



## Techniques et indications de la lithotritie extracorporelle (LEC) en urologie

### Extra corporeal shock wave lithotripsy (ESWL) procedure in urology

**B. Doré (Professeur des Universités-Praticien hospitalier) \***

*Service d'urologie, Pavillon C. Guérin, CHU de Poitiers, La Milétrie, 86021 Poitiers, France*

#### MOTS CLÉS

Calculs rénaux ;  
Calculs urétéraux ;  
Lithotritie  
extracorporelle (LEC) ;  
Lithiases  
oxalocalciques ;  
Lithiase urique ;  
Lithiase urinaire  
d'infection

**Résumé** La lithotritie extracorporelle par onde de choc (LECO ou LEC) est devenue le traitement de la majorité des calculs urinaires de l'adulte ou de l'enfant. Son indication repose sur des critères tenant compte de la topographie, de la nature et des mesures des calculs, ainsi que du terrain sur lequel ces calculs se développent. Le développement de lithotriteurs modernes de troisième génération (hydroélectriques/piézoélectriques/électromagnétiques, à repérage fluoroscopique et échographique couplé) permet d'utiliser la technique en chirurgie ambulatoire sans anesthésie ou après une simple prémédication. Les indications et la définition des critères d'évaluation des résultats à 3 mois de la LEC se sont précisées depuis 1996. La comparaison des résultats des séries publiées reste complexe du fait de la diversité des lithotriteurs utilisés et de l'absence réelle de consensus sur les critères de résultats. L'appareil de référence des grandes séries anglo-saxonnes reste le premier lithotriteur Dornier HM3, parfois modifié, mais il n'est plus commercialisé. Une standardisation des protocoles techniques, des indications en fonction des types de calculs à traiter et des critères d'évaluation des résultats reste à améliorer. Actuellement, les lithotriteurs mobiles et fixes électromagnétiques semblent être les plus performants, en autorisant des traitements efficaces à 80 % de succès complets en moyenne avec une ou deux séances selon le volume des calculs, toutes topographies de calculs et tailles confondues.

© 2005 Elsevier SAS. Tous droits réservés.

#### KEYWORDS

Kidney calculi;  
Ureteric calculi;  
Extracorporeal shock  
wave lithotripsy  
(ESWL);  
Oxalo-calcic lithiasis;  
Uric acid calculi;  
Infection urolithiasis

**Abstract** Since 1980, extra corporeal shock wave lithotripsy (ESWL) has become the first line treatment for most stones in adults and children. The indications are based on criteria depending on localization, chemical composition and size of the renal and ureteral calculi. Since the DORNIER HM 3 which remains the gold standard of first generation lithotripters, many devices of second and third generation have been built (electro hydrolic, piezo electric and electromagnetic) with fluoroscopic and ultrasound localization systems. SWL may now be performed on an out-patient basis without anaesthesia or under neuroleptic analgesia. Indications and evaluation criteria on 3 months plain abdominal X-ray are better defined since 1996. Nevertheless, comparison of reported results remains difficult due to the multiplicity of lithotripter types and the lack of consensus on efficacy criteria. Today, the third generation of mobile electroma-

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [b.dore@chu-poitiers.fr](mailto:b.dore@chu-poitiers.fr) (B. Doré).



## Lithotriteurs

Les lithotriteurs sont définis par leur moyen de générer les ondes de choc extracorporelles. Initialement, le modèle de base inventé par Chaussy et diffusé pour l'application en clinique humaine par la firme Dornier sous l'appellation HM3 impliquait que le malade soit immergé dans une baignoire d'eau dégazée pour permettre la diffusion des ondes de choc du foyer F1 de génération vers le foyer calcul F2.<sup>6</sup>

Ce lithotriteur a été utilisé dans le monde entier depuis 1980 ; il était encore utilisé récemment après modifications (HM3 modifié) dans le monde anglo-saxon, notamment aux États-Unis, et tous les résultats publiés y font référence. Depuis une dizaine d'années, une quinzaine d'autres appareils ont été fabriqués, avec des améliorations dans le type de génération des ondes de choc, dans le mode et la facilité de repérage fluoroscopique ou échographique des calculs et dans la possibilité de leur transport, grâce à des modèles plus compacts permettant de les rendre mobiles, augmentant ainsi l'accessibilité de la technique à tous les malades en diminuant les délais de prise en charge.

Il s'est dégagé une classification en appareils de première, seconde et troisième générations selon le type de générateur, la nécessité d'immerger le malade dans un bain d'eau dégazée, l'utilisation d'une membrane entourant un coussin de cette même eau dégazée, de leurs systèmes de repérage des calculs et de leur fixité ou mobilité de transport (Tableaux 1-3).

### Lithotriteurs hydroélectriques

Le générateur électrique produit un courant de fort kilovoltage (de 12 à 24 kV) vers une électrode immergée initialement dans une cuve (baignoire) et maintenant dans une cavité ellipsoïde close par une membrane (*water cushion*) contenant l'eau dégazée ; l'arc électrique formé au foyer F1 crée l'onde de choc qui est focalisée par l'ellipsoïde vers le foyer calcul (F2). Cette onde de pression est atténuée pendant la traversée des tissus mous de densité égale à l'eau. La répétition de ces impacts aboutit en général, après une moyenne de 2 000 à 3 000 impulsions, à la formation de fragments de taille variable dépendant de la résistance du calcul. Les ondes sont délivrées en étant couplées au rythme cardiaque en période réfractaire du complexe QRS pour éviter toute interférence avec la conduction électrique cardiaque ; un possible découplage de l'électrocardiogramme (ECG) permet de traiter de façon plus rapide. Certaines électrodes (dites semi-conductives) contenant un mélange

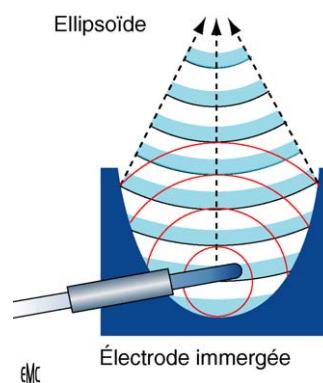


Figure 2 Ellipsoïde hydroélectrique.

ionique conducteur permettent d'éviter ces élévations brutales de pics de pression tout en maintenant une pression élevée constante favorisant une meilleure efficacité et une tolérance acceptable. La Figure 2 représente le principe de l'ellipsoïde hydroélectrique.

### Marques et caractéristiques de lithotriteurs hydroélectriques

Ce sont les premiers appareils qui aient été commercialisés. Jusqu'en 1985, leur chef de file est le Dornier HM3. Nous ne citerons que les machines les plus utilisées ou disponibles sur le marché français. Après le Dornier HM3, le Technomed Sonolith 2000 en 1986 puis le 3000 Diatron ont été suivis du Sonolith 4000<sup>+</sup>. Ce dernier a été en 1988 le premier lithotriteur du groupement d'intérêt économique Lithotritie diffusion France (GIE LDF) mobile dans toute la France et est encore utilisé en réseau mobile en Île-de-France. Sa version compacte (Praktis) à électrode semi-conductive permet de traiter efficacement sans anesthésie en mode synchrone ou désynchronisé de l'ECG. Le Direx de première génération (Tripter X1 puis Nova) a été utilisé ensuite par le GIE LDF jusqu'à ces derniers mois ; il a été remplacé par sept machines électromagnétiques Storz. Le Direx Duet à deux têtes de tir lui a fait suite. Il existe d'autres appareils de la firme Dornier, comme le HM4, le DLS 5000, et ceux d'autres firmes aux États-Unis comme le Medstone. Les caractéristiques de ces appareils sont résumées dans le Tableau 1.

### Lithotriteurs piézoélectriques

Les lithotriteurs piézoélectriques utilisent une source étendue de génération des ondes de choc par stimulation électrique de multiples cristaux de quartz répartis sur une ellipsoïde. Ils génèrent une onde de pressions électroacoustique qui est focalisée vers le foyer calcul F2. Ils sont un peu moins puissants que les lithotriteurs hydroélectriques ou

**Tableau 1** Caractéristiques des lithotriteurs hydroélectriques.

Ondes de choc	Noms du commerce ®	Profondeur Foyer F2 (mm) Bain (B) Membrane (M)	Tache Focale (mm)	Puissance (kV)	Pression (MPa)	Fluoroscopie (F) Échographie (E) Temps réel (TR)	Mobilité	Synchrone ECG	Fréquence (/min)
hydroélectriques	Dornier HM3	130 B	100 x 16	14 - 30	32	F	Non	Oui	60/120
	HM4	130 M	53 x 9	14 - 30	35	F	Non	Oui	60/120/240
	MFL 5000	130 M	38 x 8	14 - 30	38	F + E	Non	Oui	60/120
	MPL 9000	120 M	34 x 3,5	14 - 26	68	F + E	Non	Oui	60/120
	MPL 9000 X	155 M	45 x 6,5	14 - 26	30 - 50	F + E	Non	Oui	60/120
	Sonolith 2000	120 B	Non disponible	10 - 18	30 - 60	E	Non	Oui	60/120
	Diatron 3000	130 B	38 x 8	14 - 20	30 - 60	E	Non	Oui	60/120
	Diatron 4000	130 B	38 x 8	14 - 24	30 - 60	F + E + TR	Oui	Non obligatoire	60/120
	Praktis	130 M	25 x 3,6	14 - 24	30 - 60	F + E	Oui	Non obligatoire	60/120/240
	Direx X1		3 à 30 x 18	13 - 23	30 à 90	F + E	Oui	Oui	60/120/240
	Nova	143 M	3 à 30 x 18		30 à 90	F + E	Oui	Oui	60/120/240
	Duet	143 M	3 à 30 x 18	13 - 23	30 à 90	F + E	Oui	Oui	60/120/240
	Philips LDME	150 M	38 x 8	14 - 28	Non disponible	F + E + TR	Oui	Oui	1/sec - 2/sec
	Medstone STS	20 - 150 M	15 x 50	18 - 24	35	Digital Rx	Non	Oui	
	STS-T	20 - 150 M	13 x 50	18 - 24	35	F + Digital Rx	Oui	Oui	60/120 60/120
	Breakstone Econolit	135-150 M	13 x 58	18 - 23	Non disponible	F + E	Oui	Oui	Non disponible

ECG : électrocardiogramme.

Tableau 2 Caractéristiques des lithotriteurs piézoélectriques.

Ondes de choc	Noms du commerce (®)	Profondeur Foyer (mm) Membrane (M)	Tache focale (mm)	Puissance (%)	Pression (MPa)	Fluoroscopie + échographie (+/- temps réel : TR)	Mobilité	Synchrone ECG	Fréquence (Hz)
Piézoélectriques	EDAP								
	LT 01	150 M	25 x 5	0 à 100 %	80	E	Oui	Non	1,25 à 160
	LT 02 X	143 M	23 x 3,5	0 à 100 %	80	F + E	Oui	Non	1 à 8
	Wolf								
	Piezolith 2300	150 M	15 x 4	0 à 100 %	20 à 90		Oui	Non	1 à 4
	Piezolith 3000	150 M		0 à 100 %	20 à 90		Oui	Non	1 à 4

ECG : électrocardiogramme.

électromagnétiques. L'ouverture large des sources, la petitesse de la tache focale et les pressions plus faibles permettent de traiter sans anesthésie dans presque tous les cas. Les énergies sont moins fortes et la fragmentation plus difficile à obtenir, pouvant nécessiter deux ou trois séances sans anesthésie selon les mesures du calcul. La cadence de production de ces ondes peut être rapide et indépendante du rythme cardiaque, ne nécessitant pas de couplage à l'ECG, simplifiant d'autant le traitement.

#### Marques et caractéristiques de lithotriteurs piézoélectriques

La société EDAP, devenue ensuite EDAP Technomed, a commercialisé en France le premier lithotriteur de ce type (LT01). Un appareil de seconde génération (LT02) est encore en réseau mobile dans le centre de la France sur trois régions. D'autres appareils ont suivi, comme le Wolf Piezolith 2300 et 2500. Leurs caractéristiques principales sont résumées dans le [Tableau 2](#).

#### Lithotriteurs électromagnétiques

L'onde de pression est issue du déplacement rapide d'un disque métallique en rapport avec une bobine électromagnétique qui crée un champ magnétique important élevant la pression. L'onde de choc est produite dans un cylindre rempli d'eau et focalisée par une membrane plane ou cylindrique, avec une amplitude de pression variable. Ce sont les types variés de membrane qui permettent de diminuer les pertes d'énergie entre la source et le foyer calcul. La tache focale est moins large, mais les pressions sont constantes à chaque impulsion. Les ondes ne risquent pas d'interférer avec le rythme cardiaque. La [Figure 3](#) représente le principe de l'ellipsoïde électromagnétique.

#### Marques et caractéristiques de lithotriteurs électromagnétiques

Les appareils comme le Siemens Lithostar puis Multiline fixe ou Modularis mobile, les Storz Modulith, les Dornier 9000, Compact S Alpha ou Delta mobiles sont actuellement les lithotriteurs dits de troisième génération. Ils permettent des traitements sans anesthésie ou avec une prémédication simple. Leurs caractéristiques principales sont résumées dans le [Tableau 3](#). La [Figure 4](#) représente les zones focales des différents lithotriteurs.

### Préparation du malade à la lithotritie extracorporelle

#### Bilan préopératoire

Comme toute intervention, la LEC nécessite un bilan préopératoire simple évaluant la stérilité des

**Tableau 3** Caractéristiques des lithotriteurs électromagnétiques.

Ondes de choc	Noms du commerce (®)	Profondeur Foyer (mm) Membrane (M)	Tache focale (mm)	Puissance Énergie (mJ)	Pression (MPa)	Fluoroscopie + échographie (E) (+/- temps réel : TR )	Mobilité	Synchrone ECG	Fréquence (/min)
Électromagnétiques	Siemens								
	Lithostar	113	90 x 11	70 mJ		F + E	Non	Non	variable
	Multiline	120	80 x 5	64 mJ		F + E	Non	Non	variable
	Modularis	120	60 x 6			F + E	Oui	Non	variable
	Storz								
	Modulith								
	SL 10 / 20	165	28 x 3	120 mJ	20-150	F + E		Non	variable
	SLX	165	6 x 28	120 mJ	20-150	F + E	Possible	Non	variable
	SLK	150	50 x 4	120 mJ	6-118	F + E	Oui	Non	variable
	Direx								
	Integra	160	30 x 3 30 x 18			F + E	Oui	?	60/120
	Dornier								
	Compact S	135 M	91 x 6,5 79 x 1,7	1 à 6	Non disponible	F + E	Oui	Non	variable
	Compact α	150 M	78 x 7,5 59 x 5,2	1 à 6		F + E	Oui	Non	variable
	Compact Δ	150 M	78 x 7,5 59 x 5,2	1 à 6		F + E	Oui	Non	variable
	U / 15 / 50 Litho S	145	57 x 3	10 à 100 %					

ECG : électrocardiogramme.



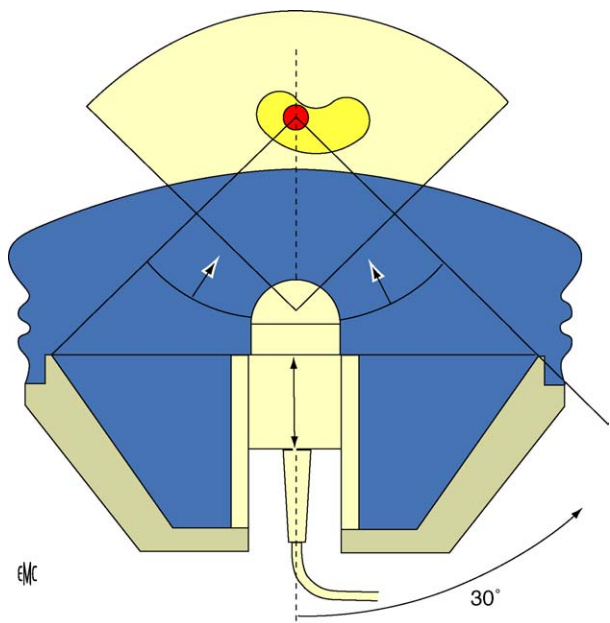


Figure 3 Ellipsoïde électromagnétique.

urines, la coagulation et l'état cardiaque si le lithotriteur ne peut être désynchronisé du rythme cardiaque.

### Infection urinaire

Si les urines sont stériles, il n'y a pas lieu de réaliser une antibioprophylaxie car l'incidence de l'infection urinaire après la LEC est faible si les urines étaient stériles avant le traitement.<sup>7,8,9,10</sup> Si les urines n'ont pas pu être stérilisées ou si le calcul est d'origine infectieuse secondaire à un germe uréasique (*Proteus*, *Klebsiella*), il a été montré qu'une antibiothérapie encadrant la LEC était plus prudente.<sup>11</sup> Une méta-analyse a montré que l'infection urinaire après LEC sans traitement préventif chez les malades à urines stériles initialement était

de 0 % à 28 %, contre 0 % à 7,7 % chez les malades ayant eu une antibioprophylaxie ; cette antibioprophylaxie serait moins coûteuse que la prise en charge des infections secondaires survenant après une LEC même si les urines étaient stériles, car certains calculs contiennent le germe uréasique en leur centre alors même que les urines étaient stériles. Si les urines ont été infectées à ce type de germes, il est recommandé d'encadrer la LEC d'une antibioprophylaxie, car la fragmentation les libèrera et exposera au risque septique.<sup>12,13</sup>

### Coagulation

Il est prudent de vérifier la coagulation des malades avant la LEC. Les antivitamines K et les antiagrégants plaquettaires doivent être arrêtés 10 jours auparavant pour éviter le risque d'hématome péri-rénal. Ils sont remplacés respectivement par une héparine de bas poids moléculaire ou par du Cebutid® (deux comprimés à 50 mg/jour). Certains hémophiles ont pu être traités à la condition d'une transfusion de concentré de facteur VIII.<sup>14,15,16</sup>

### État cardiaque

Les malades porteurs de pacemaker ou de défibrillateurs implantés ont pu être traités par la LEC en prenant des précautions. Les appareils hydro-électriques synchronisés sur l'ECG<sup>17</sup> nécessitent une consultation de cardiologie spécialisée en troubles du rythme, avant mais surtout après la LEC pour reprogrammer le pacemaker. Cependant, certains pacemakers récents semblent poser plus de problèmes de contrôle après la lithotritie, car ils seraient plus difficiles à reprogrammer après une séance de LEC sur un appareil couplé à l'ECG.

### Anesthésie

Dans la majorité des cas, au début de la technique, la LEC nécessitait une anesthésie générale. Dès que

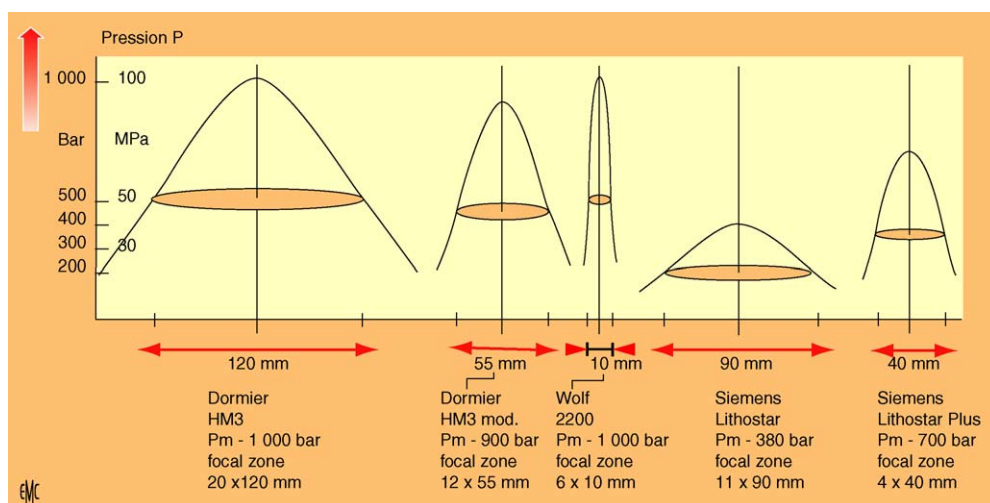


Figure 4 Les différentes taches focales des lithotriteurs.

la présence d'un anesthésiste est envisagée, une consultation d'anesthésie préthérapeutique doit être prévue ; on ne peut donc parler de LEC sans anesthésie que pour les appareils permettant de se passer de cette consultation et où aucun anesthésiste ne sera appelé en cours de séance : c'est le cas des lithotriteurs piézoélectriques ou de certains appareils hydroélectriques à électrodes semi-conductives (Technomed Sonolith 4000 + ou Praktis) et pour la majorité des appareils électromagnétiques. Pour les calculs de l'uretère lombaire, le traitement sans anesthésie avec le LT02 a donné 90 % de succès contre 73 % de malades sans fragment résiduel (SF) pour les calculs rénaux avec une tolérance moins bonne pour les femmes porteuses de calculs du rein.<sup>18</sup>

Actuellement, les lithotriteurs de dernière génération hydroélectriques modifiés ou à électrodes semi-conductives à ellipsoïde large, comme le Sonolith Praktis, et surtout électromagnétiques comme le Siemens Lithostar Ultra fixe ou sa version mobile Modularis et le Storz Modulith, ont permis de traiter sans anesthésie en première intention des calculs rénaux et/ou de l'uretère, surtout de topographie pelvienne.<sup>19,20</sup>

Si une anesthésie est nécessaire, elle peut être :

- une prémédication avec sédation aux anxiolytiques ;
- une anesthésie péridurale, de moins en moins utilisée ;
- assez souvent, en pratique, une anesthésie générale avec intubation ou masque laryngé pour certains lithotriteurs ; les résultats à 3 mois de malades SF sont meilleurs pour des calculs de moins de 20 mm comparés à ceux obtenus sous sédation intraveineuse sur le même lithotriteur (Dornier DL 50).<sup>21</sup>

Une neuroleptanalgie ou un bloc intercostal peuvent être associés à une préparation cutanée avec de la crème EMLA® (*euthetic mixture of local anesthesia*).<sup>22,23</sup> Cependant, dans une étude prospective comparative de niveau 2 sur un lithotriteur de seconde génération (Dornier MPL 9000), il n'a pas été constaté de différence significative sur la douleur entre l'infiltration sous-cutanée (lidocaïne à 1 % et épinéphrine, 5 µg/ml) et le groupe placebo pour les malades traités de calculs rénaux ou urétéraux lombaires.<sup>24</sup> L'utilisation par le malade d'une pompe à analgésie contrôlée est efficace mais rarement utilisée.<sup>25,26</sup>

L'acupuncture a été utilisée pour contrôler la douleur chez 90 malades pendant la lithotritie, avec des résultats de 2/10 sur échelle visuelle analogique dans 93,4 %.<sup>27</sup> Les résultats sont meilleurs sous anesthésie générale que sous sédation intraveineuse (87 % versus 55 % de malades SF, respectivement).<sup>28,29</sup>

## Déroulement de la lithotritie extracorporelle

La LEC est réalisée avec le lithotriteur auquel l'urologue a accès. En effet, le choix et l'obtention d'un appareil étaient encore soumis à autorisation ministérielle et contrôlés par la carte sanitaire. En France, la majorité des cliniques privées sont équipées par le GIE LDF d'un parc de sept lithotriteurs mobiles récemment renouvelés (Storz Modulith). Certains centres hospitaliers universitaires (CHU) disposent d'un appareil fixe, mais d'autres utilisent le GIE LDF. Certains urologues de cliniques privées peuvent venir traiter leurs patients dans le CHU de leur ville équipé d'un appareil fixe en passant une convention ; ce système a permis aux malades d'avoir accès à la technique sur tout le territoire, sans avoir à se déplacer hors de leur région et en étant traités par l'urologue de leur choix.

## Installation

L'installation du malade sur la table est le premier problème ; il est capital de le maintenir dans la même position sans mouvement déplaçant le calcul repéré par rapport à la tête de tir, donc au foyer F2. Pour les éviter, l'anesthésie générale facilite le traitement. Chez les enfants, plus l'âge est élevé, plus il est facile d'utiliser des techniques d'installation et d'anesthésie proches de celles de l'adulte. Chez les petits enfants, il faut protéger les gonades de l'irradiation et le poumon correspondant au rein traité par un coussin de gel pour éviter la diffusion des ondes de choc sur le parenchyme pulmonaire, parfois suivie d'hémoptysies.<sup>30-33</sup>

## Repérage du calcul

Il peut se faire de deux façons : par fluoroscopie par un bras en C, ou par une échographie couplée ou non à la tête de tir. L'amplificateur de brillance est fixé sur un arceau mobile dans trois axes pour permettre de placer le calcul dans une mire correspondant à la tache focale du foyer calcul F2. Il faut que le calcul soit suffisamment opaque pour être repéré. Les structures osseuses comme l'aile iliaque ou le sacrum peuvent nécessiter une position particulière en procubitus.

Si le calcul est opaque, le repérage est réalisé le plus souvent par fluoroscopie en prenant une vue de face (X et Y) pour placer le calcul au centre de la mire. Ensuite, une vue en oblique à 30° localise le calcul en profondeur (Z) en le plaçant dans la mire de l'écran de l'amplificateur de brillance. Un autre contrôle de face confirme la bonne localisation du



calcul dans la tache focale F2. Le tir peut commencer en demandant au malade de ne plus bouger s'il n'y a pas d'anesthésie générale. Cette collaboration est importante pour faciliter le repérage puis le tir afin d'éviter tout déplacement du calcul en dehors du foyer F2.

Si le calcul est peu opaque (cystine) ou peu calcifié (acide urique), le repérage avec l'arceau de fluoroscopie risque d'être plus long et irradiant. Le repérage échographique couplé (Litho-track du Sonolith 4000, LT 02) ou certains systèmes intégrés à la fluoroscopie (laser du Storz Modulith) rendent possible le repérage de calculs rénaux ou urétéraux lombaires sous-pyéliques ; mais le repérage est complexe pour les calculs lombaires médians profonds chez certains obèses ; le repérage échographique est plus difficile en cas de calculs pelviens, en repérant l'hyperéchogénicité et le cône d'ombre au-dessus et en dehors de la vessie si elle est pleine, pendant le traitement ; une installation en décubitus latéral pour éviter l'interposition des structures osseuses du pelvis est parfois utile. Pour certains calculs d'acide urique, radio-transparents, non repérables par échographie, il a été proposé de réaliser une urographie intraveineuse sur le lithotriteur ou d'utiliser une opacification rétrograde par sonde urétérale pour viser la lacune du calcul dans la voie excrétrice : cette technique est plus compliquée et ajoute les risques d'une manœuvre rétrograde et de l'injection d'iode.<sup>34,35</sup>

Ce temps de repérage est capital pour la qualité de la LEC. Il doit être réalisé par le médecin ou un de ses assistants par délégation mais étant habitué à la technique ; il a été démontré que l'efficacité de la LEC était en corrélation avec le nombre de traitements réalisés par un même opérateur.<sup>36</sup>

## Tir

En cas d'anesthésie générale, la lithotritie est plus facile car le calcul a moins de risques de sortir de la zone focale. En pratique, le repérage reste le problème le plus important, même si le patient non anesthésié ne bouge pas pendant le traitement ; il a été montré in vitro que les simples mouvements respiratoires du malade augmentaient les risques de perte d'impulsions reçues efficacement par le calcul qui peut se déplacer de plus de 20 mm et sortir de la tache focale en ne recevant efficacement que un quart des ondes de choc émises ;<sup>37</sup> il faut donc faire des repérages peropératoires réguliers, idéalement en échographie, pour diminuer l'irradiation ; les lithotriteurs récents ont presque tous des systèmes échographiques couplés en temps réel à la tête de tir (exemple : Sonolith

4000 ; Storz Modulith litho-track ; Dornier Compact S) pour réajuster la visée pendant le traitement. L'évaluation de la fragmentation est faite sur l'étalement du calcul en fluoroscopie et sur la dispersion des échos ; parfois, le calcul devient impossible à repérer, aussi bien en fluoroscopie qu'en échographie, témoignant de fragmentation complète justifiant l'arrêt des impulsions. Des équipes ont proposé des programmes de temps d'irradiation minimal permettant de maintenir une efficacité identique avec une réduction de doses de 51 %.<sup>38</sup> Il a été préconisé de réduire la cadence de tir en laissant une « période réfractaire » entre deux impulsions pour augmenter l'effet des ondes de choc sur le calcul, permettant d'obtenir une meilleure fragmentation.

## Suivi postopératoire immédiat

### Douleurs

Les suites immédiates sont en général peu douloureuses. Le patient aura été informé lors de la consultation d'indications du traitement de la possibilité de crises de colique néphrétique dans 20 % des cas ; elles sont calmées par un traitement anti-inflammatoire (kétoprofène). Il est rare que l'on soit amené à monter une sonde double J pour des crises hyperalgiques après la LEC.

### Hématuries

Elles sont fréquentes et souvent asymptomatiques. Le malade doit en avoir été informé lors de la consultation préopératoire. Une cure de diurèse est en générale suffisante pour la traiter.

### Expulsion de fragments

Il est indispensable de prévenir le malade de filtrer ses urines pendant les 3 ou 4 jours suivant la LEC pour recueillir les fragments ou le sable éliminés. Toutefois, il n'y a que 34 % des malades chez lesquels ce recueil permet d'obtenir du matériel permettant une analyse. Le but est obtenir une analyse morphologique et physique par spectrophotométrie infrarouge qui est le premier élément du bilan de la lithogenèse du patient. L'analyse chimique n'est plus recommandée, car elle est source d'erreur d'identification de nature et ne différencie pas l'oxalate de calcium monohydraté (oxalo dépendant) de l'oxalate dihydraté (non oxalo hydraté).<sup>39-41</sup>

### Bilan métabolique

Il doit être proposé systématiquement, au plus tôt à 1 mois de distance de la fin du traitement physique du calcul ou de l'élimination des fragments ; ce bilan simple et peu coûteux permet de diminuer le

risque de récurrence par un traitement de fond adapté au type de calcul.<sup>42</sup>

## Indications de la lithotritie extracorporelle

Les indications sont fonction de critères simples basés actuellement sur l'analyse de la radiographie de l'abdomen sans préparation (ASP) ou prochainement de la tomodensitométrie hélicoïdale sans injection (TDMH-SI) avec mesure de la densité des calculs pour différencier les calculs calciques (> 500 UH) des calculs d'acide urique (< 500 UH) qui a priori ne relèvent pas de la LEC en première intention en raison de leur possible dissolution per os. Les calculs de moins de 5 mm peuvent être surveillés.

Les critères d'indications sont résumés sur la fiche de classification établie par le Comité de la lithiase de l'Association française d'urologie (CLAFU) (Fig. 5).<sup>43</sup>

### Chez l'adulte

La LEC reste le premier traitement à proposer après analyse des critères de topographie (T), de nature (N) et des mesures (M) de la taille dans les deux grands axes (L × l en mm) et maintenant de la densité Hounsfield (UH) des calculs si une TDMH-SI a été obtenue.

#### Différentes topographies

Toutes les topographies de calculs rénaux peuvent être traitées par la LEC. Pour les calculs du calice inférieur, la LEC est reconnue comme donnant ses moins bons résultats ;<sup>44</sup> il est parfois préférable de proposer au malade une autre technique comme la néphrolithotomie percutanée (NLPC) ou maintenant l'urétéroscopie souple si l'on dispose de ce matériel et du laser Holmium, permettant de fragmenter facilement dans le rein des calculs situés en position déclive et pouvant parfois être résistants aux ondes de choc externes (cystine, brushite, oxalate de calcium monohydraté).

Dans l'uretère lombaire et iliaque, les calculs de moins de 10 mm sont plus facilement accessibles à l'urétéroscopie ou à la LEC in situ sans manœuvre préalable.<sup>45</sup>

La LEC in situ donne 95 % de succès sans manipulation rétrograde préalable. Si le calcul est très obstructif, il peut être nécessaire de le repousser dans le rein par une sonde double J pour attendre le passage du lithotriteur mobile si l'on ne dispose pas d'un lithotriteur fixe sur place. Dans les cas où l'on

possède un appareil permettant un traitement sans aucune anesthésie, il a été proposé de traiter le calcul immédiatement après la crise de colique néphrétique avec des résultats allant de 85 % à 95 % de succès, mais avec un taux de retraitement de 31 %.<sup>46</sup>

Pour les calculs de l'uretère pelvien de moins de 5 à 10 mm, la controverse persiste encore entre la réalisation d'une LEC en première intention chez l'homme ou d'une urétéroscopie semi-rigide ou souple avec ou sans sonde double J dans les suites opératoires. Il semble que l'urétéroscopie soit plus efficace, plus rapide et moins à risque d'irradiation, notamment pour les ovaires chez la femme jeune.<sup>47</sup>

Cependant, chez l'homme, chez lequel le risque de survenue d'une sténose secondaire urétrale même minime n'est pas nul, la LEC en première intention doit être proposée en alternative à l'urétéroscopie ; la préférence du malade est ensuite prise en considération pour le choix définitif de la technique.<sup>48</sup>

#### Nature des calculs

C'est un facteur récent influençant le taux de succès de la LEC en termes de fragmentation et surtout de persistance de fragments résiduels.<sup>49</sup> La nature chimique des calculs opaques pouvait être approximativement évaluée sur la radiographie de l'abdomen sans préparation sur leur aspect lisse et plus dense que l'os (douzième côte) (oxalate de calcium monohydraté majoritaire), ou spiculé et moins dense que l'os (oxalate de calcium dihydraté majoritaire).<sup>50-52</sup> Les calculs peuvent maintenant être étudiés par la TDMH-SI qui différencie par la mesure de leur densité Hounsfield les calculs d'acide urique ( $400 \pm 100$  UH) et les calculs calciques (500 à 1 800 UH).<sup>53-56</sup> Les calculs calciques friables comme ceux d'oxalate de calcium dihydraté, de struvite et de carbapatite se fragmentent facilement et s'éliminent en général dans les 3 mois. Les calculs d'acide urique, radiotransparents sur l'ASP, ont une densité UH inférieure à 500. Ces calculs uriques purs doivent d'abord être traités par une alcalinisation avant de proposer une LEC ; ce n'est qu'en cas d'échec d'un traitement alcalinisant bien suivi que la LEC est réalisée, en sachant que le repérage fluoroscopique nécessite une urographie intraveineuse sur le lithotriteur compte tenu de la radiotransparence de l'acide urique.<sup>34</sup> Les calculs d'oxalate de calcium monohydraté ont une densité de plus de 1 000 UH et ne sont pas discriminés de ceux d'oxalate dihydratés ou de brushite ; les calculs de brushite et de cystine sont les plus résistants à la LEC et donnent de gros blocs pouvant obstruer la voie excrétrice. Pour les calculs de

**Figure 5** Fiche de classification « TNM » (topographie [T], nature [N], mesures [M]) des calculs rénaux et urétéraux pour les indications thérapeutiques.

cystine, souvent connus en fonction du contexte familial clinique, le choix de la LEC est fonction des antécédents urologiques du malade ; elle peut être proposée dans le but de faciliter la dissolution par alcalinisation en augmentant la surface accessible au solvant per os (diurèse alcaline ou citrate de potassium, et ensuite D-pénicillamine).

### Taille des calculs

La mesure de la taille de calculs permet de sélectionner les malades pouvant être traités par LEC.

La taille est mesurée sur la TDMH-SI avec autant de précision que sur l'ASP.<sup>57</sup>

Les calculs caliciels asymptomatiques de 5 mm ne doivent pas être systématiquement traités par LEC car leur traitement n'apporte pas de bénéfice en termes de qualité de vie et de risque de survenue de symptômes par rapport à un groupe surveillé.<sup>58,59</sup> Chez l'adulte, les calculs rénaux caliciels (supérieurs et/ou moyens) et les calculs pyéliqués de moins de 20 mm, et pour certaines équipes<sup>60</sup> ceux de 20 à 30 mm, ont les tailles qui donnent les meilleurs résultats ; au-delà de ces tailles, le calcul doit être évalué avec plus de

précision par la TDMH-SI car le risque de laisser des fragments résiduels augmente.<sup>61</sup> Il est alors recommandé d'utiliser une autre technique que la LEC comme la NLPC en complétant le traitement d'éventuels fragments résiduels par une ou deux séances de LEC.<sup>62</sup> Les recommandations récentes du CLAFU sont résumées dans les [Tableaux 4 et 5](#).<sup>63</sup>

### Chez l'enfant

Toutes les topographies et tailles de calculs peuvent être traitées par la LEC car la compliance de la voie excrétrice, surtout chez le petit enfant, est très importante, permettant l'élimination de fragments provenant de calculs volumineux, même coralliformes. Chez les prématurés, il a été rapporté jusqu'à 100 % de succès en ne dépassant pas 2 100 impulsions par séance à 16 kV pour des calculs de taille importante.<sup>64</sup> La très grande compliance de l'uretère permet l'élimination de tous les fragments, avec une différence significative de ce qui est observé chez l'adulte, même pour des calculs complexes ou coralliformes : la LEC y donne de bons résultats (82,6 % de SF) avec un taux de

**Tableau 4** Recommandations de l'Association française d'urologie pour la prise en charge des calculs du rein.

Hors nature du calcul	Calcul du rein inférieur à 20 mm P1 ou T ou C s, m ou i	Calcul du rein supérieur à 20 mm P2 ou T ou C s, m, i	Calcul complexe ou coralliforme P2, T s, m, i, C s, m, i
S	LEC ± JJ selon la taille Surveiller 5 mm	NLPC ± LEC	NLPC ± LEC
O	1. NLPC 1. URS souple	1. LEC ± JJ 2. Coelioscopie 2. Chirurgie ouverte	1. NLPC + LEC + NLPC 2. LEC + NLPC + LEC
R	Pas plus de deux séances à 3 semaines d'intervalle Après PNA, délai de trois semaines	Pas de LEC seule Si NLPC, attendre en général 4 à 6 semaines avant LEC secondaire	Si NLPC, pas plus de deux tunnels dans la même séance Coralliforme complexe : chirurgie ouverte

S : standard ; O : options ; R : remarques ; P : pyélon ; T : tige calicelle ; C : calice ; s : supérieur ; m : moyen ; i : inférieur ; LEC : lithotritie extracorporelle ; JJ : sonde double J ; NLPC : néphrolithotomie percutanée ; URS : urétéroscopie ; PNA : pyélonéphrite aiguë ; 1., 2., 3. : hiérarchie du choix pour l'option.

**Tableau 5** Recommandations de l'Association française d'urologie pour la prise en charge des calculs de l'uretère.

Hors nature du calcul	Calcul lombaire	Calcul iliaque	Calcul pelvien
S	LEC in situ Surveiller si inférieur à 6 mm	LEC in situ URS ± souple Surveiller si inférieur à 6 mm	LEC in situ URS (surtout si supérieur à 10 mm) Surveiller si inférieur à 6 mm
O	1. JJ + LEC différée 1. URS ± souple 2. NLPC antégrade 3. Chirurgie, coelioscopie ou rétro-péritonéoscopie	1. JJ + LEC différée 2. <i>Flush</i> + LEC 3. Chirurgie/coelioscopie 3. NLPC ± URS antégrade	1. JJ + LEC différée 2. JJ puis URS
R	LEC possible dès le lendemain LEC urgente si colique néphrétique	LEC possible dès le lendemain JJ préalable si URS difficile LEC urgente si colique néphrétique	LEC possible dès le lendemain Si URS simple, drainage non obligatoire LEC urgente si colique néphrétique

S : standard ; O : options ; R : remarques ; LEC : lithotritie extracorporelle ; JJ : sonde double J ; NLPC : néphrolithotomie percutanée ; URS : urétéroscopie ; 1., 2., 3. : hiérarchie du choix pour l'option.



retraitement de 55 %.<sup>65</sup> Il est recommandé de traiter sans dépasser 3 000 impulsions par séance de LEC rénale avec une intensité inférieure à 20 kV. Si plusieurs séances sont nécessaires, un délai de 3 semaines est prudent pour diminuer les risques parenchymateux, surtout si l'enfant est très jeune. Les calculs de l'uretère pelvien peuvent être traités en prenant des mesures de précaution vis-à-vis des gonades en cas de repérage fluoroscopique. La nécessité chez l'enfant de rester à une plus faible énergie peut imposer plusieurs séances sur certains lithotriteurs avant de décider d'une autre technique comme la mini-NLPC (« mini-perc ») ; cette technique peut se justifier pour certains calculs résistants du calice inférieur comme chez l'adulte, ce d'autant que l'enfant est plus âgé, la compliance de la voie excrétrice se rapprochant alors de celle de l'adulte, et que les calculs du calice inférieur ne s'éliminent malgré tout pas mieux chez l'enfant que chez l'adulte.<sup>66</sup> Les calculs de vessie chez l'enfant sont rares dans nos pays industrialisés et peuvent être accessibles à d'autres techniques que la LEC comme la chirurgie percutanée.

## Résultats comparatifs selon les lithotriteurs

### Chez l'adulte

Il est difficile de faire une comparaison des résultats entre les différents lithotriteurs car peu de séries ont fait ce genre d'étude.<sup>5</sup> Par ailleurs, depuis les débuts de la LEC, tous les types de calculs ont été traités sans qu'il y ait eu un véritable consensus sur la définition des calculs à traiter ou sur la définition des résultats.<sup>67</sup> Dès 1991, en France, les résultats avaient été évalués dans une étude coopérative en définissant comme succès les malades SF. Ce point n'était pas encore admis dans la communauté anglo-saxonne qui acceptait comme succès les malades SF et ceux porteurs de fragments résiduels cliniquement insignifiants, inférieurs à 4 mm.<sup>68</sup> Ce n'est qu'à partir de 1996 que Streem démontrait que la notion de fragment résiduel insignifiant cliniquement n'était plus acceptable et qu'un succès sur l'ASP à 3 mois devait être défini par l'absence totale de fragment résiduel.<sup>69</sup> Il était donc très difficile de comparer les séries entre elles entre 1984 et 1996.

Un consensus sur cette définition a finalement été adopté en 1997, rendant plus simple la comparaison de séries entre elles.<sup>70,71</sup> Le meilleur moyen de comparer les résultats devrait être l'utilisation du coefficient d'efficacité (QE) de Denstedt, mais il n'est pas systématiquement utilisé :<sup>72</sup>

QE =

SF % – manœuvres secondaires %

100% + re-LEC % + manœuvres secondaires pré- et post-LEC

### Calculs rénaux et urétéraux lombaires

La LEC donne ses meilleurs résultats pour les calculs rénaux de moins de 20 mm. Il est possible d'élargir les indications aux calculs de moins de 30 mm.<sup>62</sup>

La LEC est un traitement efficace pour les calculs urétéraux lombaires et/ou iliaques de moins de 10 mm.<sup>45</sup> Une comparaison entre le Dornier HM3 et le Medstone STS chez 13 834 malades porteurs de calculs rénaux et urétéraux uniques a montré des taux de malades SF ou ayant des fragments résiduels inférieurs à 4 mm, de retraitement et de manœuvres secondaires de respectivement 69,5 %, 4,4 % et 3,1 % pour le HM3, et de 72,1 %, 4,9 % et 2,3 % pour le Medstone pour les calculs uniques du rein. Pour les calculs uniques de l'uretère, les taux étaient de 81,5 %, 5,2 % et 5,5 % pour le HM3, et de 83,2 %, 5,2 % et 5 % pour le Medstone.<sup>73</sup>

En utilisant le QE, la comparaison de différents appareils (Siemens Lithostar, Dornier HM4, Wolf Piezolith 2300, Direx Tripter X-1 et Breakstone Lithotripter) chez 1 822 malades totalisant 2 206 séances était respectivement de 31 %, 38 %, 28 %, 32 %, et 43 %.<sup>74</sup>

Une étude de niveau 1 comparant l'efficacité du Dornier MFL 5000 hydroélectrique et du Dornier DLS électromagnétique chez 694 malades porteurs de calculs rénaux et urétéraux a isolé quatre variables indépendantes en analyse multivariée : le côté et la topographie, la taille des calculs, la morphologie du rein et le type de lithotriteur. Le taux global de succès complet sans fragment résiduel était de 85,4 % (88,5 % pour le DLS). Pour le DLS, le taux de SF était supérieur pour les calculs inférieurs ou égaux à 10 mm (92,8 % versus 85,3 %,  $p = 0,03$ ) pour le MFL sans différence significative entre les deux appareils pour les calculs de plus de 10 mm (81,8 % versus 77,9 % respectivement,  $p > 0,05$ ). Le risque d'empierrement du bas uretère était équivalent entre le MFL (4 %) et le DLD (3 %) sans nécessité de manœuvres secondaires et avec seulement un hématoxome sous-capsulaire pour chaque appareil<sup>75</sup> (pour le MFL,  $p = 0,03$ ) sans différence significative entre les deux lithotriteurs pour les calculs de l'uretère mais avec un taux de succès significativement supérieur ( $p < 0,05$ ) pour le DLS sur les calculs pyéliqués et caliciels inférieurs. La comparaison d'un lithotriteur hydroélectrique (Dornier MPL 9000) et de trois appareils électromagnétiques (Dornier EMSE 220, puis EMSE F150 et EMSE F150-P) a montré des QE de 63,3 %, 70,3 %, 70,2 % et 75,8 % respectivement pour des calculs urétéraux de 6 à



27 mm, avec des taux de retraitement de 23,4 %, 19,7 %, 18,2 % et 10 % respectivement, démontrant au moins l'équivalence des appareils électromagnétiques et hydroélectriques.<sup>76</sup> En France, les lithotriteurs Sonolith,<sup>77-80</sup> Direx Tripter X-1,<sup>81</sup> EDAP LT-01,<sup>60</sup> fixes et mobiles, puis Siemens Lithostar fixe<sup>82</sup>, ont été les plus utilisés ; les résultats variaient entre 48 % et 80 % de malades SF en fonction de la définition des critères de succès utilisés.

### Calculs urétéraux pelviens

La controverse persiste entre l'utilisation de la LEC pelvienne in situ en première intention ou l'urétéroscopie semi-rigide ou souple. L'avantage de la LEC urétérale est son utilisation en hospitalisation ambulatoire, surtout avec les appareils piézoélectriques (EDAP LT 02) sans anesthésie, avec un QE moyen de 70,5 %.<sup>83</sup> L'obésité reste une limite du traitement par LEC dans toutes les topographies de calcul, surtout pour les calculs pelviens, en raison de la profondeur du tir qui peut nécessiter des techniques de repérage à vessie pleine en utilisant des angles dans les plans coronal et sagittal.<sup>84</sup> La taille des calculs (< 7 mm) est un facteur discriminant. Chez l'homme, il semble que la LEC soit à proposer en première intention pour éviter les risques de lésions urétrales ; la durée opératoire y est plus courte, contrairement à la femme chez qui l'urétéroscopie paraît plus facile à réaliser ; toutefois, les résultats sont identiques, avec 91 % de malades rendus SF et un taux de plus de 85 % de satisfaction.<sup>85,86</sup> Il y a peu d'études prospectives comparatives permettant de conclure définitivement : elles donnent des résultats contradictoires et il est difficile de conclure en faveur de l'une ou l'autre technique (Tableau 6).

Pour tous les calculs de l'uretère de plus de 10 mm, le degré d'impaction du calcul et l'œdème qui s'y associe ont longtemps été considérés comme facteurs de risque d'échec de la LEC, impliquant un retraitement ou des manœuvres secondai-

res augmentant les coûts ; avec les lithotriteurs récents, les résultats ne sont pas significativement différents (SF = 76,7 %) avec la LEC in situ en termes de nombre d'impulsions, de durée du traitement et d'élimination des fragments selon les différentes topographies de calculs, mais une différence existe entre les calculs de moins ou plus de 10 mm.<sup>87,88</sup> Pour des calculs urétéraux pelviens impactés de 5 à 12 mm, il a été montré que quatre différents degrés d'obstruction ou d'impaction n'avaient eu aucune influence significative sur les résultats (SF = 92 %), sur la durée d'irradiation ( $3,3 \pm 1,6$  minutes), le nombre de séances de LEC ( $2,6 \pm 2,2$  en moyenne), ni sur le délai d'élimination totale des fragments ( $32,4 \pm 36,8$  jours, de 1 à 150).<sup>89</sup> Pour certains, sur toutes les topographies de calculs urétéraux même proximaux de plus de 10 mm, la LEC, nécessitant des retraitements augmentant le coût de la technique, justifie la réalisation de l'urétéroscopie semi-rigide ou souple avec laser en première intention, plus rapidement efficace, aussi sûre et moins coûteuse que la LEC.<sup>90-92</sup>

### Chez l'enfant

Le Tableau 7 résume les résultats des différentes séries de LEC chez les enfants en fonction des différents lithotriteurs utilisés ; plus de détails sur des points particuliers de la LEC chez l'enfant ont été décrits (cf. supra).

### Calculs rénaux

Les résultats de la LEC sont globalement de 89,6 % de SF tous calculs rénaux confondus sur l'ensemble des lithotriteurs. Sur 22 calculs coralliformes chez 15 enfants, Orsola et al.<sup>93</sup> ont obtenu 73,3 % de patients SF, avec une moyenne de deux séances de LEC sur un lithotriteur Siemens Lithostar. Sur le Sonolith 3000 puis le Nova Direx de première génération, Lottmann et al.<sup>94,95</sup> ont traité 23 calculs complexes ou coralliformes avec 82,6 % de succès

**Tableau 6** Résultats comparatifs de la lithotritie extracorporelle (LEC) ou de l'urétéroscopie (URS) pour les calculs de l'uretère pelvien (d'après Pearle et al.<sup>85</sup>).

	LEC HM3	URS	p
Durée opératoire (min)	< 7mm : 36 > 7mm : 32	< 7mm : 54 > 7mm : 80	0,02
Occupation de la salle (min)	< 7mm : 70 ; > 7mm : 75	< 7mm : 75 ; > 7mm : 120	0,001
Ambulatoire	94 %	75 %	
SF à j24	91 %	91 %	
Complications mineures	9 %	25 %	0,4
Douleurs postopératoires	63 %	93 %	0,04
Satisfaction	95,7 %	87 %	0,1
% de patients qui referaient le traitement	100 %	86,7 %	0,056
Coût \$ USA - France	7 343	6 088	

SF : sans fragments.

Tableau 7 Résultats de la lithotritie extracorporelle chez l'enfant.

Auteurs année	Lithotriteur <sup>®</sup>	Patients/ calculs	Sans fragments (%)	Nombre de chocs (n =) (moyenne)	kV	Retrai- tements (%)	Manœuvres secondaires (%)	Type d'anesthésie (%)
Abara 1990	LITHOSTAR	31	80	3 990	18	35	15	-
Allessandrini 1988	EDAP LT01	1	100	5 cycles/sec 36 minutes	-	0	0	AG
Bohle 1989	DORNIER HM3	24	92	950	16	8	8	AG
Butori 1996	?	36	52,7	-	-	-	30	-
Cass 1996	DORNIER HM3	24	68	1 457	19	4	0	AG = 96
	MEDSTONE	52	93	1 669	21	6	3,6	APD = 4
Cueva-Martinez 2001	LITHOSTAR	49	75,5			24,5	-	
Demirkesen 1999	LITHOSTAR	54	93			20		
Frick 1988	DORNIER HM3	9	78	946	15-18	21	-	AG
Goel 1996	LITHOSTAR PLUS	50	82	1 600-30 000 2 652	16,1	70	16	Sédation = 24 Rien : 76
Gschwend 1996	DORNIER HM3	27	92	2 165	22,3	-	-	AG
Hasanoglu 1996	?	103	63	-	-	-	-	-
Kramolovski 1987	DORNIER HM3	14	83	1 250	?	7	7	AG
Krichene-Beurton 2002	DORNIER HM3	30	77	1 670	16	19	9	AG
Kroovand 1987	DORNIER HM3	18	83	1 800	21	21	11	AG
Lifshitz 1998	DORNIER HM3	29	68	-	-	-	-	
Lin 1992	MFL 5000	4	100	2 289	17-21	25	-	
Longo-Netto 1995	LITHOSTAR et LITHOSTAR Plus	68	98,5	1 500 à 6 000	17		-	Sédation i.v. = 73 Rien : 27
Lopez- Averous 2002	EDAP LT 02	24	78	-	-	36	-	AG
Lottmann 1998	SONOLITH 3000	17	86,6	400-6 000	14	-	-	AG
Lottmann 2001	SONOLITH 3000 et NOVA	23	87,50	-	12 à 20	55		AG
Marberger 1989	WOLF PIEZO	19	95	3 182	-	47	6	-
Mininberg 1988	DORNIER HM3	17	53	1 720	19	12	-	AG
Mishriki 1992	LITHOSTAR	18	65	4 624	-	60	13	-
Mosaad 1989	DORNIER HM3	38	85	1 800	21	18	-	AG
Myers 1995	LITHOSTAR	238	67,9 avec FR < 4 mm	6 072	16,5	14,1	10,7	AG 0 à 5 ans Diazan : 6-14 Rien > 15 ans
Nazli 1998	DORNIER MPL 9000	67	85,6			9		
Netto Jr 2002	LITHOSTAR	84	97,6			27,9		AG < 3 ans
Newman 1986	DORNIER HM3	13	72	960	19	0	0	AG
Nijman 1989	DORNIER HM3	123	79	1 260	15-18	34	2	AG
Nose 1996	LITHOSTAR	1	100	-	-	-	-	AG
Orsola 1999	LITHOSTAR	15	73,3			-		AG
Picramenos 1995	DORNIER LITHOSTAR	50	82	400-200	18	28	-	AG/sédation
Robert 1996	EDAP LT01	43	82,2	-			12	AG
Schultz 1994	DORNIER HM3	32	90	-	-	-	-	AG
Sigman 1987	DORNIER HM3	38	70	1 295	18	13	3	AG
Starr-Middleton 1992	WOLF PIEZO	8	100	3 077	-	13	0	-
Tekin 1998	DORNIER MPL 9000	59	71			-		
Thornhill 1990	LITHOSTAR	19	71	3 828	-	27	21	-
Tomanoga 1996	SONOLITH 3000	1	100	-	-	-	-	AG
Van Horn 1995	DORNIER HM3	23	69,5	1 746	19	-	4,3	-
	LITHOSTAR	14	78,5	4 082	17	-	7,1	-
Vandeursen 1991	LITHOSTAR	30	90,5	3 000	16,4	30	-	-
Villanyi 1996	DORNIER Compact Electromagn	27	84,4	2 607	-	-	0	-
Wilbert 1988	DORNIER HM3	22	-	1 020	18-23	14	-	AG
	LITHOSTAR	25	-	1 330	17,5	23	-	
Zanetti 1993	MPL 9000	14	93	1 440	14	0	0	-
Zhou-Zheng 1991	EDAP LT01	23	100	-	-	59	0	-

FR : fragment résiduel ; AG : anesthésie générale ; APD : anesthésie péridurale ; i.v. : intraveineuse.

en une à quatre séances, avec 55,5 % de retraitement et 71,4 % de SF pour les patients les plus âgés (de 6 à 11 ans). Chez 86 enfants de 3 à 14 ans, Myers et al. ont obtenu 97,6 % de succès avec 1,9 séance par malade, 27,9 % de retraitement, en délivrant des énergies de 16,2 à 17,5 kV, 4 000 impulsions par séance et 6 000 impulsions pour les coralliformes.<sup>96</sup> Cependant, dans des séries plus récentes, sur le Dornier MFL 5000, le QE de la LEC en utilisant des critères stricts de succès n'a été que de 60,2 % après une séance, passant à 68 % à la seconde séance.<sup>96</sup> Même s'ils sont meilleurs chez les très jeunes enfants, les résultats de la LEC deviennent moins bons plus les enfants sont âgés, plus les calculs sont complexes ou situés dans un calice à angulation aiguë déclive, se rapprochant ainsi de ce qui a été observé chez l'adulte.<sup>66</sup>

### Calculs urétéraux

Chez l'enfant, il y a peu de séries étudiant spécifiquement les traitements des calculs du rein et de l'uretère en LEC : les résultats dans l'uretère sont supérieurs (90 % de SF) à ceux observés pour les calculs rénaux.<sup>97</sup> Une étude a montré que, pour tous les calculs de l'uretère, la LEC in situ était efficace, avec 97,3 % de SF ; le repérage peut parfois permettre de mettre en place une sonde urétérale avant la LEC. Pour les calculs de 10 mm, une seule séance peut donner 100 % de SF, mais seulement 67 % de SF pour les calculs de 11 à 30 mm.<sup>98</sup>

## Risques et complications

Depuis 20 années d'utilisation, la LEC a fait la preuve de son innocuité sur le parenchyme rénal de l'adulte. Même si à une certaine époque une hypothèse avait été mise sur le risque de survenue d'une hypertension artérielle à long terme, celui-ci n'a pas été confirmé.<sup>99,100</sup> Une réserve pourrait être faite chez le très jeune enfant. Des études animales avaient démontré l'existence de changements histologiques au sein du parenchyme de reins immatures soumis aux ondes de choc.<sup>101</sup> Les travaux de Lottmann<sup>94,95</sup> et Traxer<sup>102</sup> ont montré que seuls les reins déjà altérés par la présence de calculs complexes ou coralliformes étaient plus susceptibles aux ondes de choc.

### Complications immédiates

Les complications immédiates de la LEC comme l'hématurie, les douleurs de migration de fragments, les hématomes sous-cutanés, ont été étudiées au début de l'utilisation de la LEC. Les hématomes sous-capsulaires avaient été constatés au

début de l'utilisation de la technique et disparaissent dans les 3 mois.<sup>103</sup> Une étude récente sur un lithotriteur électromagnétique (Storz Modulith SLX) a retrouvé un taux de 4,1 % d'hématome sous-capsulaire ; seul l'âge des malades était noté comme variable indépendante augmentant significativement ( $p = 0,009$ ) le risque d'hématomes sous-capsulaires, avec une probabilité s'élevant à 1,67 fois par tranche de 10 ans ; le taux était de 4,2 % pour les calculs caliciels et de 2,1 % pour les calculs pyéliqués sans différence significative ( $p = 0,34$ ). L'hypothèse du rôle d'une tache focale plus petite et de pics de pression plus élevés avec ce type d'appareil sur des vaisseaux intrarénaux moins compliants à cet âge a été évoquée.<sup>104</sup>

Des troubles de l'hémostase méconnus peuvent les provoquer, mais l'exploration de la coagulation est obligatoire avant la LEC et même des hémophiles ont été traités après correction du déficit en facteur VIII.<sup>14</sup>

Certaines complications graves comme une rupture splénique ont pu être décrites (Dornier MFL 5000 et le Siemens Lithostar) mais sont exceptionnelles.<sup>105</sup> L'enfant et le sujet âgé hypertendu sont deux populations à risque supérieur : les altérations du parenchyme rénal sont transitoires et disparaissent en 15 jours ; l'élévation temporaire de l'aspartate transaminase, de la phosphatase alcaline, de la lactate déshydrogénase et de la bêta-2-microglobuline urinaires témoigne d'une atteinte et d'une altération des cellules tubulaires proximales.<sup>106</sup>

### Risque à moyen terme

Le risque à moyen terme d'obstruction secondaire par empiérement du bas uretère reste vrai ; il doit être vérifié, à la consultation de 1 mois et demi, par la réalisation d'une radiographie sans préparation (ASP couché) et d'une échographie rénale s'assurant que la voie excrétrice est fine.<sup>107</sup> Cet empiérement (*Steinstrasse*) peut être évité en ne traitant par LEC que des calculs de 20 à 30 mm au maximum ; en cas d'empierrement asymptomatique une attitude conservatrice est préconisée, car ces fragments ont toutes chances d'être expulsés spontanément. Mais cette complication expose à deux risques d'obstruction, chronique asymptomatique pouvant détruire le rein à bas bruit ou septique pouvant nécessiter une dérivation qui diminue le QE.

Enfin, le nombre de radiographies et d'échographies nécessaires pour surveiller l'élimination des fragments asymptomatiques augmente le coût de la technique.<sup>108</sup> C'est un des arguments opposé par les tenants de l'urétéroscopie flexible, surtout pour les calculs de l'uretère pelvien.

## Lithotritie extracorporelle et reins anormaux

Le rein en fer à cheval, le rein sigmoïde et le rein pelvien sont fréquemment associés à des obstacles sur la voie excrétrice diminuant les chances d'élimination des fragments obtenus par une LEC. Le traitement de calculs qui se développent dans ces reins anormaux a souvent été fait par la LEC au début de son utilisation mais les résultats ont été médiocres, allant de 33 % à 85 %, n'excédant pas 50 % en moyenne pour le rein en fer à cheval.<sup>109-111</sup> La profondeur du rein en fer à cheval augmente la distance entre le foyer générateur des ondes de choc lombaire et le foyer calcul, rendant le repérage plus complexe et atténuant les ondes de choc. Les reins à kystes multiples peuvent être traités par LEC, mais si la fragmentation peut y être complète, l'élimination des fragments y est inférieure (SF = 60 %) à celle obtenue pour des calculs de même taille dans des reins normaux ou à kyste unique (SF = 83 %).<sup>112</sup>

## Lithotritie extracorporelle et rein unique

Sur rein unique, les calculs de plus de 400 mm<sup>2</sup> traités par LEC peuvent donner 60 % de malades SF et 29 % de fragments résiduels inférieurs à 4 mm si une sonde double J a été mise en place en prévention d'une possible obstruction. Pour des calculs de 100 mm<sup>2</sup>, le risque d'anurie est moins élevé ; elle peut toutefois survenir de façon imprévisible (18 %), justifiant aussi une sonde double J avant la LEC. Les calculs urétéraux de plus de 25 mm<sup>2</sup> peuvent être repoussés vers le rein, permettant d'obtenir de meilleurs résultats que la LEC in situ sur reins normaux.<sup>113</sup>

## Lithotritie extracorporelle et anévrisme de l'aorte abdominale

Des calcifications latérovertébrales gauches d'une aorte calcifiée ou d'un anévrisme de l'aorte abdominale doivent faire discuter l'indication de la LEC. Chez treize patients porteurs d'un anévrisme aortique, des calculs rénaux et/ou urétéraux ont été traités par LEC : une rupture de l'anévrisme est survenue à distance de la LEC dans trois cas. Ces calculs proches d'un anévrisme aortique peuvent être traités par la LEC à la condition d'une surveillance précise de ces malades dans les suites immédiates et à distance de la LEC en raison du risque de fissuration ou de rupture secondaires.<sup>114-117</sup>

## Lithotritie extracorporelle et grossesse

La seule vraie contre-indication de la LEC est la grossesse. Même si le repérage peut être échographique, il est le plus souvent radioscopique, ce qui expose à l'irradiation. Il persiste une inconnue sur l'effet des ondes de choc sur le fœtus. Une équipe allemande a étudié la fertilité de 57 femmes ayant été traitées de calculs urétéraux par LEC pelvienne : il n'y pas eu d'effets secondaires sur les enfants.<sup>118</sup> Des femmes ne se sachant pas enceintes ont été traitées par LEC, sans retentissement sur l'accouchement, ni sur les enfants, qui sont nés normaux.<sup>119,120</sup>

## Lithotritie extracorporelle et transplantation

Après une transplantation rénale, une colique néphrétique peut être due à un calcul du donneur, plus rarement à un calcul acquis chez le receveur. Ce risque n'est que de 1 %. Les calculs sont généralement de moins de 10 mm et peuvent être responsables d'une hématurie dans 90 % des cas, d'une anurie ou d'une insuffisance rénale avec anurie dans 50 % des cas. Le calcul peut ne pas avoir été vu sur l'échographie du donneur avant le prélèvement d'organes. La LEC est le traitement de première intention à proposer sur des calculs caliciels et pyéliqués de 5 à 20 mm symptomatiques : le malade est placé en procubitus car le greffon est en position iliaque pelvienne. Les résultats sont satisfaisants, avec des taux de 100 % de succès en une ou plusieurs séances sans morbidité importante pour le greffé ni effet délétère pour le greffon. Les calculs urétéraux juxtavésicaux peuvent être traités par urétéroscopie car le repérage de la LEC est plus compliqué sur ce terrain.<sup>121,122</sup>

## Conclusion

La lithotritie extracorporelle par onde de choc est devenue le traitement de première intention de la majorité des calculs urinaires de l'adulte et de l'enfant. Les indications doivent cependant être raisonnées en fonction de critères précis basés sur la topographie, la nature présumée et la taille des calculs. Des améliorations technologiques des appareils permettront d'obtenir une meilleure fragmentation de tous les types de calculs en diminuant les complications de la LEC et en augmentant le QE de ces lithotriteurs.<sup>123</sup>

### Points forts

- La LEC est possible à partir de trois types de générations d'ondes de choc :
  - *hydroélectrique* : fragmentant bien, avec souvent une anesthésie ;
  - *piézoélectrique* : sans anesthésie car très peu douloureuse, mais fragmentant moins ;
  - *électromagnétique* : fragmentant bien et faisable sans anesthésie dans 90 % des cas.
- La LEC est le traitement de référence de première intention des calculs de l'adulte et de l'enfant :
  - rénaux pyéliqués et/ou caliciels de moins de 20 mm ;
  - urétéraux lombaires de moins de 10 mm traités par LEC in situ sans manœuvre préalable.
- La controverse persiste pour le traitement des calculs :
  - rénaux de 20 à 30 mm entre la LEC et la NLPC ou l'urétéroscopie souple ;
  - caliciels inférieurs de moins de 15 mm entre la NLPC et l'urétéroscopie souple ;
  - urétéraux pelviens entre la LEC ou l'urétéroscopie semi-rigide ou souple (URSR/URSS).
- Le consensus existe pour ne pas traiter par LEC :
  - les calculs complexes ou coralliformes partiels ;
  - les calculs coralliformes complets ;
  - les calculs mous d'infection à germes uréasiques (*Proteus mirabilis*, corynébactérie D2).
- La nature des calculs a une influence sur la résistance à la fragmentation :
  - les weddellite, carbapatite, struvite sont facilement fragmentées ;
  - l'acide urique et la whewellite sont de fragmentation intermédiaire ;
  - la cystine et la brushite sont résistantes.
- Seule la grossesse est une contre-indication.
- La stérilité des urines et la normalité de la coagulation sont recommandées avant la LEC.
- Le repérage est en général fluoroscopique avec possible suivi échographique de la fragmentation.
- En cas de calcul urétéral lombo-iliaque peu opaque, une urographie intraveineuse peropératoire est faisable.
- La fragmentation n'est pas un critère suffisant de résultats.
- Un succès doit être défini par un malade sans fragment sur l'ASP à 3 mois.
- Les résultats devraient être évalués par le quotient d'efficacité :

$$QE = \frac{SF \% - \text{manœuvres secondaires} \%}{100\% + \text{re-LEC} \% + \text{manœuvres secondaires pré- et post-LEC}}$$

- Les complications de la LEC sont minimales :
  - hématurie ;
  - hématome périrénal asymptomatique spontanément résolutif ;
  - colique néphrétique ou empierrement urétéral pelvien imposant rarement une dérivation ;
  - surveillance d'un pacemaker avec consultation de cardiologie en cas de lithotriteurs hydroélectriques.
- Il est recommandé :
  - d'attendre 3 semaines entre deux séances de LEC rénale ;
  - de ne pas dépasser deux séances en cas d'échec de fragmentation ;
  - de savoir proposer alors une autre technique plus efficace même si plus agressive (NLPC ou urétéroscopie) ;
  - de combiner la LEC à la NLPC pour les calculs complexes, coralliformes partiels ou complets ;
  - d'attendre 3 semaines après une NLPC ou 6 après une pyélonéphrite obstructive pour faire une LEC.
- La sonde double J ne favorise pas l'élimination des fragments résiduels.
- Sur les 3 jours après la LEC, filtrer et recueillir des fragments pour une analyse par spectrophotométrie infrarouge.
- Penser au bilan métabolique sanguin et urinaire des 24 heures : simple et peu coûteux, il diminue le risque de récurrence.



## Références

1. Chaussy C, Fuchs G. La lithotritie extracorporelle dans le traitement de la lithiase rénale. *J Urol* 1986;**92**:339-43.
2. Rassweiler JJ, Renner C, Chaussy C, Thüroff S. Treatment of renal stones by extracorporeal shockwave lithotripsy. *Eur Urol* 2001;**39**:187-99.
3. Tiselius HG, Ackermann D, Alken P, Buck C, Conort P, Galluci M. Guidelines on urolithiasis. *Eur Urol* 2001;**40**:362-71.
4. Meria P, Cathignol D, LeDuc A. Lithotritie extra corporelle. *Encycl Méd Chir* (Elsevier SAS, Paris), Techniques chirurgicales - Urologie, 41-090C, 1996: 10p.
5. Rassweiler JJ, Nakada SY, Saltzman B, Taillly GG, Timoney A, Zhong P. Shock wave lithotripsy Technology. In: Segura J, Conort P, Khoury S, Pak C, Preminger GM, Tolley D, editors. *Stone disease*. 1<sup>st</sup> International consultation on stone disease. Paris; 2003. p. 289-356.
6. Chaussy C, Brendel W, Schmidt E. Extracorporeally induced destruction of kidney stones by shock waves. *Lancet* 1980;**2**:1925.
7. Gattégno B, Sicard F, Alcadinho D, Arnaud E, Thibault P. Lithotritie extracorporelle et antibiothérapie prophylactique. *Ann Urol* 1988;**22**:101-2.
8. Ilker Y, Turkeri LN, Kortene V, Tarcan T, Akdas A. Antimicrobial prophylaxis in management of urinary tract stones by extra corporeal shock-wave lithotripsy: is it necessary? *Urology* 1995;**46**:165-7.
9. Shigeta M, Hayashi M, Igawa M. A clinical study of upper urinary tract calculi treated with extracorporeal shock wave lithotripsy: association with bacteriuria before treatment. *Urol Int* 1995;**54**:214-6.
10. Bierkens AF, Hendriks AJ, Ezz el Din KE, De la Rosette JJ, Horrevorts A, Doesburg W, et al. The value of antibiotic prophylaxis during extracorporeal shock wave lithotripsy in the prevention of urinary tract infections in patients with urine proven sterile prior to treatment. *Eur Urol* 1997;**31**:30-5.
11. Dincel C, Ozdiler E, Ozenci H, Taxici N, Kosar A. Incidence of urinary tract infection in patients without bacteriuria undergoing SWL: comparison of stone types. *J Endourol* 1998;**12**:1-3.
12. Pearle MS, Roehrborn CG. Antimicrobial prophylaxis prior to shock wave lithotripsy in patients with sterile urine before treatment: a meta-analysis and cost-effectiveness analysis. *Urology* 1997;**49**:679-86.
13. Reid G, Jewett MA, Nickel JC, McLean RJ, Bruce AW. Effect of extracorporeal shock wave lithotripsy on bacterial viability. Relationship to the treatment of struvite stones. *Urol Res* 1990;**18**:425-7.
14. Leusmann DB, Tschuschke C, Stenzinger W. Extracorporeal shock wave lithotripsy of renal calculi in a patient with haemophilia A complicated by a high titre factor VIII inhibitor. *Br J Urol* 1995;**75**:415-6.
15. Stroom SB, Yost A. Extracorporeal shock wave lithotripsy in patients with bleeding diatheses. *J Urol* 1990;**144**:1347-8.
16. Sare GM, Llyod FR, Strom ER. Life-threatening haemorrhage after extracorporeal shockwave lithotripsy in a patient taking clopidogrel. *BJU Int* 2002;**90**:469.
17. Kufer R, Thamasett S, Volkmer B, Hautmann RE, Gschwend JE. New-generation lithotripters for treatment of patients with implantable cardioverter defibrillator: experimental approach and review of literature. *J Endourol* 2001;**15**:479-84.
18. Robert M, Lanfrey P, Rey G, Gutter J, Navratil H. Analgesia in piezoelectric SWL: comparative study of kidney and upper ureter treatments. *J Endourol* 1999;**13**:391-5.
19. Tan YM, Yip SK, Chong TW, Wong MY, Cheng C, Foo KT. Clinical experience and results of ESWL treatment for 3,093 urinary calculi with the Storz Modulith SL 20 lithotripter at the Singapore general hospital. *Scand J Urol Nephrol* 2002;**36**:363-7.
20. Jermini FR, Danuser H, Mattei A, Burkhard FC, Studer UE. Noninvasive anesthesia, analgesia and radiation-free extracorporeal shock wave lithotripsy for stones in the most distal ureter: experience with 165 patients. *J Urol* 2002;**168**:446-9.
21. Sorensen C, Chandhoke P, Moore M, Wolf C, Sarraam A. Comparisons of intravenous sedation versus general anesthesia on the efficacy of the DOLI 50 lithotripter. *J Urol* 2002;**168**:35-7.
22. Honnens de Lichtenberg M, Miskowiak J, Mogensen P, Andersen JT. Local anesthesia for extracorporeal shock wave lithotripsy: a study comparing eutetic mixture of local anesthetics cream and lidocaine infiltration. *J Urol* 1992;**147**:96-7.
23. Becker AJ, Stief CG, Truss MC, Oelke M, Machtens S, Jonas U. Petroleum jelly is an ideal contact medium for pain reduction and successful treatment with extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1999;**162**:18-22.
24. Turker AK, Ozgen S. Local anesthesia for extracorporeal shock wave lithotripsy: a double-blind prospective, randomised study. *Eur Urol* 2000;**37**:331-3.
25. Taillly GG, Marcelo JB, Schneider IA, Byttebier G, Daems K. Patient-controlled analgesia during SWL treatments. *J Endourol* 2001;**15**:465-71.
26. Kovac AL. Recovery room risk and outcome associated with renal extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Clin Anesth* 1993;**5**:364-8.
27. Rogenhofer S, Wimmer K, Blana A, Roessler W, Wieland WF, Filbeck T. Acupuncture for pain in extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Endourol* 2004;**18**:634.
28. Sorensen C, Chandhoke P, Moore M, Wolf C, Sarraam A. Comparison of intravenous sedation versus general anesthesia on the efficacy of the DOLI 50 lithotripter. *J Urol* 2002;**168**:35-7.
29. Parkin J, Keeley FX, Timoney AG. Analgesia for shock wave lithotripsy. *J Urol* 2002;**167**:1613-5.
30. Starr NT, Missleton RG. Extracorporeal Piezoelectric shock wave lithotripsy in unanesthetized children. *Pediatrics* 1992;**89**:1226-9.
31. Tiede JM, Lumpkin EN, Wass CT, Long TR. Hemoptysis following extracorporeal shock wave lithotripsy: a case of lithotripsy-induced pulmonary contusion in a pediatric patient. *J Clin Anesth* 2003;**15**:530-3.
32. Vljokovic M, Slavkovic A, Radovanovic M, Siric Z, Stefanovic V, Perovic S. Long-term functional outcome of kidneys in children with urolithiasis after ESWL treatment. *Eur J Pediatr Surg* 2002;**12**:118-23.
33. Alessandrini P, Coulange C, Ovalles J, Hernandez F, Aubrespy P. Lithotritie extracorporelle chez le jeune enfant. Utilisation de l'appareil EDAP LT01 chez une fillette de 20 mois. *Chir Pediatr* 1988;**29**:213-5.
34. Pearle MS, McClennan BL, Roehrborn CG, Clayman RV. Bolus injection vs drip infusion contrast administration for ureteral stone targeting during shockwave lithotripsy. *J Endourol* 1997;**11**:163-6.
35. Kostakopoulos A, Stravropoulos NJ, Louras G, Deliveliotis C, Dimopoulos C. Extra corporeal shock wave lithotripsy of radiolucent urinary calculi using Dornier HM-3 and HM-4 lithotripters. *Urol Int* 1997;**58**:47-9.
36. Logarakis NF, Jewett MA, Luymes J, Honey RJ. Variation in clinical outcome following shockwave lithotripsy. *J Urol* 2000;**163**:721-5.

37. Cleveland RO, Anglade R, Babayan RK. Effect of stone motion non *in vitro* comminution efficiency of Storz Modulith SL X. *J Endourol* 2004;16:629-33.
38. Ugarte RR, Cass AS. Radiation awareness program for extracorporeal shock wave lithotripsy using Medstone lithotripter. *J Endourol* 1998;12:223-7.
39. Daudon M, Nguyen HV, Reveillaud RJ, Teillac P, Lombard M, Joerg A, et al. Faut-il toujours analyser les fragments de calculs expulsés après lithotritie extracorporelle? *Presse Med* 1990;19:251-4.
40. Lancina Martin JA, Vila Passols R, Lazaro Castillo J, Grases Freixedas F, Arrabal Martin M. Analysis of calculi in the era of extracorporeal lithotripsy. *Actas Urol Esp* 2001;25:462-79.
41. Das G, Hallson PC, Kasidas GP, Samuell CT, Viridi JS, Wickham JE. Chemical analysis of post-lithotripsy stone fragments: a critical evaluation. *Br J Urol* 1993;72:498-502.
42. Comité de la lithiase de l'Association française d'urologie (CLAFU). Bilan métabolique d'une lithiase urinaire en pratique courante. *Prog Urol* 1996;6:955-62.
43. Doré B, Lefebvre O, Hubert J, et les membres du Comité Lithiase de l'AFU. Vers une révision de la classification des calculs urinaires. *Prog Urol* 1999;9:23-37.
44. Albala DM, Assimos DG, Clayman RV, Denstedt JD, Grasso M, Gutierrez-Aceves J, et al. Lower pole I: a prospective randomized trial of extracorporeal shock wave lithotripsy and percutaneous nephrostolithotomy for lower pole nephrolithiasis: initial results. *J Urol* 2001;166:2072-80.
45. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, Dretler SP, Kahn RI, Lingeman JE, et al. Ureteral stones clinical guidelines panel summary report on the management of ureteral calculi. *J Urol* 1997;158:1915-21.
46. Doublet JD, Tchala K, Tligui M, Ciofu C, Gattegno B, Thibault P. In situ extracorporeal shock wave lithotripsy for acute renal colic due to obstructing ureteral stones. *Scand J Urol Nephrol* 1997;31:137-9.
47. Pearle MS, Nadler R, Bercowsky E, Chen C, Dunn M, Figen-shau S, et al. Prospective randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for management of distal ureteral calculi. *J Urol* 2001;166:1255-60.
48. Kuo RL, Aslan P, Abrahmse PH, Matchar DB, Preminger GM. Incorporation of patient preferences in the treatment of upper urinary tract calculi: a decision analytical view. *J Urol* 1999;162:1913-9.
49. Ansari MS, Gupta NP, Seth A, Hemal AK, Dogra PN, Singh TP. Stone fragility: its therapeutic implications in shock wave lithotripsy of upper urinary tract stones. *Int Urol Nephrol* 2003;35:387-92.
50. Dretler SP, Polykoff G. Calcium oxalate stone morphology: fine tuning our therapeutic distinctions. *J Urol* 1996;155:828-33.
51. Bon D, Doré B, Irani J, Marroncle M, Aubert J. Radiographic prognostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy: a study of 485 patients. *Urology* 1996;48:556-61.
52. Oehlschlager S, Hakenberg OW, Froehner M, Mansek A, Wirth MP. Evaluation of chemical composition of urinary calculi by conventional radiography. *J Endourol* 2003;17:841-5.
53. Joseph P, Mandal AK, Singh SK, Mandal P, Sankwar SN, Sharma SK. Computerized tomography attenuation value of renal calculus: can it predict successful fragmentation of the calculus by extracorporeal shock wave lithotripsy? A preliminary study. *J Urol* 2002;167:1968-71.
54. Deveci SS, Coscun M, Tekin MI, Peskircioglu L, Tarhan NC, Ozkardes H. Spiral computed tomography: role in determination of chemical compositions of pure and mixed urinary stones : an *in vitro* study. *Urology* 2004;64:237-40.
55. Demirel A, Suma S. The efficacy of non-contrast helical computed tomography in the prediction of urinary stone composition *in vivo*. *J Int Med Res* 2003;31:1-5.
56. Passavanti G, Pizzuti V, Costantini FM, Bragaglia A, Franci L, Paolini R. The meaning and usefulness of spiral TC for radiolucent ureteric stones diagnostic: our experience. *Arch Ital Urol Androl* 2003;75:46-8.
57. Narepalem N, Sundaram CP, Boridy IC, Yan Y, Heiken JP, Clayman RV. Comparison of helical computerized tomography and plain radiography for estimating urinary stone size. *J Urol* 2002;167:1235-8.
58. Keeley Jr. FX, Tilling K, Elves A, Menezes P, Wills M, Rao N, et al. Preliminary results of a randomized controlled trial of prophylactic shock wave lithotripsy for small asymptomatic renal calyceal stones. *BJU Int* 2001;87:1-8.
59. Burgher A, Beman M, Holtzman JL, Monga M. Progression of nephrolithiasis: long-term outcomes with observation of asymptomatic calculi. *J Endourol* 2004;18:534-9.
60. Amiel JA, Peyrottes AY, Dujardin T, Benizri EJ, Toubol J. Exclusive piezoelectric lithotripsy in the treatment of calculi larger than 30 mm (partial or complete coralliform, pyelic calculi). *Ann Urol* 1990;24:317-21.
61. Hubert J, Blum A, Cormier L, Claudon M, Regent D, Mangin P. Three-dimensional CT scan reconstruction of renal calculi. A new tool for mapping out staghorn calculi and follow-up of radiolucent stones. *Eur Urol* 1997;31:297-301.
62. Segura JW, Preminger GM, Assimos DG, Dretler SP, Kahn RI, Lingeman JE, et al. Nephrolithiasis clinical guidelines panel summary report on the management of staghorn calculi. *J Urol* 1994;151:1648-51.
63. Conort P, Dore B, Saussine C. Prise en charge urologique des calculs rénaux et urétéraux de l'adulte. *Prog Urol* 2004;14:1095-102.
64. Shulka AR, Hoover DL, Homsy YL, Perlman S, Schurman S, Reisman EM. Urolithiasis in the low birth weight infant: the role and efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 2001;165:2320-3.
65. Lottmann HB, Traxer O, Archambaud F, Mercier-Pageyral B. Monotherapy extracorporeal shock wave lithotripsy for the treatment of staghorn calculi in children. *J Urol* 2001;165:2324-7.
66. Tan OM, Karaoglan U, Sen I, Deniz N, Bozkirli I. The impact of radiological anatomy in clearance of lower calyceal stones after shock wave lithotripsy in pediatric patients. *Eur Urol* 2004;43:188-93.
67. Tolley DA, Wallace DM, Tiptaft RC. First UK consensus conference on lithotripter terminology 1989. *Br J Urol* 1991;67:9-12.
68. Richard F, Chastang C, Bensadoun H, Charpit L, Chrétien Y, Cohen L, et al. Étude coopérative sur la lithotritie extracorporelle (appareil Dornier HM3 non modifié). *Chirurgie* 1991;117:9-10.
69. Stroom SB, Yost A, Mascha E. Clinical implications of clinically insignificant stone fragments after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1996;155:1186-90.
70. Rassweiler J, Haupt G, Lahme S, Roessler W. Clinically insignificant residual fragments - Consensus report. In: Chaussy C, Eisnerberger F, Jocham D, Wilbert D, editors. *High energy shock waves in medicine*. Stuttgart: Thieme; 1997.
71. Wilbert DM. A comparative review of extracorporeal shock wave generation. *BJU Int* 2002;90:507-11.

72. Denstedt JD, Clayman RV, Preminger GM. Efficiency quotient is more reliable way to compare extracorporeal shock wave lithotriptors. *AUA Today* 1993;6:1-9.
73. Cass AS. Comparison of first generation (Dornier HM3) and second generation (Medstone STS) lithotriptors: treatment results with 13,864 renal and ureteral calculi. *J Urol* 1995;153:588-92.
74. Bierkens AF, Hendriks AJ, de Kort VJ, de Reyke T, Bruynen CA, Bouve ER, et al. Efficacy of second generation lithotriptors: a multicenter comparative study of 2,206 extracorporeal shock wave lithotripsy treatments with the Siemens Lithostar, Dornier HM4, Wolf Piezolith 2300, Direx Tripter X-1 and Breakstone lithotriptors. *J Urol* 1992;148(3Pt2):1052-7.
75. Sheir KZ, Madbouly K, Elsobky E. Prospective randomized comparative study of the effectiveness and safety of electrohydraulic and electromagnetic extracorporeal shock wave lithotriptors. *J Urol* 2003;170:389-92.
76. Taillay GG. In situ SWL of ureteral stones: comparison between an electrohydraulic and electromagnetic shock-wave source. *J Endourol* 2002;16:209-14.
77. Lambert D, Perron J, Rousselot F, Bringer F, Lemaire P. La lithotritie extracorporelle mobile. *Chirurgie* 1991;117:17-8.
78. Flam T, Saighi D, Thiounn N, Boulion M, Chiche R, Zerbib M, et al. Lithotritie électroconductive : résultats expérimentaux et cliniques du Sonolith 4000. *J Urol* 1994;100:283-9.
79. Doré B, Grange Ph J, Aubert J. La lithotritie extracorporelle par ondes de choc hydro-électriques (Sonolith 2000). Analyse de 137 dossiers d'une première année d'expérience. *Acta Urol Belg* 1989;57:743-54.
80. Bon D, Doré B, Irani J, Marroncle M, Aubert J. Radiographic prognostic criteria for extracorporeal shock-wave lithotripsy: a study of 485 patients. *Urology* 1996;48:556-61.
81. Corbel L, Staerman F, Cipolla B, Guille F, Lobel B. Extracorporeal lithotripsy for urinary calculi: a non invasive technique? Report of 150 patients treated with the Nova lithotripter. *Prog Urol* 1994;4:700-9.
82. Conort P, Ledenko N, Cour F, Barre P, Richard F, Chatelain C. Résultats de la lithotripsie extracorporelle par ondes de choc électromagnétiques (Lithostar Siemens). *Chirurgie* 1991;117:11-6.
83. Tligui M, Nouri M, Tchala K, Haab F, Gattegno B, Thibault P. Traitement ambulatoire des calculs de l'uretère pelvien par lithotritie extracorporelle. À propos d'une série de 200 patients traités consécutivement. *Prog Urol* 1999;9:1057-61.
84. Robert M, Segui B, Vergnes C, Taourel P, Guiter J. Piezo-electric extracorporeal shockwave lithotripsy of distal ureteric calculi: assessment of shockwave focusing with unenhanced spiral computed tomography. *BJU Int* 2001;87:316-21.
85. Pearle MS, Nadler R, Bercowsky E, Chen C, Dunn M, Figen-shau S, et al. Prospective randomized trial comparing shock wave lithotripsy and ureteroscopy for management of distal ureteral calculi. *J Urol* 2001;166:1255-60.
86. Peschel R, Janatschek G, Bartsch G. Extracorporeal shock wave lithotripsy versus ureteroscopy for distal ureteral calculi: a prospective randomized study. *J Urol* 1999;162:1909-12.
87. Sinha M, Kekre NS, Chacko KN, Devasia A, Lionel G, Pandey AP, et al. Does failure to visualise the ureter distal to an impacted calculus constitute an impediment to successful lithotripsy? *J Endourol* 2004;18:431-5.
88. Deliveliotis C, Chrisofos M, Albanis S, Serafinides E, Varkarakis J, Protgerou V. Management and follow-up of impacted ureteral stones. *Urol Int* 2003;70:269-72.
89. Demirbas M, Kose AC, Samli M, Guler C, Kara T, Karalar M. Extracorporeal shock wave lithotripsy for solitary distal ureteral stones: does the degree of urinary obstruction affect success? *J Endourol* 2004;18:237-40.
90. Anagnostou T, Tolley D. Management of ureteric stones. *Eur Urol* 2004;45:714-21.
91. Lotan Y, Gettman MT, Roehrborn CG, Cadeddu JA, Pearle MS. Management of ureteral calculi: a cost comparison and decision making analysis. *J Urol* 2002;167:1621-9.
92. WU CF, Shee JJ, Lin WY, Lin CL, Chen CS. Comparison between extracorporeal shock wave lithotripsy and semi rigid ureterorenoscopy with Holmium:YAG laser lithotripsy for treating large proximal ureteral stones. *J Urol* 2004;172:1899-902.
93. Orsola A, Diaz I, Caffaratti J, Izquierdo F, Alberola J, Garat JM. Staghorn calculi in children: treatment with monotherapy extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1999;162:1229-33.
94. Lottmann H, Archambaud F, Hellal B, Mercier-Pageyral B, Cendron M. 99 Technetium Dimercapto-Succinic Acid renal scan in the evaluation of potential long term renal parenchymal damage associated with extra corporeal shock wave lithotripsy in children. *J Urol* 1998;159:521-4.
95. Lottmann HB, Traxer O, Archambaud F, Mercier-Pageyral B. Monotherapy extracorporeal shock wave lithotripsy for the treatment of staghorn calculi in children. *J Urol* 2001;165:2324-7.
96. Myers DA, Mobley TB, Jenkins JM, Grine WB, Jordon WR. Pediatric low energy lithotripsy with Lithostar. *J Urol* 1995;153:453-7.
97. Tan AH, Al-Omar M, Watterson JD, Nott L, Denstedt JD, Razvi H. Results of shockwave lithotripsy for pediatric urolithiasis. *J Endourol* 2004;18:527-30.
98. Landau EH, Gofrit ON, Shapiro A, Meretyk S, Katz G, Shenfeld OZ, et al. Extracorporeal shock wave lithotripsy is highly effective for ureteral calculi in children. *J Urol* 2001;165(6Pt2):2316-9.
99. Janatschek G, Frauscher F, Knapp R, Holfe G, Peschel R, Bartsch G. New onset hypertension after extracorporeal shock wave lithotripsy: age related incidence and prediction by intrarenal resistive index. *J Urol* 1997;158:346-51.
100. Elves AW, Menezes P, Tilling K, Wills M, Rao PN, Feneley RC. The effect of ESWL on blood pressure: results of a randomized control trial. *Br J Urol* 1999;83(suppl25):45 [abstract].
101. Van Arsdalen KN, Kurzweil S, Smith J, Levin RM. Effects of lithotripsy on immature rabbit bone and kidney development. *J Urol* 1991;146:213-6.
102. Traxer O, Lottmann H, Archambaud F, Hellal B, Mercier-Pageyral B. Évaluation à long terme par la scintigraphie au DMSA-Tc<sup>99m</sup> des atteintes parenchymateuses rénales chez l'enfant après lithotripsie extracorporelle par ondes de choc. *Prog Urol* 1998;8:502-6.
103. Blangy S, Folinais D, Sibert A, Delmas V, Moulounguet A, Benaceraf R. Complications du traitement de la lithiase rénale par lithotripsie extracorporelle. *J Radiol* 1987;68:619-24.
104. Dhar NB, Thornton J, Karafa MT, Streem SB. A multivariate analysis of risk factors associated with subcapsular hematoma formation following electromagnetic shock wave lithotripsy. *J Urol* 2004;172:2271-4.
105. Rashid P, Steele D, Hunt J. Splenic rupture after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Urol* 1996;156:1756-7.

106. Villanyi KK, Szekely JG, Farkas LM, Javor E, Putztai C. Short-term changes in renal function after extracorporeal shock wave lithotripsy in children. *J Urol* 2001;**166**:222-4.
107. Madbouly K, Sheir KZ, Elsobky E, Eraky I, Kenawy M. Risk factors for the formation of a steinstrasse after extracorporeal lithotripsy: a statistical model. *J Urol* 2002;**167**: 1239-42.
108. Sayed MA, El-Taher AM, Aboul-Ella HA, Shaker SE. Steinstrasse after extracorporeal shock wave lithotripsy: aetiology, prevention and management. *BJU Int* 2001;**88**:675-8.
109. Semerci B, Verit A, Nazh O, Ilbey O, Ozyurt C, Citih N. The role of ESWL in the treatment of calculi with anomalous kidneys. *Eur Urol* 1997;**31**:302-4.
110. Viguier JL, Martin X, Gelet A, Perraud Y, Menager A, Dubernard JM. Traitement de la lithiase sur rein en fer à cheval. *J Urol* 1988;**94**:189-92.
111. Torrecilla Ortiz C, Ponce Campuzano A, Contreras Garcia J, Marco Perez LM, Colom Feixas S, Vignes Julia F, et al. Treatment of lithiasis in horseshoe kidney with extracorporeal shock wave lithotripsy. *Actas Urol Esp* 2001;**25**: 50-4.
112. Develiotis C, Argyropoulos V, Varkarakis J, Albanis S, Skolarikos A. Extracorporeal shock wave lithotripsy produces a lower stone free rate in patients with stones and renal cysts. *Int J Urol* 2002;**9**:11-4.
113. Vuksanovic A, Micic S, Petronic V, Bojanic N. Solitary kidney stone treatment by extracorporeal shock wave lithotripsy. *Eur Urol* 1997;**31**:305-10.
114. Thomas R, Cherry R, Neal Jr. DW. The use of extracorporeal shock wave lithotripsy in patients with aortic aneurisms. *J Urol* 1991;**146**:409-10.
115. Carey SW, Streem SB. Extracorporeal shock wave lithotripsy for patients with calcified ipsilateral renal arterial or abdominal aortic aneurisms. *J Urol* 1992;**148**:18-20.
116. Deliveliotis C, Kostakopoulos A, Stavropoulos N, Karagiannis E, Kyriazis P, Dimopoulos C. Extracorporeal shock wave lithotripsy in 5 patients with aortic aneurysm. *J Urol* 1995;**154**:1671-2.
117. Neri E, Capannini G, Diciolla F, Carone E, Tripodi A, Tucci E, et al. Localized dissection and delayed rupture of the abdominal aorta after extracorporeal shock wave lithotripsy. *J Vasc Surg* 2000;**31**:1052-5.
118. Vieweg J, Weber HM, Miller K, Hautman R. Female fertility following extracorporeal shock wave lithotripsy of distal ureteral calculi. *J Urol* 1992;**148**:1007-10.
119. Deliveliotis CH, Argyropoulos B, Chrisofos M, Dimopoulos CA. Shockwave lithotripsy in unrecognized pregnancy: interruption or continuation. *J Endourol* 2001;**15**:787-8.
120. Asgari MA, Safarinejad MR, Hosseini SY, Dadkhah F. Extracorporeal shock wave lithotripsy of renal calculi during early pregnancy. *BJU Int* 2000;**84**:615-7.
121. Klinger HC, Kramer G, Lodde M, Marberger M. Urolithiasis in allograft kidneys. *Urology* 2002;**59**:344-8.
122. Benoit G, Bitker MO. Aspects chirurgicaux de l'insuffisance rénale chronique et transplantation. *Prog Urol* 1996;**6**: 784-5.
123. Zhou Y, Cocks FH, Preminger GM, Zhong P. Innovations in shock wave lithotripsy technology updates in experimental studies. *J Urol* 2004;**172**:1892-8.

Retrouvez l'article original sur [www.emc-consulte.com](http://www.emc-consulte.com)  
et découvrez toutes les fonctionnalités du site

emc-consult@