

Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

le 21 septembre 2023

Par Mme Chicaud Marie

**Évaluation clinique du logiciel de planification opératoire des
chirurgies lithiasiques : « Kidney Stone Calculator » avec le laser
Thulium Fibré, comparaison avec le laser Holmium :YAG.
Étude KSC-2.**

Thèse dirigée par le Docteur Frédéric PANTHIER.

Examineurs :

M. le Professeur Aurélien DESCAZEAUD (PU-PH)

M. le Docteur Frederic PANTHIER (CCA)

Mme. le Professeur Sylvaine DURAND-FONTANNIER (PU-PH)

Mme. le Professeur Muriel MATHONNET (PU-PH)

M. le Professeur Olivier TRAXER (PU-PH)

M. le Docteur Xavier PLAINARD (PH)

Président

Directeur

Juge

Juge

Juge

Membre invité



Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 21 septembre 2023

Par Mme Chicaud Marie

Évaluation clinique du logiciel de planification opératoire des chirurgies lithiasiques : « Kidney Stone Calculator » avec le laser Thulium Fibré, comparaison avec le laser Holmium :YAG. Étude KSC-2.

Thèse dirigée par le Docteur Frédéric PANTHIER.

Examineurs :

M. le Professeur Aurélien DESCAZEAUD (PU-PH)

M. le Docteur Frederic PANTHIER (CCA)

Mme. le Professeur Sylvaine DURAND-FONTANNIER (PU-PH)

Mme. le Professeur Muriel MATHONNET (PU-PH)

M. le Professeur Olivier TRAXER (PU-PH)

M. le Docteur Xavier PLAINARD (PH)

Président

Directeur

Juge

Juge

Juge

Membre invité



Le 9 septembre 2022

Doyen de la Faculté

Monsieur le Professeur **Pierre-Yves ROBERT**

Assesseurs

Madame le Professeur **Marie-Cécile PLOY**

Monsieur le Professeur **Jacques MONTEIL**

Madame le Professeur **Marie-Pierre TEISSIER-CLEMENT**

Monsieur le Professeur **Laurent FOURCADE**

Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

ABOYANS Victor	CARDIOLOGIE
ACHARD Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
AJZENBERG Daniel	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
ALAIN Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
AUBARD Yves	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
AUBRY Karine	O.R.L.
BALLOUHEY Quentin	CHIRURGIE INFANTILE
BERTIN Philippe	THERAPEUTIQUE
CAIRE François	NEUROCHIRURGIE
CHARISSOUX Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
CLAVERE Pierre	RADIOTHERAPIE
CLEMENT Jean-Pierre	PSYCHIATRIE D'ADULTES
CORNU Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
COURATIER Philippe	NEUROLOGIE
DAVIET Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION

DESCAZEAUD Aurélien	UROLOGIE
DES GUETZ Gaëtan	CANCEROLOGIE
DRUET-CABANAC Michel	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL
DURAND-FONTANIER Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
FAUCHAIS Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
FAUCHER Jean-François	MALADIES INFECTIEUSES
FAVREAU Frédéric	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
FEUILLARD Jean	HEMATOLOGIE
FOURCADE Laurent	CHIRURGIE INFANTILE
GAUTHIER Tristan	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
GUIGONIS Vincent	PEDIATRIE
HANTZ Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
HOUETO Jean-Luc	NEUROLOGIE
JACCARD Arnaud	HEMATOLOGIE
JACQUES Jérémie	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
JAUBERTEAU-MARCHAN M. Odile	IMMUNOLOGIE
JESUS Pierre	NUTRITION
JOUAN Jérôme	CHIRURGIE THORACIQUE ET VASCULAIRE
LABROUSSE François	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
LACROIX Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
LAROCHE Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
LIENHARDT-ROUSSIE Anne	PEDIATRIE
LOUSTAUD-RATTI Véronique	HEPATOLOGIE
LY Kim	MEDECINE INTERNE
MABIT Christian	ANATOMIE
MAGNE Julien	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION

MAGY Laurent	NEUROLOGIE
MARCHEIX Pierre-Sylvain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
MARIN Benoît	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
MARQUET Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
MATHONNET Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
MELLONI Boris	PNEUMOLOGIE
MOHTY Dania	CARDIOLOGIE
MONTEIL Jacques	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
MOUNAYER Charbel	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
NATHAN-DENIZOT Nathalie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
NUBUKPO Philippe	ADDICTOLOGIE
OLLIAC Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
PARAF François	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE
PLOY Marie-Cécile	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
PREUX Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
ROBERT Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE
ROUCHAUD Aymeric	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
SALLE Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
STURTZ Franck	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
TCHALLA Achille	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT
TEISSIER-CLEMENT Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES
TOURE Fatouma	NEPHROLOGIE
VALLEIX Denis	ANATOMIE
VERGNENEGRE Alain	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION

VERGNE-SALLE Pascale	THERAPEUTIQUE
VIGNON Philippe	REANIMATION
VINCENT François	PHYSIOLOGIE
YARDIN Catherine	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE

Professeurs Associés des Universités à mi-temps des disciplines médicales

BRIE Joël	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE
KARAM Henri-Hani	MEDECINE D'URGENCE
MOREAU Stéphane	EPIDEMIOLOGIE CLINIQUE

Maitres de Conférences des Universités – Praticiens Hospitaliers

BOURTHOUMIEU Sylvie	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE
COUVE-DEACON Elodie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
DELUCHE Elise	CANCEROLOGIE
DUCHESNE Mathilde	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
DURAND Karine	BIOLOGIE CELLULAIRE
ESCLAIRE Françoise	BIOLOGIE CELLULAIRE
FAYE Pierre-Antoine	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
FREDON Fabien	ANATOMIE/CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
LALOZE Jérôme	CHIRURGIE PLASTIQUE
LE GUYADER Alexandre	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
LIA Anne-Sophie	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
RIZZO David	HEMATOLOGIE
TERRO Faraj	BIOLOGIE CELLULAIRE
WOILLARD Jean-Baptiste	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

P.R.A.G.

GAUTIER Sylvie	ANGLAIS
-----------------------	---------

Assistants Hospitaliers Universitaires

APPOURCHAUX Evan	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE
BUSQUET Clémence	HEMATOLOGIE
HAZELAS Pauline	BIOCHIMIE
DUPONT Marine	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE
DURIEUX Marie-Fleur	PARASITOLOGIE
LABRIFFE Marc	PHARMACOLOGIE
LADES Guillaume	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
LOPEZ Stéphanie	MEDECINE NUCLEAIRE
MARTIN ép. DE VAULX Laury	ANESTHESIE REANIMATION
MEYER Sylvain	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE HYGIENE
MONTMAGNON Noëlie	ANESTHESIE REANIMATION
PASCAL Virginie	IMMUNOLOGIE CLINIQUE
PLATEKER Olivier	ANESTHESIE REANIMATION
ROUX-DAVID Alexia	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE

Chefs de Clinique – Assistants des Hôpitaux

ALBOUYS Jérémie	HEPATO GASTRO ENTEROLOGIE
ARGOULON Nicolas	PNEUMOLOGIE
ASLANBEKOVA Natella	MEDECINE INTERNE
AVRAM Ioan	NEUROLOGIE VASCULAIRE
BEAUJOUAN Florent	CHIRURGIE UROLOGIQUE
BERRAHAL Insaf	NEPHROLOGIE
BLANQUART Anne-Laure	PEDIATRIE (REA)
BOGEY Clément	RADIOLOGIE
BONILLA Anthony	PSYCHIATRIE

BOSCHER Julien	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
CAUDRON Sébatien	RADIOLOGIE
CAYLAR Etienne	PSYCHIATRIE ADULTE
CENRAUD Marie	NEUROLOGIE
CHAUBARD Sammara	HEMATOLOGIE
CHAUVET Romain	CHIRURGIE VASCULAIRE
CHROSCIANY Sacha	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
CURUMTHAULEE Faiz	OPHTALMOLOGIE
DARBAS Tiffany	ONCOLOGIE MEDICALE
DESCHAMPS Nathalie	NEUROLOGIE
DESCLEE de MAREDSOUS Romain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
DOUSSET Benjamin	CARDIOLOGIE
DUPIRE Nicolas	CARDIOLOGIE
FESTOU Benjamin	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES
FIKANI Amine	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
FORESTIER Géraud	RADIOLOGIE
GEYL Sophie	GASTROENTEROLOGIE
GIOVARA Robin	CHIRURGIE INFANTILE
GUILLAIN Lucie	RHUMATOLOGIE
LAGOUEYTE Benoit	ORL
LAUVRAY Thomas	PEDIATRIE
LEMNOS Leslie	NEUROCHIRURGIE
MAURIANGE TURPIN Gladys	RADIOTHERAPIE
MOHAND O'AMAR ép. DARI Nadia	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
PARREAU Simon	MEDECINE INTERNE

PIRAS Rafaela	MEDECINE D'URGENCE
RATTI Nina	MEDECINE INTERNE
ROCHER Maxime	OPHTALMOLOGIE
SALLEE Camille	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
SANCHEZ Florence	CARDIOLOGIE
SEGUY ép. REBIERE Marion	MEDECINE GERIATRIQUE
SERY Arnaud	ORL
TARDIEU Antoine	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
THEVENOT Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
TORDJMAN Alix	GYNECOLOGIE MEDICALE
TRICARD Jérémy	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE MEDECINE VASCULAIRE
VAIDIE Julien	HEMATOLOGIE CLINIQUE
VERNAT-TABARLY Odile	OPHTALMOLOGIE

Chefs de Clinique – Médecine Générale

BOURGAIN Clément
HERAULT Kévin
RUDELLE Karen

Praticiens Hospitaliers Universitaires

CHRISTOU Niki	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE
COMPAGNAT Maxence	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
HARDY Jérémie	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
LAFON Thomas	MEDECINE D'URGENCE
SALLE Henri	NEUROCHIRURGIE

La seule limite à la hauteur de vos réalisations est la portée de vos rêves et votre volonté de travailler dur pour les réaliser.

Michelle Obama.

Remerciements

A M. le Professeur Aurélien DESCAZEAUD,

Vous me faites l'honneur de présider mon jury de thèse. Merci pour votre présence et votre enseignement tout au long de mon internat. Merci aussi pour votre dévouement à la fois pour notre service et pour l'enseignement en urologie d'un point de vue régional et national.

Par ce travail, soyez assuré de ma gratitude et de ma reconnaissance.

A Mme le Professeur Sylvaine DURAND – FONTANIER,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. Je vous remercie pour votre présence rassurante et votre enseignement chirurgical au cours de mon stage dans votre service comme au cours de ces quelques années de gardes. Merci de nous apprendre l'importance de la clinique, la douceur et l'empathie vis-à-vis des patients et surtout le goût du travail bien fait.

Par ce travail, soyez assurée de ma gratitude et de ma reconnaissance.

A Mme le Professeur Muriel MATHONNET,

Vous me faites l'honneur de juger ce travail. Merci pour votre bonne humeur, votre présence et votre soutien immense pour mon année recherche. Sans vous, tout cela n'aurait pu être possible. Merci pour votre dévouement au sein du CHU pour faire briller la chirurgie.

Par ce travail, soyez assurée de mon respect et de ma profonde gratitude.

A M. le Professeur Olivier TRAXER,

Votre expertise dans le domaine de l'endo-urologie et de la lithiase urinaire est unanimement reconnue et c'est pour moi un privilège de vous savoir juge de cette thèse. Merci pour votre accueil, votre accompagnement et votre confiance au cours de mon année recherche au sein de votre équipe.

Par ce travail, soyez assuré de ma gratitude et de ma reconnaissance.

A M. le Docteur Frédéric PANTHIER,

Merci Frédéric pour ta présence et ton enseignement immense tout au long de cette année. Merci de m'avoir fait confiance et d'avoir su croire en moi. Merci de m'avoir confié ce travail et de m'avoir dirigée pour sa réalisation. J'ai un profond respect pour ton dévouement à la fois pour tes patients, pour la chirurgie, pour l'enseignement mais également pour la recherche, le tout réalisé avec passion et brio.

Je te souhaite une belle année londonienne !

Je te prie de croire en mon profond respect et ma gratitude.

A M. le Docteur Xavier PLAINARD,

Tu me fais l'honneur de juger ce travail. Je te remercie pour l'enseignement chirurgical prodigué, ta bonne humeur, ta disponibilité, ton humilité et ton humour communicatif. Merci pour ces bons moments passés au bloc. Tes qualités humaines et chirurgicales ont été de véritables atouts dans ma formation.

Sois assuré de ma gratitude et de ma reconnaissance.

Au service d'urologie du CHU de Limoges,

A toute l'équipe du service d'urologie du CHU : IDE, AS et ASH, merci de créer une ambiance de travail à la fois sérieuse, joyeuse, et parfois quasi familiale. Ce service est en parti ce qu'il est grâce à vous.

A toute l'équipe d'endoscopie, présente ou passée, merci pour votre bonne humeur, votre patience malgré des consultations de sevrage à rallonge et les cystos tombées du ciel le vendredi soir .. Sachez garder cette ambiance que nous aimons tant.

A Joël, merci pour ton humour, ton humanité, ton écoute, tes précieux conseils !

A toute l'équipe du secrétariat, pour la gentillesse de chacune d'entre vous, travailleuses de l'ombre sans qui rien ne serait possible, un grand merci !

A mes chefs,

Au Docteur Yannis Brakbi, merci pour ton enseignement, ta bonne humeur et ta disponibilité.

Au Docteur Victor Lescure, merci pour ton immense disponibilité, ton enseignement de qualité, ta patience, ta bonne humeur, surtout ne change rien !

Au Docteur Romain Pelette, merci pour ta patience, ton enseignement qui nous est si précieux, ton immense disponibilité et surtout ta bonne humeur et tes goûts musicaux !!

Au Docteur Walter Bertherat, merci pour ton enseignement, ton humour mythique et ton goût du travail bien fait ! (et de la vaisselle bien faite également !) Belle continuation à Périgueux !

Au Docteur Florent Beaujouan, alias daddy Beaujouan, merci pour ton enseignement chirurgical de type EMC, pour ta bonne humeur et de toujours penser à notre goûter !!

Au Docteur Sybille Rousseau, merci pour ton enseignement.

A mes co-internes, Vicky merci d'avoir toujours été là, bravo pour le brillant chirurgien que tu deviens, au plaisir de retravailler ensemble !!, **Zack** merci pour ta douceur et ta bonne humeur, **Guigui alias Dobby** merci pour ta joie de vivre et bonne humeur que tu dispenses dans tout le service, **Mathieu** notre petit nouveau, au plaisir de te rencontrer !

A l'équipe de Chirurgie viscérale du CHU de Limoges,

Au Professeur Denis Valleix et à toute l'équipe médicale et paramédicale du service de chirurgie digestive, pour m'avoir si gentiment accueillie.

Au Docteur Anne Fabre, pour sa bienveillance, son humour et son humanité.

Au Docteur Fabien Fredon, pour son sérieux, son humour et son dévouement immense à ses patients.

Au Docteur Stéphane Bouvier, pour toutes ses astuces.

Au Docteur Abdelkader Taibi, pour son humour, son goût du travail bien fait et son enseignement chirurgical de qualité.

Au Docteur Alexia Roux pour son humour et ses qualités chirurgicales !

Aux Docteurs Sofiane Derbal, Niki Christou, Thibaut Rivaille, pour leur enseignement de la chirurgie digestive et leur disponibilité.

A l'équipe de Chirurgie pédiatrique du CHU de Limoges, pour son accueil.

Au Professeur Laurent Fourcade, pour sa transmission de connaissances en chirurgie pédiatrique et de belles discussions sur la vie en général.

Au Docteur Quentin Ballouhey, pour ton accueil, ton humanité et la patience que tu mets dans la transmission de ton savoir à la fois théorique et chirurgical.

Au Docteur Celine Grosos, pour sa rigueur.

Aux Docteurs Mourad Ghouilem, Louis Milhuedo et Liviu Micle, pour leur gentillesse et leur humour qui m'ont fait apprécier l'orthopédie pédiatrique.

A l'équipe de chirurgie digestive du CH de Brive La gaillarde, pour leur adorable accueil, à cette magnifique équipe médicale et paramédicale qui aime profondément ses patients !
A Charlotte, Olivia, Emilie et Noémie les meilleures secrétaires et coachs de vie !

Au Docteur Ali Abdeh et son immense apprentissage de la coelioscopie, à tous nos cafés, nos astreintes et PMO, merci pour tout !

Au **Docteur Evan Appourchaux** merci pour ton enseignement, ta gentillesse, ta culture et tes jeux de mots qui ont animé nos journées ! Ne change rien !

Aux équipes d'IBODE de Limoges et Brive la Gaillarde, Vous avez cette qualité d'avoir rendu tous mes semestres inoubliables. Il n'y a pas un endroit où je ne me suis pas sentie comme la maison. C'est toujours un plaisir de travailler avec vous. Votre bonne humeur rend tout plus facile. Ne changez pas et surtout ne partez pas.

A tous mes ex co-internes de stage pour tous ces bons moments qui font la vie d'un interne :
à **Alexis** pour son sérieux et sa bonne humeur, à **Benjamin** pour ta gentillesse et nos chocolatinettes du samedi matin, à **Margaux** pour ta gentillesse, à **Laurène** et ta passion pour la chirurgie digestive, à **Amaury** et son humour génial, à **Titi** pour ta gentillesse et au brillant chirurgien que tu es devenu, je te souhaite plein de belles choses avec Camille, à **Agnese** alias le colonel Bovio merci pour ta gentillesse ton humour et ta rigueur pour tenir le service, à **Edouard**, à **Camille** et son petit Gabin que nous avons tous couvé pendant 6 mois,

Et à tous les autres internes que j'ai eu la chance de côtoyer à l'hôpital, merci.

A toutes mes belles rencontres limougeaudes, à **Paul** et **Florent** que j'avais la chance de déjà connaître et qui m'ont toujours accompagnée de leur présence et leurs bons conseils (professionnel, immobilier, culinaire). A toi ma **Douchez** sache que je te serais toujours reconnaissante de m'avoir si bien accueillie à Limoges, merci de m'avoir commandé des sushis lors des gardes bien bien dures, merci pour tout ce que tu m'as appris ! Je suis fière de toi de te voir aujourd'hui en maman accomplie pour l'adorable petit Côme ! Et bien sûr bravo d'avoir fait de l'urologie ta surspécialité radiologique ;) . A **Paul** et **Agathe**, merci pour vos sourires, votre bonne humeur, vos délicieux brunch ! Merci !! A **Gatchou** et nos cocas zéros en pédiatrie ! Merci d'avoir partagé ce semestre avec moi ! Je te souhaite beaucoup de bonheur à Bordeaux avec Loulou ! A **Camille** et **loulou**, votre compagnie m'est si agréable. A **Hocine**, merci d'être le meilleur partenaire de vie pour Zai et cette si belle personne.

A mes pompidous préférées : Anne, Anissa, Pauline et Ester, merci pour votre joie de vivre !

A mes collocs brivistes, **Florian** merci pour ta bonne humeur et tes activités sportives en tout genre (on ne court pas quand il fait 40°C....) et à mon **Thomas** et nos discussions à toutes heures du jour ou de la nuit, merci pour ces bons moments !

A **Dianou** ma très chère co externe de tout l'externat, à mon **Alexia** et ta bonne humeur légendaire, A **Clément**, **Antoine** et **Lucas**, merci pour ces belles années bordelaises !!

A **Estelle**, 10 ans après rien n'a changé ! Merci d'être toujours à l'écoute et toujours de bon conseil ! Ton amitié m'est précieuse. Tu es une femme formidable et tu seras la meilleure gynécologue bordelaise, je n'en ai aucun doute !!

A **Philou**, des cours d'anglais, aux cours de sémiologie, en passant par Milan ou par notre voyage en stop et sac à dos en Norvège, à nos audios WhatsApp .. Tu es la seule personne qui passe par Limoges en rentrant de Guadeloupe ! La vie a été très dure avec toi mais elle ne pourra jamais t'enlever ton beau sourire et ta bonne humeur légendaire. Merci d'être le témoignage qu'après la pluie, il y a toujours le beau temps !

A **Celia**, ma grande sœur de cœur et de chirurgie ! De notre binôme en chirurgie digestive pour mon deuxième semestre ou tu passais alors ta thèse, à mon semestre à Brive lors de tes derniers mois d'assistantat, j'ai eu la chance de te voir devenir un chirurgien accompli ! Tu es si forte, si patiente, si pédagogue et surtout si douce avec tes patients ! Tu sèmes de l'amour partout autour de toi ! Tu es mon modèle.

A **Charlotte Gabriel**, ma Gab !! A tous nos dimanche soirs au téléphone, à nos thèses réalisées en parallèle, à toutes nos bonnes soirées et à tes talents de cuisinière !! Merci d'être une si bonne amie ! Je nous souhaite encore pleins de bons moments et de fous rire !

A **Stessy** jack ! Mon meilleur binôme de master 2 ! Quelle chance j'ai de t'avoir eu toi et ta bonne humeur à toutes épreuves durant cette année ! Je crois que deux ans auparavant on n'aurait pas imaginé passer des soirées entières à faire des manips sur un fond musical de très bon goût, avec toujours de la bonne humeur quelle que soit l'heure et surtout des chicken nuggets à 7h du matin !! Tu fourmilles d'idées quel que soit le domaine ! Sache que c'est un réel bonheur de travailler à tes cotés !! J'espère très fort que la vie nous permettra d'encore travailler ensemble ! Merci pour ta relecture avisée de mon travail !

A **Dora** et **Zaineb**, mes colloqs d'amour ! Merci pour ces belles années à vos côtés ! Merci pour ces discussions, ces fous rire, vos talents culinaires, votre amour des plantes et votre patience pour tenter de m'apprendre la danse du ventre !! Haha ! Merci d'être de si belles personnes ! Vos amis, vos patients et tous ceux qui vous croisent ont bien de la chance !

A ma **Lucie** Chastaing, merci d'être un modèle de réussite des femmes, merci d'être toujours positive, d'avoir toujours une adresse d'expo, de resto, de concerts.. Tout en étant un très bon médecin ! Sache que j'ai pour toi un immense respect et beaucoup d'admiration.

A ma **May** !! Ma voisine bordelaise aux racines landaises, merci pour tous ces bons moments passés ensemble ! pour tous nos bons repas de révisions ! pour nos trajets en vélo ! et pour ton semestre limougeaud où tu as rencontré l'amour ! Je te l'avais bien dit, Limoges = centre du monde ! A très vite à Limoges, Bordeaux ou dans les Landes ;))

A **Papa** et **Maman**, merci pour votre présence et votre soutien sans faille dans nos vies. Merci de nous avoir transmis votre amour du travail, de l'effort pour l'autre et l'amour de notre prochain. Merci d'être nos modèles de praticien, de parent et de couple. Sachez qu'on mesure la chance que nous avons de vous avoir eu pour parents et de vous avoir encore et toujours dans nos vies. Je vous aime si fort.

A **Jeanne**, merci d'être ma plus grande confidente. Merci pour ton énergie et ta bonne humeur. Et merci surtout à **David** et toi, pour notre précieuse **Raphaëlle** qui illumine nos vies.

A **Pierre**, merci pour ton énergie et ta bonne humeur qui rayonne dans les moments que nous avons la chance de passer ensemble. Merci d'avoir fait entrer **Charlotte** dans notre famille.

A **Lucie**, mon si grand bébé.. le temps passe trop vite et tu es désormais une jeune femme accomplie aussi belle de l'intérieur que de l'extérieur. Je suis si fière de ton parcours. Merci pour ces 6 mois où on a eu la chance de vivre ensemble, merci pour tes bons repas, merci pour ta bonne humeur ! Tu es le plus beau mélange de nous tous et on t'aime si fort.

A **Emilien**, ta présence est un rayon de soleil dans ma vie. Merci pour ton soutien immense, ta patience et ta bonne humeur ! Merci de faire partie de ma vie.

A toutes les personnes qui ne sont plus là et que j'aurais pu rendre fiers je l'espère.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Liste des abréviations

ASP : Abdomen Sans Préparation
ATCD : Antécédents
CCA : Chef de Clinique-Assistant
CLAFU : Comité Lithiase de L'Association Française d'Urologie
DC : Diamètre cumulé
DL : Durée de Lithotritie
DM : Diamètre maximal
ECBU : Examen Cytobactériologique des Urines
Ho:YAG : Holmium :YAG
HTA : Hyper-tension Artérielle
IMC : Indice de Masse Corporelle
JJ : Sonde double J
JPU : Jonction pyélo-urétérale
KSC : Kidney Stone Calculator
LEC : Lithotritie Extra-Corporelle
LLE: Lithotritie Laser Endocorporelle
NLPC : Néphrolithotomie Percutanée
PH : Praticien Hospitalier
PU-PH : Professeur des Universités – Praticien Hospitalier
TDM-AP- : Tomodensitométrie Abdomino-Pelvienne non injectée
TFL : Laser Thulium Fibré
UH : Unité Hounsfield
URS-S : Urétéro-réno-scopie Souple
VLT : Volume Lithiasique Total

Table des matières

Introduction.....	23
I. Matériels et Méthodes	30
I.1. Population.....	30
I.2. Cadre réglementaire	30
I.3. Critères d'inclusion	30
I.4. Données recueillies	30
I.5. Protocole de l'étude	31
I.6. Critères de jugement principal et secondaires.....	33
I.7. Analyses statistiques	33
II. Résultats	34
II.1. Population.....	34
II.2. Résultats sur le critère de jugement principal.....	38
II.2.1. Versant quantitatif	38
II.2.2. Versant qualitatif	38
II.3. Résultats sur les critères de jugement secondaires	40
II.3.1. Comparaison des caractéristiques per et post-opératoires selon la source laser	40
II.3.2. Facteurs pré-opératoires influençant la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie	42
II.3.3. Facteurs per-opératoires influençant la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie	43
II.3.4. Corrélation entre diamètre maximal et volume du calcul	44
III. Discussion	45
Conclusion.....	49
Références bibliographiques.....	50
Annexes	53
Serment d'Hippocrate.....	58

Table des illustrations

Figure 1 : Illustrations des différentes techniques pour traiter un calcul : LEC(1,2), NLPC(3), URS-S(4) (sources : 1.fiche info AFU, 2 et 3.images site web EAU)	24
Figure 2 : Représentation schématique des avancées technologiques en urétéroscopie depuis 1929 (8-15)	25
Figure 3 : Prise en charge d'un calcul rénal en fonction de sa taille et de sa localisation (lorsqu'un traitement chirurgical est indiqué) URSS : Urétéro-rénoscopie souple, LEC : lithotritie extracorporelle, NLPC : néphrolithotomie percutanée (7).....	26
Figure 4 : A. Comparaison de 2 lignes de 10mm (1D), de 2 rectangles de 10x7mm et 10x2mm (2D), puis rectangles 3D avec des volumes de 10x7x7mm et 10x2x2mm.....	27
Figure 5 : Exemple à partir d'un TDM AP IV- de la mesure volumétrique d'un calcul unique pyélique gauche et traité selon des paramètres laser de dusting (0,5 J-30 Hz) avec le laser Holmium:YAG.....	28
Figure 6 : Représentation graphique du protocole de l'étude	32
Figure 7 : Diagramme de corrélation de la durée estimée avec la durée effective de LLE, 1 : cohorte totale, 2 :TFL, 3 : Ho:YAG.....	39
Figure 8 : Représentation graphique de la corrélation entre volume et diamètre maximal des calculs, sur l'ensemble de notre échantillon	44

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques démographiques.....	35
Tableau 2 : Comparaison en analyse univariée des deux groupes Ho :YAG et TFL sur les critères démographiques.....	36
Tableau 3 : Différence entre durée estimée et durée effective de LLE.....	38
Tableau 4 : Analyse univariée des données per et post-opératoires suivant la source laser	41
Tableau 5 : Comparaison des taux de sans fragment suivant la source laser.....	42
Tableau 6 : Régression linéaire multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser Ho :YAG pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie...	42
Tableau 7 : Régression linéaire multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser TFL pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie	43
Tableau 8 : Régression linéaire multiple sur les facteurs per-opératoires pour le laser Ho :YAG pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie...	43
Tableau 9 : Régression logistique multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser TFL pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotripsie	44

Introduction

La lithiase urinaire est une des pathologies urologiques les plus fréquentes. En effet, sa prévalence n'a cessé d'augmenter depuis les années 1970. En 1994, elle est estimée à 6,3% pour les hommes et 4,1% pour les femmes. Elle a atteint en 2012, 8,8% de la population adulte américaine dont 10,6% des hommes et 7,1% des femmes (1). Depuis, la prévalence chez les femmes a augmenté jusqu'à atteindre 9,4% en 2018 sans modification significative chez les hommes. Le ratio homme/femme tend ainsi à diminuer (2,3). Ces résultats sont similaires dans les autres pays développés. Une étude de prévision, basée sur le réchauffement climatique estime à 30% la prévalence de la maladie lithiasique en 2050 dans les régions les plus chaudes des Etats-Unis en 2050 (4,5). La pathologie lithiasique représente un poids important pour les systèmes de santé (6,7). Le coût global des prises en charge liées à cette pathologie est également en constante augmentation : de 1,83 milliards de dollars en 1994 aux USA, il est maintenant évalué à 5,3 milliards de dollars. Au Royaume-Uni en 2010, cela représentait entre 190 et 324 millions de livres (7).

Malgré des recommandations diététiques, 25% des patients porteurs de calculs urinaires nécessiteront une prise en charge chirurgicale, 50% auront une récurrence unique mais plus de 10% de multiples récurrences. La prise en charge de la lithiase urinaire constitue donc un enjeu de santé publique autant au stade de la prévention (primaire ou secondaire) que du traitement (médical ou chirurgical).

Depuis trente ans, le traitement chirurgical de la lithiase urinaire (rénale ou urétérale) a connu de nombreuses avancées technologiques ayant permis le développement de trois techniques utilisées pour traiter un calcul (Figure 1) :

- La lithotritie extracorporelle (LEC) consiste en une lithotritie externe par ondes de chocs sous contrôle scopique (rayons X) et/ou échographique, sous sédation ou anesthésie locale le plus souvent.
- L'urétéroscopie souple (URS-S) aussi dite chirurgie rénale par voie rétrograde, consiste à progresser au sein des voies urinaires depuis le méat urétéral avec un endoscope. Ce dernier se compose d'un canal opérateur permettant une irrigation continue par une solution saline et l'introduction d'outils tels qu'un panier expansible (pour saisir les calculs) ou une fibre laser (pour réaliser une lithotritie endocorporelle). Elle se fait sous anesthésie générale.
- La néphrolithotomie percutanée (NLPC) aussi dite chirurgie rénale par voie antégrade, elle se définit par un abord rénal direct par ponction écho- et/ou radioguidée puis par une dilatation de l'accès pour le passage d'un endoscope disposant également d'un canal opérateur permettant de réaliser la lithotritie ou d'extraire un calcul rénal. Elle est également réalisée sous anesthésie générale.

Pour réaliser la lithotritie endocorporelle c'est à dire la fragmentation du calcul, différents lasers pulsés sont utilisés. La source laser de référence reste le laser Holmium :YAG (Ho :YAG) mais les recommandations 2022 du Comité Lithiase de L'Association Française d'Urologie (CLAFU) recommandent également le laser Thulium fibré (TFL) (Grade B).

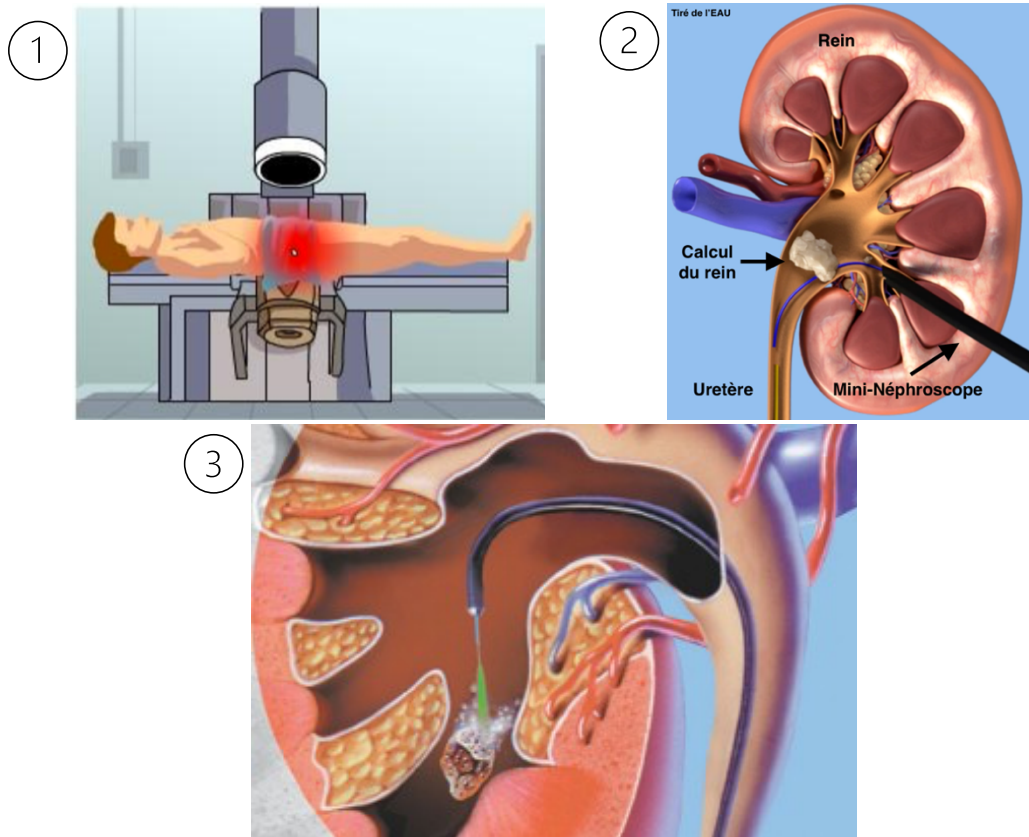


Figure 1 : Illustrations des différentes techniques pour traiter un calcul : LEC(1,2), NLPC(3), URS-S(4) (sources : 1.fiche info AFU, 2 et 3.images site web EAU)

Ces avancées technologiques sont récentes comme le montre l'aperçu historique (Figure 2) (8–16).

Selon les recommandations nationales et internationales actuelles, le choix de la technique opératoire pour traiter un calcul est basé sur la mesure de son plus grand diamètre et sa localisation (Figure 3) (17,18). Les recommandations 2022 du CLAFU suggèrent pour les calculs complexes l'utilisation du volume pour mieux apprécier la quantité de calcul à traiter.

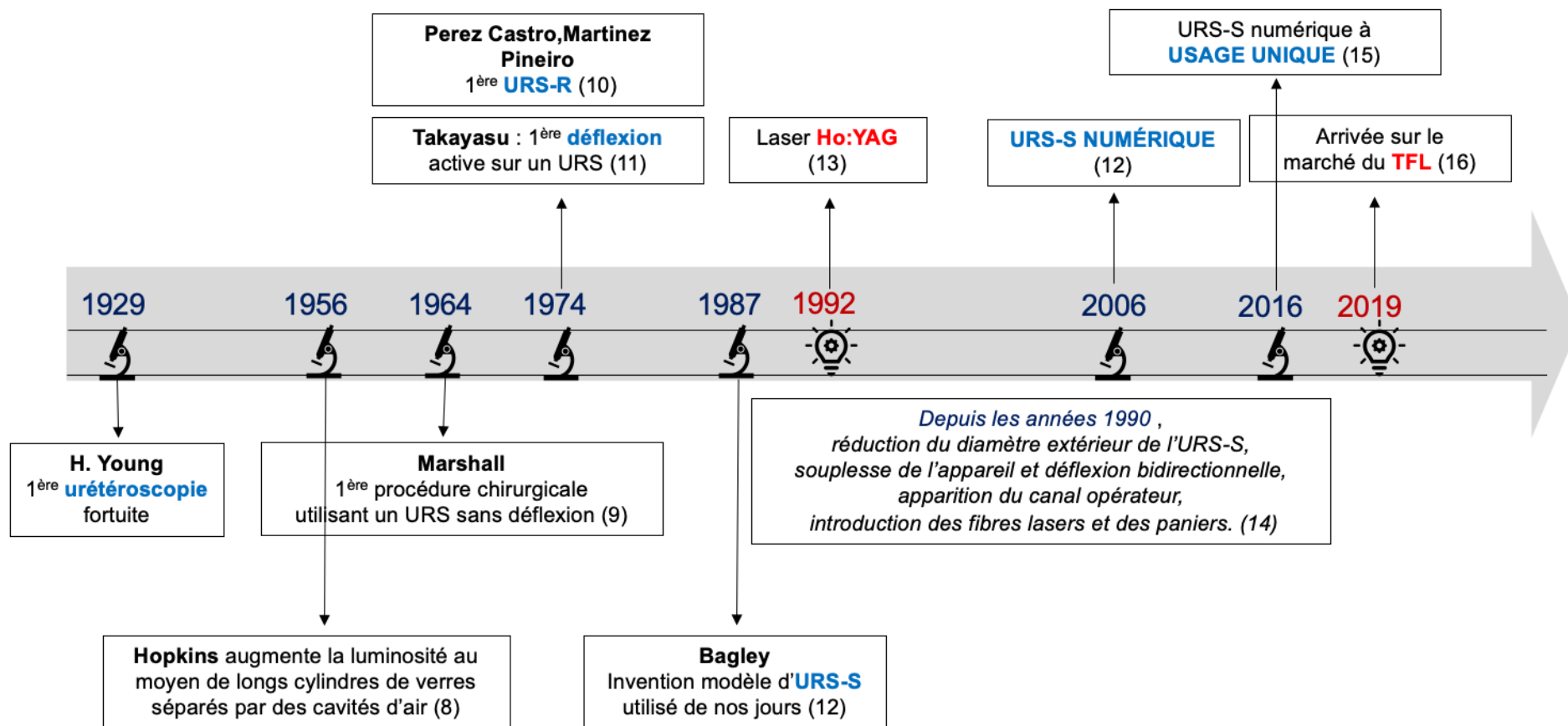


Figure 2 : Représentation schématique des avancées technologiques en urétéroscopie depuis 1929 (8-16)



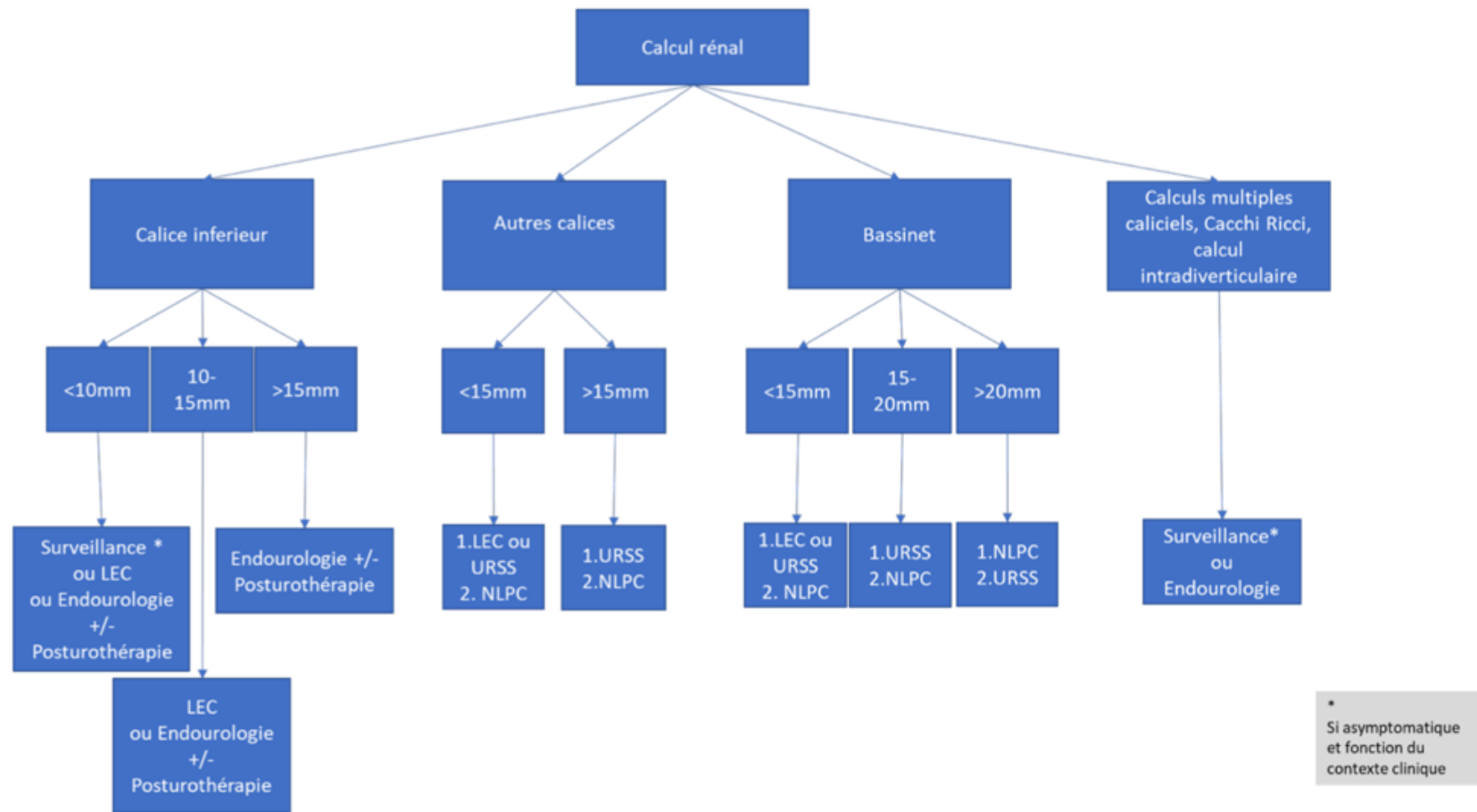


Figure 3 : Prise en charge d'un calcul rénal en fonction de sa taille et de sa localisation (lorsqu'un traitement chirurgical est indiqué) URSS : Urétéro-rénoscopie souple, LEC : lithotritie extracorporelle, NLPC : néphrolithotomie percutanée (17).



Lorsqu'un examen d'imagerie est indiqué dans le cadre d'une crise de colique néphrétique deux solutions sont possibles : le couple abdomen sans préparation(ASP)-échographie ou une tomodensitométrie(TDM)-faible irradiation. Le scanner est plus souvent réalisé en pratique clinique du fait de sa disponibilité et de la possibilité d'avoir une visualisation du calcul dans les trois plans de l'espace. Cet examen permet donc de réaliser à la fois la mesure du plus grand diamètre et la mesure du volume. L'échographie présente des limites notamment chez les patients obèses du fait de la distance peau-rein.

A ce jour, afin de palier à ce manque, certaines équipes utilisent des formules mathématiques pour calculer le volume lithiasique total (VLT) à partir des différents paramètres axiaux du calcul, mais sans réussir à démontrer une meilleure évaluation comparé au plus grand diamètre (19,20).

En effet, deux calculs cubiques ayant le même plus grand diamètre de 10mm et dont on mesure les trois côtés dans l'espace, peuvent avoir un volume calculé différent : $10 \times 7 \times 7 = 490 \text{mm}^3$ ou $10 \times 2 \times 2 = 40 \text{mm}^3$. Ainsi malgré le même plus grand diamètre, le premier calcul est 12,25 fois plus volumineux que le second (Figure 4A). De la même manière, le volume augmente de manière exponentielle contrairement au plus grand diamètre : un calcul sphérique de 20mm présentera un volume huit fois plus important qu'un calcul sphérique de 10mm (4000 versus 500mm^3) (Figure 4B).

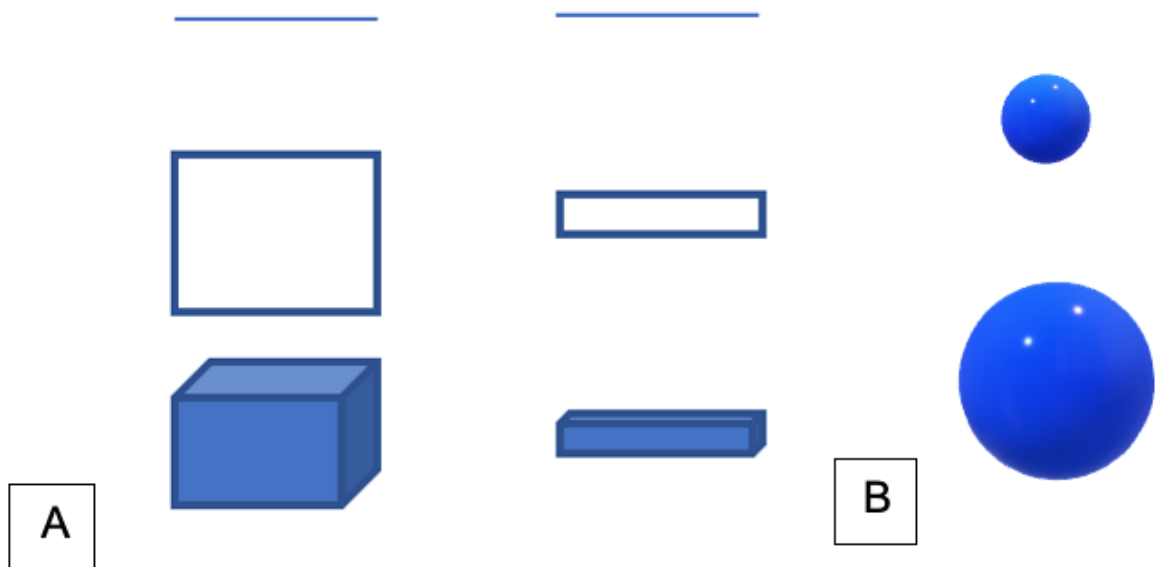


Figure 4 : A. Comparaison de 2 lignes de 10mm (1D), de 2 rectangles de 10x7mm et 10x2mm (2D), puis rectangles 3D avec des volumes de 10x7x7mm et 10x2x2mm.
B. Comparaison de 2 sphères de 10mm et 20mm.

Selon les recommandations actuelles des sociétés savantes nationales et internationales, il faut retenir le plus grand diamètre comme critère de décision de la technique chirurgicale. Or un même diamètre peut correspondre à trois VLT différents mais indiquera une seule option chirurgicale de première intention. Il existe donc un risque d'échec chirurgical (destruction non complète du calcul) lié à une mauvaise évaluation préopératoire.



Ainsi, le VLT semble donc être un paramètre important à prendre en compte avant de poser une indication opératoire et de choisir une technique chirurgicale.

A l'heure de la « décision partagée avec le patient » et d'un accès limité au bloc opératoire, plusieurs techniques d'imagerie sont désormais disponibles pour estimer le volume exact des calculs. L'un d'entre eux, "Kidney Stone Calculator" (KSC), a été développé en tant que logiciel tridimensionnel (3D) gratuit pour la planification chirurgicale des procédures endoscopiques de calculs rénaux (21). Il s'agit d'une extension de 3DSlicer, un logiciel gratuit pour l'analyse informatique d'images médicales (« medical image computing ») et la visualisation 3D (22).

KSC utilise la segmentation de densité sur une série DICOM d'images de tomodensitométrie non injectée (TDM-AP-), en fenêtre osseuse pour déterminer la région d'intérêt (« region of interest ») correspondant au calcul. Il s'agit donc d'une sélection volumique directe des voxels (pixels volumiques) au sein du TDM-AP-, sans calcul. Des curseurs supérieurs et inférieurs permettent de définir les limites de densité pour la segmentation (sélection) du calcul. Un guide aux utilisateurs est disponible via la page d'accueil de l'extension et un tutoriel en français est disponible en ligne : https://www.youtube.com/watch?v=M4iFII_PyFI&t=66s (Figure 5).

Une fois la segmentation réalisée, KSC fournit le VLT et estime la durée de la lithotripsie selon les paramètres suivants : diamètre de la fibre laser, densité supérieure ou inférieure à 1000UH, source laser (Holmium : Yttrium–Aluminium–Grenat (Ho :YAG) ou laser thulium fibré (TFL)), énergie d'impulsion (J) et fréquence d'impulsion (Hz), estimation de calculs multiples et vue 3D du calcul. Ces paramètres sont basés sur des données in vitro obtenues en estimant les volumes d'ablation de Ho:YAG et de TFL à faible puissance et mis en œuvre dans KSC pour l'estimation de la durée de lithotripsie (DL) (23).

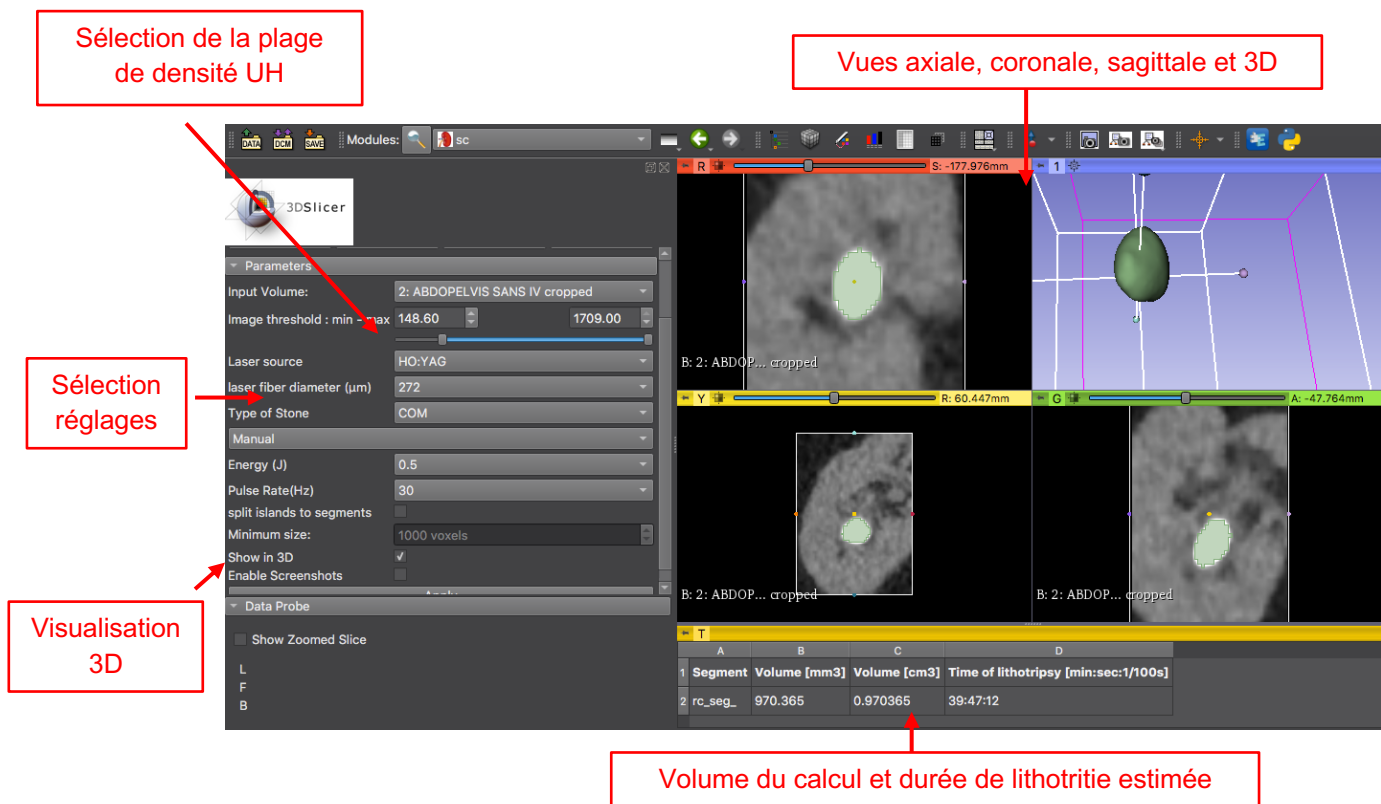


Figure 5 : Exemple à partir d'un TDM AP IV- de la mesure volumétrique d'un calcul unique pyélique gauche et traité selon des paramètres laser de dusting (0,5 J-30 Hz) avec le laser Holmium:YAG.

Au travers d'une étude pilote, Panthier et al. ont prouvé sa reproductibilité et sa précision pour l'évaluation des volumes lithiasiques ainsi que pour la prédiction de la durée opératoire. Leur étude a été réalisée sur une série prospective multicentrique de 26 patients opérés par laser Ho:YAG, étude KSC-1 (24).

Comme mentionné précédemment, dans les recommandations 2022 du CLAFU, le laser Thulium-Fibré (TFL) est désormais recommandé comme une alternative fiable et sûre au laser Ho :YAG pour la lithotritie laser (Grade B) (17). Si le TFL est jugé non inférieur pour le moment selon ces recommandations, il représente probablement la technologie d'avenir, avec une meilleure efficacité et capacité à pulvériser plus finement les calculs, par rapport à l'Ho:YAG (25–28).

Devant ces perspectives, l'objectif principal de notre étude était d'apprécier la capacité de Kidney Stone Calculator à estimer la durée de lithotritie laser endocorporelle au cours d'une urétéroscopie souple, avec les lasers TFL et Ho:YAG. Les objectifs secondaires de notre travail étaient de comparer les résultats de l'estimation de LLE selon la source laser utilisée et d'analyser les facteurs ayant une influence sur cette estimation.

I. Matériels et Méthodes

I.1. Population

Il s'agissait d'une étude multicentrique observationnelle prospective conduite entre janvier 2020 et mai 2023 dans quatre centres hospitaliers Français : l'Hôpital Tenon, l'Hôpital Européen Georges Pompidou, l'Hôpital Cochin et l'Hôpital Foch.

I.2. Cadre réglementaire

Un accord auprès du Comité d'Éthique de la Recherche en Urologie de l'AFU (CERU-AFU) a été obtenu avec la référence : CERU_2020/003, après avis favorable de la CNIL (avis 2216615 V0 pour une méthodologie de référence MR-004).

Les patients étaient informés oralement et par un formulaire dédié puis signaient un consentement écrit. Une sortie de l'étude était possible à tout moment sur décision du patient.

I.3. Critères d'inclusion

Les critères d'inclusion cumulatifs étaient :

- Patients âgés de plus de 18 ans
- Porteurs de calculs rénaux ou urétéraux uniques ou multiples
- Constatés sur un TDM AP IV- préopératoire
- Traités par URS-S
- Avec LLE par laser Ho:YAG ou TFL

Les critères d'exclusion étaient :

- Prise en charge percutanée (NLPC, mini-percutanée ou micro-percutanée)
- Extraction monobloc
- TDM AP IV- non disponible ou ASP seul
- Calculs de struvite (phosphato-amoniaco-magnésien) suspecté selon le contexte clinique, les antécédents et la densité au TDM.

I.4. Données recueillies

Les données collectées concernaient les caractéristiques démographiques (âge, sexe, indice de masse corporel (IMC), comorbidités (score ASA, HTA, diabète de type 2, dysthyroïdie, antécédents familiaux), l'histoire lithiasique des patients (antécédent de pathologie lithogène, antécédent de colique néphrétique, chirurgie lithiasique antérieure, anomalie anatomique), les caractéristiques du calcul (côté, localisation, diamètre maximum (mm), volume (mm³), densité

maximale (UH)). Étaient également relevées, les caractéristiques opératoires (expérience du chirurgien, durée opératoire (min), matériel utilisé (gaine d'accès urétéral, générateur laser, fibre laser, paramètres laser, endoscope), durée de lithotritie (min), énergie totale délivrée, énergie délivrée par mm³, volume d'ablation par mm³, utilisation d'un panier pour extraire des fragments, présence de fragments résiduels en endoscopie jugée par l'opérateur, rapport durée de lithotritie/durée opératoire et pose d'une sonde JJ ou urétérale en fin de procédure.

Enfin, les suites opératoires (complications postopératoires : infection confirmée par des signes clinico-biologiques avec examen cyto bactériologique des urines (ECBU), date d'ablation de la sonde JJ, l'absence de fragments résiduels sur une imagerie postopératoire, l'analyse SPIR du calcul et la réalisation d'un bilan métabolique) étaient recherchées.

I.5. Protocole de l'étude

Les patients étaient traités par URS-S pour un calcul rénal ou urétéral avec LLE par laser Ho:YAG ou TFL dans l'un des quatre centres hospitaliers. Après l'intervention, l'investigateur récupérait la TDM-AP-, s'il était disponible sur le PACS de l'hôpital. Une anonymisation du TDM-AP- était réalisée au moment de son exportation et importation dans KSC. Une estimation du VLT en aveugle était ensuite réalisée par segmentation à partir du TDM-AP IV- en fenêtre osseuse ainsi qu'une estimation de la durée de lithotritie selon les paramètres opératoires choisis, utilisant KSC (Figure 6).

A l'instar des travaux de Meykaten sur l'influence de la densité des calculs sur le temps de lithotritie (29), nous avons défini le type de calcul comme suit :

- Dur (densité > 1000 UH) : supposément oxalate de calcium monohydraté et phosphocalciques,
- Tendre (densité < 1000 UH) : supposément acide urique, oxalate de calcium dihydraté et cystine récente.

Les réglages laser utilisés ont été séparés en deux groupes (30) :

- « Dusting » : basse énergie (<1J), haute fréquence (15-20Hz), durée d'impulsion longue (800µs).
- « Fragmentation » : haute énergie (>1J), basse fréquence (10-15Hz), durée d'impulsion courte (200µs).

Nous avons défini le critère « sans fragment résiduel » par l'absence de fragment résiduel sur le scanner de contrôle.

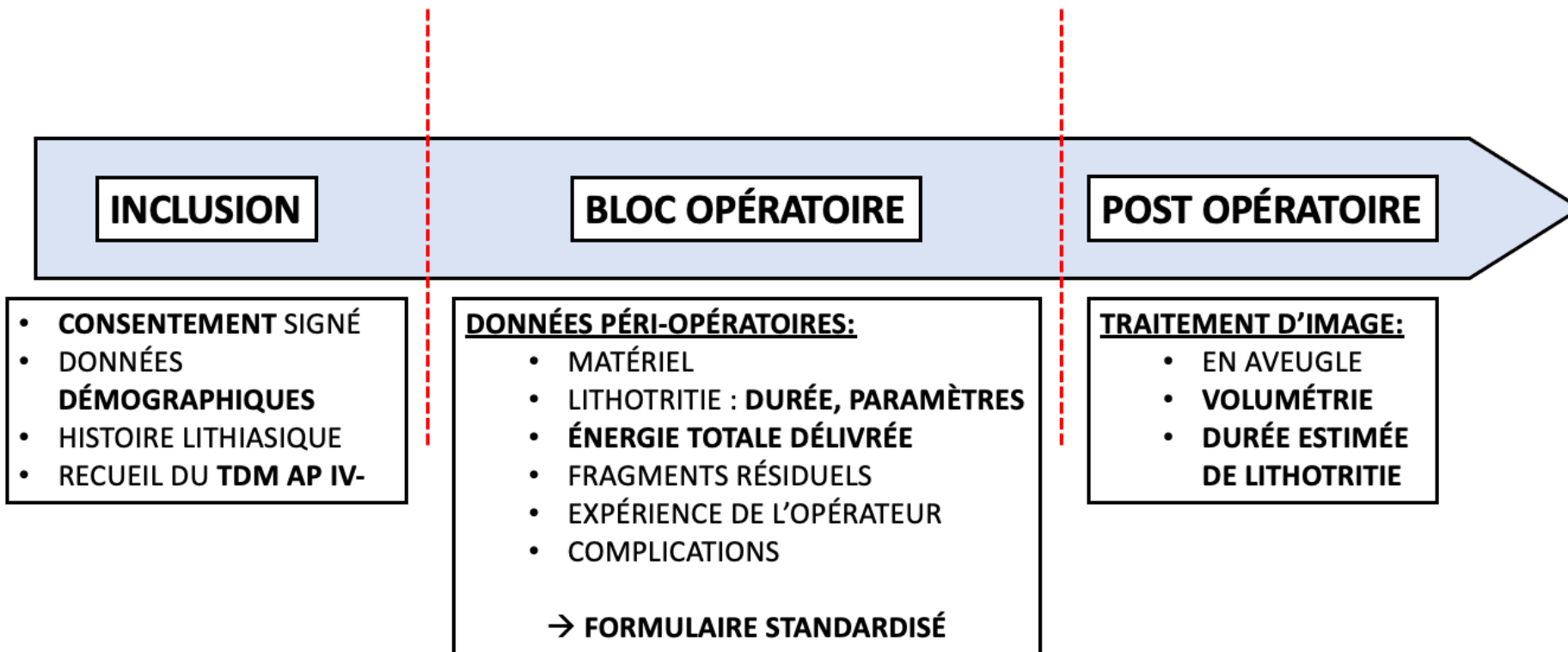


Figure 6 : Représentation graphique du protocole de l'étude



I.6. Critères de jugement principal et secondaires

Pour connaître la capacité de KSC à prévoir la durée de LLE, notre critère de jugement principal était composite avec la comparaison des différences entre durée estimée et durée effective de lithotritie ainsi que l'étude de la corrélation entre durée estimée et effective de lithotritie. Ces tests ont d'abord été réalisés sur la cohorte totale puis selon la source laser.

Nos critères de jugement secondaires consistaient à déterminer les facteurs pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie. Dans un second temps, il s'agissait de déterminer différents paramètres opératoires selon la source laser parmi lesquels : l'énergie totale délivrée, l'énergie délivrée par mm^3 , le volume ablaté en fonction du temps et le pourcentage de durée opératoire non occupée par la lithotritie. Enfin nous avons étudié la corrélation entre le diamètre maximal et le volume des calculs par segmentation.

I.7. Analyses statistiques

Les données démographiques, les informations cliniques pré-, per- et postopératoires, ont été extraites des dossiers médicaux et enregistrées dans une base de données dédiée et anonymisée. Des statistiques descriptives ont été réalisées pour les variables disponibles. Pour l'analyse descriptive, les variables continues ont été rapportées sous forme de médiane et interquartiles (Q1-Q3) et les variables catégorielles ont été rapportées sous forme de pourcentage. Deux groupes ont été réalisés suivant la source laser avec laquelle ils ont été traité (Ho :YAG ou TFL). Les deux groupes ont été comparés par analyse univariée. Les différences entre durée estimée et durée effective de lithotritie ont été étudiées avec des tests t de Student. Les corrélations entre durée estimée et durée effective sur la cohorte totale puis selon la source laser ont été réalisées à l'aide d'un test de corrélation de Pearson. Dans un second temps nous avons réalisé une analyse multivariée par régression linéaire multiple sur les critères pré et per-opératoires. Les résultats sont statistiquement significatifs $p < 0,05$. L'analyse statistique a été réalisée à l'aide du Logiciel R studio®.



II. Résultats

II.1. Population

Au total, nous avons inclus 89 patients. L'âge médian était de 52 ans. Le sexe-ratio était de 1,15. 67% des patients étaient ASA 2. L'IMC médian était de 26,0kg/m² avec 28% de patients obèses (IMC≥30kg/m²). Parmi les antécédents, nous avons identifié 31% d'HTA, 9% de diabète, 5,8% de goutte, 5,6% d'hypothyroïdie et 38% des patients avaient une pathologie lithogène.

Dans notre cohorte, 84% des patients avaient déjà présenté une colique néphrétique pouvant expliquer que 82% des patients de notre cohorte avaient des antécédents chirurgicaux. 20% des patients présentaient une anomalie anatomique. Concernant la localisation, 42% des patients présentaient un calcul droit, 57% gauche et 1% bilatéral. 40% des calculs étaient caliciel inférieur et 18% étaient situés dans l'uretère. Les calculs étaient uniques pour 71% des patients, multiples (≥ 2) pour 15,7% des patients et complexes pour 13% des patients. Le volume médian de segmentation était de 549 mm³. Les calculs étaient durs dans 62% des cas avec une densité >1000UH au scanner. L'ensemble des caractéristiques est représenté dans le Tableau 1.



Tableau 1 : Caractéristiques démographiques

Caractéristiques	N = 89 ¹	Caractéristiques	N = 89 ¹	Caractéristiques	N = 89 ¹
Age	52 (38, 64)	Type de pathologie lithogène		Type d'anomalie anatomique	
Sexe		Aucune	57 (62%)	Aucune	71 (80%)
Homme	48 (54%)	Cystinurie	7 (7,9%)	Duplicité	3 (3,4%)
Femme	41 (46%)	Lithiases multiples non étiquetées	21 (24%)	Syndrome de la JPU	5 (5,6%)
Score ASA		Hyperuricémie	1 (1,1%)	Bifidité urétérale	2 (2,2%)
1	23 (26%)	Hyperphosphaturie	1 (1,1%)	Rein malroté	1 (1,1%)
2	60 (67%)	Hypercalciurie	2 (2,2%)	Cystectomie-Bricker	1 (1,1%)
3	6 (6,7%)	ATCD de Colique Néphrétique		Sténose urétérale	2 (2,2%)
IMC	26,0 (22,5, 30,3)	Non	14 (16%)	Méga-uretère	1 (1,1%)
Obésité		Oui	75 (84%)	Cacchi Ricci	2 (2,2%)
Non	64 (72%)	ATCD Chirurgicaux		Rein unique	1 (1,1%)
Oui	25 (28%)	aucun	16 (18%)	Densité	
HTA		JJ	19 (21%)	<1000UH	34 (38%)
Non	61 (69%)	JJ + URS-S	20 (22%)	>1000UH	55 (62%)
Oui	28 (31%)	JJ + NLPC	1 (1,1%)	Nombre	
Diabète		URS-S + LEC	5 (5,6%)	1	63 (71%)
Non	81 (91%)	URS-S	18 (20%)	2	6 (6,7%)
Oui	8 (9,0%)	URS-S + NLPC	4 (4,5%)	3	3 (3,4%)
Goutte		NLPC	2 (2,2%)	7	1 (1,1%)
Non	84 (94%)	LEC	3 (3,3%)	Complexe	12 (13%)
Oui	5 (5,6%)	Urétérotomie robot	1 (1,1%)	Multiples (>10)	4 (4,5%)
Hypothyroïdie		Anomalie anatomique		Localisation	
Non	84 (94%)	Non	71 (80%)	Calice supérieur	9 (10%)
Oui	5 (5,6%)	Oui	18 (20%)	Calice moyen	5 (5,6%)
Pathologie Lithogène		Côté		Calice inférieur	34 (38%)
Non	55 (64%)	Droite	37 (42%)	Uretère	16 (18%)
Oui	34 (38%)	Gauche	51 (57%)	Pyélique	12 (13%)
Volume en segmentation mm ³	549 (239, 1210)	Bilatéral	1 (1,1%)	Diverticule caliciel	1 (1,1%)
				Complexe	12 (13%)

ATCD = antécédents, JJ = sonde double J, URS-S = urétéroscopie souple, NLPC = néphrolithotomie percutanée, LEC = lithotritie extra-corporelle, JPU = jonction pyélo-urétérale. 1 :Médiane(IQR) ;n(%).



Comme indiqué dans la section « méthodes », notre population était répartie en deux groupes : le groupe 1 traité par Laser Holmium :YAG(Ho :YAG) et le groupe 2 traité par Laser Thulium Fibré (TFL). Il y avait 43 patients dans le premier groupe et 46 dans le second. Les groupes étaient comparables sur l'âge, le sexe, le score ASA, l'IMC, les antécédents médicaux, les antécédents de colique néphrétique et les caractéristiques des calculs (nombre, volume estimé en segmentation, diamètre maximal, densité). Cependant on retrouvait plus de patients avec une pathologie lithogène (63% contre 12%, $p < 0,001$) et une anomalie anatomique (33% contre 7%, $p = 0,003$) dans le groupe TFL par rapport au groupe Ho :YAG. Dans le groupe 1, on retrouvait plus de calculs situés dans le calice inférieur. Les antécédents de chirurgies lithiasiques étaient différentes entre les groupes : le groupe TFL avait principalement été traité par JJ et URS-S contrairement au groupe Ho :YAG où les traitements étaient plus variés (28% de JJ, 9,3% de JJ+URS-S, 2,3% de JJ+NLPC, 2,3% d'URS-S+LEC, 21% d'URS-S, 4,7% d'URS-S+NLPC, 4,7% de NLPC, 7% de LEC et 2,3% d'urétérotomie robot).

Tableau 2 : Comparaison en analyse univariée des deux groupes Ho :YAG et TFL sur les critères démographiques.

CARACTERISTIQUES	Ho:YAG, N = 43 ¹	TFL, N = 46 ¹	p-value ²
Age	55 (38, 66)	46 (36, 61)	0,14
Sexe			>0,9
Homme	23 (53%)	25 (54%)	
Femme	20 (47%)	21 (46%)	
Score ASA			0,5
1	12 (28%)	11 (24%)	
2	27 (63%)	33 (72%)	
3	4 (9,3%)	2 (4,3%)	
IMC	25,7 (23,4, 30,8)	26,0 (21,4, 30,1)	0,4
Obésité			>0,9
Non	31 (72%)	33 (72%)	
Oui	12 (28%)	13 (28%)	
HTA			0,11
Non	26 (60%)	35 (76%)	
Oui	17 (40%)	11 (24%)	
Diabète			>0,9
Non	39 (91%)	42 (91%)	
Oui	4 (9,3%)	4 (8,7%)	
Goutte			0,7
Non	40 (93%)	44 (96%)	
Oui	3 (7,0%)	2 (4,3%)	
Hypothyroïdie			>0,9
Non	41 (95%)	43 (93%)	
Oui	2 (4,7%)	3 (6,5%)	
Pathologie Lithogène			<0,001
Non	38 (88%)	17 (37%)	
Oui	5 (12%)	29 (63%)	
Types de pathologie lithogène			<0,001
Aucune	39 (90,3%)	18 (39,9%)	
Cystinurie	2 (4,7%)	5 (11%)	
Lithiases multiples non étiquetées	0 (0%)	21 (46%)	
Hyperuricémie	1 (2,3%)	0 (0%)	
Hyperphosphaturie	1 (2,3%)	0 (0%)	
Hypercalciurie	0 (0%)	2 (4,3%)	
ATCD de Colique Néphrétique			0,2
Non	9 (21%)	5 (11%)	
Oui	34 (79%)	41 (89%)	

CARACTERISTIQUES	Ho:YAG, N = 43 ¹	TFL, N = 46 ¹	p-value ²
Anomalie Anatomique			0,003
Non	40 (93%)	31 (67%)	
Oui	3 (7,0%)	15 (33%)	
Type d'anomalie anatomique			0,2
Aucune	40 (93%)	31 (67%)	
Duplicité	1 (2,3%)	2 (4,3%)	
Syndrome de la JPU	2 (4,7%)	3 (6,5%)	
Bifidité urétérale	0 (0%)	2 (4,3%)	
Rein malroté	0 (0%)	1 (2,2%)	
Cystectomie-Bricker	0 (0%)	1 (2,2%)	
Sténose urétérale	0 (0%)	2 (4,3%)	
Méga-uretère	0 (0%)	1 (2,2%)	
Cacchi Ricci	0 (0%)	2 (4,3%)	
Rein unique	0 (0%)	1 (2,2%)	
ATCD Chirurgicaux			0,034
Aucun	8 (19%)	8 (17%)	
JJ	12 (28%)	7 (15%)	
JJ + URS-S	4 (9,3%)	16 (35%)	
JJ + NLPC	1 (2,3%)	0 (0%)	
URS-S + LEC	1 (2,3%)	4 (8,7%)	
URS-S	9 (21%)	9 (20%)	
URS-S + NLPC	2 (4,7%)	2 (4,3%)	
NLPC	2 (4,7%)	0 (0%)	
LEC	3 (7%)	0 (0%)	
Urétérotomie robot	1 (2,3%)	0 (0%)	
Côté			0,5
Droite	20 (47%)	17 (37%)	
Gauche	23 (53%)	28 (61%)	
Bilatéral	0 (0%)	1 (2,2%)	
Nombre			0,054
1	35 (81%)	28 (61%)	
2	4 (9,3%)	2 (4,3%)	
3	1 (2,3%)	2 (4,3%)	
7	0 (0%)	1 (2,2%)	
Complexes	3 (7,0%)	9 (20%)	
Multiples (>10)	0 (0%)	4 (8,7%)	
Localisation			<0,001
Calice supérieur	2 (4,7%)	7 (15%)	
Calice moyen	2 (4,7%)	3 (6,5%)	
Calice inférieur	26 (60%)	8 (17%)	
Uretère	3 (7,0%)	13 (28%)	
Pyélon	7 (16%)	5 (11%)	
Diverticule caliciel	0 (0%)	1 (2,2%)	
Complexe	3 (7,0%)	9 (20%)	
Volume Segmentation (mm ³)	479 (222, 934)	617 (303, 2005)	0,3
Diamètre Max (mm)	10 (8, 15)	12 (8, 19)	0,2
NA	1	0	
Densité			0,053
<1000UH	12 (28%)	22 (48%)	
>1000UH	31 (72%)	24 (52%)	

ATCD = Antécédents, NA = non applicable, JPU = jonction pyélo-urétérale, JJ = sonde double J, URS-S = urétéroscopie souple, NLPC = néphrolithotomie percutanée, LEC = lithotritie extra-corporelle.

1 :Médiane(IQR), 2 :Wilcoxon rank sum test ; Pearson's Chi-square ;Fisher's exact test.

II.2. Résultats sur le critère de jugement principal

II.2.1. Versant quantitatif

Tableau 3 : Différence entre durée estimée et durée effective de LLE

VARIABLES	COHORTE TOTALE	Ho:YAG	TFL
Durée estimée LLE (moyenne)	27,37	28,04	26,75
Durée effective LLE (moyenne)	28,36	27,17	29,47
ABS (D estimée - D effective)	6,72	8,26	5,15
(D estimée - D effective) / D effective (%)	26	28	22
Test T de Student (p)	0,43	0,68	0,07

D = durée, ABS = valeur absolue.

La durée moyenne estimée de LLE était de 27,37min contre une durée moyenne effective de LLE de 28,36min pour la cohorte totale. Lorsque nous calculons le rapport de la différence entre durée estimée et durée effective divisée par la durée effective de LLE sur la cohorte totale, ce dernier était de 26% sur la cohorte totale, 28% pour l'Ho :YAG et 22% pour le TFL. Nous avons comparé avec un test t de Student les durées estimées et effectives de LLE et nous n'avons pas trouvé de différences significatives ni pour la cohorte totale ni pour les groupes Ho :YAG et TFL (respectivement $p=0,43$, $p=0,68$ et $p=0,07$).

II.2.2. Versant qualitatif

Afin de juger de la capacité de KSC à estimer la durée de LLE, nous avons étudié la corrélation entre la durée estimée et la durée effective de lithotripsie pour l'ensemble de l'échantillon. Conformément à notre hypothèse, nous avons observé une corrélation positive ($r=+0,89$; $p < 0,001$) entre la durée estimée et la durée effective de lithotripsie sur l'ensemble de la cohorte indépendamment de la source laser. Cette corrélation est statistiquement significative ($p < 0,001$; $t=18,2$; $ddl=87$; test unilatéral) et explique 79,21% de la variance.

Concernant les sources lasers, on retrouvait également une corrélation positive pour chacun des deux lasers. En effet pour le TFL la corrélation était de $r=+0,95$ entre la durée estimée et la dure effective de lithotripsie. Cette corrélation est statistiquement significative ($p < 0,001$; $t=19,6$; $ddl=44$; test unilatéral) et explique 90,25% de la variance. Et de même pour l'Ho :YAG avec une corrélation positive de $r=+0,81$ entre la durée estimée et la durée effective de lithotripsie. Cette corrélation est statistiquement significative ($p < 0,001$; $t=8,8$; $ddl=41$; test unilatéral) et explique 65,6% de la variance.

Ces trois corrélations sont représentées graphiquement dans la Figure 7.

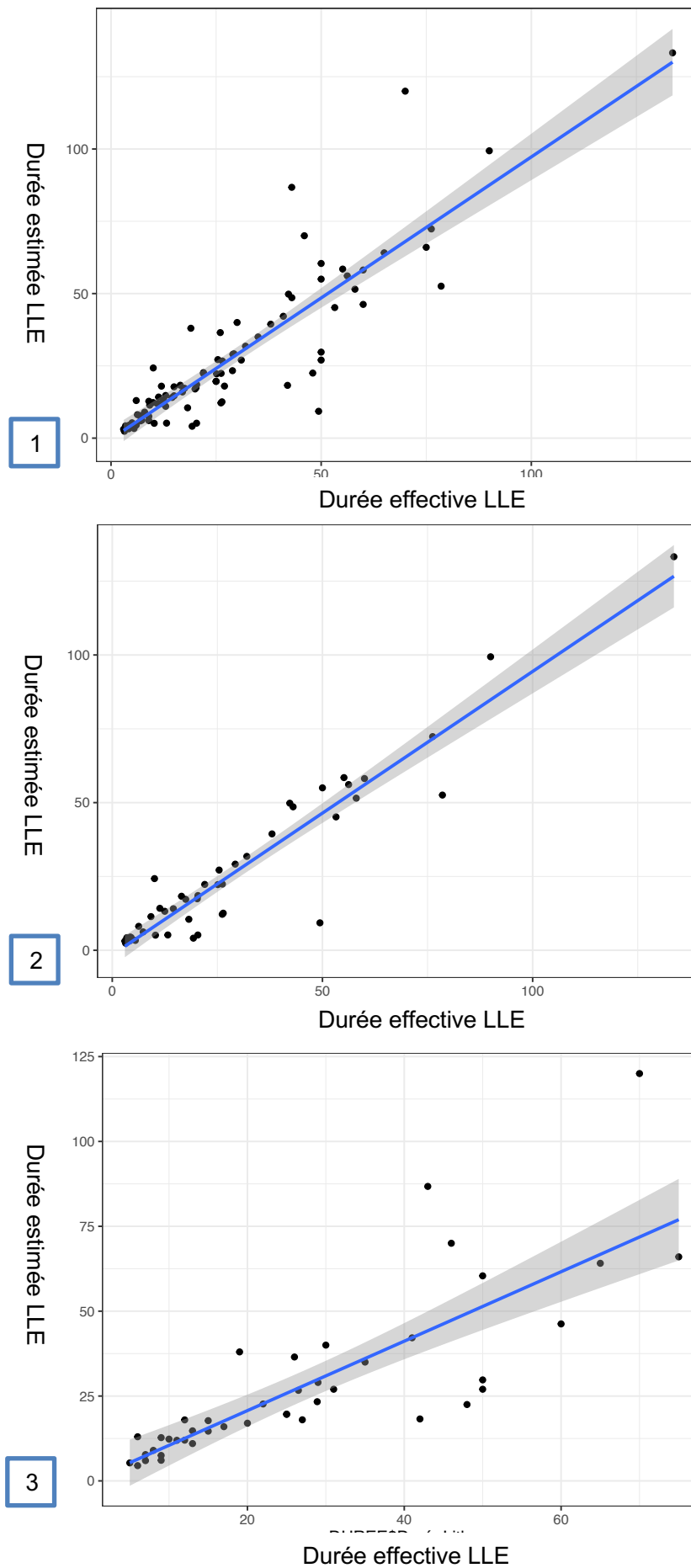


Figure 7 : Diagramme de corrélation de la durée estimée avec la durée effective de LLE, 1 : cohorte totale, 2 :TFL, 3 : Ho:YAG.

II.3. Résultats sur les critères de jugement secondaires

II.3.1. Comparaison des caractéristiques per et post-opératoires selon la source laser

Nous avons ensuite comparé les deux groupes suivant les caractéristiques per et post-opératoires (Tableau 4). Les durées opératoires et les durées de lithotripsie médianes n'étaient pas significativement différentes (68 et 20min) pour le groupe 1 contre (69 et 25min) pour le groupe 2 ($p=0,5$ et $p=0,8$, respectivement). Une gaine d'accès a été utilisée dans 98% des cas dans le groupe 1 contre 33% des cas seulement dans le groupe 2 ($p<0,001$). Le calcul a été relocalisé dans 19% des cas dans le groupe 1 contre 2,2% dans le groupe 2 ($p=0,013$). Un panier a été utilisé dans 79% des cas dans le groupe 1 contre 13% dans le groupe 2 ($p<0,001$).

Dans le groupe 1 (Ho:YAG) l'énergie totale utilisée moyenne était de 11616J sans différence significative avec celle du TFL 17411J ($p=0,11$). Au contraire, l'énergie/mm³ était de 15,7J/mm³ pour l'Ho:YAG contre 18,2J/mm³ pour le TFL ($p=0,032$) tout comme le volume moyen ablaté par seconde qui était supérieur avec le TFL 0,71mm³/s contre 0,53mm³/s pour l'Ho:YAG ($p<0,001$). On n'observait pas de différence de rapport entre la durée de lithotripsie et la durée opératoire : 0,31 pour l'Ho:YAG contre 0,30 pour le TFL signifiant que la lithotripsie occupe une durée opératoire similaire pour les deux types de lasers ($p=0,4$).

Concernant les complications, un saignement a été identifié dans le groupe Ho :YAG sans différence significative. En fin d'intervention, des sondes JJ ont été mises en place de façon quasi-systématique dans les deux groupes (98%). En utilisant les valeurs médianes, on ne retrouvait pas de différences significatives suivant la source laser entre durée de lithotritie estimée, effective et la valeur absolue de la différence entre durée de lithotritie estimée et effective (respectivement : $p=0.8$; $p=0.2$; $p=0.3$).

Tableau 4 : Analyse univariée des données per et post-opératoires suivant la source laser

	HO:YAG, N = 43 ¹	TFL, N = 46 ¹	p-value ²
Duree opératoire totale (min)	68 (53, 80)	69 (55, 99)	0.5
NA	1	0	
Gaine d'accès			<0.001
Non	1 (2.3%)	30 (67%)	
Oui	42 (98%)	15 (33%)	
NA	0	1	
Relocalisation			0.013
Non	35 (81%)	45 (98%)	
Oui	8 (19%)	1 (2.2%)	
Panier			<0.001
Non	9 (21%)	40 (87%)	
Oui	34 (79%)	6 (13%)	
Energie totale (J)	7,020 (2,493, 12,000)	10,930 (4,780, 20,988)	0.020
NA	2	0	
Energie/mm ³ (J/mm ³)	14 (7, 21)	15 (10, 21)	0.5
NA	2	0	
Volume/minutes (mm ³ /min)	22 (18, 37)	40 (28, 51)	0.003
Volume/secondes (mm ³ /s)	0.36 (0.30, 0.63)	0.66 (0.46, 0.85)	0.003
Durée lithotripsie/ Durée opératoire	0.31 (0.20, 0.53)	0,30 (0.15, 0.45)	0.4
NA	1	0	
Sonde urétérale			>0.9
Non	1 (2.3%)	1 (2.2%)	
Oui	42 (98%)	45 (98%)	
Saignement			>0.9
Non	43 (100%)	45 (98%)	
Oui	0 (0%)	1 (2.2%)	
Durée Lithotritie effective (min)	25 (12, 42)	20 (10, 43)	0.8
Durée Lithotritie estimée (min)	20 (13, 36)	17 (5, 44)	0.2
Différence durée Litho estimée/effective (valeur absolue)	3(1, 10)	2(1, 7)	0.3

¹ Median (IQR); n (%)

² Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test; Fisher's exact test

De plus, dans les complications per opératoires, on retrouve une rupture de fornix dans le groupe TFL uniquement. Aucun endommagement d'urétroscopes ou de fibres n'a été rapporté. En post opératoire, on ne retrouve pas de complication avec le TFL et une infection dans le groupe Ho :YAG.

On observe un taux de sans fragment résiduel de 69,8% avec l'Ho :YAG contre 63% avec le TFL, avec une différence statistiquement significative ($p=0,036$).

Tableau 5 : Comparaison des taux de sans fragment suivant la source laser

Variable	Ho:YAG	TFL	p
Taux de sans fragment nbre(%)			0,036
oui	30(69,8)	29(63)	
non	7(16,2)	17(37)	
NA	6(14)	0	

II.3.2. Facteurs pré-opératoires influençant la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie

Nous avons réalisé une analyse multivariée pour identifier les facteurs pré-opératoires pouvant influencer la différence entre la durée estimée et la durée effective. Les facteurs étudiés étaient le volume stratifié (500-750, 750-1000, 1000-1500, 1500-2000 et $>2000\text{mm}^3$), les différentes localisations anatomiques, la densité en UH du calcul au TDM-AP- et la présence d'anomalie anatomique. L'analyse a été réalisée selon la source laser pour les groupes Ho :YAG et TFL.

Tableau 6 : Régression linéaire multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser Ho :YAG pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie

Variables	p-value
Volume 500-750	1
750-1000	1
1000-1500	1
1500-2000	1
>2000	0.01
Calice moyen	1
Calice inférieur	1
Papille	1
Pyélon	1
Vessie	1
Densité $>1000\text{UH}$	1
Présence anomalies anatomiques	1

Pour l'Ho:YAG, seul un volume estimé en segmentation à $>2000\text{mm}^3$ impactait significativement ($p=0,01$) la différence entre durée estimée et effective de lithotritie.

Tableau 7 : Régression linéaire multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser TFL pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie

Variables	p-value
Volume 500-750	0.05
750-1000	1
1000-1500	0.1
1500-2000	1
>2000	1
Calice moyen	1
Calice inférieur	1
Uretère	1
Pyélon	1
Diverticule caliciel	0.001
Coralliforme	1
Densité >1000UH	1
Présence anomalies anatomiques	1

Au contraire, pour le TFL, les petits volumes (500 à 750mm³) (p=0,05) et les diverticules caliciels (p<0,001) impactaient significativement la différence. L'estimation de durée de LLE semblait moins précise dans ces cas-là.

II.3.3. Facteurs per-opératoires influençant la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie

Nous avons réalisé une analyse multivariée pour identifier les facteurs per-opératoires pouvant influencer la différence entre la durée estimée et la durée effective. Les facteurs étudiés étaient le type de réglages (dusting ou fragmentation), le niveau de l'opérateur (junior, senior, expert), la relocalisation du calcul, l'utilisation d'un panier pour éliminer les fragments résiduels ou basketting.

Tableau 8 : Régression linéaire multiple sur les facteurs per-opératoires pour le laser Ho :YAG pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotritie

Variables	p-value
Réglage "fragmentation"	0.05
Niveau opérateur	
junior	1
senior	1
Relocalisation	1
Utilisation d'un panier	0.05

Pour l'Ho:YAG, le fait de choisir un réglage de type fragmentation et le fait d'utiliser un panier (p=0,05) influençaient la différence entre la durée estimée et effective de lithotritie.

Tableau 9 : Régression logistique multiple sur les facteurs pré-opératoires pour le laser TFL pouvant influencer la différence entre durée estimée et durée effective de lithotripsie

Variables	p-value
Réglage "fragmentation"	1
Niveau opérateur	1
senior	1
Relocalisation	1
Utilisation d'un panier	1

Pour le TFL, aucun de ces facteurs n'avaient d'influence sur la différence entre durée estimée et effective de lithotripsie.

II.3.4. Corrélation entre diamètre maximal et volume du calcul

Nous avons ensuite étudié la corrélation entre le volume et le diamètre maximal du calcul sur le TDM-AP IV- pour l'ensemble de l'échantillon. Conformément à notre hypothèse, nous avons observé une faible corrélation ($r=+0,67$; IC(0,53 – 0,77) ; $p < 0,001$) entre le volume et le diamètre maximal du calcul sur l'ensemble de notre cohorte. Cette corrélation est statistiquement significative ($p<0,001$; $t=8,31$; $df=86$;test unilatéral). La Figure 8 est la représentation graphique de cette corrélation.

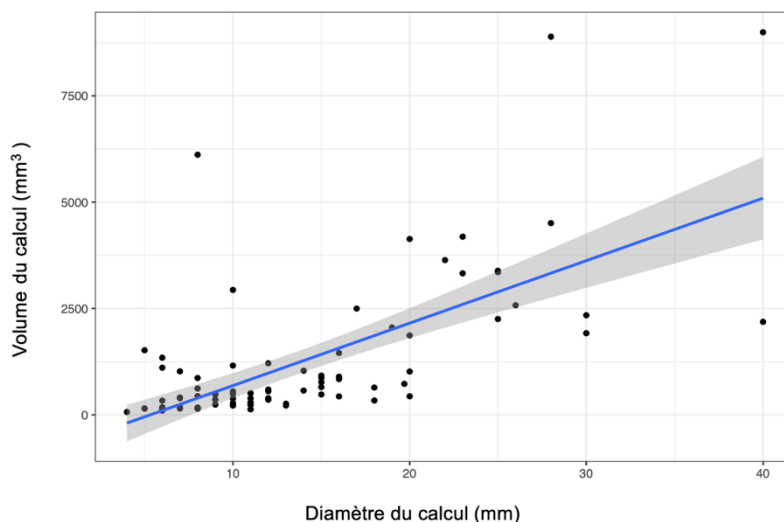


Figure 8 : Représentation graphique de la corrélation entre volume et diamètre maximal des calculs, sur l'ensemble de notre échantillon

III. Discussion

Dans notre étude, nous avons évalué l'efficacité du logiciel KSC pour prédire la durée de lithotritie à partir du scanner. Les résultats de notre étude ont démontré que le logiciel KSC était capable de prédire de manière fiable la durée de la lithotritie sur l'ensemble de la cohorte étudiée car il existait une corrélation positive importante et une absence de différence entre durée estimée et durée effective de LLE.

Concernant le groupe TFL, nous avons retrouvé un indice de corrélation de 0,95 confirmant les résultats de la cohorte pour cette source laser. Cette constatation confirme les résultats obtenus dans l'étude KSC-1 menée par Panthier et al., qui s'est concentrée uniquement sur le laser Ho :YAG (24). A noter que dans la littérature, on ne trouve pas d'autre étude à ce jour ayant cherché à estimer la durée de LLE.

Une corrélation légèrement inférieure de 0,83 a été constatée pour l'Ho:YAG. Cette corrélation peut être expliquée par les phénomènes d'arrêt-reprise (« stop and go ») de la LLE dus à certaines conditions opératoires telles que la mauvaise visibilité due à la présence de fragments ou de saignements, l'irrigation déplaçant le calcul, la rétropulsion, la difficulté d'accès de la fibre laser au calcul (caliciel inférieur) ou la dégradation de la fibre laser pendant son utilisation. Ces conditions opératoires sont connues pour être plus présente lors de la LLE par Ho:YAG (31–33). En effet, le laser Ho:YAG, composé d'une lampe flash qui excite un cristal YAG, génère un faisceau large qui nécessite une collimation. Par conséquent, les fibres lasers doivent être plus grosses avec un minimum de 200µm, contre 150µm pour le TFL (25). Le canal opérateur étant plus occupé avec l'Ho:YAG le flux d'irrigation est moins efficace ce qui réduit la visibilité. De plus le faisceau produit consiste en un pic de puissance très important suivi d'une diminution brutale (34). Cet apport très rapide d'énergie fragmente le calcul mais induit également de la rétropulsion qui rallonge le temps d'intervention (35). La technique initialement utilisée avec l'Ho:YAG est donc la fragmentation consistant à découper le calcul en différents fragments qui seront ensuite retirés à l'aide d'un panier. Cela impose la présence d'un aide opératoire pour ouvrir et fermer le panier pendant que l'opérateur principal dirige l'urétéroscope. De nombreux aller-retour entre l'extrémité des voies urinaires et le rein sont donc nécessaires ce qui allonge également le temps de chirurgie et majore les risques d'endommagement urétéral. Enfin, le travail d'Uzan et al. sur le risque de fracture de fibre a montré que ce risque était plus important avec l'Ho :YAG et ce d'autant plus que le diamètre de la fibre était petit (31). Pour diminuer ce risque, il est donc important de minimiser la courbure durant la LLE avec l'Ho :YAG. Les calculs caliciels inférieurs sont donc le plus souvent relocalisés ce qui rallonge également le temps de chirurgie.

Dans le cas du TFL, l'objectif est d'obtenir de la poussière de calcul pour permettre une élimination par effet venturi, suivie d'une élimination spontanée des fragments, sans utilisation de panier. La destruction du calcul consiste donc principalement à la LLE (30). On parle de pulvérisation (« dusting »). Cette technique pourrait expliquer la meilleure corrélation des résultats avec le TFL au contraire de l'Ho:YAG où plusieurs techniques étaient combinées, telles que la lithotritie (fragmentation) et l'utilisation d'un panier pour retirer les fragments, parfois associées à une relocalisation en fonction de la localisation du calcul.

En ce qui concerne les caractéristiques démographiques, nous avons dans notre étude 28% de patients obèses et 9% de patients diabétiques avec un âge médian de 52 ans. En 2020, selon Santé Publique France, la prévalence des patients traités médicalement pour un diabète

étaient de 4,5% de la population générale (36). Nous avons donc une prévalence dans notre étude supérieure à la population générale mais le diabète et l'obésité sont des facteurs de risque de lithiases connus (37,38). De plus, nous avons 38% de patients avec une pathologie lithogène. Il y avait une importante disparité selon les groupes. En effet, 9,7% avaient une pathologie dans le groupe Ho:YAG contre 60,1% dans le groupe TFL. Cela est dû à un biais effet-centre. 95,6% des patients du groupe TFL ont été traité dans le centre 1, centre expert en endo-urologie. Sur cette population, on retrouvait 11% de patients cystinuriques alors que la cystinurie représente en France moins de 1% des lithiases de l'adulte (39). De plus 46% des patients avaient une pathologie lithogène récidivante en cours d'exploration. Il s'agit de patient présentant une anomalie au bilan métabolique telle qu'une hypercalciurie pour lesquels un bilan métabolique de seconde intention était en cours.

Concernant les caractéristiques lithiasiques pré-opératoires, nous avons remarqué d'autres différences significatives dans le groupe TFL. Outre la plus grande fréquence de pathologies lithogènes, les patients de ce groupe présentaient des calculs de volumes plus importants et plus d'anomalies anatomiques connues. Ces différences peuvent être également attribuées à l'orientation des patients vers un centre expert (centre 1) et à l'utilisation préférentielle de la source laser TFL pour les cas plus complexes. De plus, les indications et les techniques utilisées pendant l'opération semblaient différer en fonction de la source laser utilisée.

Par ailleurs, nous avons retrouvé un nombre plus important de calculs caliciels inférieurs dans le groupe Ho:YAG. Ces derniers ont pu avoir une influence sur le temps de lithotritie et total de chirurgie car comme dit précédemment du fait du degré de déflexion qu'imposerait une fragmentation in situ, il est courant de capturer le calcul avec un panier et de le relocaliser de façon à fragmenter dans l'axe (40). Golomb et al ont réalisé une étude rétrospective sur 480 patients traités par URS-S pour des calculs du pôle inférieur avec relocalisation systématique au pôle supérieur. Ils ont comparé leur suivi à 18 mois à 3000 patients de référence. En utilisant cette technique, le taux de sans fragments à long terme était meilleur (41).

En ce qui concerne les résultats peropératoires, si on compare les rapports médians de la durée de lithotritie sur la durée opératoire totale, on obtient un coefficient égal à 0,31 pour l'Ho:YAG et 0,30 pour le TFL, sans différence significative entre les deux. Cela pourrait être expliqué par la présence plus importante de calculs urétéraux dans le groupe TFL (28% contre 7%). Dans l'uretère pour des raisons de sécurité une fréquence moins élevée est utilisée. Ainsi dans leur étude prospective sur le TFL, Corrales et al. ont trouvé une vitesse d'ablation plus faible dans l'uretère par rapport au rein ($0,7\text{mm}^3/\text{s}$ contre $1,16\text{mm}^3/\text{s}$ respectivement) (16). En outre, on retrouve également plus d'anomalies anatomiques dans le groupe TFL (33% contre 7% pour l'Ho:YAG). Les anomalies anatomiques induisent un temps de chirurgie plus long car en présence d'une dérivation urinaire non continente de type Bricker par exemple, il est plus difficile d'accéder à l'uretère de manière rétrograde. La présence d'une sténose peut également rallonger le temps de chirurgie soit du fait de la difficulté de cathétérisation également, soit directement par difficulté de passage de l'endoscope. Ainsi le flux d'irrigation est ralenti et la vision opératoire s'en trouve détériorée.

En comparant le volume médian ablaté par seconde, ce dernier était plus élevé pour le TFL ($0,66\text{mm}^3/\text{s}$) par rapport à l'Ho:YAG ($0,36\text{mm}^3/\text{s}$). Cela est cohérent avec les résultats rapportés dans la littérature (29,32,42). De plus, l'énergie par mm^3 était similaire entre les deux sources laser, ce qui suggérait que la prédiction de la durée de la lithotritie par le logiciel KSC est indépendante de l'énergie délivrée.

Il convient également de noter que chez les patients opérés dans le centre 1, très peu de gaines d'accès ont été utilisées, contrairement à la pratique courante des urologues. L'utilisation de gaines d'accès augmente le débit d'irrigation ce qui réduit la pression intrarénale et donc les risques de complications, notamment infectieuses. L'arrivée du TFL s'accompagne de l'arrivée de fibres laser plus fines. Il permet ainsi d'utiliser des urétroscopes souples à usage unique plus fins et d'avoir un canal opérateur plus libre avec sans gaine une meilleure irrigation et une pression inférieure (43,44). Cependant, il est important de souligner que cette technique nécessite une expertise et une pratique spécialisée pour assurer la sécurité du patient.

Dans notre étude, on ne retrouve pas d'influence de la densité du calcul sur la prédiction de la durée de lithotripsie. Mekayten et al. ont comparé l'influence de la densité du calcul (unités Hounfields) sur la durée de LLE en plus de proposer une comparaison de cette durée entre laser Ho :YAG de faible et haute puissance (29). Dans cette étude, la durée de LLE pour une pulvérisation complète dépendait de la densité du calcul, au même titre que de son volume, de l'hydronéphrose et de la localisation. Le point d'inflexion de la courbe représentant cette analyse se trouvait autour de 1000 UH. Ces données suggèrent que la stratification des calculs en préopératoire en calcul dur ou tendre pour estimer la durée de LLE est une méthode fiable. Une étude comparable réalisée par Molina et al. sur 100 cas, versus 613 pour Mekayten et al., suggère que le diamètre de la fibre laser, la puissance laser, la localisation, le volume du calcul ainsi que sa densité, influencent d'avantage l'énergie totale délivrée que la durée de LLE (45).

On retrouve une moins bonne estimation du temps de LLE pour les gros volumes avec l'Ho :YAG. Cela peut s'expliquer par la fabrication de nombreux fragments qui induisent une moins bonne irrigation, une augmentation de la pression et donc une moins bonne vision. Le temps de chirurgie est donc potentiellement allongé. A l'inverse pour le TFL, il s'agissait des petits volumes. S'agit-il d'une moins bonne indication de pulvérisation ? A ce jour, aucune donnée n'est disponible pour soutenir cette hypothèse.

Enfin, dans notre étude nous retrouvons une faible corrélation entre volume et diamètre maximal du calcul. Selon les recommandations internationales, l'estimation de la charge de calculs est toujours basée sur ce diamètre maximal (46,47). Récemment, l'évaluation du volume a été proposée pour mieux stratifier la charge lithiasique (24). Si l'intérêt du volume par rapport au diamètre maximal ou à la surface fait encore débat au sein de la communauté urologique, les recommandations 2022 du CLAFU suggèrent désormais son utilisation en cas de calculs complexes. Dans la pratique clinique, les mesures planaires et volumétriques ont tendance à montrer une capacité égale à prédire l'état de sans fragment résiduel, mais les estimations de volume semblent être plus précises, sans répudier le diamètre maximal dans la plupart des cas (48,49). Selon Ito et al. la charge de calculs est mieux évaluée par le volume que la formule du diamètre cumulé ou la formule de surface (diamètre maximum de pierre x largeur x Π x 1/4). Ceci est particulièrement validé lorsque le diamètre cumulé est supérieur à 20 mm ou lorsque le nombre de calculs est supérieur à 3 (50). Dans le domaine de l'uro-néphrologie, la segmentation permet de recueillir des informations anatomiques précises pour le diagnostic et la planification chirurgicale. Par conséquent, le processus de segmentation apparaît instinctivement comme la méthode la plus précise, justifiant l'utilisation de KSC. D'autres dispositifs ont été développés dans ce but, mais aucun d'entre eux ne visait à prédire la durée de lithotritie.

KSC représente un outil fiable et reproductible de mesure du volume lithiasique, avec la possibilité d'estimer la durée de LLE. Cependant, l'évaluation clinique de cette application présente des limites. Les patients traités par laser Ho :YAG étaient issus de centres différents et ont été opérés par des opérateurs de différents niveaux, à l'inverse des patients traités par TFL qui étaient issus d'un centre de référence et majoritairement opérés par un opérateur expert en chirurgie lithiasique. Le nombre de calculs du calice inférieur dans le groupe Ho :YAG et la présence de calculs plus gros dans le groupe TFL peuvent également représenter un biais. Les critères d'inclusion de notre étude restent assez larges mais cela favorise la transposition de cette dernière à la pratique clinique. De plus, à ce jour, peu de réglages d'énergie sont disponibles dans KSC et qu'ils ne correspondent pas systématiquement à ce qui est utilisé en pratique clinique selon les types lithiasiques. Ainsi, la prise en compte du mode impulsif (durée d'impulsion et profil impulsif) et la localisation lithiasique devraient être des éléments d'amélioration pour une version ultérieure de cet outil.

Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour la pratique clinique et dans le domaine de la recherche concernant la prise en charge chirurgicale de la lithiase urinaire. Cet outil gratuit peut servir aussi bien des projets de formation chirurgicale et de suivi (progression des chirurgiens en formation) qu'à une auto-évaluation du praticien.

Conclusion

La chirurgie endoscopique de la lithiase urinaire est aujourd'hui dominée par l'URS-S et la LLE. Dans la limite de 90 min, la durée de cette procédure dépend principalement du volume lithiasique et de la composition du calcul. L'outil de planification opératoire pour l'URS-S permet à l'opérateur d'estimer la durée de l'intervention et le nombre de procédures nécessaires quelle que soit la source laser. Cette seconde étude (KSC-2) permet donc de confirmer les résultats sur une plus grande cohorte de l'étude pilote (KSC-1).

En effet, KSC permet d'estimer de manière précise et fiable la durée de lithotritie laser au cours d'une urétéroscopie souple, aussi bien pour le laser Ho:YAG que le TFL. Certains facteurs ont cependant une influence sur la capacité à prédire la durée de lithotritie, parmi lesquels la source laser, l'expérience du praticien, le type et le volume du calcul. De même, selon la source laser utilisée pour la LLE, ces facteurs varient : Il semble effectivement que le TFL soit plus indiqué pour des calculs difficiles et de gros volume au contraire de l'Ho:YAG qui semble plus efficace pour des petits calculs ainsi que des calculs durs du fait de sa puissance crête élevée.

Récemment, une nouvelle technologie laser a été proposée pour la LLE : le laser pulsé Thulium:YAG. Présenté comme un compromis entre Ho:YAG et TFL, son évaluation est toutefois en cours, y compris in vitro. Il serait donc intéressant de tester la capacité de KSC à estimer la durée de LLE avec le Thulium:YAG pulsé.

Références bibliographiques

1. Scales CD, Smith AC, Hanley JM, Saigal CS, Urologic Diseases in America Project. Prevalence of kidney stones in the United States. *Eur Urol.* juill 2012;62(1):160-5.
2. Abufaraj M, Al Karmi J, Yang L. Prevalence and trends of urolithiasis among adults. *Curr Opin Urol.* juill 2022;32(4):425-32.
3. Abufaraj M, Xu T, Cao C, Waldhoer T, Seitz C, D'andrea D, et al. Prevalence and Trends in Kidney Stone Among Adults in the USA: Analyses of National Health and Nutrition Examination Survey 2007–2018 Data. *Eur Urol Focus.* nov 2021;7(6):1468-75.
4. Stamatelou K, Goldfarb DS. Epidemiology of Kidney Stones. *Healthcare.* 2 févr 2023;11(3):424.
5. Brikowski TH, Lotan Y, Pearle MS. Climate-related increase in the prevalence of urolithiasis in the United States. *Proc Natl Acad Sci.* 15 juill 2008;105(28):9841-6.
6. Lang J, Narendrula A, El-Zawahry A, Sindhvani P, Ekwenna O. Global Trends in Incidence and Burden of Urolithiasis from 1990 to 2019: An Analysis of Global Burden of Disease Study Data. *Eur Urol Open Sci.* janv 2022;35:37-46.
7. Geraghty RM, Cook P, Walker V, Somani BK. Evaluation of the economic burden of kidney stone disease in the UK: a retrospective cohort study with a mean follow-up of 19 years. *BJU Int.* avr 2020;125(4):586-94.
8. Wickham JEA, Kellett MJ, Miller RA. Elective Percutaneous Nephrolithotomy in 50 Patients: an Analysis of the Technique, Results and Complications. *J Urol.* mai 1983;129(5):904-5.
9. Marshall VF. Fiber Optics in Urology. *J Urol.* janv 1964;91(1):110-4.
10. [Transurethral ureteroscopy. A current urological procedure] - PubMed.pdf.
11. Takayasu H, Aso Y, Takagi T, Go T. Clinical application of fiber-optic pyeloureteroscope.
12. Doizi S, Traxer O. Flexible ureteroscopy: technique, tips and tricks. *Urolithiasis.* févr 2018;46(1):47-58.
13. Johnson DE, Cromeens DM, Price RE. Use of the holmium:YAG laser in urology. *Lasers Surg Med.* 1992;12(4):353-63.
14. Doizi S, Raynal G, Traxer O. Évolution du traitement chirurgical de la lithiase urinaire sur 30ans dans un centre hospitalo-universitaire. *Prog En Urol.* juill 2015;25(9):543-8.
15. Proietti S, Dragos L, Molina W, Doizi S, Giusti G, Traxer O. Comparison of New Single-Use Digital Flexible Ureteroscope Versus Nondisposable Fiber Optic and Digital Ureteroscope in a Cadaveric Model. *J Endourol.* juin 2016;30(6):655-9.
16. Corrales M, Traxer O. Initial clinical experience with the new thulium fiber laser: first 50 cases. *World J Urol.* oct 2021;39(10):3945-50.
17. Comité Lithiase de l'Association Française d'Urologie, SFMU, SFNDT, SP, SFR-SIGU, SFMG, et al. Recommandation de bonne pratique (CLAFU): Prise en charge des calculs et de la lithiase urinaires: diagnostic, traitement, suivi et prévention secondaire. nov 2022;
18. EAU-Guidelines-on-Urolithiasis-2023.pdf.
19. De Coninck V, Traxer O. The Time Has Come to Report Stone Burden in Terms of Volume Instead of Largest Diameter. *J Endourol.* mars 2018;32(3):265-6.
20. Merigot De Treigny O, Bou Nasr E, Almont T, Tack I, Rischmann P, Soulié M, et al. The Cumulated Stone Diameter: A Limited Tool for Stone Burden Estimation. *Urology.* sept 2015;86(3):477-81.
21. Panthier F, Doizi S, Illoul L, Berthe L, Traxer O. Developing Free Three-dimensional Software for Surgical Planning for Kidney Stones: Volume is Better than Diameter. *Eur Urol Focus.* mai 2021;7(3):589-90.
22. Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, Finet J, Fillion-Robin JC, Pujol S, et al. 3D Slicer as an image computing platform for the Quantitative Imaging Network. *Magn Reson Imaging.* nov

2012;30(9):1323-41.

23. Panthier F, Doizi S, Lapouge P, Chaussain C, Kogane N, Berthe L, et al. Comparison of the ablation rates, fissures and fragments produced with 150 µm and 272 µm laser fibers with superpulsed thulium fiber laser: an in vitro study. *World J Urol.* juin 2021;39(6):1683-91.
24. Panthier F, Traxer O, Yonneau L, Leuret T, Berthe L, Illoul L, et al. Evaluation of a free 3D software for kidney stones' surgical planning: "kidney stone calculator" a pilot study. *World J Urol.* sept 2021;39(9):3607-14.
25. Traxer O, Keller EX. Thulium fiber laser: the new player for kidney stone treatment? A comparison with Holmium:YAG laser. *World J Urol.* août 2020;38(8):1883-94.
26. Blackmon RL, Irby PB, Fried NM. Comparison of holmium:YAG and thulium fiber laser lithotripsy: ablation thresholds, ablation rates, and retropulsion effects. *J Biomed Opt.* 2011;16(7):071403.
27. Hardy LA, Vinnichenko V, Fried NM. High power holmium:YAG versus thulium fiber laser treatment of kidney stones in dusting mode: ablation rate and fragment size studies. *Lasers Surg Med.* août 2019;51(6):522-30.
28. Sierra A, Corrales M, Somani B, Traxer O. Laser Efficiency and Laser Safety: Holmium YAG vs. Thulium Fiber Laser. *J Clin Med.* 24 déc 2022;12(1):149.
29. Mekayten M, Lorber A, Katafigiotis I, Sfoungaristos S, Leotsakos I, Heifetz EM, et al. Will Stone Density Stop Being a Key Factor in Endourology? The Impact of Stone Density on Laser Time Using Lumenis Laser p120w and Standard 20 W Laser: A Comparative Study. *J Endourol.* juill 2019;33(7):585-9.
30. Doizi S, Keller EX, De Coninck V, Traxer O. Dusting technique for lithotripsy: what does it mean? *Nat Rev Urol.* nov 2018;15(11):653-4.
31. Uzan A, Chiron P, Panthier F, Haddad M, Berthe L, Traxer O, et al. Comparison of Holmium:YAG and Thulium Fiber Lasers on the Risk of Laser Fiber Fracture. *J Clin Med.* 30 juin 2021;10(13):2960.
32. Ventimiglia E, Doizi S, Kovalenko A, Andreeva V, Traxer O. Effect of temporal pulse shape on urinary stone phantom retropulsion rate and ablation efficiency using holmium:YAG and super-pulse thulium fibre lasers. *BJU Int.* juill 2020;126(1):159-67.
33. Sroka R, Pongratz T, Scheib G, Khoder W, Stief CG, Herrmann T, et al. Impact of pulse duration on Ho:YAG laser lithotripsy: treatment aspects on the single-pulse level. *World J Urol.* avr 2015;33(4):479-85.
34. Ventimiglia E, Villa L, Doizi S, Briganti A, Proietti S, Giusti G, et al. Laser Lithotripsy: The Importance of Peak Power and Pulse Modulation. *Eur Urol Focus.* janv 2021;7(1):22-5.
35. Petzold R, Miernik A, Suarez-Ibarrola R. Retropulsion force in laser lithotripsy—an in vitro study comparing a Holmium device to a novel pulsed solid-state Thulium laser. *World J Urol.* sept 2021;39(9):3651-6.
36. Le diabète en France les chiffres 2020.pdf.
37. Carbone A, Al Salhi Y, Tasca A, Palleschi G, Fuschi A, De Nunzio C, et al. Obesity and kidney stone disease: a systematic review. *Minerva Urol Nefrol* [Internet]. juill 2018 [cité 24 juill 2023];70(4). Disponible sur: <https://www.minervamedica.it/index2.php?show=R19Y2018N04A0393>
38. Khan SR, Pearle MS, Robertson WG, Gambaro G, Canales BK, Doizi S, et al. Kidney stones. *Nat Rev Dis Primer.* 25 févr 2016;2(1):16008.
39. Prot-Bertoye C, Daudon M, Tostivint I, Dousseaux MP, Defazio J, Traxer O, et al. Cystinurie. *Néphrologie Thérapeutique.* avr 2021;17:S100-7.
40. Auge BK, Dahm P, Wu NZ, Preminger GM. Ureteroscopic Management of Lower-Pole Renal Calculi: Technique of Calculus Displacement. *J Endourol.* oct 2001;15(8):835-8.
41. Golomb D, Goldberg H, Tapiero S, Stabholz Y, Lotan P, Darawsha AE, et al. Retrograde intrarenal surgery for lower pole stones utilizing stone displacement technique yields excellent

results. *Asian J Urol.* janv 2023;10(1):58-63.

42. Ventimiglia E, Pauchard F, Gorgen ARH, Panthier F, Doizi S, Traxer O. How do we assess the efficacy of Ho:YAG low-power laser lithotripsy for the treatment of upper tract urinary stones? Introducing the Joules/mm³ and laser activity concepts. *World J Urol.* mars 2021;39(3):891-6.

43. Panthier F, Pauchard F, Traxer O. Retrograde intra renal surgery and safety: pressure and temperature. A systematic review. *Curr Opin Urol.* juill 2023;33(4):308-17.

44. De Coninck V, Somani B, Sener ET, Emiliani E, Corrales M, Juliebø-Jones P, et al. Ureteral Access Sheaths and Its Use in the Future: A Comprehensive Update Based on a Literature Review. *J Clin Med.* 31 août 2022;11(17):5128.

45. Molina WR, Marchini GS, Pompeo A, Sehart D, Kim FJ, Monga M. Determinants of Holmium:Yttrium–aluminum–garnet Laser Time and Energy During Ureteroscopic Laser Lithotripsy. *Urology.* avr 2014;83(4):738-44.

46. Assimos D, Krambeck A, Miller NL, Monga M, Murad MH, Nelson CP, et al. Surgical Management of Stones: American Urological Association/Endourological Society Guideline, PART I. *J Urol.* oct 2016;196(4):1153-60.

47. Türk C, Petřík A, Sarica K, Seitz C, Skolarikos A, Straub M, et al. EAU Guidelines on Diagnosis and Conservative Management of Urolithiasis. *Eur Urol.* mars 2016;69(3):468-74.

48. Jendeberg J, Geijer H, Alshamari M, Lidén M. Prediction of spontaneous ureteral stone passage: Automated 3D-measurements perform equal to radiologists, and linear measurements equal to volumetric. *Eur Radiol.* juin 2018;28(6):2474-83.

49. Selby MG, Vrtiska TJ, Krambeck AE, McCollough CH, Elsherbiny HE, Bergstralh EJ, et al. Quantification of Asymptomatic Kidney Stone Burden by Computed Tomography for Predicting Future Symptomatic Stone Events. *Urology.* janv 2015;85(1):45-50.

50. Ito H, Kawahara T, Terao H, Ogawa T, Yao M, Kubota Y, et al. Evaluation of Preoperative Measurement of Stone Surface Area as a Predictor of Stone-Free Status After Combined Ureteroscopy with Holmium Laser Lithotripsy: A Single-Center Experience. *J Endourol.* juin 2013;27(6):715-21.

Annexes

Annexe 1. Présentation par Communication Orale 117 ^{ème} Congrès Français d'urologie, Novembre 2023, Paris : CO-203 : Évaluation clinique du logiciel de planification opératoire des chirurgie lithiasiques « Kidney Stone Calculator » avec le laser Thulium fibré, comparaison au laser Holmium :YAG -Étude KSC-2.	54
Annexe 2. Présentation au 40 ^{ème} World Congress of Endourology and Uro-technology, Jerusalem, Octobre 2023 : Clinical evaluation of operative planning software fort stone surgeries “Kidney Stone Calculator” with the Thulium Fiber Laser, comparison with the Holmium:YAG laser (KSC-2 study).....	55
Annexe 3. Clinical reproductibility of stone volume measurement : a “Kidney Stone Calculator” study, A. Peyrottes, M. Chicaud, C. Fourniol, S. Doizi, MO. Timsit, A. Méjean, L. Yonneau, T. Lebreu, F. Audenet, O. Traxer, F. Panthier.....	56

Annexe 1. Présentation par **Communication Orale 117^{ème} Congrès Français d'urologie, Novembre 2023, Paris** : CO-203 : Évaluation clinique du logiciel de planification opératoire des chirurgie lithiasiques « Kidney Stone Calculator » avec le laser Thulium fibré, comparaison au laser Holmium :YAG -Étude KSC-2.

Introduction

Kidney Stone Calculator(KSC) est un logiciel permettant de mesurer le volume lithiasique total(VLT) et d'estimer la durée de lithotritie laser endocorporelle(LLE) au cours d'une urétéroscopie souple(URS-S). Après une première évaluation clinique avec le laser Holmium:YAG(Ho:YAG) ayant confirmé sa fiabilité, l'objectif était de d'évaluer KSC pour le laser thulium fibré(TFL) et de comparer les résultats du TFL et l'Ho:YAG pour l'estimation de la LLE.

Méthodes

Cette étude clinique multicentrique prospective incluait des patients avec des calculs rénaux et/ou urétéraux traités par URS-S avec LLE et ayant eu un TDM AP IV- préopératoire, dans 4 centres, entre janvier 2020 et avril 2023. Les caractéristiques démographiques, lithiasiques et opératoires étaient collectées prospectivement. Les corrélations entre durées de LLE effective et estimée par KSC sur la cohorte totale puis suivant la source laser(SL) étaient calculées. Des analyses univariées et multivariées sur les critères pré-(volume, localisation, densité des calculs, présence d'une anomalie anatomique) et per-opératoires(réglage laser, niveau de l'opérateur, relocalisation, utilisation d'un panier) étaient ensuite réalisées selon la SL.

Résultats

Un total de 89 patients ont été inclus(Ho:YAG vs TFL). Les groupes étaient comparables sauf sur la présence d'une pathologie lithogène, d'anomalies anatomiques, la localisation lithiasique et les antécédents de chirurgie lithiasique(Tableau1). Une corrélation élevée ($r=+0,89$) entre durée estimée et effective de LLE étaient retrouvée sur la cohorte ($p<0,001$), et au sein des deux groupes(TFL : $r=+0,95,p<0,001$;Ho :YAG= $r=+0,81,p<0,001$). Des énergies volumiques et débits d'ablation moyens étaient respectivement de 18,22 et 15,68J/mm³ et 0,71 et 0,53mm³/s pour les TFL et Ho :YAG, respectivement(tableau2). En analyse multivariée, la différence entre durée estimée et effective de LLE est influencée par les critères pré-opératoire (VLT>2000mm³ pour l'Ho:YAG, VLT(500-750mm³) et diverticules caliciels pour le TFL) et sur les critères opératoires(réglage laser fragmentation(haute énergie, basse fréquence)($p>0,001$) et utilisation d'un panier($p=0,05$) pour l'Ho :YAG).

Conclusion

Kidney Stone Calculator est un outil gratuit fiable pour estimer la durée de LLE pour le TFL comme pour l'Ho:YAG. Certains critères, différents selon les SL, peuvent conduire à sous-estimer la durée effective de LLE(VLT>2000mm³, utilisation d'un panier, réglage laser fragmentation pour l'Ho:YAG et VLT(500-750mm³) et diverticules caliciels pour le TFL).

Annexe 2. Présentation au **40ème World Congress of Endourology and Uro-technology, Jerusalem, Octobre 2023** : Clinical evaluation of operative planning software for stone surgeries “Kidney Stone Calculator” with the Thulium Fiber Laser, comparison with the Holmium:YAG laser (KSC-2 study).

Introduction

Kidney Stone Calculator (KSC) is a free software that estimates the duration of endocorporeal laser lithotripsy (ELL) during flexible ureteroscopy (fURS), based on the stone volume. This tool has been previously clinically evaluated with Holmium:YAG (Ho:YAG). We aimed to evaluate the clinical performances of KSC with Thulium Fiber Laser (TFL) and to compare these results with those obtained with Ho:YAG.

Material and Methods

This prospective multicenter clinical study included patients with kidney and ureter stones treated by fURS with ELL and preoperative non-contrast computed tomography (NCCT), in 4 centers, between January 2020 and April 2023. Demographic, urolithiasis and peri-operative data were prospectively collected. The correlations between estimated and effective ELL durations overall then according to the laser source (LS) were calculated. Univariate and multivariate analyses on the pre-(volume, location, stone density, presence of anatomical anomaly) and per-operative (laser adjustment, operator level, relocation, use of a basket) criteria were then carried out according to the LS.

Results

A total of 89 patients were included (Ho:YAG; TFL). The groups were comparable except for presence of urolithiasis pathology, anatomical abnormalities, kidney stones location and previous surgical urolithiasis history (Table 1). A significant correlation ($r=+0.89$) between estimated and effective ELL durations was found overall ($p<0.001$), and within the two groups (TFL: $r=+0.95$, $p<0.001$; Ho:YAG: $r=+0.81$, $p<0.001$). Mean efficiency and ablation rates were 18.22 and 15.68 J/mm³ and 0.71 and 0.53 mm³/s for TFL and Ho:YAG, respectively (Table 2). In multivariate analysis, the difference between estimated and effective ELL durations was influenced by preoperative criteria (volume > 2000 mm³ for Ho:YAG, volumes (500-750 mm³) and caliculi diverticula for TFL) and on operative criteria (fragmentation setting ($p>0.001$) and use of a basket ($p=0.05$) for Ho:YAG, no factor found for TFL).

Conclusion

Kidney Stone Calculator is a reliable tool for ELL estimation for both TFL and Ho:YAG. Various criteria, which differ depending on the LS, can lead to underestimating the effective duration of ELL (volume > 2000 mm³, use of a basket, fragmentation setting for Ho:YAG and volumes (500-750 mm³) and caliculi diverticula for TFL).

Annexe 3. Clinical reproducibility of stone volume measurement : a “Kidney Stone Calculator” study, A. Peyrottes, M. Chicaud, C. Fourniol, S. Doizi, MO. Timsit, A. Méjean, L. Yonneau, T. Leuret, F. Audenet, O. Traxer, F. Panthier

Article soumis au Journal of Clinical Medicine, Aout 2023.

Abstract : Background: An accurate estimation of the stone burden is the key factor for predicting retrograde intra-renal surgeries outcomes. Volumetric calculations better stratify stone burden than linear measurements. We developed a free software to assess the stone volume and estimate the lithotripsy duration according to 3D-segmented stone volumes – namely Kidney Stone Calculator(KSC). The present study aimed to validate KSC's reproducibility in clinical cases evaluating its inter-observer and intra-observer correlation. Methods: Fifty patients that harbored renal stones were retrospectively selected from a prospective cohort. For each patient, three urologists with different experience in stone management made five measurements of the stone volume on non-contrast-enhanced computed tomography(NCCT) images using KSC. Results: the overall inter-observer correlation (Kendall's concordance coefficient) was 0,99 ($p < 0,0001$). All three paired analysis of the inter-observer reproducibility were superior to 0,8. Intra-observer variation coefficients varied from 4% to 6% and Kendall's intra-observer concordance coefficient was superior to 0,98 ($p < 0,0001$) for each participant. Subgroup analysis showed that segmentation of complex stones seems to be less reproducible. Conclusions: Kidney Stone Calculator is a reliable tool for the stone burden estimation. Its extension for calculating the lithotripsy duration is of major interest and could help the practitioner in surgical planning.

Keywords : Kidney Stone Calculator, renal stone, segmentation, volume, concordance

Serment d'Hippocrate

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Évaluation clinique du logiciel de planification opératoire des chirurgies lithiasiques : « Kidney Stone Calculator » avec le laser Thulium Fibré, comparaison au laser Holmium :YAG. (Étude KSC-2)

Introduction : Kidney Stone Calculator(KSC) permet de mesurer le volume lithiasique total(VLT) et d'estimer la durée de lithotritie laser endocorporelle(LLE) au cours d'une urétéroscopie souple(URS-S). Après une étude pilote confirmant sa fiabilité, l'objectif était d'évaluer KSC pour le laser thulium fibré(TFL) et de comparer la fiabilité de KSC avec TFL et Ho:YAG. **Matériel et Méthodes** : Une étude clinique multicentrique prospective a inclus prospectivement des patients avec des calculs rénaux et/ou urétéraux traités par URS-S avec LLE et ayant un TDM AP IV- préopératoire, dans 4 centres, entre janvier 2020 et avril 2023. Les caractéristiques démographiques, lithiasiques et opératoires étaient collectées. Le rapport de la différence entre durée estimée et durée effective (DeS, DeF) divisée par la DeF de LLE était calculé et les DeS et DeF étaient comparées. Les corrélations entre les DeS et DeF par KSC étaient calculées. Des analyses univariées et multivariées sur les critères pré- et per-opératoires étaient réalisées. **Résultats** : 89 patients ont été inclus. Les groupes étaient comparables sauf sur la présence d'une pathologie lithogène, d'anomalies anatomiques, la localisation lithiasique et les antécédents de chirurgie lithiasique. Il n'existait pas de différence significative entre les DeS et DeF, y compris au sein des groupes Ho:YAG et TFL(respectivement $p=0,43$, $p=0,68$ et $p=0,07$). Une corrélation élevée($r=+0,89$) entre les DeS et DeF étaient retrouvée($p<0,001$), et au sein des deux groupes(TFL: $r=+0,95$, $p<0,001$;Ho:YAG= $r=+0,81$, $p<0,001$). Des énergies volumiques et débits d'ablation moyens étaient respectivement de 18,22 et 15,68J/mm³ et 0,71 et 0,53mm³/s pour les TFL et Ho:YAG, respectivement. En analyse multivariée, la différence les DeS et DeF était influencée par les critères pré-opératoire (VLT>2000mm³ pour l'Ho:YAG, VLT(500-750mm³) et diverticules caliciels pour le TFL) et opératoires(réglage laser fragmentation($p<0,001$) et utilisation d'un panier($p=0,05$) pour l'Ho:YAG). **Conclusion** : Kidney Stone Calculator est un outil fiable pour estimer la durée de LLE avec TFL ou Ho:YAG. Certains critères peuvent conduire à sous-estimer la durée effective de LLE.

Mots-clés : Kidney Stone Calculator, Ho:YAG, TFL, Lithotritie

Clinical evaluation of operative planning software for stone surgeries "Kidney Stone Calculator" with the Thulium Fiber Laser, comparison with the Holmium:YAG laser (KSC-2 study).

Introduction : Kidney Stone Calculator(KSC) estimates the duration of endocorporeal laser lithotripsy (ELL) during flexible ureteroscopy (fURS), based on the stone volume(SV). We aimed to evaluate the clinical performances of KSC with Thulium Fiber Laser (TFL) and to compare these results with those obtained with Ho:YAG. **Material and Methods**: This prospective multicenter clinical study included patients with kidney and ureter stones treated by fURS with ELL and preoperative non-contrast computed tomography(NCCT), in 4 centers, between January 2020 and April 2023. Demographic, urolithiasis and peri-operative data were prospectively collected. The ratio of the difference between estimated and effective ELL (Es-ELL and Ef-ELL) durations divided by Ef-ELL duration was calculated and Es-ELL and Ef-ELL were compared. The correlations between Es-ELL and Ef-ELL overall then according to the laser source(LS) were calculated. Univariate and multivariate analyzes on the pre- and per-operative criteria were conducted according to LS. **Results**: 89 patients were included (Ho:YAG;TFL). Groups were comparable except for presence of urolithiasis pathology, anatomical abnormalities, kidney stone location and previous surgical urolithiasis history. Es-ELL and Ef-ELL did not differ overall and in the Ho:YAG and TFL groups ($p=0.43$, 0.68 and 0.07 , respectively). A significant correlation ($r=+0.89$) between Es-ELL and Ef-ELL was found overall($p<0.001$), and within the two groups (TFL: $r=+0.95$, $p<0.001$; Ho :YAG= $r=+0.81$, $p<0.001$). Mean efficiency and ablation rates were 18.22 and 15.68J/mm³ and 0.71 and 0.53mm³/s for TFL and Ho:YAG, respectively. In multivariate analysis, the difference between Es-ELL and Ef-ELL depended on preoperative (volume>2000mm³ for Ho:YAG, volumes(500-750mm³) and calyceal diverticula for TFL) and operative(fragmentation setting($p>0.001$) and use of a basket ($p=0.05$) for Ho:YAG, no factor found for TFL) criteria. **Conclusion**: Kidney Stone Calculator is a reliable tool for ELL estimation for both TFL and Ho:YAG. Various criteria, which differ depending on the LS, can lead to underestimating the effective duration of ELL.

Keywords : Kidney Stone Calculator, Ho:YAG, TFL, Lithotripsy

