun fournisseur n'a été officiellement sélectionné dans ce pilote, mais la réactivité de Tribun Health aux retours des utilisateurs, ainsi que sa flexibilité et sa volonté de répondre aux exigences techniques en matière de développement cloud et de maintenance logicielle, ont été essentielles à la réussite du projet pilote.

Bonnes pratiques pour un déploiement à grande échelle

1

L'ergonomie compte : Equiper les équipes d'écrans haute résolution, de souris 3D et de postes ajustables.

2

Intégration précoce au LIS : Les gains réels apparaissent lorsque les systèmes communiquent entre eux.

3

Former avec objectif : Utiliser les cas pilotes comme outils d'intégration et organiser des démonstrations en temps réel.

4

Éviter le piège hybride : Passer entièrement au numérique supprime les frictions liées à l'alternance entre formats.

5

Adopter l'IA : Commencer à explorer les outils de quantification, pour la fibrose ou l'inflammation.

6

Approche globale : Résultats partagés au-delà de la pathologie : bénéfique pour la radiologie, l'oncologie, la chirurgie.



Perspective IT : infrastructure et sécurité

Le déploiement réussi de CaloPix® sur l'infrastructure cloud de l'hôpital St. Paul n'a pas été qu'un exercice technique : il a constitué une validation concrète de ce qu'implique la mise en place d'une pathologie numérique sécurisée et évolutive dans un environnement clinique. Dans le cadre du PLMS Digital Pathology Test Bed, ce projet a marqué la première utilisation provinciale d'une infrastructure cloud pour la pathologie numérique clinique et a permis de tirer des enseignements clés et des avancées majeures en matière d'infrastructure, de sécurité et de gouvernance.

Architecture basée sur le cloud : poser les bases

La plateforme a été déployée dans un environnement cloud Microsoft Azure privé et sécurisé, intégré au réseau hospitalier et géré par PHSA. Cet environnement a permis d'atteindre des performances de niveau clinique tout en respectant les normes provinciales relatives aux données de santé et en répondant aux exigences de sécurité de l'entreprise.



Principaux avantages :

- Stockage sécurisé et haute capacité pour un archivage rentable de grands volumes d'images de lames entières à haute résolution
- Accès rapide à distance pour les pathologistes travaillant depuis différents sites
- Maintenance logicielle simplifiée, avec mises à jour gérées de manière centralisée dans le cloud
- Infrastructure élastique, adaptable à une montée en charge future et à une expansion multi-sites
- Orchestration des flux de travail, permettant l'ingestion efficace des données et l'intégration de sources multiples.

Ce projet pilote a établi un modèle pour de futurs déploiements cloud dans le réseau de santé de la Colombie-Britannique, démontrant que le cloud n'est pas seulement réalisable, mais qu'il présente des avantages significatifs lorsqu'il est géré dans un cadre de gouvernance solide.

Confidentialité et cybersécurité :

La cybersécurité et la protection des données ont été considérées comme des piliers essentiels du déploiement, et non comme une réflexion après coup. Le processus a révélé à quel point il est crucial d'assurer une conformité sécuritaire dès le départ et de manière continue pour l'innovation en santé numérique.

Actions clés entreprises

- **Analyse d'impact sur la confidentialité :** Une étude a été réalisée pour évaluer les risques et préparer des plans d'atténuation. Les lacunes identifiées ont été corrigées avant la mise en production.
- **Audits de sécurité :** Plusieurs revues et audits de sécurité ont été effectués, incluant le renforcement des postes de travail, les contrôles d'accès basés sur les rôles et les vérifications des vulnérabilités réseau.
- **Implication des parties prenantes :** Les équipes IT, cybersécurité et fournisseur (Tribun Health) ont collaboré étroitement, assurant transparence et responsabilité.
- **Délais du projet :** Les processus de sécurité, dont l'analyse d'impact sur la confidentialité et les actions correctives, ont principalement influencé le calendrier. La leçon est claire : démarrer tôt la conformité et prévoir des marges de temps pour les approbations.



Innovation du flux de travail : optimiser l'efficacité clinique

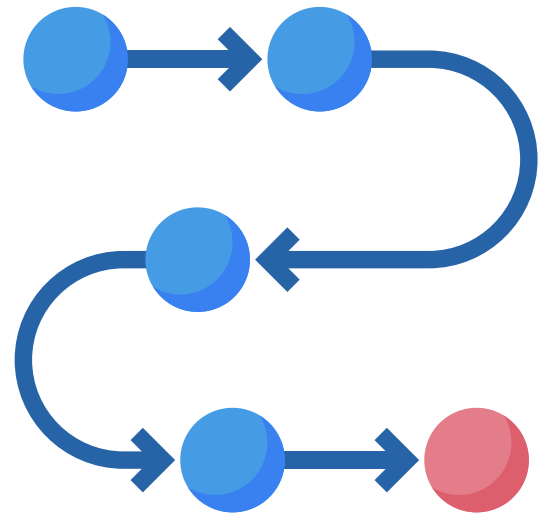
Au-delà de l'infrastructure, le projet a servi de terrain d'expérimentation pour des flux de pathologie numérique prêts pour l'avenir. Des sessions collaboratives entre le service informatique de la PHSA, l'hôpital St. Paul et Tribun Health ont exploré comment :

- Améliorer les processus d'ingestion des données
- Réduire les dépendances et les goulots d'étranglement du système
- Exploiter les capacités natives du cloud pour le traitement en temps réel et l'archivage
- Planifier l'intégration au LIS, garantissant la continuité depuis l'acquisition des images jusqu'à la validation des cas

Ces discussions prospectives ont jeté les bases d'une transformation numérique plus large dans les services de pathologie.

Points clés

- **La sécurité doit primer :** Les processus de confidentialité et de cybersécurité doivent commencer dès le démarrage du projet. Ils sont essentiels pour la confiance, la conformité et l'approbation clinique.
- **Le cloud répond aux exigences cliniques :** Bien gouverné, un environnement cloud hébergé peut satisfaire les standards stricts de performance et de sécurité nécessaires en santé.
- **Intégration précoce :** L'intégration au LIS et aux systèmes informatiques hospitaliers doit être planifiée dès le départ pour éviter les silos de flux de travail et la fragmentation des données.
- **Collaboration indispensable :** Le succès repose sur une coordination étroite entre les équipes cliniques, l'informatique, la cybersécurité et les partenaires logiciels.
- **Les bénéfices de l'innovation :** Tester l'infrastructure et les flux de travail, même en phase pilote, pose des bases solides pour des déploiements évolutifs à l'échelle de l'établissement.



La pathologie numérique ne se résume pas à un logiciel, c'est un système composé de personnes, de processus et de technologies. Poser correctement les bases informatiques constitue la première étape pour rendre la transformation réelle, durable et sécurisée.

Résumé

À l'ère moderne de la médecine, la rapidité et la précision sont essentielles. La collaboration entre Providence Health Care et Tribune Health a montré que la pathologie numérique n'est plus un concept futuriste : c'est une solution actuelle prête à résoudre des problèmes réels.

Ce projet pilote démontre que la valeur du passage au numérique n'est pas seulement théorique, elle est mesurable. De la confiance diagnostique aux améliorations du flux de travail, CaloPix® a contribué à valider une nouvelle voie pour la pathologie à l'Hôpital St. Paul et, espérons-le, au-delà.

