

**Premières expériences avec l'utilisation  
du laser Holmium-YAG dans le traitement  
des tissus mous et des calculs de cystine chez l'enfant.**

**L. M. C. L. Fossion, G. A. Bogaert, H. Goethuys, L. Baert.**

Département d'Urologie et Urologie Pédiatrique, UZ Gasthuisberg, Leuven, Belgique

## RESUME

---

**Introduction :** L'expérience clinique avec le laser Holmium:Yttrium-Aluminum-Garnet (Ho:YAG) chez l'enfant reste encore limitée. Cependant le laser Ho:YAG est utilisé en urologie depuis plusieurs années dans le traitement de l'hypertrophie bénigne de la prostate et en lithotripsie. En raison de son action combinée de vaporisation et de coagulation, le laser Ho:YAG permet une fine ligne de section. Son pouvoir de pénétration dans l'eau et dans les tissus mous reste limité à < 0,5 millimètres; ce qui fournit une bonne marge de sécurité. Enfin, le fait que son énergie peut être transmise par des fibres de 200 à 1000 microns de diamètre permet son utilisation chez l'enfant.

**Matériaux et Méthodes :** Nous avons traité 5 enfants (de 2-15 ans) avec le laser Ho:YAG: un enfant (2 ans) avec une exstrophie vésicale pour une stricture uréthrale après la reconstruction du col vésical, deux enfants (6 et 14 ans) pour une sténose de la jonction pyélo-urétérale et deux enfants (5 et 15 ans) pour des calculs de cystine. Dans le premier cas la stricture a été réséquée par voie rétrograde. Les jonctions pyélo-urétérales ont été incisées l'une par voie rétrograde, l'autre antérograde. Il en a été de même pour les extractions des calculs de cystine.

**Résultats :** Les cinq enfants ont été suivi pendant plus de 12 mois. Il n'y a eu aucune complication ni immédiate, ni tardive. La stricture uréthrale est restée bien ouverte, tout comme les jonctions pyélo-urétérales. Les calculs ont bien disparu.

**Conclusion :** Ces cinq cas cliniques démontrent que le laser Ho:YAG peut être utilisé avec une même sécurité et efficacité en pathologie urologique chez l'enfant comme chez l'adulte. En outre le laser Ho:YAG s'est montré plus performant dans le traitement des calculs de cystine en raison de sa qualité de, permettant ainsi un traitement moins invasif chez l'enfant.

---

## INTRODUCTION

En raison de l'évolution et du développement technique des lasers (Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation), la médecine a trouvé un nouvel outil pour traiter des lésions de manière moins invasive. La lumière du laser est monochromatique, collimatée (divergence très limitée sur une longue distance) et cohérente (synchronisme des ondes). Il s'agit d'un rayon avec une longueur d'onde  $\lambda$  (nm) et une fréquence (Hz) bien spécifiques.

Le rayon laser a un effet photothermal. Son énergie lumineuse est transformée en chaleur et en diffusion thermique. L'absorption de cette lumière cause le réchauffement de toute surface touchée, dépendant du type de tissu et de la longueur d'onde du laser ( $\lambda$ ). Ainsi une destruction cellulaire peut apparaître à partir de 45-50°C, la coagulation des protéines est obtenue au-dessus de 65°C, la dessiccation tissulaire à partir de 100°C, la carbonisation et la vaporisation des tissus à des températures supérieures à 100°C. La réaction d'un tissu au laser dépend de sa densité, de la puissance du rayon laser et de la durée de l'exposition; mais également de la teneur en eau et de la couleur du tissu.

L'expérience avec le laser Ho:YAG chez les enfants est limitée. Néanmoins, il est utilisé en clinique urologique depuis de nombreuses années. En raison de sa combinaison unique de vaporisation et de coagulation, il offre une ligne de section très précise. La profondeur de pénétration dans l'eau et dans les tissus mous est limitée à 0,5 millimètres grâce à son absorption élevée dans l'eau. Ceci fournit une marge de sécurité fiable, aussi son énergie peut être transmise à travers des fibres de 100 à 400 micron de diamètre: ce qui permet l'utilisation du laser Ho:YAG aussi chez les enfants.

## **BASES D'APPLICATION DE LA TECHNIQUE DU LASER EN MEDECINE**

L'absorption et la dispersion du rayon dans un tissu déterminent la capacité du laser de couper ou de coaguler. Des longueurs d'onde ( $\lambda$ ) qui sont fortement absorbées avec une dispersion minimale vaporiseront le mieux un tissu ( les lasers CO<sub>2</sub>). Celles qui sont mal absorbées et fortement dispersées dans le tissu seront d'excellents coagulants ( le laser Nd:YAG ) (1,2). De plus, pour l' utilisation en chirurgie pédiatrique il faut que les rayons puissent passer par des fibres d'un fin diamètre; c'est le cas du laser Nd:YAG. Cependant pour pouvoir passer d'une section précise à une coagulation spécifique et homogène avec le laser Nd:YAG, il faut jouer avec le rapport entre le temps d'action et la puissance du rayon et l'endroit d'application (3). L'incapacité de transmettre l'énergie du laser CO<sub>2</sub> par des fibres non-toxiques appropriées aux applications endoscopiques, et le contrôle difficile des effets thermiques dans les tissus mous environnants par le laser Nd:YAG ont limité l'utilité clinique de ces deux types (4). Ainsi les lasers Nd:YAG et CO<sub>2</sub> exigent tous deux un deuxième faisceau "guide" à lumière visible et des dispositifs protecteurs à cause de l'invisibilité de leur énergie (5).

Les lasers Ho:YAG, comme les lasers CO<sub>2</sub>, offrent une capacité de section précise avec un minimum de dommages pour les tissus adjacents. En outre le laser Ho:YAG offre une excellente transmission par fibre optique et la capacité de traiter des tissus dans un environnement liquide (p.e. une poche remplie de sérum physiologique ou d'urine) (6). Le laser Ho:YAG combine ainsi les qualités des lasers CO<sub>2</sub> et Nd:YAG en fournissant une bonne section et une bonne coagulation, avec un appareillage assez simple. Sa longueur d'onde ( $\lambda$ ) étant fortement absorbée par l'eau, le laser Ho:YAG a une pénétration moins profonde dans les tissus mous. On obtiendra ainsi une ligne d'incision bien précise, alors que les dommages thermiques resteront superficiels, ne dépassant pas le 0,5-1,0 mm; juste ce qu'il faut pour une hémostase adéquate. (1,2,7), du contraire le laser Nd:YAG a un rayonnement très pénétrant, difficilement contrôlable en profondeur, et le laser CO<sub>2</sub> qui en vaporisant produit une fumée

qui peut contenir des particules virales, et qui en coagulant provoque un tissu cicatriciel oxydé  
(5).

## **MATERIEL ET METHODES**

Nous avons utilisé le laser Ho:YAG en urologie dans le traitement de lésions des tissus mous et de l'urolithiase chez 5 enfants (2 à 15 ans).

Un enfant (2 ans) était né avec une exstrophie vésicale, un épispade et une dysplasie congénitale de la hanche. A la naissance il avait subi une ostéotomie de Salter, une fermeture de la vessie et une reconstruction du pénis et de l'urètre. Un an après suivaient une correction secondaire de l'épispade et la reconstruction du cou vésical. Trois mois plus tard l'enfant a développé une stricture uréthrale. Une uréthrotomie endoscopique avec incision rétrograde de la stricture au laser Ho:YAG à travers un urétroscope de 7 Ch a été dès lors réalisé.

Pour deux enfants (6 et 14 ans), présentant une sténose de la jonction pyélo-urétérale (JPU), les parents refusaient la chirurgie ouverte (pyéloplastie selon Anderson-Hynes). Chez la fille de 14 ans la sténose provoquait d'importantes crises douloureuses. Malgré une hypercalciurie on n'a pas pu mettre en évidence de calcul. Par une endopyélotomie rétrograde la sténose de la JPU a été incisée. Le garçon de 6 ans souffrait d'une hydronéphrose due à une sténose sous-pelvienne de la JPU. Dans son cas la sténose a été incisée par voie antérograde à l'aide du laser Ho:YAG, par une approche percutanée. Un stent en double-J a été laissé en place pendant 6 semaines. Chez ces deux patients un scanner vasculaire MRI avait au préalable exclu l'existence d'un vaisseau croisant la JPU.

Deux enfants (5 et 15 ans) souffraient de calculs de cystine. Une tentative par ondes de choc extracorporelles avait échoué. Chez l'enfant de 15 ans, les calculs étaient localisés dans l'uretère. La lithotripsie s'est faite par voie urétroscopique, intracorporelle à l'aide du laser Ho:YAG. Les calculs ont été retirés de façon rétrograde. Pour l'enfant de 5 ans on a choisi la voie antérograde pour retirer un gros calcul de l'uretère proximal avec un néphroscope flexible en percutané.

## **RESULTATS**

Les 5 enfants ont été suivis pendant plus de 12 mois. Il n'y a eu aucune complication, ni immédiate ni tardive. Le garçon avec la stricture uréthrale n'a pas fait de récurrence. Les enfants avec la sténose de la JPU présentaient un drainage nettement amélioré sur le rénogramme diurétique. Ils sont restés asymptomatiques, de même le diamètre de leur pyélon est resté identique (Fig.1). Dans les deux cas de lithiase à cystine il s'est produit du gaz H<sub>2</sub>S durant la procédure de lithotripsie. Les infections urinaires chroniques, qui étaient problématiques avant l'opération, se sont résolues après la thérapie.

On n'a noté aucune stricture urétérale ou uréthrale iatrogène ni d'autres complications postopératoires dans cette petite série.

## **DISCUSSION**

### **ACTION DANS LA PATHOLOGIE DES TISSUS MOUS**

L'expérience avec le laser Ho:YAG en urologie existe depuis plusieurs années et beaucoup de rapports l'ont qualifiée d'alternative intéressante dans le traitement d'une variété de pathologies (Table 1). En ce qui concerne la sténose de la JPU, l'endopyélotomie est un procédé beaucoup moins invasif qu'une pyéloplastie ouverte (Anderson-Hynes). Malheureusement elle a encore un pourcentage de succès moins élevé et un taux de complications légèrement plus élevé. La lésion d'un vaisseau rétropéritoneal, qui est un risque sérieux pour l'incision par endopyélotomie urétroscopique (au couteau froid ou par électrocoagulation), peut être évitée par un scanner CT en spirale ou par un examen MRI préopératoire (8). Pour accomplir une endopyélotomie rétrograde il faut des mouvements craniocaudaux répétés avec l'urétroscope, alors que le repositionnement de l'instrument dans le pelvis rénal peut être difficile. Cependant les avantages d'une approche rétrograde sont multiples: sa nature moins invasive, le fait d'éviter un tube de néphrostomie, la courte durée de la procédure et le bref séjour à l'hôpital. Le principal souci semble être le développement de strictures dans l'uretère distal (8). A ce propos la dimension des instruments endoscopiques ne pourrait pas dépasser un certain diamètre et il semblerait préférable de ne pas traiter des enfants de moins de 12 ans par endoscopie. Dans notre expérience, l'utilisation du laser Ho:YAG dans le traitement d'une sténose de la JPU a permis une section bien précise, couche par couche, sans effusion de sang (8). Et la fibre optique pouvait facilement passer par un endoscope de 6 Ch.

Le laser Ho:YAG peut être employé pour traiter des strictures urétérales de causes diverses, y compris celles qui se sont formées à hauteur d'anastomoses urétéro-entériques. L'approche peut être soit rétrograde, soit antérograde dans les cas de sténose urétéro-entérique, qui seront suivies de dilatations par ballonnet (1). Mais il reste des limites techniques dans l'utilisation du laser chez les enfants. L'excision complète d'une cicatrice

s'approchera le plus du concept d'une urétérotomie endoscopique et permettra à une régénération urétérale. Une dilatation par ballonnet ne devrait pas causer de perforation; mais en raison du traumatisme hydraulique elle peut rendre l'uretère environnant ischémique et provoquer une réaction fibreuse et une cicatrisation supplémentaire. Par l'endourétérotomie on préservera une circulation sanguine quasi-normale dans le tissu environnant. C'est pourquoi on a les meilleures chances de succès avec une endourétérotomie dans les cas d'une stricture solitaire, courte, de l'uretère distal dans un environnement bien vascularisé (1). Les mêmes avantages sont obtenus dans le cas d'une endourétérotomie au laser Ho:YAG si on la compare avec une chirurgie reconstructive à champ ouvert, une uréthrotomie électrochirurgicale ou la technique au couteau froid dans les strictures uréthrales.

## CALCULS DE CYSTINE

L'urolithiase à cystine s'est souvent montrée résistante à la litholapaxie extracorporelle; tant à la pulvérisation ultrasonique qu'électrohydraulique. Les lasers (pulsed dye, Ho:YAG) se sont avérés une méthode sûre pour la fragmentation intracorporelle de calculs urinaires (9). Cependant le calcul de cystine semble ici aussi plus résistant.

Après une lithotripsie par laser Ho:YAG les fragments obtenus paraissent sensiblement plus petits que pour les autres méthodes (10). Ceci est dû au fait que le laser Ho:YAG cause une vaporisation plutôt qu'une simple désintégration du calcul. Ce qui le rend plus apte au traitement de calculs de cystine. Cependant pour des calculs urétéraux de moins de 15 mm la lithotripsie électrohydraulique est plus rapide que le laser Ho:YAG. Pour les plus gros, ceux de plus de 15 mm, le laser Ho:YAG s'avère plus rapide que la lithotripsie électrohydraulique (11). Gould et coll. ont démontré l'efficacité du laser Ho:YAG en intracorporel au travers d'un urétroscope flexible dans la lithotripsie par voie rétrograde de calculs rénaux et urétéraux. Néanmoins la voie transcutanée reste préférable pour les calculs de plus de 3 cm, pour des calculs situés dans les calices à distance du canal de néphrostomie et pour des calculs à forme

très irrégulière. En général on peut dire que, indépendamment de la composition ou l'emplacement du calcul, le traitement par laser Ho:YAG est supérieur à la lithotripsie par ondes de choc extracorporelles. A travers l'urétroscope le laser Ho:YAG réduit les calculs jusqu'à ce que les fragments soient assez petits pour être éliminés par un simple lavage. Les fragments plus grands doivent être retirés à l'aide d' une sonde panier de Dormia (12). La lithotripsie au laser Ho:YAG exige donc moins d'instruments supplémentaires et évite l'oubli possible de fragments pouvant provoquer des problèmes postopératoires (10).

## COMPARAISON ENTRE LE LASER Ho:YAG ET D'AUTRES SYSTEMES LASER

En ce qui concerne les divers modes d'application possibles des lasers dans la pratique urologique, il y a certes des différences entre les multiples types de lasers (Table 2).

Quand on emploie les lasers "pulsed dye" correctement, on peut les considérer comme les plus sûrs en lithotripsie intracorporelle. Le laser Ho:YAG est certes plus lent que le laser pulsed dye et que la lithotripsie électrohydraulique (9). Cependant nous avons constaté que le laser Ho:YAG a la capacité de réduire même les calculs les plus durs; y compris ceux à l'oxalate monohydraté de calcium et ceux de cystine, qui ont la réputation d'être résistants à d'autres formes de lithotripsie. Puisque l'énergie du laser Ho:YAG est absorbée par l'eau dans et à la surface du calcul, la couleur et la constitution chimique du calcul importent moins; au point où tout calcul peut être vaporisé (9). Dans notre service nous utilisons les fréquences d'impulsions (5-8 Hz) et les énergies (0,2-1,0 J) les plus basses possibles afin de permettre la fragmentation du calcul et éviter d'endommager les tissus environnants (4).

En comparant le laser Ho:YAG avec le laser pulsed dye, on a constaté que le laser Ho:YAG était aussi plus intéressant du point de vue du coût relatif dans le traitement de calculs urétéraux (9,13) (Table 3). Les lasers pulsed dye sont relativement plus chers à l'achat et à l'entretien, de même que pour les sondes et le lithotripteur associés. Par contre, les fibres du Ho:YAG sont réutilisables, ce qui rend leur coût inférieur à celui d'une lithotripsie électrohydraulique ou mécanique (10).

Finalement, comme déjà dit plus haut, la fragmentation de calculs urinaires, ou mieux dit leur vaporisation au laser Ho:YAG résulte en une réduction lente mais significative du volume de ces calculs au point d'éviter le risque de transfert et de blocage de fragments en aval (14).

## LES COMPLICATIONS POSSIBLES

Le Ho:YAG fonctionne en mode pulsé et peut être utilisé soit en contact soit sans contact (2). La technique sans contact donne une meilleure vision, mais nécessite des énergies (et des fréquences de pulsations) élevées pour inciser les tissus. Ce qui risque de causer des dommages thermiques dans les tissus environnants. L'augmentation de la fréquence du laser à 15-20 Hz a déjà eu comme conséquence la nécrose coagulatrice de pleine épaisseur de la paroi de l'uretère et l'augmentation de l'énergie à 1,0-10,5 J a résulté dans des perforations urétérales accidentelles. Pour exécuter une lithotripsie correctement le calcul doit donc être clairement visible et l'extrémité de la sonde doit se voir au centre du calcul sans interposition d'endothélium urétéral ou rénal. En général, nous travaillons avec une énergie en-dessous de 0,5 J/pulse avec une fréquence de 5 Hz , afin de causer un minimum de dommage à la paroi urétérale même si le procédé est un peu plus long (9).

## CONCLUSION

Cet article confirme en clinique les avantages théoriques du laser Ho:YAG dans le traitement des pathologies des tissus mous (sténose de la JPU et stricture urétrale) et de l'urolithiase chez l'enfant.

Le laser Ho:YAG , avec sa longueur d'onde de 2,1  $\mu\text{m}$  et sa durée d'impulsion de 250 msec, a une profondeur d'absorption dans l'eau de 400  $\mu\text{m}$ , avec un bon effet d'hémostase et un minimum d'adhérences postopératoires (5). Son effet carbonisant est moindre et les fibres optiques utilisées sont comparables (5). En modifiant la puissance, le chirurgien peut utiliser le laser Ho:YAG pour vaporiser, exciser ou coaguler (2). Le laser peut être appliqué dans les tissus mous comme en lithotripsie, et son efficacité paraît excellente d'après nombre de présentations cliniques (4, 14, 9, 10, 15, 16). En lithotripsie intracorporelle le laser Ho:YAG peut fragmenter la plupart des calculs, donnant des fragments nettement plus petits que d'autres lithotriteurs (10). Son emploi aisé, ses applications universelles allant de pair avec son ablation précise, son endommagement minimal des tissus adjacents et sa bonne hémostase permettent l'emploi en routine du laser Ho:YAG dans la pratique urologique pédiatrique. Même si dans notre série nous n'avons eu aucune stricture de l'uretère ni aucune autre complication postopératoire, il convient d'être attentif pendant la lithotripsie afin d'éviter des dommages à la paroi urétérale (par exemple une perforation) (4, 14, 9, 10). Une formation appropriée est donc exigée.

Cette série est encore limitée. Il faut certainement davantage d'expérience avant de pouvoir conclure à une éventuelle supériorité d'une méthode par rapport à une autre. Cependant, ces données préliminaires semblent indiquer que le laser Ho:YAG peut être employé comme une méthode sûre dans le traitement urologique chez l'enfant.

## REFERENCES

1. Singal RK, Denstedt JD, Razvi HA, Chun SS: Holmium:YAG laser endoureterotomy for treatment of ureteral stricture. *Urology* 1997 Dec;50(6):875-880.
2. Razvi HA, Chun SS, Denstedt JD, Sales JL: Soft-tissue applications of the holmium:YAG laser in urology. *J Endourol* 1995 Oct;9(5):387-390.
3. Berlien HP, Muller G, Waldschmidt J: Lasers in pediatric surgery. *Prog Pediatr Surg* 1990;25:5-22.
4. Razvi HA, Denstedt JD, Chun SS, Sales JL: Intracorporeal lithotripsy with the holmium:YAG laser. *J Urol* 1996 Sep;156(3):912-914.
5. Bhatta N, Isaacson K, Bhatta KM, Anderson RR, Schiff I: Comparative study of different laser systems. *Fertil Steril* 1994 Apr;61(4):581-591.
6. Bagley D, Erhard M: Use of the holmium laser in the upper urinary tract. *Tech Urol* 1995;1(1):25-30.
7. Wollin TA, Denstedt JD: The Holmium laser in urology. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Feb;16(1):13-20.
8. Biyani CS, Cornford PA, Powell CS: Retrograde endoureteropyelotomy with the holmium:YAG laser. Initial experience. *Eur Urol* 1997;32(4):471-474.
9. Shroff S, Watson GM, Parikh A, Thomas R, Soonawalla PF, Pope A: The Holmium:YAG laser for ureteric stones. *Br J Urol* 1996 Dec;78(6):836-839.
10. Teichman JM, Vassar GJ, Bishoff JT, Belman GC: Holmium:YAG lithotripsy yields smaller fragments than lithoclast, pulsed dye laser or electrohydraulic lithotripsy. *Urol* 1998 Jan;159(1):17-23.
11. Teichman JM, Rao RD, Rogenes VJ, Harris JM: Ureteroscopic management of ureteral calculi: electrohydraulic versus holmium:YAG lithotripsy. *J Urol* 1997 Oct;158(4):1357-1361.
12. Gould DL: Retrograde flexible ureterorenoscopic holmium-YAG laser lithotripsy: the new golden standard. *Tevh Urol* 1998 Mar;4(1):22-24.
13. Adams DH: Holmium:YAG laser and pulsed dye laser: a cost comparison. *Lasers Surg Med* 1997;21(1):29-31.
14. Denstedt JD, Razvi HA, Sales JL, Eberwein PM: Preliminary experience with holmium:YAG laser lithotripsy. *J Endourol* 1995 Jun;9(3):255-258.
15. Grasso M, Chalik Y: Principles and applications of laser lithotripsy: experience with the holmium laser lithotrite. *J Clin Laser Med Surg* 1998 Feb;16(1):3-7.
16. Das A, Erhard MJ, Bagley DH: Intrarenal use of the Holmium laser. *Lasers Surg Med* 1997; 21(2):198-202.

17. Teichman JM, Rogenes VJ, McIver BJ, Harris JM: Holmium:YAG laser cystolithotripsy of large bladder calculi. *Urology* 1997 Jul;50(1):44-48.
18. Gould DL: Holmium:YAG laser and its use in the treatment of urolithiasis: our first 160 cases. *Endourol* 1998 Feb;12(1):23-26.
19. Freiha GS, King DH, Teichman JM: Holmium:YAG laser damage to ureteral guidewire. *Endourol* 1997 Jun;11(3):173-175.
20. Freiha GS, Glickman RD, Teichman JM: Holmium:YAG laser induced damage to guidewires: experimental study. *Endourol* 1997 Oct;11(5):331-336.
21. Dushinski JW, Lingeman JE: Urologic applications of the Holmium laser. *Tech Urol* 1997;3(2):60-64.
22. McIver BD, Griffin KP, Harris JM, Teichman JM: Cystoscopic holmium lithotripsy of large bladder calculi. *Tech Urol* 1996;2(2):65-67.
23. van Hillegersberg R: Fundamentals of laser surgery. *Eur J Surg* 1997 Jan;163(1):3-12.
24. Teichman JM, Vassar GJ, Glickman RD: Ho:Yag lithotripsy efficiency varies with stone composition. *Urology* 1998 Sep;52(3):392-397.
25. Bhata KM: Lasers in urology. *Lasers Surg Med* 1995;16(4):312-330.

## **TABLEAUX et FIGURES**

Figure 1: (a) L'image radiologique en urographie intraveineuse démontre une obstruction de la JPU dans le rein droit d'une fille de 14 ans avant le traitement par laser Ho:YAG. L'obstruction de la JPU droite a un effet visible sur le rein : une hydronéphrose importante. (b) Cette urographie intraveineuse a été faite en postopératoire, avant l'administration d'un médicament diurétique. L'hydronéphrose est encore visible dans le rein droit. (c) Cette radiographie montre un passage pyélouretéral normal dans les deux reins, 20 minutes après stimulation par un médicament diurétique (Lasix).

---

Tableau 1 : Les applications du laser Ho:YAG en urologie (2,3,4,5,11,16,17,20,24).

En raison de son large éventail d'applications potentielles, on l'a appelé "Le couteau suisse d'armée" des lasers.

---

Incision de strictures des voies urinaires

Incision du col vésical

Obstruction de la jonction pelviurététrienne

Sphinctérotomie externe (TURS)

Photoablation d'un Carc.Cell.Transépith. superficiel

Vaporisation de lésions cutanées

Résection de la prostate

Lithotripsie de calculs urinaires

---

Tableau 2 : Comparaison de differents lasers (8).

<b>Laser</b>	Longueur d'onde	Profondeur de pénétration	Section	Coagulation	Type de fibroscope
CO <sub>2</sub>	10,6 μm	0,5 mm	++++	+	Rigide
Argon	488/515 nm	Subépitheliale	+□	+++□	Flexible□
Nd:YAG	1,064 μm	3-5 mm	+□	+++□	Flexible□
Ho:YAG	2,1 μm	< 0,5mm	+++□	+++□	Flexible□
Diode	0,77-1,0μm	Inconnu	++□	++□	Inconnu□
Excrimer	<0,4 μm	Inconnu	+++	+	Inconnu

Tableau 3 : Comparaison entre le laser pulsed-dye et le laser holmium. (5)

<u>□</u>	<b>Pulsed-dye</b> <u>□</u>	<b>Holmium</b> <u>□</u>
Action sur le calcul <u>□</u>	Action de marteau <u>□</u>	Forage de trous et action thermique <u>□</u>
Propulsion du calcul <u>□</u>	++ <u>□</u>	Minimale <u>□</u>
Taille des fragments <u>□</u>	0,5-1 mm <u>□</u>	< 0,5 mm
Protection des tissus <u>□</u>	Aucun danger pour la paroi de l'uretère <u>□</u>	Le contact avec le tissu cause des dommages <u>□</u>
Longueur d'onde <u>□</u>	0.4- 0.7 $\mu\text{m}$	2.1 $\mu\text{m}$
Protection des yeux <u>□</u>	Conseillée <u>□</u>	Inutile <u>□</u>
Application <u>□</u>	Calculs <u>□</u>	Calculs, section et ablation de tissus <u>□</u>
Durée de l'impulsion <u>□</u>	1-3 msec <u>□</u>	350 msec <u>□</u>

Tableau 4. Les complications possibles de l'emploi du laser Ho:YAG dans le traitement de la pathologie des tissus mous et de la lithiase en urologie. La deuxième colonne montre le traitement des complications mentionnées.

<b>Complications</b>	<b>Traitement</b>
1/ Perforation de la paroi de l'uretère □	- Stent en Double-J pendant 3-8 semaines □
2/ Hydronéphrose □	- Néphrostomie percutanée ou stent dans l'uretère par voie antérograde □
3/ Strictures de l'uretère dans le cas de calculs fixés et d'interventions précédentes □	- Endourétérotomie □
4/ Dommage au fil guide □	- Retirer toutes les parties et radiographie à la fin de la procédure □