

كلية الطب والصيدلة وطب الأسنان
FACULTÉ DE MÉDECINE, DE PHARMACIE ET DE MÉDECINE DENTAIRE



جامعة سيدي محمد بن عبد الله - فاس
UNIVERSITÉ SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES

Année 2025

Thèse N°023/25

**CONDUITE À TENIR DEVANT UNE SONDE DOUBLE J
SECTIONNÉE DANS L'URETÈRE
(à propos de 06 cas)**

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 17/01/2025

PAR

M. TAZI MOHAMED

Né le 25 Juin 1997 à Casablanca

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Uretère – Sonde double J – Rupture – Incrustation

JURY

M. EL AMMARI JALAL EDDINE.....PRÉSIDENT

Professeur d'Urologie

M. TAZI MOHAMMED FADL.....RAPPORTEUR

Professeur d'Urologie

M. AHSAINI MUSTAPHA

Professeur d'Urologie

M. MELLAS SOUFIANE

Professeur d'Anatomie

} JUGES

PLAN

PLAN	1
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX	11
INTRODUCTION	12
RAPPEL	14
I. Anatomie de l'uretère :.....	15
1. Morphologie externe :.....	15
2. Morphologie interne :	16
3. Rapports :.....	19
a) Uretères lombaires :	19
b) Uretères iliaques :	19
c) Uretères pelviens :.....	21
4. Vascularisation et innervation :.....	25
a) Vascularisation artérielle :	25
b) Vascularisation veineuse :	25
c) Vascularisation lymphatique :.....	26
d) Innervation :	26
5. Embryologie :	28
6. Variations congénitales :	30
a) Uretère rétrocave :	30
b) Duplication urétérale :.....	30
c) Obstruction de la jonction pyélo-urétérale :.....	32
d) Urétérocèle :	32
e) Abouchement urétéral ectopique :	32
f) Méga-uretère :.....	33

g) Diverticules urétériques :.....	33
7. Intérêt clinique :.....	33
II. Physiologie de l'uretère :	34
1. Etudes anatomiques et fonctionnelles :.....	34
2. Mécanismes de transport urétéral :.....	35
3. Propriétés physiologiques et pharmacologiques du muscle urétéral humain :	38
ENDOPROTHESES URETERALES DOUBLE J	41
I. Historique des sondes double J :.....	43
II. Matériaux des sondes double J :	47
1. Silicone et Silitek :.....	49
2. Polyuréthane :.....	50
3. Polyuréthane modifiés et matériaux exclusifs :	52
4. Polychlorure de vinyle :	53
5. Endoprothèses métalliques :.....	54
6. Revêtements :	55
7. Orientations futures : Matériaux biodégradables et changements dans la conception :	58
8. Tissus autologues et tissus d'ingénierie :.....	59
III. Modifications urétérales sur sonde double J :.....	62
1. Modifications histologiques :.....	62
2. Modifications urodynamiques :.....	62
a) Uretère non obstructif et à obstruction réduite :.....	62
b) Uretère obstructif :.....	63
IV. Indications de la montée de sonde :.....	64

V. Technique de mise en place d'une sonde double J :	65
1. Examens complémentaires préopératoires :	65
a) Examens biologiques :	65
b) Examens radiologiques :	66
2. Positionnement du patient :	66
3. Technique standard :	66
VI. Suivi du patient en post-opératoire :	71
VII. Les complications de l'endoprothèse urétérale double J :	71
1. Incrustation :	72
2. Lithiase :	73
3. Infection urinaire :	74
4. Malposition :	74
5. Migration :	75
6. Rupture de sondes :	75
7. Lombalgies :	75
8. Hématurie :	76
9. Troubles irritatifs vésicaux :	76
10. Reflux vésico-urétéral :	76
11. Incontinence urinaire :	76
12. Fistule urétéro-artérielle :	77
VIII. Changement de sonde :	78
RUPTURE DES SONDES DOUBLE J.....	80
I. Définition et généralité :	81
II. Facteurs de risque :	81
1. Durée d'implantation :	82

2. Infections urinaires :	82
3. Lithiases urinaires :	82
4. Facteurs mécaniques :.....	83
5. Caractéristiques physiques de la sonde :	83
III. Diagnostic et prise en charge :	84
1. Circonstance de découverte :.....	84
2. Imagerie :	84
a) Le système FECal (Forgotten, Encrusted, Calcified) :	86
b) Le système KUB (Kidney, Ureter, Bladder) :	87
3. Moyens thérapeutiques :	89
a) Urétéroscopie souple + Laser :	89
b) Urétéroscopie rigide avec lithotritie endoscopique:	97
c) Néphrolithotomie percutanée et lithotritie endocorporelle :.....	98
d) Lithotritie extracorporelle :.....	100
4. Stratégie thérapeutique :	101
MATERIELS ET METHODES	105
I. Nature de l'étude :	106
II. Population d'étude :	106
1. Critères d'inclusion :	106
2. Critères d'exclusion :	106
III. Analyse statistique :	106
IV. Limites de l'étude :	107
V. Considérations éthiques :	107
FICHE D'EXPLOITATION.....	108
RESULTATS	111

I. Epidémiologie :	112
1. Âge :	112
2. Sexe :	112
3. Antécédents et comorbidités :	113
II. Données cliniques et paracliniques :	114
1. Présentations cliniques et signes physiques:	114
2. Biologie :	115
3. Imagerie :	116
III. Rupture de la sonde JJ :	123
1. Indications de la montée de sonde :	123
2. Durée d'implantation de la sonde double J :	123
3. Matériau de sonde utilisé :	123
IV. Traitements et complications :	124
1. Traitements médicaux :	124
2. Traitements endoscopiques et chirurgicaux :	125
3. Efficacité du traitement (Stent-free) :	127
4. Nécessité de plusieurs séances de traitement :	128
DISCUSSION	130
I. Epidémiologie :	131
II. Rupture de sonde double J :	132
1. Indications de la montée de sonde :	132
2. Facteurs de risque :	134
a) Durée d'implantation :	134
b) Antécédents :	136
III. Aspects cliniques et diagnostiques :	137

1. Présentations cliniques et signes physiques :.....	137
2. Imagerie :	139
3. Interaction complexes : Fragmentation, incrustation et lithiases urinaires:	140
IV. Prise en charge thérapeutique :	142
1. Approche thérapeutique :.....	142
a) Urétéroscopie souple avec Laser (URSS) :.....	142
b) Urétéroscopie rigide avec lithotritie :	145
c) NLPC avec Laser :	147
d) Chirurgie à ciel ouvert :.....	149
e) Lithotritie extracorporelle (LEC) :	151
f) Drainage urinaire :	152
2. Résultats :	154
CONCLUSION	157
RÉSUMÉS	160
BIBLIOGRAPHIE	166

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Morphologie externe des uretères sur une vue sagittale latérale (A) et sur une vue de face (B).	16
Figure 2 : Coupe histologique de l'uretère.	17
Figure 3 : Structure et vascularisation de l'uretère.	18
Figure 4 : Rapports extrapéritonéaux et artériels des uretères (chez la femme) (vue de face).	20
Figure 5 : Rapports pelviens de l'uretère chez la femme (vue supérieure, le péritoine pelvien et le ligament large droit ont été ôtés du côté droit).	22
Figure 6 : Rapports pelviens de l'uretère chez la femme (vue latérale gauche). Trajet sous-péritonéal de l'uretère du côté gauche.	23
Figure 7 : Rapports pelviens de l'uretère chez l'homme (vue latérale gauche). Trajet sous-péritonéal de l'uretère du côté gauche.	24
Figure 8 : Artères et nerfs de l'uretère chez la femme (vue antérieure)	27
Figure 9 : Embryologie de l'uretère.	29
Figure 10 : Embryologie de l'uretère.	29
Figure 11 : Urographie excrétrice (le segment dilaté de l'uretère a une déformation typique en forme de « S »).	30
Figure 12 : Duplication urétérale.	31
Figure 13 : Urétérocèle (Orthotopique et Ectopique)	32
Figure 14 : Sonde en silicone utilisée par Zimskind.	45
Figure 15 : Longueurs de 3 sondes différentes et une sonde redressée avec un guide pour le passage (utilisée par Finney).	46
Figure 16 : Anatomie de l'endoprothèse urétérale.	48
Figure 17 : Sonde double J en silicone.	50

Figure 18 : Sonde double J en polyuréthane.....	51
Figure 19 : Cysto-urethroscopie Albarran.....	67
Figure 20 : Localisation de l'orifice urétéral gauche (A) et intubation urétérale avec le fil-guide hydrophile (B).	67
Figure 21 : Guide monofil hydrophile à extrémité droite et en J.....	70
Figure 22 : Boucle distale incrustée de l'endoprothèse urétérale.....	72
Figure 23 : AUSP montrant une incrustation de la sonde compliquée de deux gros calculs, l'un au niveau de la boucle pyélique et l'autre au niveau de la boucle vésicale.	73
Figure 24 : Fistule urétéro-artérielle sur sonde double J.....	77
Figure 25 : AUSP (à gauche) et une reconstruction 3D d'un uroscanner (à droite) montrant des parties résiduelles de stents urétéraux dans les reins, les uretères et la vessie.	85
Figure 26 : Système de classification FECal.	86
Figure 29 : Différents urétéroscopes souples de dernière génération.	91
Figure 30 : Extrémité proximale du canal opérateur unique avec deux entrées.	92
Figure 31 : Urétéroscopie flexible de la marque OTU.	92
Figure 32 : Générateur laser Cyber ho Quanta System du service d'Urologie du CHU Hassan II.	93
Figure 33 : Position gynécologique du patient pour urétérorénoscopie souple (A). Positions de Trendelenburg (B) et décubitus latéral (C) pour faciliter la mobilisation des fragments lithiasiques.	95
Figure 34 : Gaine d'accès urétéral.....	96
Figure 27 : Néphrolithotomie percutanée.....	100

Figure 28 : Algorithme pour la prise en charge des incrustations des sondes double J.	104
Figure 35 : AUSP montrant le bout proximal d'une sonde JJ droite incrustée et sectionnée au niveau de l'uretère.	118
Figure 36 : AUSP montrant la boucle proximale de la sonde JJ au niveau du rein droit avec une néphrostomie.	119
Figure 37 : AUSP et reconstruction 3D d'une uro-TDM montrant :.....	120
Figure 38 : Coupe coronale et une reconstruction 3D d'une uro-TDM montrant : .	121
Figure 39 : Exemple de sondes double J retirées.	129

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé des effets de divers agents sur la contractilité du muscle lisse urétérale.....	40
Tableau 2 : Résumé des revêtements les plus couramment utilisés à ce jour pour les endoprothèses urétérales.	57
Tableau 3 : Avantages et désavantages des différents biomatériaux.....	61
Tableau 4 : Critères de grading du système KUB.	88
Tableau 5 : Localisation des calculs.	122
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des caractéristiques épidémiologiques dans les différentes séries.	132
Tableau 7 : Durée d'implantation moyenne selon les différentes études.....	135
Tableau 8 : Tableau comparatif des présentations cliniques selon différentes études.	138
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des modalités thérapeutiques utilisées selon différentes études et leur efficacité.....	156

INTRODUCTION

L'endoprothèse urétérale double J représente une avancée majeure dans la prise en charge urologique moderne. Cette sonde, caractérisée par ses deux boucles terminales lui permettant un ancrage entre le bassinet et la vessie, est devenue un outil indispensable dans la pratique urologique quotidienne.

Son utilisation s'est considérablement développée ces dernières décennies, avec des indications multiples allant du drainage des obstructions urétérales d'origine lithiasique ou tumorale à la prévention des complications post-opératoires en chirurgie urologique. Malgré les progrès constants dans leur conception et leurs matériaux, ces sondes ne sont pas exemptes de complications.

Parmi ces complications, la rupture de sonde, bien que rare, représente un défi thérapeutique particulier. Cette complication, dont l'incidence exacte reste difficile à établir, peut résulter de plusieurs facteurs : la dégradation du matériau au contact prolongé de l'urine, les contraintes mécaniques, ou encore la fragilisation par l'incrustation. La durée prolongée d'implantation apparaît comme un facteur de risque majeur.

Le traitement de cette complication nécessite une approche personnalisée, tenant compte de la localisation du fragment, du degré d'incrustation éventuel, et de l'état général du patient. L'arsenal thérapeutique s'est enrichi avec le développement de l'endourologie, permettant des approches mini-invasives efficaces.

L'objectif de notre travail est d'analyser, à travers l'expérience du service d'urologie du CHU Hassan II de Fès, les aspects épidémiologiques, diagnostiques et thérapeutiques des ruptures de sondes double J, afin d'en optimiser la prise en charge.

RAPPEL

I. Anatomie de l'uretère :

L'uretère est le conduit excréteur du rein. Il fait suite au pelvis rénal et s'abouche dans la vessie.

Ce conduit, musculo-membraneux et contractile, présente deux parties, abdominale et pelvienne, dont la séparation est située au niveau du détroit supérieur [1].

1. Morphologie externe :

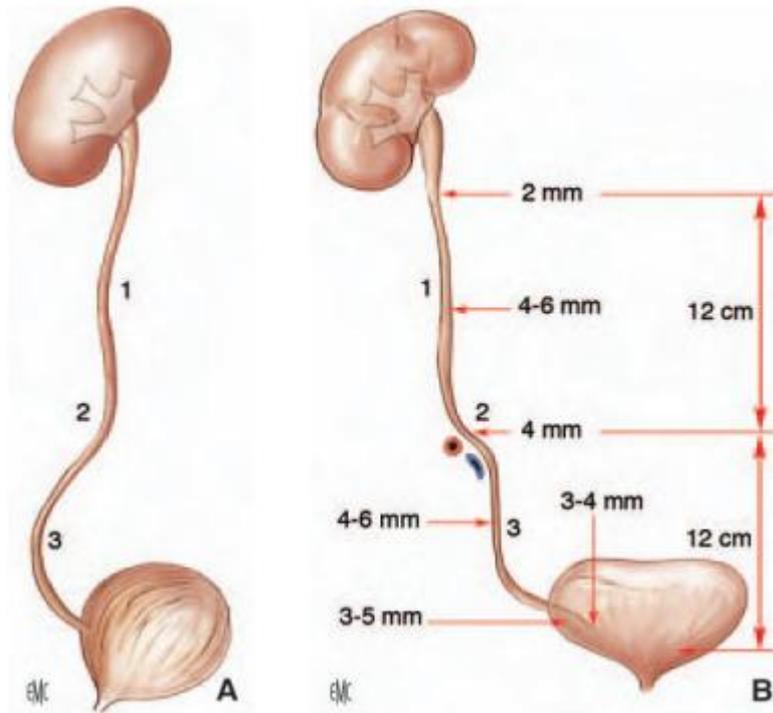
Les uretères s'étendent de la jonction pyélo-urétérale jusqu'au méat urétéral dans la vessie. Chez l'adulte, ils mesurent de 25 à 30 cm de long. Ils sont divisés en quatre segments (Fig. 1) : lombaire (de 10 à 12 cm), iliaque (de 3 à 4 cm), pelvien (de 10 à 12 cm) et intravésical ou intramural (2 cm). Ils se terminent dans la vessie par un trajet oblique sous-muqueux et participent à la constitution du trigone vésical [1].

Le trajet des uretères est sinueux et leur courbe inférieure, pelvienne, est la plus prononcée. Appliqués sur la paroi abdominale postérieure, ils descendent à peu près verticalement jusqu'au détroit supérieur. À cet endroit, ils décrivent une courbe à convexité antérieure, qui épouse celle des vaisseaux iliaques. Ensuite, ils suivent la paroi du pelvis et la concavité sacrée en décrivant une courbe à concavité antéro-interne qui les conduit jusqu'à la vessie (Fig. 1).

Le long de leur trajet, le diamètre varie de 3 à 6 mm, et présente trois rétrécissements :

- à son origine, à la jonction pyélo-urétérale ;
- en région iliaque, en regard du croisement avec les vaisseaux iliaques ;
- dans sa portion intramurale.

Sur tout leur trajet, ils sont animés d'un péristaltisme qui permet à l'urine de progresser vers la vessie[1].



1. Uretère lombaire ; 2. Uretère iliaque ; 3. uretère pelvien.

Figure 1 : Morphologie externe des uretères sur une vue sagittale latérale (A) et sur une vue de face (B). [1]

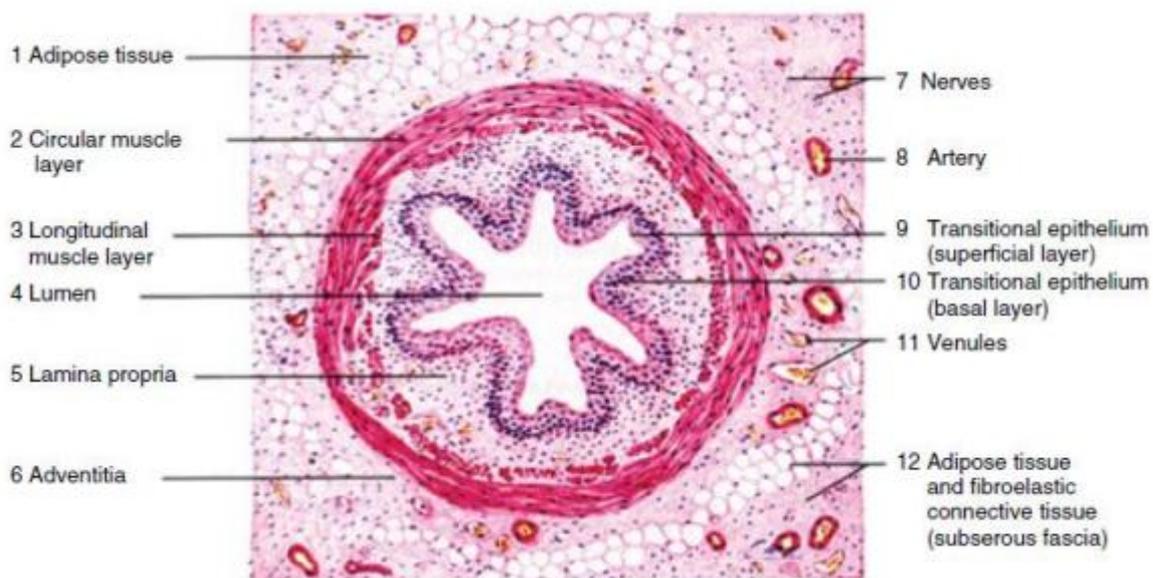
2. Morphologie interne : (Fig. 2 et 3)

N'ayant pas de revêtement séreux, l'uretère comporte trois couches : la plus externe, le tissu fibreux et aréolaire, la moyenne, le tissu musculaire, et la plus interne, l'urothélium. La couche fibreuse quant à elle est fine et indistincte (Fig. 2) [2].

Les fibres musculaires lisses qui assurent l'activité péristaltique sont divisées en deux segments circulaires et longitudinaux. Les faisceaux internes, circulaires, sont principalement responsables de la propulsion de l'urine en aval. Les fibres longitudinales sont moins distinctes dans sa partie proximale. Des fibres

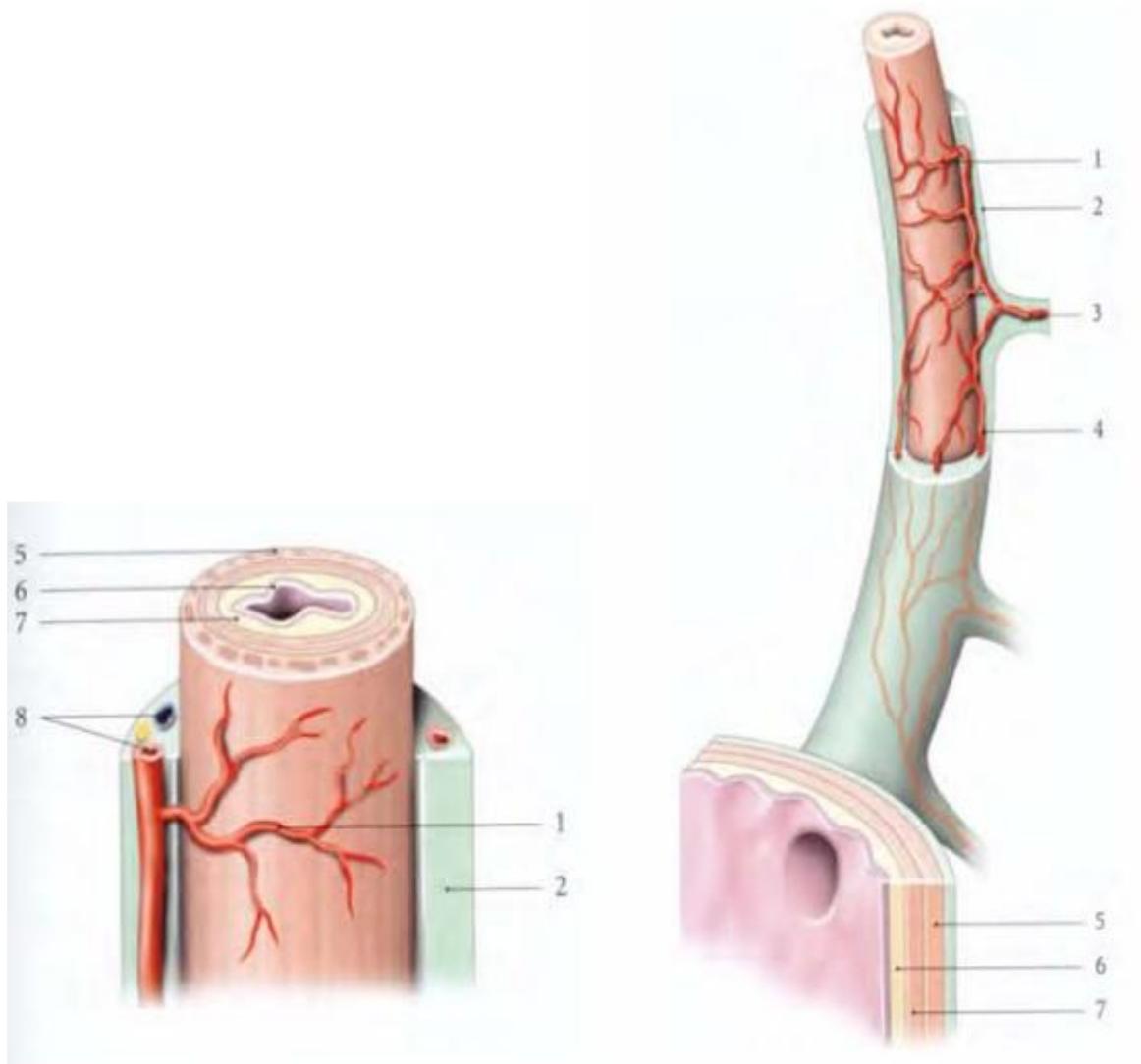
longitudinales supplémentaires sont observées dans la partie distale de l'uretère. La couche musculaire de l'uretère est rarement disposée en deux couches spécifiques [2].

L'urothélium est constitué d'un épithélium de transition. Son épaisseur est de quatre à cinq couches cellulaires dans la partie principale de l'uretère, mais elle est beaucoup plus fine dans sa partie proximale où elle est de deux à trois couches cellulaires (Fig. 2). Il possède très peu de sous-muqueuse qui est principalement plié longitudinalement, et fusionne avec l'urothélium de la vessie à l'extrémité distale [2].



7. Tissu adipeux ; 2. Fibres musculaires circulaires ; 3. Fibres musculaires longitudinales ;
4. Lumière ; 5. Lamina propria ; 6. Adventice ; 7. Nerf ; 8. Artère ; 9. Épithélium de
transition (couche superficiel) ; 10. Épithélium de transition (couche basale) ; 11. Veinules ;
12. Fascia sous-séreuse.

Figure 2 : Coupe histologique de l'uretère.[2]



1. réseau adventiciel ; 2. tunique adventice ; 3. artère urétérique ; 4. anastomose ; 5. tunique musculaire ; 6. muqueuse (urothélium) ; 7. sous-muqueuse ; 8. artère, veine et nerf de l'adventice.

Figure 3 : Structure et vascularisation de l'uretère.[3]

3. Rapports :

Les rapports des uretères diffèrent selon leur segment : lombaire, iliaque, pelvien ou intravésical.

a) Uretères lombaires : (Fig. 4)

Par l'intermédiaire de la graisse pararénale de la région lombaire, ils reposent sur le fascia iliaque qui recouvre le muscle grand psoas. La jonction pyélo-urétérale se projette habituellement en regard du processus costiforme de la deuxième vertèbre lombaire. Les uretères lombaires se projettent ensuite sur la pointe des processus costiformes des vertèbres lombaires L3, L4 et L5, dont ils sont séparés par les muscles grand psoas. Ils croisent la face antérieure des nerfs génitofémoraux.

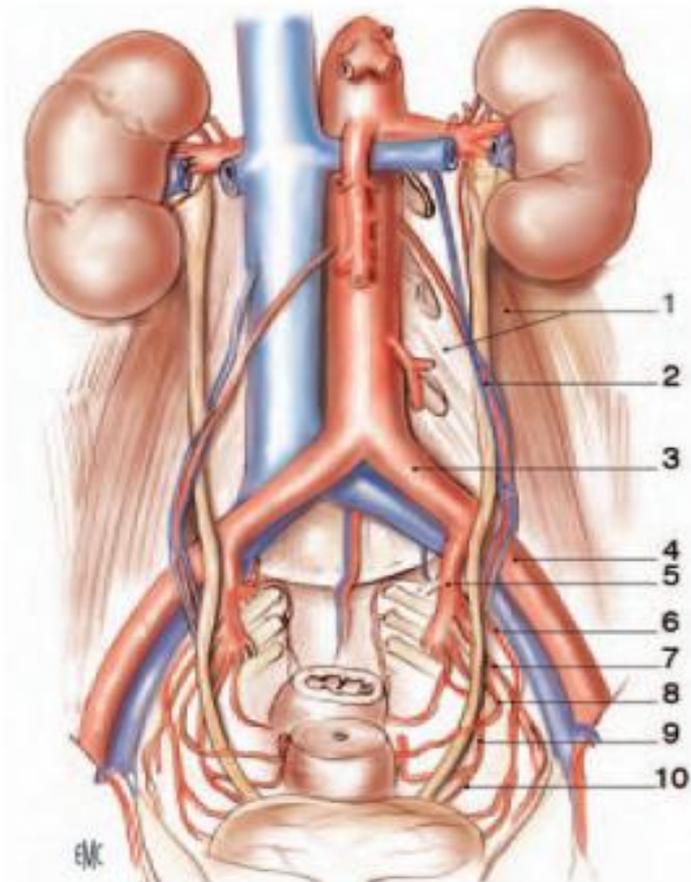
Leurs rapports antérieurs sont différents à droite et à gauche. L'uretère droit est séparé du deuxième duodénum et du *genius inferius* par le fascia de Treitz. Plus bas, il est recouvert par le mésocôlon ascendant. L'uretère gauche est recouvert sur toute son étendue par le mésocôlon descendant. De chaque côté, ils croisent les vaisseaux gonadiques pour se placer en dedans de ces vaisseaux en dessous du croisement. Latéralement, ils sont en rapport avec le pôle inférieur des reins, puis avec les muscles grand psoas. Médialement, l'uretère droit est à 2 cm de la veine cave inférieure. À gauche, il longe à distance l'angle duodénojéjunal, l'aorte abdominale, l'artère colique gauche et l'artère mésentérique inférieure.[1]

b) Uretères iliaques : (Fig. 4)

À leur entrée dans le détroit supérieur, les uretères passent en avant des vaisseaux iliaques. En général, l'uretère droit passe en avant de l'artère iliaque externe, et l'uretère gauche croise l'iliaque primitive.

En dehors, ils répondent au bord médial des muscles grand psoas et aux vaisseaux génitaux qui leur restent parallèles.

En avant, l'uretère droit est croisé par l'extrémité inférieure du mésentère et par la terminaison de l'artère iléocolique. Du côté gauche, il est recouvert par la racine secondaire du mésosigmoïde, puis par le péritoine pariétal pelvien.[1]



1. Muscle grand psoas recouvert du fascia iliaque et ses arcades d'insertion sur la colonne vertébrale lombaire (apophyses costiformes de L1, L2 et L3 visibles) ;
2. vaisseaux génitaux ;
3. Artère iliaque primitive gauche ;
4. artère iliaque externe gauche ;
5. Artère iliaque interne gauche ;
6. artère ombilicale gauche ;
7. artère obturatrice gauche ;
8. artère utérine gauche ;
9. artère vaginale ;
10. artère vésicale inférieure.

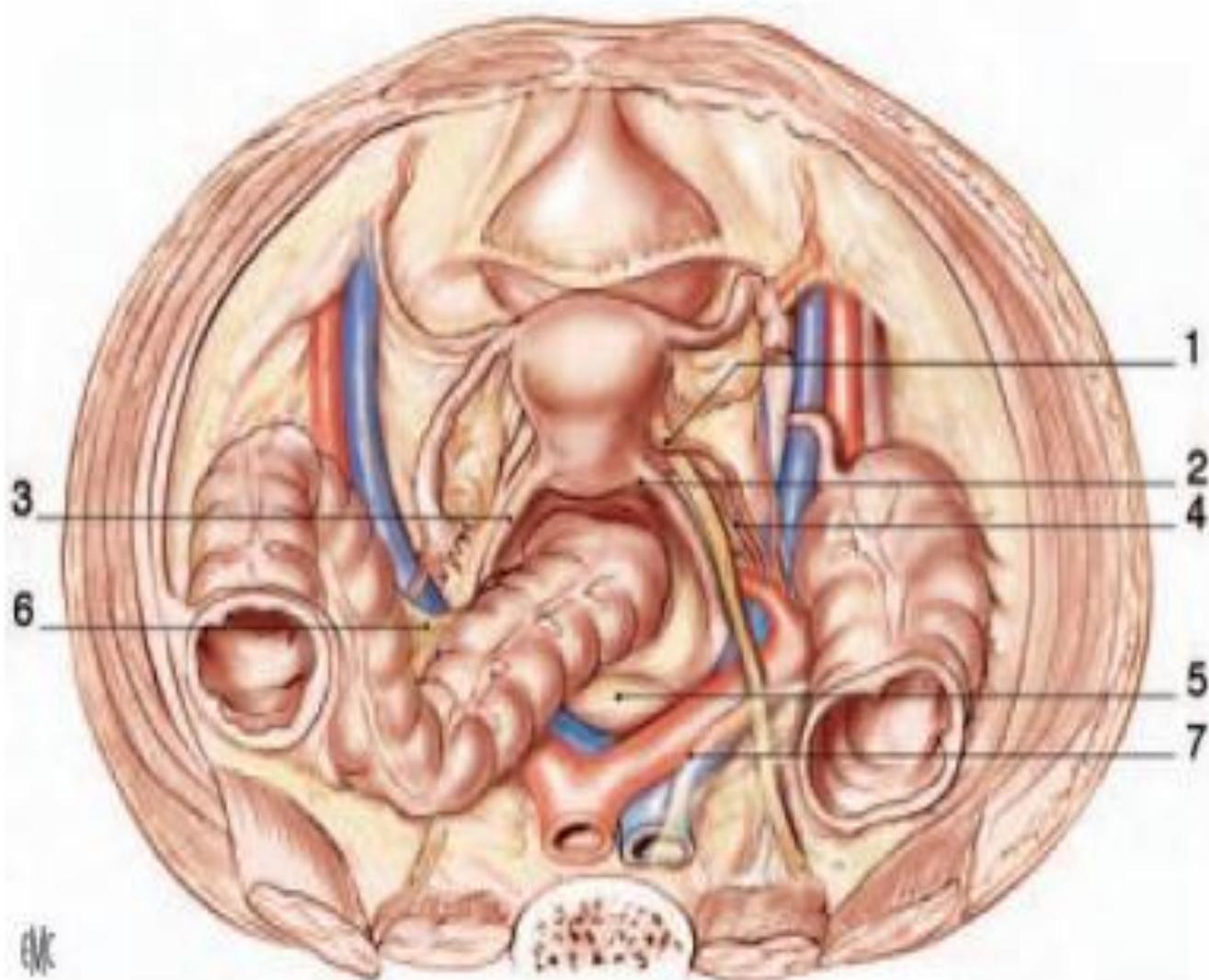
Figure 4 : Rapports extrapéritonéaux et artériels des uretères (chez la femme) (vue de face). [1]

c) Uretères pelviens :

Lors de leur entrée dans le petit bassin, les uretères décrivent une courbe concave en avant et en dedans. Ils présentent une portion pariétale, puis viscérale. Leurs rapports diffèrent en fonction du sexe.

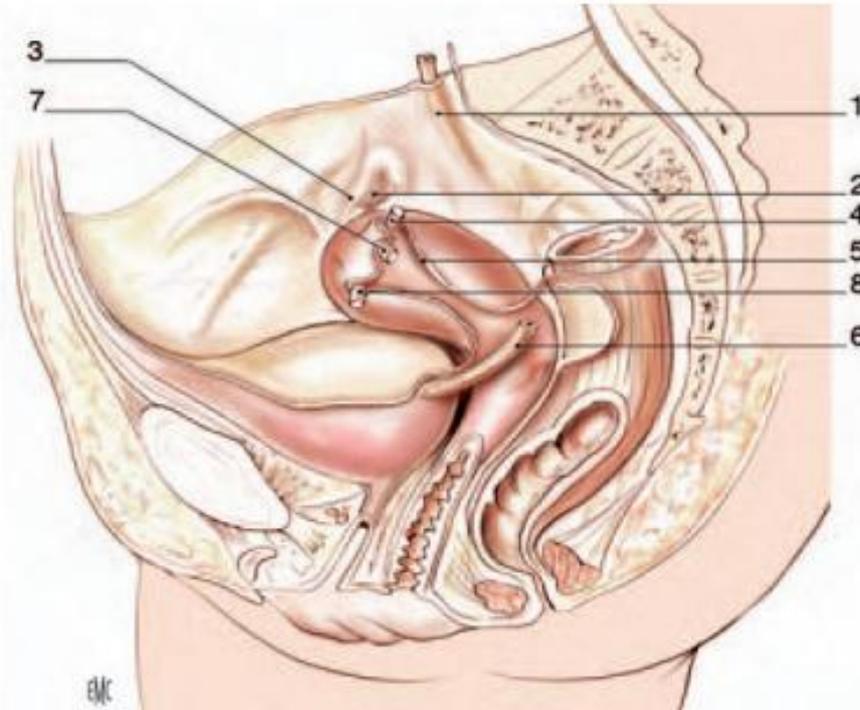
Chez la femme : Dans leur segment pariétal, les uretères descendent sous le péritoine pariétal pelvien, le long de l'artère iliaque interne (Fig. 5, 6). Le plus souvent, l'uretère droit est en avant, et le gauche en dedans de l'artère. Ils répondent à l'origine des branches du tronc antérieur des artères iliaques internes : artère ombilicale, artère obturatrice, artère utérine, artère vésicale inférieure, artère vaginale, artère rectale moyenne. Par l'intermédiaire du péritoine pariétal, les rapports antérieurs des uretères sont : les ovaires, les pavillons ampullaires et un éventuel appendice vermiculaire pelvien du côté droit. Leur segment pariétal se termine dans la base des ligaments larges[1].

Dans leur segment viscéral, les uretères s'engagent en avant et en dedans dans le paramètre. À environ 2 cm en dehors du col utérin, les artères utérines qui étaient en arrière et en dehors des uretères font une crosse, croisent leur face ventrale pour se diriger en dedans. Au même niveau, les artères vaginales accompagnées de veines utérines et vaginales longent le bord postéro-médial des uretères, puis croisent leur face dorsale. Les uretères sont ensuite accompagnés par des rameaux antérieurs du plexus hypogastrique inférieur, et par des ramifications artérielles et veineuses vésicovaginales. Ils passent ensuite en dehors du cul-de-sac vaginal antérieur et pénètrent dans la paroi vésicale postérieure.[1]



1. Crosse de l'artère utérine droite ; 2. cul-de-sac vaginal postérieur ; 3. ligament utérosacré ;
4. artère vaginale ; 5. promontoire ; 6. mésosigmoïde ; 7. péritoine pelvien.

Figure 5 : Rapports pelviens de l'uretère chez la femme (vue supérieure, le péritoine pelvien et le ligament large droit ont été ôtés du côté droit). [1]



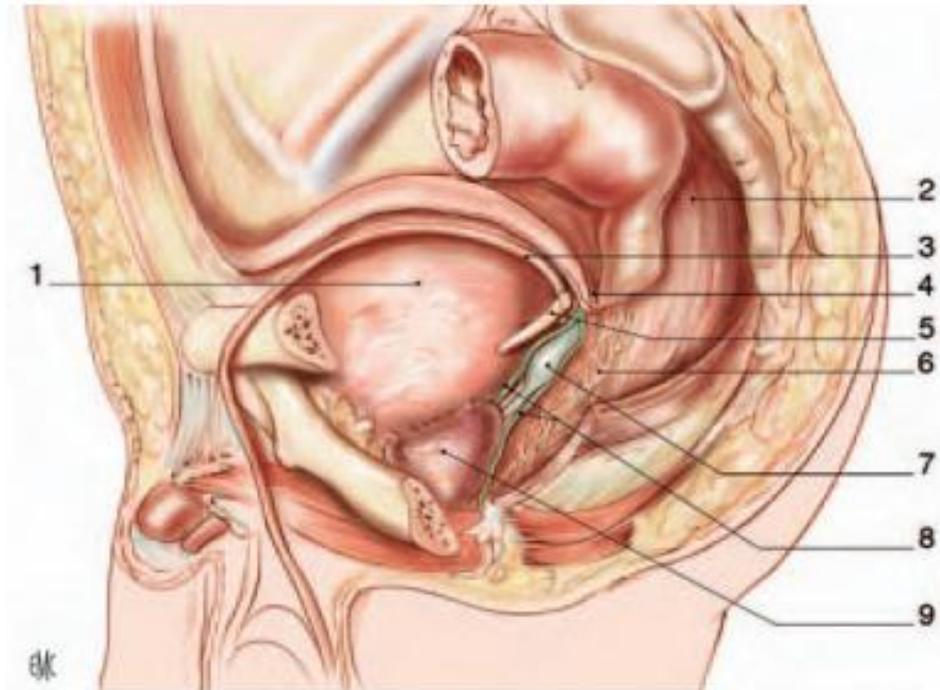
1. Uretère droit ; 2. ovaire droit ; 3. trompe utérine droite ; 4. ligaments propres de l'ovaire droit et gauche (sectionné) ; 5. ligament large ; 6. uretère gauche ; 7. trompe utérine gauche (sectionnée) ; 8. ligaments ronds de l'utérus droit et gauche (sectionné).

**Figure 6 : Rapports pelviens de l'uretère chez la femme (vue latérale gauche).
Trajet sous-péritonéal de l'uretère du côté gauche.[1]**

Chez l'homme : Dans leur segment pariétal, les uretères descendent également sous le péritoine pariétal pelvien, le long des artères iliaques internes (Fig. 7). Les branches du tronc antérieur des artères iliaques internes sont différentes : artère ombilicale, artère obturatrice, artère vésicale inférieure, artère rectale moyenne. En dedans, les uretères sont en rapport avec les faces latérales du rectum dont ils sont séparés par le plexus hypogastrique inférieur.[1]

Dans leur segment viscéral, les uretères s'engagent également en avant et en dedans, en arrière des artères ombilicales. Ils passent en avant du rectum, croisent la face postérieure des conduits déférents, l'artère vésiculodéférentielle et s'engagent

dans la paroi vésicale. En arrière, ils sont séparés des vésicules séminales par la lame antérieure du fascia rectoprostatique (fascia de Denonvilliers).[1]



1. Vessie ; 2. rectum ; 3. conduit déférent gauche ; 4. cul-de-sac rectovésical (Douglas) ;
5. uretère gauche ; 6. plexus hypogastrique inférieur ; 7. vésicule séminale gauche ; 8.
septum rectovésical (Denonvilliers) avec ses feuillets antérieurs et postérieurs ; 9. prostate.

**Figure 7 : Rapports pelviens de l'uretère chez l'homme (vue latérale gauche).
Trajet sous-péritonéal de l'uretère du côté gauche.[1]**

Les uretères traversent la vessie obliquement en bas et en dedans. Leur trajet est long d'environ 2 cm : 1 cm à travers la musculuse et 1 cm sous la muqueuse. Les méats urétéraux sont situés aux extrémités latérales du trigone vésical et sont reliés par une barre musculaire interurétérale. Dans leur traversée musculaire, les fibres de la musculuse urétérale s'unissent à celles du détrusor. La couche musculuse longitudinale externe s'individualise pour constituer une zone de glissement avec le reste de la paroi urétérale. La couche musculuse longitudinale interne s'épanouit

dans le trigone et la barre interurétérale. Leur trajet sous-muqueux est dilaté. Au-dessus de cette dilatation, la paroi de l'uretère est constituée par un repli muqueux hémicirculaire. Le trajet intramural et sous-muqueux forme un système antireflux.[1]

4. Vascularisation et innervation :

a) Vascularisation artérielle : (Fig. 8)

La vascularisation artérielle des uretères est segmentaire. Elle est riche pour les segments iliaques et pelviens, et plus pauvre pour le segment lombaire. Leur portion lombaire initiale reçoit le rameau urétéral de l'artère rénale, anastomosé au cercle artériel du rein. Le deuxième rameau important provient de l'artère iliaque interne[4]. Le reste de l'apport artériel se fait par des rameaux provenant des nombreuses artères croisées sur leur trajet. Les uretères lombaires ont ainsi une vascularisation plus précaire puisqu'ils reçoivent essentiellement des rameaux provenant des artères gonadiques. Leur segment pelvien reçoit de nombreux petits rameaux provenant des branches viscérales des artères iliaques internes.[1]

Les rameaux artériels sont anastomosés entre eux par un réseau de collatérales périurétérales, surtout riche contre la paroi postérieure de l'uretère, et de collatérales intrapariétales segments lombaires, des plexus hypogastriques pour les segments iliaque et pelvien[1]. Malgré les nombreuses anastomoses internes, la vascularisation des 2 à 3 cm distaux de l'uretère est imprévisible[5], le rendant vulnérable à l'ischémie si disséqué de manière excessive.

b) Vascularisation veineuse :

La vascularisation veineuse est satellite de la vascularisation artérielle. Les veines urétérales se jettent essentiellement dans les veines rénales, gonadiques, iliaques internes et vésicales inférieures.[1]

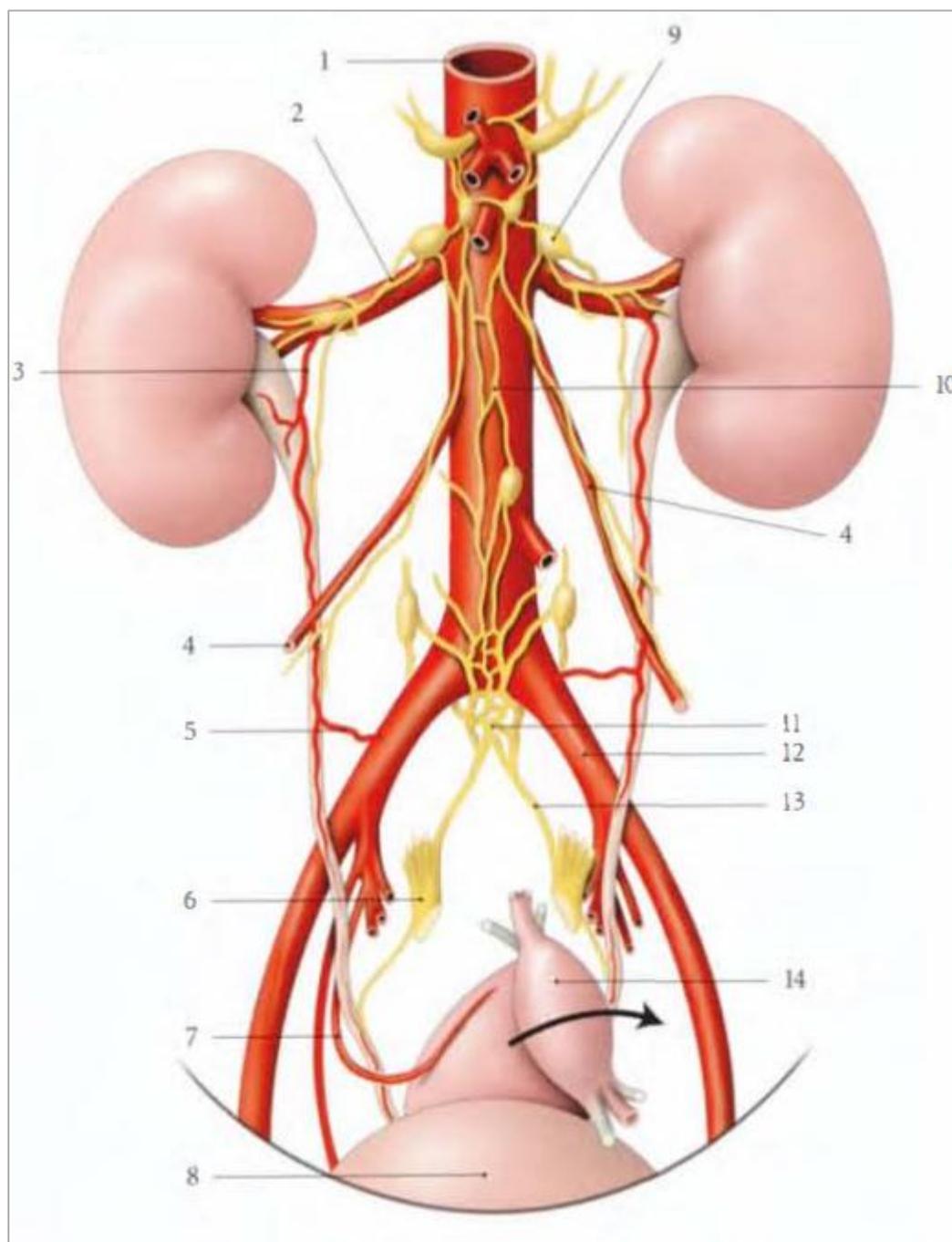
c) Vascularisation lymphatique :

Le drainage lymphatique de l'uretère est également segmentaire. Les plexus lymphatiques internes et communicants des parois de l'uretère se drainent dans les ganglions para-aortiques près de l'origine de l'artère rénale. Le segment abdominal distal se draine dans les ganglions para-aortiques ainsi que dans les ganglions iliaques communs. Les vaisseaux des lymphatiques du segment pelvien de l'uretère se drainent dans les ganglions lymphatiques internes et ensuite dans les ganglions lymphatiques iliaques communs [6], [7].

d) Innervation : (Fig. 8)

L'innervation des uretères est riche et dépend du système nerveux autonome. Elle provient des plexus rénaux pour les segments lombaires, des plexus hypogastriques pour les segments iliaque et pelvien [1].

Les fibres nerveuses responsables de la douleur proviennent principalement des segments L1 et L2, ce qui explique la douleur référée au dermatome correspondant. Les fibres nerveuses sont peu nombreuses dans la partie proximale mais abondantes dans le segment distal. Le péristaltisme urétéral est largement indépendant de son innervation. Une onde descendante, initiée dans le système collecteur (calices et bassinets), un peu comme le nœud sino-atrial dans le cœur, serait responsable de la propulsion de l'urine vers la vessie. Un processus obstructif ou inflammatoire peut être responsable d'une paralysie de cette activité neuro-musculaire intrinsèque [2].



1. Aorte abdominale ; 2. Plexus rénal ; 3. A. urétérique antéro-sup. ; 4. A. testiculaire (ou ovarique) ;
5. A. urétérique moyenne ; 6. Plexus hypogastrique inf. ; 7. Artère utérine ; 8. Vessie ; 9. Ganglion
aortico-rénal ; 10. Plexus intermésentérique ; 11. Plexus hypogastrique sup. ; 12. A. iliaque
commune ; 13. Nerf hypogastrique ; 14. Utérus récliné.

Figure 8 : Artères et nerfs de l'uretère chez la femme (vue antérieure) [3]

5. Embryologie : [2]

Les bourgeons urétériques se développent de manière céphalique à partir de la vessie embryonnaire. Les extrémités supérieures de ces bourgeons sont recouvertes par le méta-néphros, qui devient le rein adulte (Fig. 9 et 10). L'extension proximale du bourgeon urétéral se développe pour former le bassin rénal, les calices et les tubes collecteurs.

Le métanéphros, qui se développe à partir du mésoderme, forme jusqu'à 1 000 000 de néphrons, qui rejoignent les tubes collecteurs pour former les unités fonctionnelles finales du rein adulte. Une fois que le méta-néphros et le système collecteur rénal (calices et bassin) en développement ont atteint leur destination lombaire, ils s'attachent aux glandes surrénales. La rotation médiane du rein embryonnaire entraîne une modification de la relation des deux reins avec les organes voisins.

La séparation et la croissance proximale des bourgeons urétériques ont une incidence importante sur les anomalies urétrales et rénales. L'absence de séparation du méta-néphros entraînera le développement d'un rein en fer à cheval. De même, toute déviation dans le développement normal du bourgeon conduira à une ectopie duplex ou fusionnée.

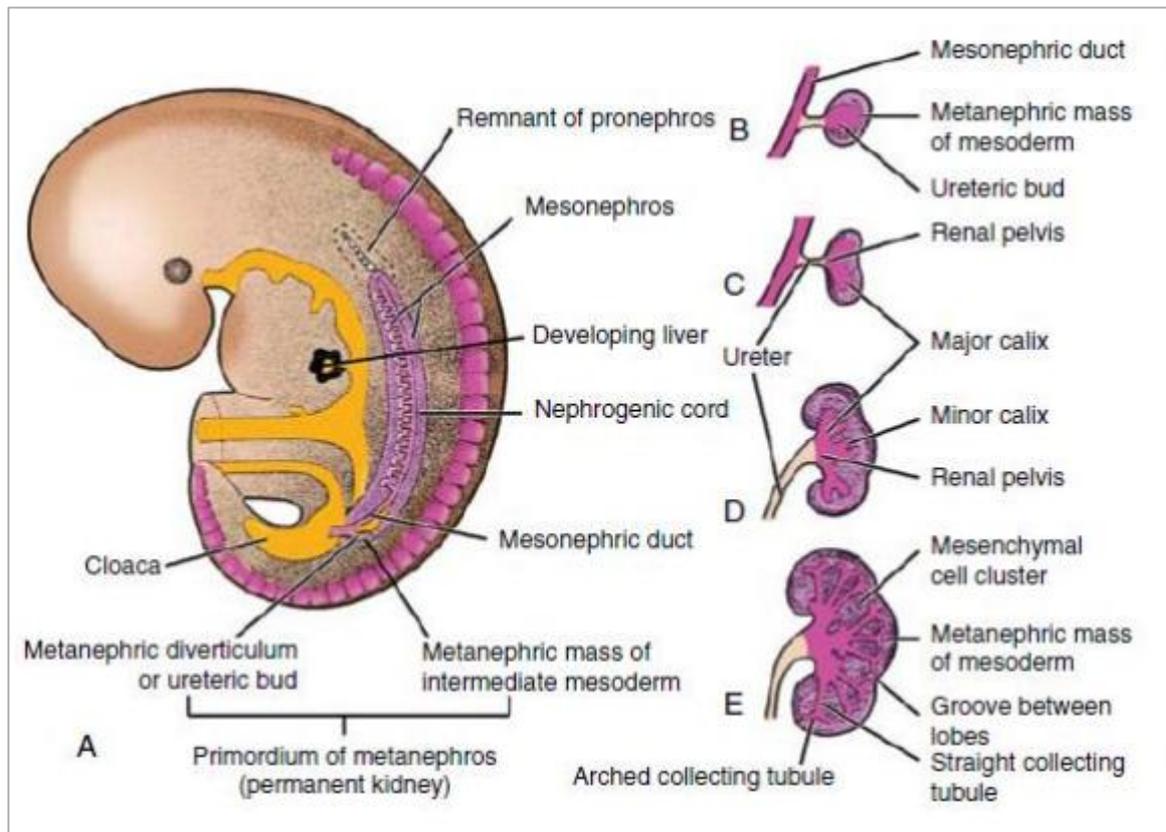


Figure 9 : Embryologie de l'uretère.[2]

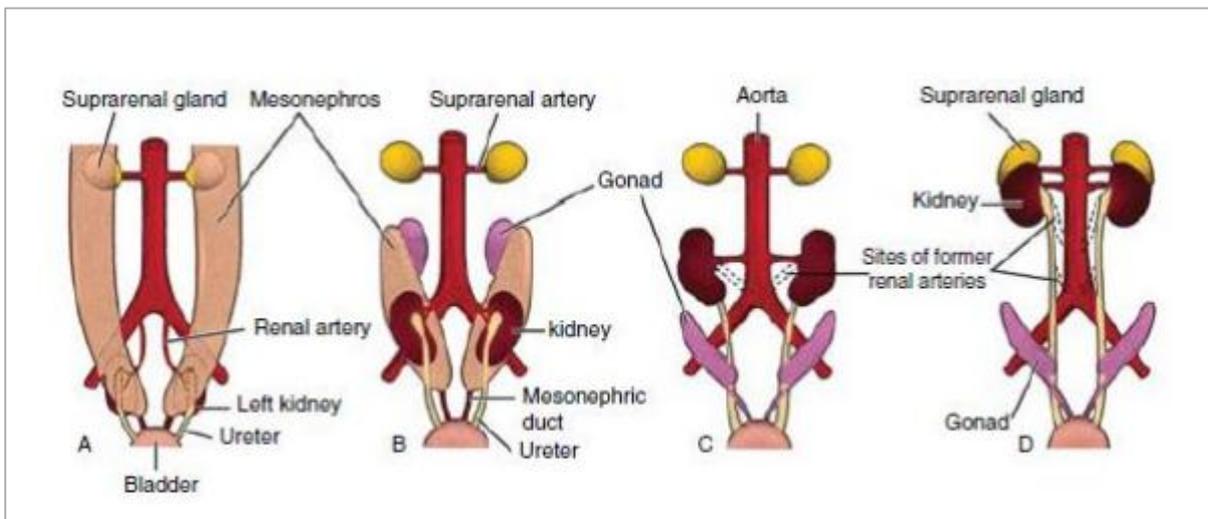


Figure 10 : Embryologie de l'uretère.[2]

6. Variations congénitales : [2]

a) Uretère rétrocave : (Fig. 11)

L'uretère droit peut traverser postérieurement la veine cave inférieure (uretère rétrocave). L'incidence est signalée comme étant 1 sur 1500. Plus fréquentes chez les hommes que chez les femmes, cette variation congénitale est considérée comme une anomalie du développement de la veine cave plutôt que de l'uretère.[2]



Figure 11 : Urographie excrétrice (le segment dilaté de l'uretère a une déformation typique en forme de « S »).[8]

b) Duplication urétérale :

La duplication du bourgeon urétéral peut entraîner une variété d'anomalies. Cela peut prendre la forme de deux systèmes séparés des deux côtés ou d'un uretère duplex à des niveaux variables qui se fusionnent n'importe où entre la jonction pyélo-urétérale et l'orifice urétéral.

L'emplacement des orifices urétériques d'un système duplex est régi par ce que l'on appelle la loi de Weigert Meyer, qui stipule que l'orifice urétériques de la partie supérieure est plus médial et caudal alors que celui du segment inférieur est plus crânial et latéral (Fig. 12).

La partie supérieure est généralement petite et son uretère est plus susceptible de souffrir d'une obstruction ou d'une urétérocèle. La partie inférieure est plus sujette au reflux.[2]

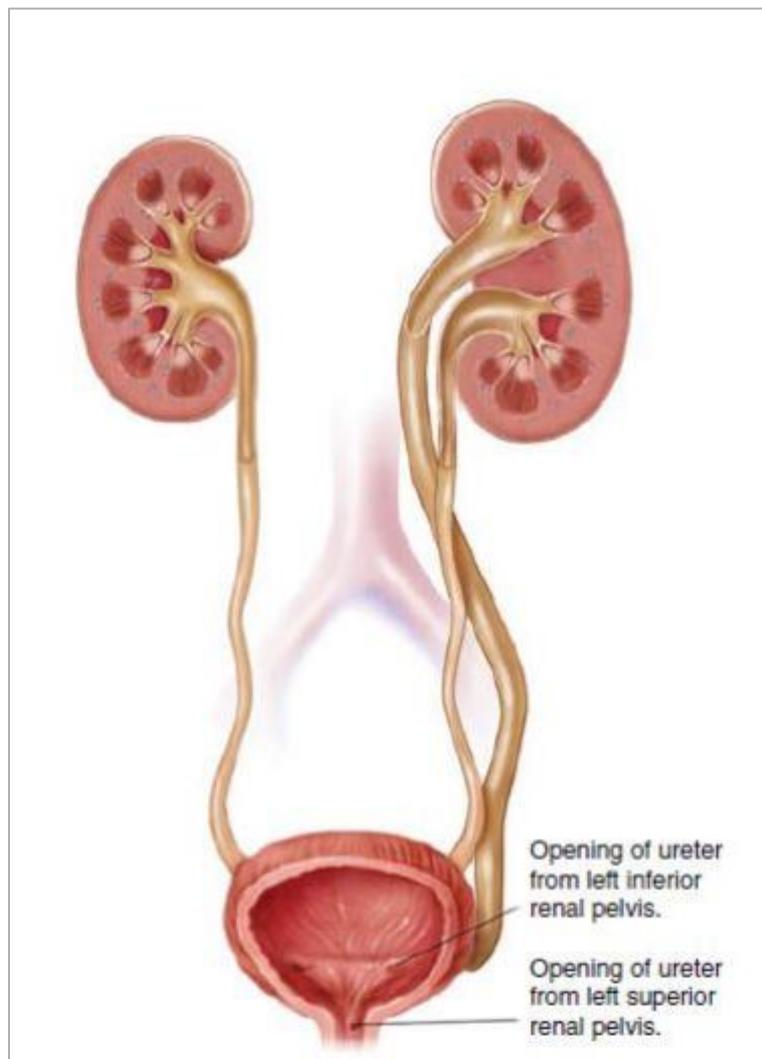


Figure 12 : Duplication urétérale.[2]

c) Obstruction de la jonction pyélo-urétérale :

C'est un rétrécissement fonctionnel de la jonction pyélo-urétérale résultat d'une hypoplasie musculaire ou d'une anomalie neuro-musculaire. L'absence de progression de l'onde péristaltique à cet endroit entraîne une obstruction fonctionnelle entraînant la dilatation progressive du bassinot rénal provoquant ainsi une stase. Ces deux caractéristiques entraînent des complications telles que la formation de calculs, des infections, des douleurs et une perte progressive du parenchyme rénal si la chirurgie corrective est retardée.[2]

d) Urétérocèle :

Généralement observées dans la partie supérieure d'un système duplex ou d'un uretère ectopique, elles sont dues à l'échec de la canalisation du bourgeon urétéral (Fig. 13).[2]



Figure 13 : Urétérocèle (Orthotopique et Ectopique) [9]

e) Abouchement urétéral ectopique :

Cette forme rare d'anomalie est souvent observée avec la partie supérieure d'un système duplex. Dans une unité rénale unique complètement développée, l'uretère peut se drainer dans l'urètre postérieur, la vésicule séminale ou le canal déférent.

Chez la femme, l'orifice peut se trouver dans l'urètre, le vagin ou le périnée, et présenter une incontinence.[2]

f) Méga-uretère :

Un uretère grossièrement dilaté avec une jonction urétéro-vésicale étroite est l'aspect typique de cette affection. Un segment péristaltique du segment distal en est la cause possible. Il peut y avoir un reflux associé. Cette anomalie peut être observée avec d'autres anomalies telles que le ventre prune et d'autres syndromes.[2]

g) Diverticules urétériques :

Cette anomalie rare est due à la variation du développement du bourgeon urétéral.[2]

7. Intérêt clinique :

Personne ne saurait trop insister sur l'importance de l'anatomie de tout organe pour un chirurgien. La connaissance de l'anatomie normale et de ses variations peut aider le chirurgien à éviter les traumatismes pendant les procédures qui impliquent la dissection de l'uretère. Les déchirures accidentelles, la transection, la ligature, les dommages thermiques causés par la diathermie, ligature, le scalpel harmonique ou l'énergie laser peuvent être réduits en séparant soigneusement l'uretère. Ces dommages thermiques peuvent être subtils et se manifester beaucoup plus tard lorsque la nécrose tissulaire se développe à la suite d'une ischémie. La connaissance de la vascularisation est importante. Éviter une mobilisation excessive peut prévenir le développement de sténoses ischémiques après une chirurgie urétérale. Bien que distensible, le diamètre de l'uretère doit être respecté. L'insertion d'instruments de grand diamètre entraîne invariablement des déchirures et une cicatrisation ultérieure.

Le recours croissant à l'urétéroscopie et l'utilisation de dispositifs tels que les lasers ont entraîné une augmentation des traumatismes urétériques iatrogènes.[2]

II. Physiologie de l'uretère :

1. Etudes anatomiques et fonctionnelles : [10]

L'histologie de l'uretère n'est pas constante sur toute sa longueur, son diamètre et son épaisseur ne sont pas uniformes.

La coupe transversale de l'uretère montre trois couches histologiques distinctes : la muqueuse, la couche musculaire et l'adventice [11].

La muqueuse urétérale est constituée d'un épithélium de transition, composé de quatre à six couches de cellules. On suppose que cet épithélium permet des changements au cours de la distension et de la contraction, grâce à la présence d'un matériau intracellulaire lubrifiant qui permet aux cellules de l'épithélium transitionnel de glisser l'une sur l'autre[12]. La couche superficielle de l'épithélium transitionnel sert de protection contre l'acidité de l'urine[13]. La lamina propria est une couche sous-muqueuse lâche, d'épaisseur variable, située entre la couche et l'épithélium de transition. Elle est constituée d'une grande quantité de fibres de collagène accompagnées de fibrocytes et de petits vaisseaux.

Le tiers supérieur de l'uretère présente une fine couche musculaire constituée de fibres musculaires qui apparaissent en petits faisceaux et sont séparées par du tissu conjonctif. Le tiers moyen de l'uretère présente trois couches musculaires : une couche circulaire bien développée, une couche longitudinale interne organisée et une couche longitudinale externe moins bien développée. L'étude de Satani [14] a révélé que les deux couches longitudinales présentent une augmentation de la quantité de fibres musculaires et de la taille de chaque faisceau musculaire à partir du tiers

inférieur, tandis que le muscle circulaire externe présente une diminution de taille au niveau du tiers inférieur. Le tiers inférieur de l'uretère est composé d'un grand nombre de fibres longitudinales et de quelques faisceaux circulaires faibles. L'adventice varie en épaisseur et est composée de tissu conjonctif aréolaire et fibro-élastique. La partie la plus basse de l'uretère, sur une distance de 3 à 4 cm, contient une couverture de tissu fibreux spécialisé possédant un groupe de fibres musculaires longitudinales situées d'un côté, appelée gaine de Waldeyer[15]. L'espace entre la gaine de Waldeyer et la paroi urétérale contient un tissu conjonctif lâche, qui sert de lubrifiant pour faciliter le léger mouvement entre l'extrémité inférieure de l'uretère et la paroi vésicale pendant la contraction et la relaxation de la vessie urinaire, et joue en outre un rôle dans la prévention de la régurgitation de l'urine [16].

2. Mécanismes de transport urétéral : [10]

Malgré son importance clinique exceptionnelle, le nombre de publications traitant des mécanismes cellulaires et physiologiques du contrôle de la contractilité du muscle lisse de l'uretère est limité. Les enregistrements de pression et les études électrophysiologiques intracellulaires et extracellulaires du bassinot du rein et de l'uretère ont établi qu'un potentiel d'action complexe « entraîné » précède chaque contraction péristaltique[17], [18]. Les membranes des cellules musculaires lisses de l'uretère sont polarisées et maintiennent un potentiel électrique à l'état de repos et de relaxation. La cellule contient une forte concentration de potassium et est électriquement négative. La dépolarisation de la membrane produit un potentiel d'action caractéristique, qui est conduit vers le bas le long de l'uretère.

Nous pouvons mieux comprendre les mécanismes responsables du potentiel d'action caractéristique de longue durée en utilisant les études de patch clamp. L'activité électrique dans l'uretère est initiée par des cellules contractiles avec une

activité de pacemaker dans le bassin rénal proximal[18], [19]. Elle se propage ensuite par des potentiels d'action à travers l'uretère vers la vessie et provoque des contractions péristaltiques dans les cellules musculaires lisses[20], [21]. Dans des conditions normales, le potentiel d'action du muscle lisse de l'uretère présente une composante initiale rapide, constituée de pointes répétées et progressivement décroissantes, et une composante ultérieure lente, appelée plateau. Le pic unique rapide initial est dû à l'entrée de Ca^{2+} lors de l'ouverture des canaux Ca^{2+} de type L gérés par le voltage, et peut être tronqué par le courant K^{+} rapide mais transitoire de type A. La phase de plateau est due à l'entrée continue de Ca^{2+} dans le muscle lisse de l'uretère, ce qui entraîne une diminution de l'activité. La phase de plateau est due à l'entrée continue de Ca^{2+} par des canaux Ca^{2+} à inactivation lente [22] et à la dépolarisation maintenue par le courant Ca^{2+} , et sera contrée par des courants K^{+} sortants, activés par le Ca^{2+} et gérés par le voltage.

Le potentiel d'action de l'uretère humain est caractérisé par son extrême longueur[23] qui dure plusieurs centaines de millisecondes. La majeure partie de cette durée est due à une phase de plateau prononcée. Dans une étude, Burdyga et Wray [24] ont montré que la durée de la phase de plateau a une influence sur la contraction urétérale via une influence directe sur le transitoire Ca^{2+} . Le potentiel d'action change en fonction de l'étirement, des facteurs métaboliques et physiques. Il est également influencé par les concentrations ioniques des fluides corporels immédiats, en particulier le potassium, le calcium, le sodium, l'hydrogène et d'autres ions[25], [26], [27]. La complexité du contrôle physiologique cellulaire de la durée du potentiel d'action peut être devinée à partir des travaux de Shabir et al.[28] ont montré que l'inhibiteur de la rho-kinase Y-27632 réduisait significativement la durée du potentiel d'action. Y-27632 réduisait significativement la durée du plateau du potentiel d'action

et produisait une réduction faible mais significative de l'amplitude de la composante du pic.

Il a été rapporté que les ondes lentes enregistrées à partir du muscle lisse du bassin rénal du lapin sont résistantes aux bloqueurs cholinergiques, noradrénergiques et neuronaux, ce qui suggère une origine purement myogénique[29]. La propagation des impulsions se produit comme un processus myogénique via la propagation électrotonique aux points de contact entre les cellules musculaires lisses de l'uretère[20]. Ce modèle prédit que l'interruption des potentiels d'action à n'importe quel endroit de l'uretère bloquera la propagation de la contraction. La conduction du signal entre le site du stimulateur cardiaque et la jonction pyélo-urétérale est lente ; de nombreux cas de blocage partiel ou total de la conduction ont été observés dans le bassin rénal[30]. On a supposé qu'un mauvais couplage entre les cellules ou un étirement pouvait être à l'origine du blocage de la conduction dans le bassin rénal[30]. Un bloc de conduction partiel existe entre le bassinnet du rein et l'uretère [31] dans les conditions d'une diurèse normale. Chaque contraction du pacemaker du bassinnet rénal ne se propage pas toujours vers l'uretère. Il a été suggéré qu'un mécanisme dépendant du débit urinaire déclenche le péristaltisme urétéral à la jonction pyélo-urétérale. Les forces d'étirement exercées sur la région pyélo-urétérale par l'accumulation d'urine augmentent la force de couplage jusqu'à ce qu'elles permettent à une onde d'excitation « pacemaker » de passer vers l'uretère[32]. Avec l'augmentation du débit urinaire, la fréquence des contractions péristaltiques atteint celle du pacemaker. D'autres augmentations de la production d'urine seront prises en compte par l'augmentation du volume du bolus, jusqu'à ce que l'uretère prenne la forme d'un canal ouvert[33].

3. Propriétés physiologiques et pharmacologiques du muscle

urétéral humain :

Il existe une diversité considérable dans l'organisation fonctionnelle cellulaire entre les différents types de muscles lisses et au sein des différentes espèces. Il est nécessaire d'étudier chaque type de muscle lisse comme une entité distincte et d'éviter l'extrapolation des données expérimentales entre le type de muscle lisse et l'espèce animale. Fondamentalement, il n'est pas possible d'utiliser un modèle animal pour tenter de comprendre la physiologie du muscle lisse urétéral humain.[2]

La majorité des chercheurs ont concentré leurs efforts sur l'isolement d'agents susceptibles d'entraîner une relaxation et une inhibition du péristaltisme urétéral, car ils considéraient l'hyperpéristaltisme et le « spasme urétéral » comme les facteurs initiaux de la douleur de la colique néphrétique. Il existe un nombre considérable de fausses idées sur l'étiologie de la colique néphrétique et le mécanisme de sa douleur. Il semble qu'il n'y ait aucune preuve factuelle à l'appui du concept selon lequel l'hyperpéristaltisme ou le spasme contribuent à la douleur de la colique néphrétique. [2]

Le nombre de publications scientifiques relatives à la physiologie de l'uretère humain au cours des vingt dernières années est relativement faible par rapport à l'intérêt pharmacologique pour la fonction vésicale et en particulier à la volonté des sociétés pharmaceutiques de fournir des médicaments efficaces pour l'hyperactivité vésicale. Le mécanisme d'action des prostaglandines et des inhibiteurs de la prostaglandine-synthétase dans le traitement de la colique néphrétique a déjà été mentionné. Cependant, en dehors de ces substances et de l'action plutôt surprenante du dioxyde de carbone, le muscle urétéral humain semble relativement inerte, notamment par rapport au muscle détrusor. [2]

Dans une série complète d'expériences *in vitro* utilisant la technique de microperfusion conçue pour assurer une bonne viabilité des tissus, l'auteur a pu définir les propriétés contractiles de base du muscle urétéral humain[34]. La tension produite lors d'une contraction phasique, initiée par une stimulation par champ électrique d'une préparation musculaire isolée, perfusée avec une solution physiologique, et empêchée de se raccourcir (contraction isométrique) a été utilisée comme indice de contractilité. Dans certaines conditions, comme l'augmentation de la concentration de potassium dans le superfusat, des changements dans la tension au repos ont été observés. Ces contractions ont été appelées réponses toniques. En utilisant ce modèle, l'effet de divers agents ajoutés au superfusat a été étudié.

La tétrodoxtine, une neurotoxine puissante provenant des ovaires de Fugu (un poisson japonais), inhibe la génération de potentiels d'action dans les fibres nerveuses, mais pas dans les muscles lisses, en bloquant sélectivement une augmentation de la conduction du sodium. L'insensibilité de la préparation à la tétrodoxtine dans n'importe quelle condition de stimulation, en l'absence d'effet de l'atropine, de la phénotolamine et propranolol suggèrent que les contractions provoquées par la stimulation du champ électrique sont dues à un effet direct sur le muscle et indépendantes du réseau nerveux autonome. Cette conclusion est d'une importance fondamentale. L'absence d'effet de l'acétylcholine, du carbachol et de l'isoprénaline constitue une preuve supplémentaire que les récepteurs cholinergiques et bêta-adrénergiques ne jouent aucun rôle dans la modulation de la contractilité de l'uretère humain *in vitro*. La noradrénaline a produit une réponse qui a pu être bloquée par la phénotolamine (bien que la phénotolamine seule n'ait eu aucun effet), ce qui suggère qu'elle est médiée par les récepteurs alpha. Cependant, les fortes concentrations requises pourraient rendre la réponse d'une signification

physiologique douteuse. Il apparaît que les réseaux nerveux locaux, bien que présents dans la paroi de l'uretère humain, sont relativement peu importants dans le contrôle de la contractilité urétérale. Cette situation contraste avec celle qui existe dans le muscle détrusor humain. [2]

Tableau 1 : Résumé des effets de divers agents sur la contractilité du muscle lisse urétérale.[2]

Aucun effet	Peu d'effet	Effet significatif
<ul style="list-style-type: none">· Tétrotoxine· Atropine· Phéntolamine· Propanolol· Acétylcholine· Carbachol· Isoprénaline· Glucagon· Métoprolol· HCO_3^-	<ul style="list-style-type: none">· Calcium· Noradrénaline	<ul style="list-style-type: none">· Indométacine· Diclofénac· Prostaglandine $\text{F}_2\alpha$· Prostaglandine $\text{E}_2\alpha$· Potassium· Dioxyde de carbone

ENDOPROTHESES

URETERALES DOUBLE J

Les endoprothèses urétérales sont des implants utilisés pour assurer le drainage des voies urinaires supérieures lorsqu'une obstruction de l'uretère est présente ou anticipée. Cette obstruction peut être due à des problèmes internes ou externes, tels qu'un œdème après manipulation de l'uretère, un rétrécissement de l'uretère, le passage de fragments de calculs ou une compression externe de l'uretère. Les endoprothèses sont également fréquemment utilisées en chirurgie reconstructive, où elles servent d'échafaudage pour une meilleure cicatrisation urétérale.[35]

Malgré les avantages apparents des sondes double J, leur utilisation peut être associée à des complications telles que l'infection, la migration, la perforation et l'incrustation[36]. En outre, près de 80 % des patients présentent des symptômes gênants liés à l'endoprothèse, tels que des lombalgies, hématurie, et les symptômes du bas appareil urinaire[37], d'où l'intérêt significatif pour développer la sonde ultime permettant un meilleur drainage accompagné d'une facilité d'insertion, et de retrait ainsi que la réduction des symptômes et des infections associés.[38]

I. Historique des sondes double J :

L'intubation du système urinaire à l'aide de tubes creux pour le drainage remonte à l'Égypte antique[39]. À cette époque, le sondage vésical était pratiqué pour soulager les douleurs liées aux rétentions urinaires, en utilisant divers matériaux végétaux tels que des roseaux, des pailles et des feuilles de palmier recroquevillées[40]. En Chine, on a documenté l'utilisation de feuilles d'allium séchées, minces et creuses, pour drainer les vessies obstruées[40]. Cependant, la fragilité de ces matériaux posait des problèmes d'insertion et de rupture, ce qui a conduit à l'adoption de matériaux plus rigides comme l'or, le cuivre, le bronze et l'étain[39], [40].

Des avancées significatives ont été réalisées par Galien (131–210 av. J.–C.), qui a décrit un cathéter métallique en forme de S, adapté tant aux hommes qu'aux femmes, tandis qu'Avicenne a proposé un modèle de cathéter plus malléable[40], [41]. La vulcanisation du caoutchouc, décrite par Goodyear, a révolutionné la fabrication des cathéters en permettant de les mouler dans diverses formes[40], [41]. Cela a conduit à la création par Auguste Nelaton d'un cathéter en caoutchouc rouge, offrant une flexibilité accrue et une insertion moins traumatisante[39], [40]. Le besoin d'un système d'auto-rétention a stimulé le développement de plusieurs mécanismes, parmi lesquels le cathéter à ballonnet auto-rétentif (cathéter de Foley) s'est imposé.

Le développement des sondes urétérales n'a suscité qu'un intérêt limité jusqu'à l'avènement du cystoscope au XIXe siècle[40]. Gustav Simon, un chirurgien allemand, a été le premier à sonder l'uretère avec des tubes creux lors d'une cystostomie ouverte[40], [42]. Alexander Brenner, un chirurgien autrichien, a rapporté le premier cathétérisme urétéral endoscopique vers 1887. Les chirurgiens de l'hôpital John

Hopkins ont ensuite reproduit cette procédure chez une femme, puis chez un homme en 1893[43].

Les premières endoprothèses urétérales, bien que radiotransparentes et non graduées, n'étaient pas spécifiquement conçues pour cet usage[40]. Joaquin Albarran, reconnu pour ses innovations en instrumentation urologique, a conçu les premiers modèles manufacturés de "stents" destinés au cathétérisme urétéral[40].

Le XXe siècle a vu des progrès majeurs dans la technologie des sondes. Dans les années 1940, l'introduction de plastiques tels que le polyéthylène et le polyvinyle a permis d'améliorer la rigidité et l'efficacité des endoprothèses et des cathéters, tout en conservant leur flexibilité[44]. En 1949, J.P. Herdman a étudié l'utilisation de tubes en polyéthylène dans les uretères sur un modèle animal, observant l'incrustation des sondes et ses effets néfastes sur les reins[44]. W.S. Tulloch a réparé avec succès une lésion urétérale bilatérale à l'aide de sondes en polyéthylène, notant leur propreté après neuf jours[45].

L'introduction du silicone a encore amélioré l'insertion, la résistance à l'incrustation et aux infections, faisant du cathéter en silicone le "Gold Standard"[46]. Dans les années 1960, Blum a étudié l'implantation de cathéters en silicone chez le chien, ne constatant aucune incrustation après plusieurs mois, ce qui a encouragé Paul D. Zimskind à utiliser des tubes en silicone comme endoprothèses urétérales par cystoscope en 1967 [47]. Zimskind a traité avec succès 13 patients présentant des obstructions malignes, des fistules urétéro-vaginales et des sténoses urétérales, laissant les endoprothèses en place jusqu'à 19 mois [47].

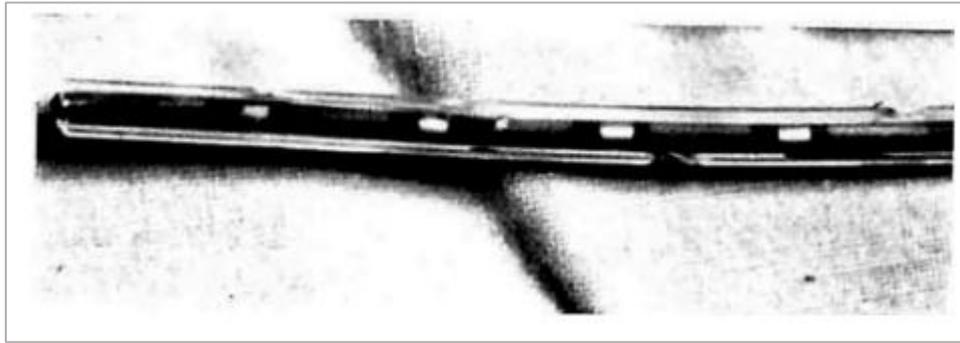


Figure 14 : Sonde en silicone utilisée par Zimskind.[2]

En 1970, Marmar a produit une endoprothèse en silicone avec une pointe proximale fermée, facilitant sa mise en place cystoscopique sur guide [48]. Orikasa et ses collègues ont modifié cette technique en utilisant un tube en polymère dur comme poussoir, améliorant ainsi l'efficacité du maintien de l'endoprothèse lors du retrait du guide [49].

Les avancées ultérieures se sont concentrées sur le maintien de l'endoprothèse après la mise en place cystoscopique. En 1974, l'endoprothèse de Gibbons a été introduite pour empêcher la migration distale grâce à des barbes acérées et une bride distale pour prévenir la migration proximale. Cependant, ces améliorations ont augmenté le diamètre de l'endoprothèse, rendant son insertion plus difficile, et le système de bride pour prévenir la migration proximale s'est révélé inefficace[50].

En 1978, Hepperlen et al. ont décrit une nouvelle endoprothèse en polyéthylène avec une boucle proximale en queue de cochon et une bride distale efficace, tout en conservant un diamètre d'insertion adéquat (6Fr). Leur technique, basée sur l'insertion initiale d'un guide en téflon par voie endoscopique jusqu'au bassin rénal avant la pose de l'endoprothèse sur le guide en téflon, constitue la base de la technique moderne de mise en place des sondes [51].

En 1978 Roy Finney fit part de son expérience en utilisant de nouvelles sondes double J en silicone [52], cette dernière peut être posée par voie endoscopique ou par une chirurgie à ciel ouvert. Les extrémités des sondes double J ont été façonnées dans des directions opposées (Fig. 15) de sorte que la boucle proximale peut s'accrocher au bassin rénal, tandis que la boucle distale s'enroule à l'intérieur de la vessie. Cette sonde a permis de prévenir la migration proximale, et en surélevant le bout distal de la sonde elle a permis de réduire l'inconfort ressenti, en empêchant la sonde de piétiner le trigone vésical [53]. En 1978 la sonde double J a été acceptée par les urologues du monde entier signant ainsi son succès immédiat.

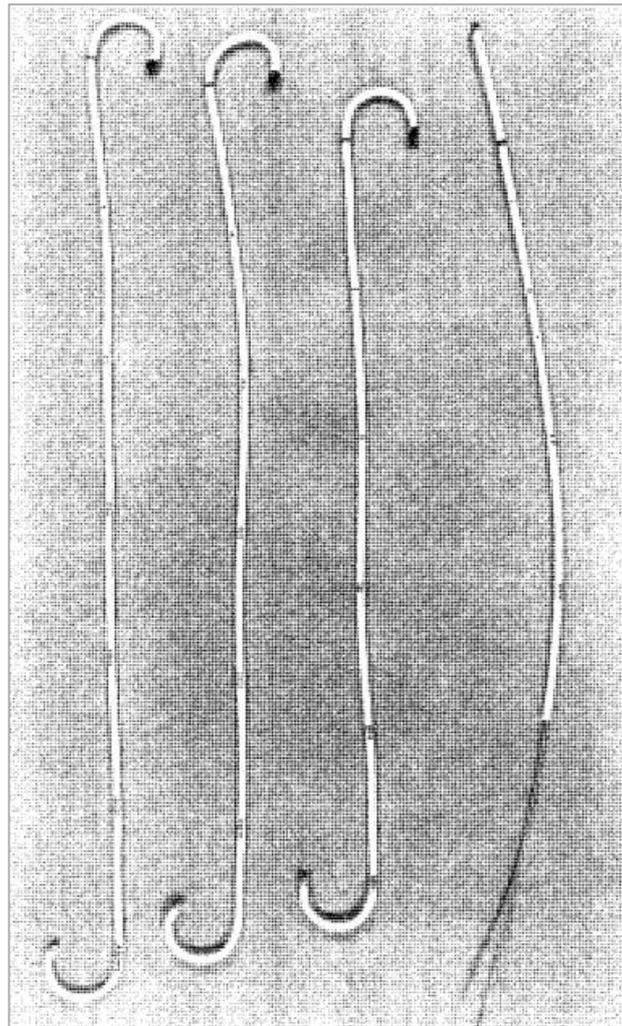


Figure 15 : Longueurs de 3 sondes différentes et une sonde redressée avec un guide pour le passage (utilisée par Finney).[53]

II. Matériaux des sondes double J :

Au XXe siècle, la naissance de nombreux matériaux polymères a permis le développement de nombreux nouveaux types de cathéters urétéraux, d'endoprothèses, de tubes de néphrostomie et d'autres biomatériaux utilisés dans les voies urinaires. Parmi les matériaux développés, les exemples sont légion citons l'utilisation continue du caoutchouc latex (polyisoprène), ainsi que le polyéthylène, le polychlorure de vinyle, le polyuréthane, le silicone et une myriade de polymère exclusifs.[2]

Aujourd'hui, il existe une variété de matériaux que nous utilisons toujours, avec certaines itérations qui remontent à ces matériaux originaux. Ils seront énumérés systématiquement dans les sections suivantes, en se concentrant principalement sur les matériaux des endoprothèses urétérales. Il s'agit du polyuréthane, du silicone, du polyester, des mélanges hydrogel/uréthane/silicone, du polyisobutylène, du polystyrène, de l'acide polyglycolique, du polyméthacralate et des endoprothèses métalliques.[2]

Il n'est pas possible de décrire tous les matériaux, mais certains aspects fondamentaux doivent être connus afin de pouvoir choisir les sondes les plus adaptées aux différentes indications (sonde de courte ou de longue durée, etc.). [54]

Les sondes dont la surface est traitée avec un polymère hydrophile ont, une fois mouillées, un taux de frottement quasi nul à l'usage, ce qui facilite le passage des sténoses. Cet avantage, qui est également disponible pour les guides d'application, comporte le risque (surtout pour le débutant) de perdre la sonde dans les voies urinaires supérieures. Ce type de traitement de surface des sondes est très positif, mais doit être manipulé avec précaution.[55]

Grâce à une meilleure compréhension de la science des matériaux, nous pouvons nous attendre à de nouvelles améliorations des biomatériaux disponibles en pratique.

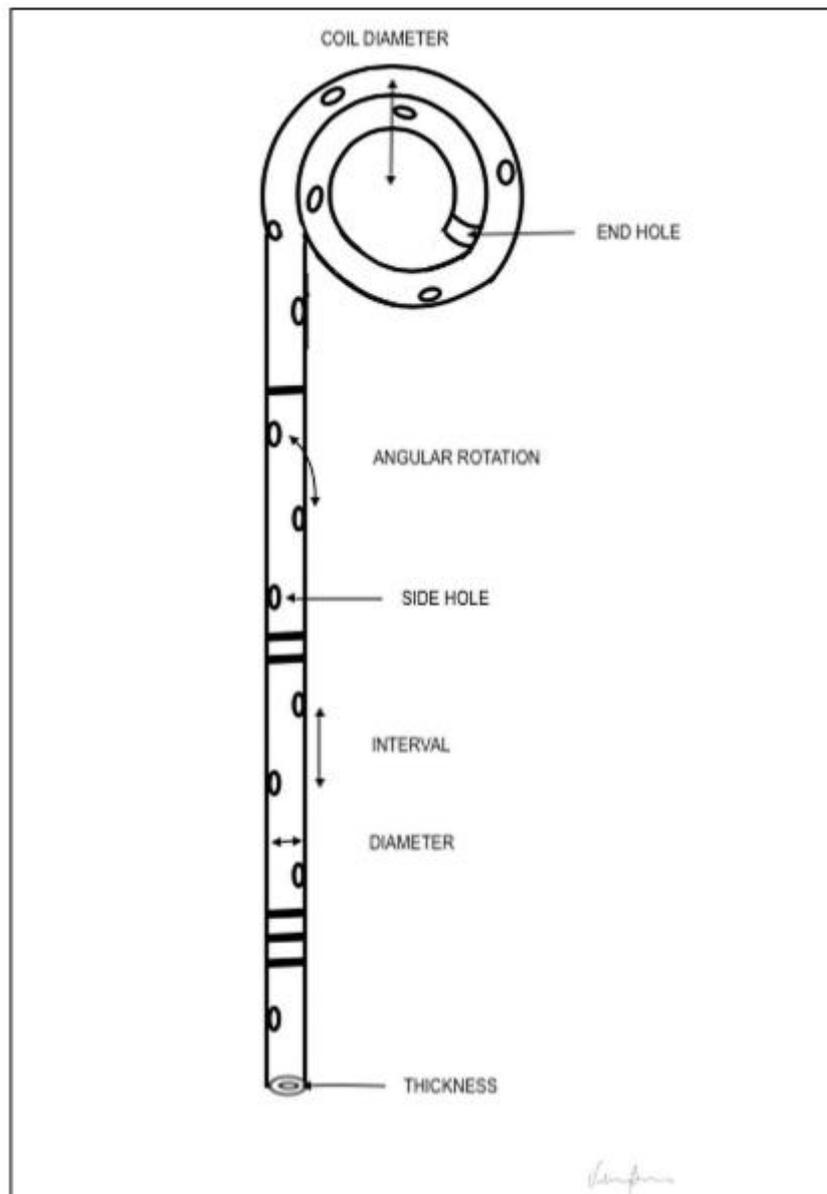


Figure 16 : Anatomie de l'endoprothèse urétérale.[56]

1. Silicone et Silitek :

Le silicone a été introduit pour la première fois dans les années 1960 et est composé d'une alternance d'atomes de silicone et d'oxygène. Il s'agit d'un biomatériau considéré comme « Gold Standard » en termes de compatibilité tissulaire en raison de sa nature non toxique et inerte [57]. Malgré sa grande biocompatibilité, on a constaté que son efficacité de drainage était inférieure à celle d'autres matériaux [58]. En raison de sa surface uniforme, il y a moins d'irrégularités qui constituent des points d'appui pour les bactéries et les calculs. En termes d'incrustation, l'incidence des calculs de struvite et de phosphate de calcium hydroxyapatite est moindre que celle des matériaux à base de polyuréthane. Cependant, les calculs de carbonate de calcium et d'oxalate de calcium sont toujours susceptibles de s'incruster [52], [59].

Globalement, le taux d'adhésion bactérienne est plus élevé avec ce matériau qu'avec le polyuréthane. Ce fait, associé au coefficient de friction élevé du silicone, a conduit à ne pas utiliser le silicone pur comme endoprothèse. Les revêtements de lécithine, polymères est devenu courant. Un exemple en est Silitek (ACMI/Olympus, Southborough, MA), un copolymère de polyester qui est ferme et résiste donc à la compression extrinsèque. Cependant, il a également été démontré qu'il présentait des taux d'adhésion bactérienne plus élevés[60].

En raison de leur grande flexibilité et de leur résistance élevée aux frottements, ces sondes sont difficiles à insérer avec des fils-guides classiques. Il convient donc d'utiliser des fils-guides hydrophiles. Le rapport diamètre externe/diamètre interne de la lumière est très négatif, ce qui explique les petits diamètres de la lumière et donc le risque d'obstruction rapide. L'effet mémoire des extrémités du cathéter est très limité, avec un risque élevé de déplacement secondaire. Ce type de sonde est généralement mieux toléré et utilisé à court terme.[55]



Figure 17 : Sonde double J en silicone.[61]

2. Polyuréthane :

Le polyuréthane (PUR) appartient à une classe de polymères de condensation. Il est polyvalent et peu coûteux par rapport à de nombreux autres matériaux pour endoprothèses. Parfois connu comme le polymère de troisième génération, il a remplacé le polyéthylène dans les années 1980 et a été largement utilisé, dû à la nature instable du polyéthylène dans l'environnement urinaire qui le rendait sujet à des fractures.[2]

Le polyuréthane est chimiquement composé d'un squelette de groupes carbamate avec des liaisons uréthane. Il est créé à partir d'une réaction entre un polyol et un diisocyanate. Le polyuréthane a tendance à s'incruster davantage que le silicone, principalement à cause de l'oxalate de calcium, de la struvite et de l'hydroxylapatite.[52]

En termes d'adhérence bactérienne, l'Escherichia Faecalis est observée plus fréquemment, tandis que l'Escherichia Coli moins fréquemment, par rapport au silicone. Sans surprises le taux d'incrustation est significativement plus élevé chez les patients qui ont des antécédents d'urolithiase comparativement à ceux qui ne l'ont pas[52], [62].

En ce qui concerne les propriétés mécaniques, les fractures sont le plus souvent observées au niveau des trous de drainage. De plus, il a été conclu que l'urine s'écoule principalement autour de ces sondes creuses, plutôt que de les traverser[63].

Le PUR est un matériau presque idéal, combinant la flexibilité du silicone et du PVC avec des méthodes de production relativement simples. C'est le matériau préféré des fabricants pour les sondes double J. Il présente une faible résistance au glissement, ce qui facilite la mise en place, mais sa surface est plus « rugueuse » que celle du silicone, du Silitec ou du C-Flex, ce qui provoque des réactions inflammatoires importantes de l'urothélium notamment des ulcérations et des érosions urothéliales. C'est le type de cathéter le plus courant sur le marché, mais ce n'est pas le plus idéal.[55]



Figure 18 : Sonde double J en polyuréthane.[64]

3. Polyuréthane modifiés et matériaux exclusifs :

Tecoflex est un polyuréthane aliphatique à haute radio-opacité. Sa propriété d'assouplissement peu de temps après son insertion a conduit à son utilisation. Cependant on a constaté qu'il s'incrustait fortement d'oxalate de calcium monohydraté, de protéines et d'acide urique. L'endoprothèse urétérale Quadra-Coil Multi-Lenght (Olympus), recouverte d'un revêtement hydrophile, est un exemple d'endoprothèse construite avec du Tecoflex.[2]

Chronoflex et Hydrothane sont des polyuréthanes modifiés. Aucun d'autre eux n'est actuellement en production commerciale. Un autre matériau expérimental datant de la fin des années 1990, Aquavene (Menlo care, Menlo Park, CA, USA) est fabriqué à partir d'un mélange de polymère hydrophile et d'un mélange uréthane/silicone/polychlorure de vinyle. Groman et al. ont décrit la capacité de la sonde à s'assouplir lorsqu'elle est hydratée, tout en étant plus ferme lorsqu'elle est sèche. Dans une étude de flux urinaire simulé sur 24 semaines, elle présentait une résistance supérieure à l'incrustation et blocage intraluminal, mais cette étude a été réalisée avec de l'urine artificielle et non in vivo [65].

Le Percuflex est un copolymère bloc oléfinique breveté (Boston Scientific, Natick, MA, USA) qui s'assouplit et devient flexible à température ambiante [66]. Il présente des taux d'incrustation similaires à ceux du polyuréthane et des profils d'adhérence tout aussi similaires (*Enterococcus* spp.) bien que ses caractéristiques physiques soient meilleures[66].

Les fabricants proposent une variété d'autres produits utilisant ce matériau, dont certains sont dotés d'un revêtement hydrophile, d'un double duromètre, de boucles de vessie plus souple. Le marché des endoprothèses urétérales est

aujourd'hui assez saturé de mélanges de polyuréthane modifiés et de « matériaux exclusifs », qui peuvent inclure une variété de mélanges de polymères qui restent souvent la propriété du fabricant. Un autre polymère polyuréthane modifié utilisé aujourd'hui est le Sof-Flex (Cook Medical, Bloomington, IN, USA). Les avantages de ce polymère propriétaire incluent une faible surface de friction, mais il est sujet à l'incrustation de carbonate de calcium et d'oxalate [66].

Un autre polymère utilisé par Cook Medical dans la production des sondes est le C-flex. Il s'agit d'un mélange de copolymères séquencés styrène/éthylène/butylène/ Styrène. Il a l'avantage d'être très résistant aux forces de compression externes, mais n'est efficace que dans un environnement exempt de protéines [58], [67]. L'urine qui elle contient des protéines, impose davantage de modifications pour cette sonde.

Un autre exemple de mélange de polyuréthane modifié et de matériaux exclusifs dans la composition d'une endoprothèse est le mélange de polytétrafluoroéthylène (PTFE) et de matériaux exclusifs dans les endoprothèse Inlay et Inlay Optima (Brad Medical, Covington, Ga, USA). Ces derniers ont une tendance moindre à l'incrustation par rapport aux autres matériaux. Ces endoprothèses sont également dotées d'un revêtement exclusif qui facilite la mise en place, et réduit l'accumulation de sel, appelé « PHreeCoat ».[2]

4. Polychlorure de vinyle :

Le chlorure de polyvinyle (PVC) est transparent, relativement rigide, hydrophobe et résistant aux milieux acides. Il permet la fabrication de sondes avec un très bon rapport diamètre interne-diamètre externe, et donc un haut flux. Ces sondes sont relativement rigides, permettant le franchissement de certaines sténoses. L'effet

mémoire des extrémités est bon, d'où un taux de déplacement secondaire très réduit. Ses inconvénients sont sa tendance à l'incrustation, et sa dépolymérisation qui rend la sonde plus dure et « cassante » lors d'un long contact avec les urines, de ce fait ils ont été abandonnés. Ce type de sonde est idéal pour des sondages à court terme, en prévision d'un geste chirurgical prochain. [55]

5. Endoprothèses métalliques :

Il existe plusieurs types d'endoprothèses métalliques, notamment les endoprothèses en nitinol recouverts de polytétrafluoroéthylène auto-expansibles, les endoprothèses thermoexpansibles et les endoprothèses en alliage de nickeltitane expansibles par ballonnet. L'un des principaux défis des endoprothèses métalliques est le taux élevé de migration dû à l'incapacité du revêtement du matériel à ancrer correctement la sonde.[2]

Une des sondes commercialisées fait d'un alliage de nickel-cobalt-chromemolybdène (Resonance, Cook Medical), peut être explorée par l'imagerie à résonance magnétique (IRM) si des paramètres spécifiques sont respectés. Ces sondes sont préférées chez les patients présentant une obstruction maligne et nécessite une surveillance par le biais de l'imagerie.[2]

La mise en place et le changement de ces sondes peuvent être plus difficiles que ceux des sondes en polymère, mais des études ont montré que la force extrinsèque nécessaire pour les comprimer est nettement supérieure à celle des sondes Silhouette, Sof-curl, Percuflex et Polaris Ultra[68].

Cette sonde a été commercialisée pour permettre des durées d'implantation allant jusqu'à un an, mais nécessite une surveillance rigoureuse afin de détecter tout signe d'incrustation.

Dans une étude multicentrique, l'incrustation était difficile à visualiser sur un cliché d'arbre urinaire sans préparation (AUSP) en raison de la radio-densité des endoprothèses. Par conséquent si une incrustation est cliniquement suspectée (infection urinaires récurrentes, augmentation des symptômes liés à l'endoprothèse, aggravation de l'hydronéphrose), une cystoscopie peut être indiquée pour mieux évaluer le degré d'incrustation sur la boucle distale.[69]

6. Revêtements :[56]

Le revêtement des endoprothèses pourrait être une solution pour réduire les complications associées aux endoprothèses. Les revêtements peuvent être divisés en quatre catégories : lubrifiants, antimicrobiens, anti-encrassement et émetteurs de médicaments.

Les revêtements lubrifiants sont constitués d'un matériau hydrophile qui offre une faible friction de surface [66] ; l'hydrophilie décourage l'adhésion des surfaces bactériennes hydrophobes [70].

Les stents recouverts d'hydrogel sont hautement biocompatibles et ont un faible coefficient de friction ; avec l'ajout d'un antimicrobien, ils peuvent réduire la croissance bactérienne [71], [72]. Cependant, le gel hydrophile seul ne réduit pas l'adhésion bactérienne [70].

L'héparine utilisée comme revêtement peut théoriquement résister à l'incrustation et à l'adhésion d'organismes cellulaires [65], [72]. Des études in vitro n'ont pas démontré une réduction de l'adhésion bactérienne [72].

Les stents enduits de polyvinylpyrrolidone ont une surface douce, lisse et non adhésive, ce qui les rend très lubrifiants. Même l'adhésion bactérienne semble être réduite [66].

Le PTFE (Teflon™) a un faible coefficient de frottement [73] et a été étudié comme stockage à libération lente pour l'administration de lipides liposomaux et de médicaments liposomaux[74].

L'argent inhibe l'activité enzymatique et déstabilise les membranes bactériennes, réduisant ainsi la formation de biofilms [75]. Il possède une activité antimicrobienne à large spectre sans être toxique comme d'autres métaux lourds [72]. En fait, ce revêtement a été largement étudié pour les sondes urétrales, mais on manque encore d'informations sur son utilisation dans les stents urétéraux [70].

Les revêtements anti-encrassement créent un environnement hydrophile à la surface de l'endoprothèse qui réduit l'adhésion bactérienne et cellulaire [66], [75]. Les irrégularités à la surface de l'endoprothèse créent en effet un substrat favorable à l'adhésion des cristaux, des molécules biologiques et des micro-organismes [70].

Des revêtements à élution médicamenteuse ont été développés pour éviter l'adhésion microbienne et pour surmonter l'inconfort et les complications liés aux stents, comme l'hyperplasie cellulaire. Un revêtement des endoprothèses spécial peut être fabriqué avec des antibiotiques et des antimicrobiens (Tachyplestin, Triclosan), des anti-inflammatoires non stéroïdiens (Kétorolac), de la povidone iodée, de la chlorhexidine et des médicaments antitumoraux [56], [66], [72], [76].

**Tableau 2 : Résumé des revêtements les plus couramment utilisés à ce jour
pour les endoprothèses urétérales. [75]**

Innovation dans le matériau	Commentaires clés du fabricant ou rapportés dans une publication scientifique	Exemple commercial ou méthode d'étude rapportée
Héparine	Prévention de la formation de biofilm et d'incrustations	Étude in vivo sur des patients humains
Polyvinylpyrrolidone (PVP)	Fournit une surface non adhésive grâce à ses propriétés lubrifiantes et hydrosolubles	Étude in vitro
Antibiotique	Prévention de la croissance des bactéries pathogènes urinaires, propriétés antimicrobiennes, libération de médicaments	Étude in vivo sur un modèle de rat
Carbone (type diamant)	Diminution de la formation de biofilm et d'incrustations	Étude in vivo sur des patients humains
Acide hyaluronique	Prévention de la croissance et de la nucléation des sels, diminution de l'assimilation des protéines à la surface	Étude in vitro sur un modèle de rat
Triclosan	Prévention de la croissance des uropathogènes et des bactéries, risque potentiel de développer une résistance bactérienne	Études in vivo, par exemple avec le stent Triumph™ (Boston Scientific, USA)
Argent	Par rapport aux sondes ordinaires, les sondes revêtues d'argent semblent mieux prévenir la formation de biofilm ; cependant, une utilisation prolongée de ces revêtements peut potentiellement provoquer de l'argyrie	Étude in vitro sur un modèle d'infection végétale
Gendine	Prévention du biofilm et des infections urinaires	Étude in vivo sur un lapin

Chitosane	Prévention du biofilm, en particulier un dérivé avec le polyméthacrylate de méthyle (PMMA)	Étude in vitro
Acide salicylique	Libération d'acide salicylique, due à l'hydrolyse du revêtement de polyacrylate de salicyle dans un environnement aqueux, prévient la formation de biofilm	Étude in vitro
Hydrogel	Les propriétés de haute solubilité dans l'eau fournissent une fine couche d'eau qui empêche potentiellement la création d'un film de conditionnement et de biofilm. Cependant, les résultats sont variables en ce qui concerne le niveau d'efficacité de ce revêtement.	Étude in vitro (dans de l'urine humaine)

7. Orientations futures : Matériaux biodégradables et changements dans la conception :

Les matériaux et polymères biodégradables sont à la pointe de la technologie en matière de conception d'endoprothèses urétérales. Les plus remarquables sont les TUDS (Temporary Ureteral Drainage Stents), le PGA (l'acide polyglycolique) et le PLA (l'acide polylactique). Les TUDS « Temporary Ureteral Drainage Stents » (Boston Scientific), sont composés d'un matériau polymère breveté. Elles ont été conçues pour permettre un drainage sans intervention pendant 48 heures après une urétéroscopie non compliquée, sans aucune intervention pour le retrait.[77]

Une autre endoprothèse biodégradable, Uriprene TM, a été développée. Semblable aux fils de suture résorbable, elle est composée de deux couches : une maille extérieure hydrophobe qui se dissout rapidement, et une bobine interne qui elle prend plus de temps à se dissoudre et qui fournit une structure.[78]

Un autre matériau biodégradable est l'acide polyacétique (PLA). Le PLA est un polyester aliphatique qui a été testé sur des chiens pour évaluer les changements de la fonction rénale pendant le processus de biodégradation. De même, l'acide polyglycolique (PGA) est un polymère thermoplastique linéaire d'acide glycolique.

Aucune incrustation ni adhérence de biofilm n'a été observée sur la sonde en PGA, mais ses propriétés mécaniques médiocres ont limité son utilisation. A noter que ces sondes n'ont pas été testées chez l'homme et ne sont pas actuellement en production commerciale [60].

8. Tissus autologues et tissus d'ingénierie :

Ces dernières années, l'utilisation de l'intestin grêle pour le remplacement chirurgical de segments urétraux a été étudiée chez le porc. Les résultats étant mitigés, cette étude reste purement expérimentale [79]. Des sondes issues de l'ingénierie tissulaire ont également été étudiées. Des chondrocytes d'épaule de bovins fabriqués sur un échafaudage en maille d'acide polyglycolique ont été examinés à la fois in vitro et in vivo, et il a été démontré qu'elles pouvaient résister à des degrés élevés de pression [80]. Ces résultats sont prometteurs pour la conception des futures endoprothèses.[2]

Les endoprothèses biodégradables pourraient constituer à l'avenir une option pour les patients nécessitant la pose systématique d'une endoprothèse à court terme, mais des inquiétudes subsistent quant à leur dégradation incomplète [2].

La conception des endoprothèses, en revanche, est l'un des domaines qui a fait l'objet de nombreux essais scientifiques et qui a évolué au cours du siècle dernier avec une grande variété de matériaux, de revêtements et de conceptions disponibles. Une endoprothèse idéale n'est toujours pas une panacée, mais les solutions

potentielles résideraient dans de nouvelles évolutions techniques à une époque où l'utilisation clinique des endoprothèses urétérales est de plus en plus répandue.[56]

Peut-être que la combinaison de ces deux idées – les stents biodégradables à élution médicamenteuse – devra être exploitée dans le cadre d'une utilisation clinique. Il sera difficile d'éviter complètement l'utilisation des sondes JJ conventionnelles, mais il est certain qu'elles deviendront plus biocompatibles, des endoprothèses sur mesure (peut-être par impression 3D) pour s'adapter à l'anatomie du patient et réduire ainsi une partie de la morbidité.[2]

Tableau 3 : Avantages et désavantages des différents biomatériaux.[2]

Matériau	Produits commerciaux	Avantages	Inconvénients
Silicone	Silitek	Excellente biocompatibilité, réduit la formation de calculs de struvite et de phosphate de calcium, haute résistance à la compression externe	Réduit l'efficacité du drainage, favorise la formation de calculs de carbonate et d'oxalate de calcium, adhérence bactérienne plus élevée
Polyuréthane modifié	Tecoflex	S'assouplit rapidement, facile à insérer, propriétés physiques améliorées	Forte incrustation de carbonate et d'urate d'ammonium
	Percuflex	Souple et lisse, propriétés physiques améliorées	Très compressible
	Sof-Flex	Faible coefficient de friction	Augmente la formation de calculs de carbonate et d'oxalate de calcium
	Inlay/Optima	66-79% d'incrustation en moins par rapport aux concurrents	
	C-Flex	Très résistant à la force externe	Adhérence bactérienne plus élevée
Alliages métalliques	Resonance	Très haute résistance à la compression externe	Incrustation difficile à détecter
Matériaux biodégradables	TUDS	Presque entièrement éliminé en 15 jours	Petit nombre de ruptures et de fragments résiduels
	Uriprene	Aucun fragment résiduel rapporté	4 semaines pour se dissoudre complètement

III. Modifications urétérales sur sonde double J :

La présence d'une sonde urétérale entraîne des modifications histologiques au niveau de l'uretère et du bassinet et des modifications urodynamiques. Ces phénomènes doivent également être pris en compte dans le choix du type de sonde.

1. Modifications histologiques :

Une sonde double J provoque un œdème sous-muqueux, quelle que soit sa biocompatibilité. Lors d'une intervention chirurgicale, plusieurs semaines après la pose (alors que les phénomènes inflammatoires primaires dus à la stase ont déjà disparu), on a observé un œdème de la graisse périurétérale et péripyéllique. Cet œdème explique également pourquoi, après le retrait d'une sonde double J, une stase résiduelle peut être observée à l'échographie pendant plusieurs jours ou semaines.[55]

2. Modifications urodynamiques :

Contrairement à certaines publications où le drainage urinaire est décrit comme se produisant principalement autour de la sonde plutôt qu'à l'intérieur de la lumière de la sonde [81], les modifications sont beaucoup plus subtiles et dépendent du degré de la sténose. [55]

a) Uretère non obstructif et à obstruction réduite :

Dans un uretère sans stase, la majeure partie de l'urine s'écoule hors de la sonde, propulsée par le péristaltisme urétéral [82]. Selon Mardis [83], les sondes perforées sur toute leur longueur semblent avoir un débit deux fois plus élevé que la même sonde perforée uniquement aux extrémités pyélique et vésicale. Cependant, ces cathéters multiperforés sur toute leur longueur posent un problème : le flux

urinaire, comprimé par l'onde péristaltique, est dirigé vers la lumière du cathéter et n'est plus propulsé vers la vessie.

Dans un premier temps, après la pose d'un double J, on observe une légère augmentation de la pression intrapyélique et une augmentation du péristaltisme urétéral. Avec le temps, ils diminuent et on observe un élargissement de la lumière urétérale (jusqu'à trois fois son diamètre initial) [84]. La mise en place de la sonde double J provoque un reflux vésico-urétéral par sa lumière, qui transmet la pression intravésicale aux cavités pyélocalicielles. Ce reflux peut être mis à profit pour un contrôle radiologique de positionnement ou de perméabilité de la sonde lors d'une cystographie rétrograde. En pratique, le bon drainage urinaire de la sonde doit être fait lors du contrôle échographique à vessie vide.

b) Uretère obstructif :

Dans un uretère obstructif, l'urine ne peut s'écouler que par la lumière de la sonde[83]. In vivo, plus la sténose est proximale, plus le débit est faible. Ce débit dépend de la longueur de la sonde et de son diamètre luminal (lois de Poiseuille), ce qui explique l'avantage probable des sondes multiperforées sur toute leur longueur (bien que le débit endo-exo-luminal soit un effet négatif). En contrepartie, le reflux vésico-urétéral à travers la sonde est facilité et la pression vésicale est transmise aux cavités pyélocalicielles. En cas de fistule urinaire urétérale ou de mauvaise fonction rénale ne récupérant pas après la mise en place d'une sonde urétérale double J, ces phénomènes d'augmentation de la pression sur l'obstacle associés à un reflux « iatrogène » doivent conduire à la mise en place d'une sonde vésicale [82] ou d'une sonde mono-J.[55]

IV. Indications de la montée de sonde :[85]

La principale indication de la sonde JJ est de maintenir la perméabilité du haut appareil urinaire en cas de son obstruction aiguë ou chronique, intrinsèque ou extrinsèque. Voici quelques indications courantes de l'insertion d'une sonde double J :

- **Soins postopératoires :**

Après certaines interventions chirurgicales urologiques, comme celles qui concernent les reins, les uretères ou la vessie, une sonde double J peut être insérée pour faciliter la cicatrisation et prévenir les complications. Elle permet d'assurer un bon drainage et de minimiser le risque de sténoses postopératoires.

- **Traitement des calculs rénaux :**

En cas d'obstruction par des calculs rénaux, une sonde double J peut être utilisée pour faciliter le passage de l'urine et empêcher le reflux de l'urine dans le rein.

- **Sténoses de l'uretère :**

Les cathéters double J sont utilisés pour maintenir l'uretère ouvert et maintenir un flux d'urine régulier, en particulier dans les cas où les sténoses provoquent une obstruction.

- **Prévention du reflux :**

Dans certains cas, la sonde peut être utilisée pour empêcher l'urine de s'écouler de la vessie vers le rein, ce que l'on appelle le reflux vésico-urétéral.

- **Drainage temporaire :**

Le cathéter peut être utilisé pour un drainage temporaire en cas de blocage ou d'obstruction de l'uretère, permettant à l'urine de contourner l'obstruction et de s'écouler correctement.

- **Procédures de diagnostic :**

Les cathéters double J sont parfois utilisés lors d'interventions diagnostiques ou chirurgicales, pour permettre l'injection d'agents de contraste à des fins d'imagerie.

- **Prise en charge des traumatismes :**

En cas de lésions traumatiques des voies urinaires, telles que des lésions urétérales graves, un cathéter double J peut être utilisé pour apporter un soutien et faciliter le processus de cicatrisation.

V. Technique de mise en place d'une sonde double J : [55]

C'est une technique radiochirurgicale qui est réalisée sous rachianesthésie, anesthésie générale, locale [86] ou neuroleptanalgie. Une table de radiographie avec amplificateur de brillance ou une unité mobile de fluoroscopie est indispensable.

1. Examens complémentaires préopératoires :

a) Examens biologiques :

A la recherche d'une anémie, une hyperleucocytose, des troubles de coagulation ou un trouble hydroélectrolytique, qui peuvent nécessiter une dialyse préopératoire ou une transfusion sanguine, un bilan sanguin minimal fait de numération formule sanguine, bilan de crase, urée, créatinine, glycémie, ionogramme doit être réalisé.

b) Examens radiologiques :

En urologie l'échographie rénovésicale est le premier examen mettant en évidence la stase urinaire. Une tomodensitométrie (TDM) ou une imagerie par résonance magnétique (IRM) peuvent compléter le bilan étiologique qui demeure important pour poser les indications.

2. Positionnement du patient :

En décubitus dorsal, en position de la taille tout en contrôlant les points d'appui (escarres). L'inclinaison en Trendelenburg ou anti-Trendelenburg est variable suivant les chirurgiens (8-10°).

3. Technique standard :

Cette technique constitue la technique la plus sûre et la plus efficace pour un chirurgien débutant, malgré le fait qu'elle soit plus onéreuse et technique :

- Vérification de l'indication.
- Positionnement du patient en position de taille.
- Désinfection locale et champage.
- Introduction du cystoscope muni du levier d'Albaran (Fig. 19), optique 70°.
- Cystoscopie systématique et minutieuse de la vessie.
- Repérage des orifices urétéraux (Fig. 20)
- Introduction de l'extrémité d'une sonde urétérale dans l'orifice de l'uretère en stase. [87] (Fig. 20)



Figure 19 : Cysto-urethroscope Albarran.[88]

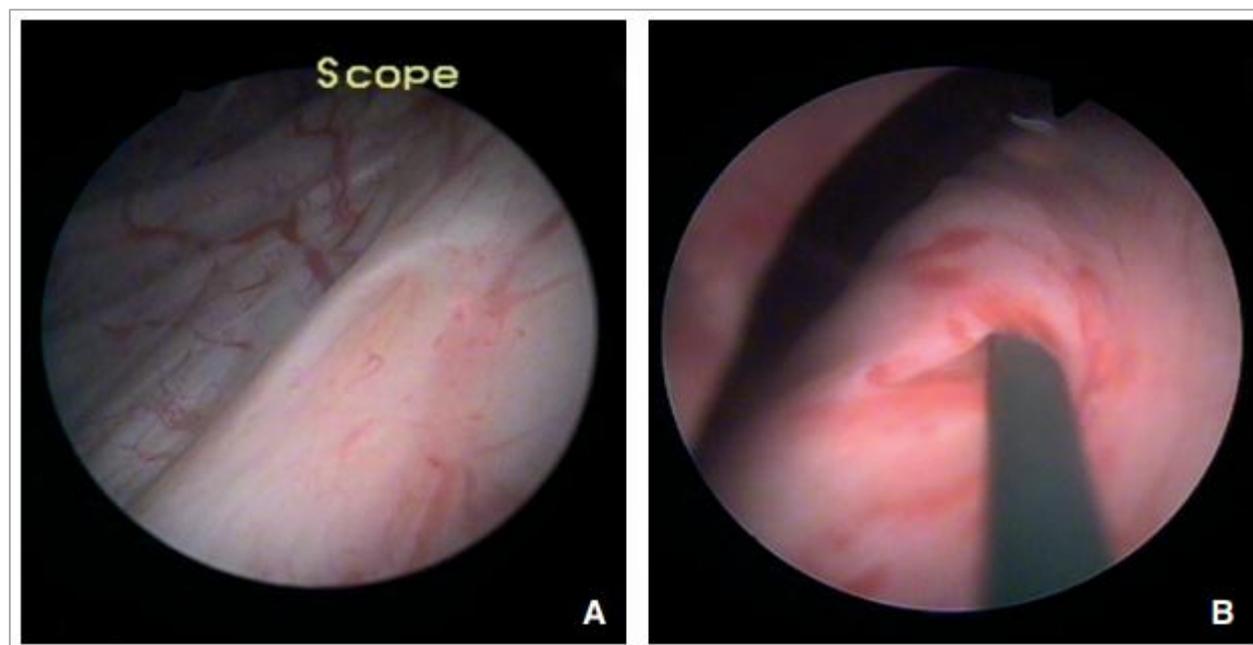


Figure 20 : Localisation de l'orifice urétéral gauche (A) et intubation urétérale avec le fil-guide hydrophile (B).[55]

La sonde avec extrémité de type Tiemann à orifice central est préférée pour sa légère courbure, donnant ainsi une plus grande « dirigeabilité », permettant ainsi de passer des coudures ou des siphons. Durant toutes les manœuvres réalisées, l'endoscope doit être tenu fermement au contact immédiat de l'orifice urétéral (maximum 1 cm) et dans l'axe de l'uretère terminal, pour éviter la formation de boucles du guide ou de la sonde dans la vessie. L'introduction s'effectue, sans forcer, sur quelques millimètres pour réaliser sans grande pression l'injection manuelle à la seringue de quelques millilitres (5-10 ml, ou jusqu'à visualisation de l'obstacle) de produit de contraste radio-opaque dilué (au demi) pour l'urétéropyélographie rétrograde. Il faut éviter les extravasations de produit de contraste et les ruptures du fornix, et ne jamais chercher à passer en force l'obstacle à l'aide du produit de contraste. La pyélographie rétrograde permet de se faire une « image » de l'uretère et de l'orientation du bas uretère, de poser éventuellement un diagnostic étiologique (lithiase, tumeur), de visualiser le niveau et la sévérité de l'obstacle à franchir.

Deux situations sont possibles. En l'absence de passage du produit de contraste, il est peu vraisemblable qu'une sonde ou un guide passe, et il vaut mieux passer rapidement à la néphrostomie percutanée. Néanmoins, en cas de compression extrinsèque (adénopathie), en l'absence d'infiltration tumorale (à la TDM), il est légitime de faire un essai de passage avec un guide hydrophile. Il faut amener la sonde urétérale à bout Tiemann au contact de l'obstacle et tenter, par des manœuvres répétées de modification de l'orientation de la sonde urétérale et de la pression exercée sur le guide, de faire passer le guide au-dessus de l'obstacle [87].

En cas de passage de produit de contraste, le levier d'Albarran permet d'aligner la sonde dans l'axe de l'orifice à cathétériser. Puis la sonde est avancée jusque sous l'obstacle. Le guide à extrémité flexible, de préférence hydrophile et légèrement

courbé (Fig. 21), est poussé jusqu'à apparaître à la pointe de la sonde puis à travers l'obstacle. Seul le guide est alors poussé en avant dans l'uretère, et sa progression suivie sous fluoroscopie, en bénéficiant de l'opacification urétérale rétrograde préalable. Dès que le guide a franchi l'obstacle, la sonde urétérale est poussée jusque dans le bassinet. Le guide hydrophile est alors retiré pour permettre, à l'aide d'une seringue, de prélever un échantillon d'urine pour un examen cyto bactériologique. Ceci apporte également un délestage de la pression et évite lors de la pyélographie de contrôle de provoquer une rupture du fornix ou une translocation bactérienne. L'opacification rétrograde par la sonde urétérale confirme la bonne position de celle-ci dans les cavités. Son extrémité supérieure doit se trouver dans le bassinet ou la tige calicielle supérieure, mais sans dépasser le fond de celui-ci, une sonde trop poussée dans le rein pouvant être responsable d'hématurie.

La position idéale étant légèrement au-dessus de la jonction pyélo-urétérale. On met ensuite en place un guide simple non hydrophile pour éviter les déplacements involontaires dus à l'extrême réduction du facteur de frottement du guide hydrophile.

On retire la sonde urétérale tout en maintenant le guide en position pyélique par contrôle fluoroscopique. On met alors en place la sonde double J (l'usage de sondes hydrophiles ou à surface traitée est avantageux pour le passage de la sténose). Si l'on ne dispose pas de ces matériaux, le silicone médical en spray est une bonne alternative. La sonde est montée sur le guide et introduite dans le cystoscope.

L'instrumentiste maintient le fil-guide de telle façon que, lors de la montée de la sonde double J, il ne soit pas entraîné avec le risque de perforation que cela induit.

La sonde est alors poussée, d'abord manuellement, puis à l'aide d'un poussoir, sous contrôle optique (repères sur la sonde) et radioscopique (positionnement au

niveau du bassinnet). Dès que la sonde double J atteint le bassinnet, le guide est retiré de quelques centimètres pour voir en fluoroscopie le début de l'enroulement par effet mémoire. Dès que l'enroulement dans le bassinnet est satisfaisant, le guide est retiré complètement. Pour larguer la sonde double J, sans la faire remonter dans l'uretère, on change l'orientation du cystoscope en ciblant le méat urétéral controlatéral tout en enfonçant le poussoir. Lorsqu'il apparaît dans le champ optique, l'extrémité vésicale de la sonde a quitté le cystoscope et est larguée. On contrôle le bon positionnement de la sonde dans la vessie et le pyélon avec réalisation de clichés fluoroscopiques de référence.

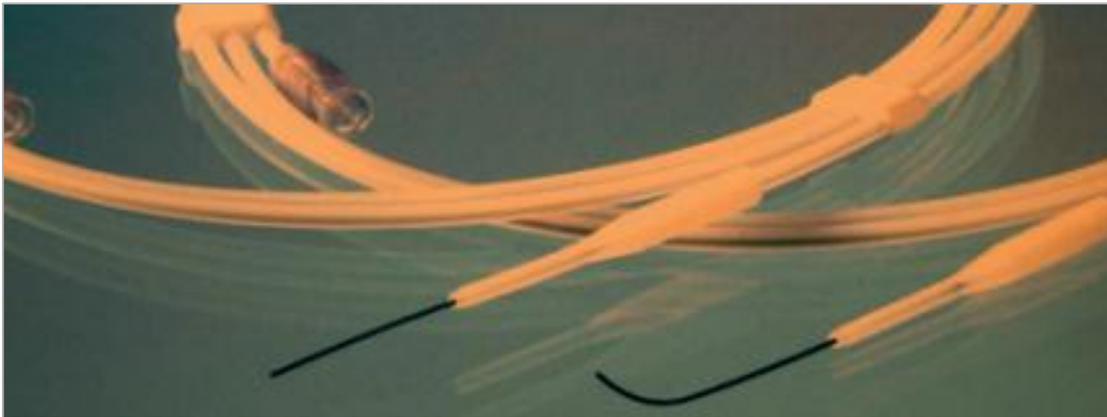


Figure 21 : Guide monofil hydrophile à extrémité droite et en J.

VI. Suivi du patient en post-opératoire :

Quel que soit le type de dérivation urinaire, un suivi s'impose pour éviter toute complication. Il s'ajoute au suivi spécifique de la cause de l'obstacle. À court terme, il convient de rechercher un syndrome de levée d'obstacle qui peut mettre en jeu le pronostic vital du patient (troubles hydroélectrolytiques, hypovolémie, arrêt cardiaque), une absence de reprise de diurèse (par déshydratation, hypovolémie, choc hémorragique ou septique, dysfonction de la dérivation, destruction du rein, etc.), un saignement (hématurie, hématome rénal/rétropéritonéal, anémie, hypovolémie, caillotage de sonde) ou des signes infectieux dus aux manipulations dans un haut appareil urinaire infecté. Le suivi régulier à long terme doit comporter un interrogatoire avec examen clinique (douleurs, fièvre, infection, irritation vésicale par la sonde double J, diurèse, etc.) et reprise des conseils au patient (diurèse abondante : 2 litres par 24 heures), mictions régulières (toutes les deux heures, sans poussée abdominale), un ECBU (mais sans prophylaxie, ni antibiothérapie systématique), et un contrôle du positionnement et du fonctionnement de la sonde (abdomen sans préparation, échographie) et du rein (scintigraphie).

VII. Les complications de l'endoprothèse urétérale double J :

Bien que la conception des endoprothèses ait considérablement évolué, l'endoprothèse idéale n'a pas encore été mise au point. Une endoprothèse parfaite sera sans complications ni conséquences. Les effets secondaires associés sont directement proportionnels au temps. Par conséquent, le retrait d'un stent le plus tôt possible est le meilleur moyen de réduire ses effets indésirables.[89]

1. Incrustation :

Il constitue le risque majeur et varie d'un patient à l'autre. Un malaise, fièvre, douleurs, réduction de la diurèse sur rein unique, doivent faire suspecter une incrustation.[55]

C'est une complication courante qui peut nécessiter une intervention chirurgicale pour faciliter son retrait [55], [90]. Acosta-Miranda et al. ont mis au point un système de classement des endoprothèses appelé « Forgotten, Encrusted and Calcified » (oubli, incrustation et calcification) pour faire face au problème de l'incrustation et de la calcification [91]. Il est important de noter que l'incrustation est une complication sérieuse de l'utilisation de l'endoprothèse urétérale, qui peut affecter la procédure de retrait. Parfois, une décoloration de l'endoprothèse se produit en raison du dépôt d'urine qui facilite l'incrustation [92]. Les endoprothèses urétérales biodégradables offrent des avantages cliniques en ce qui concerne les incrustations ou la formation de biofilms. [89]

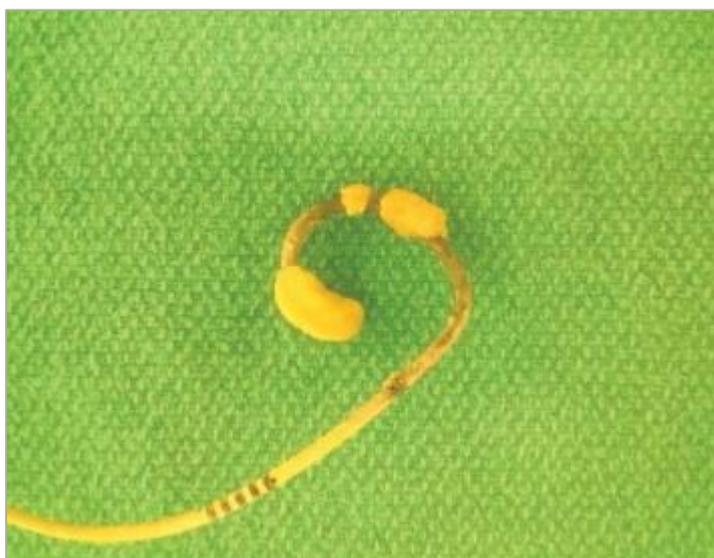


Figure 22 : Boucle distale incrustée de l'endoprothèse urétérale. [2]

2. Lithiase :

Conséquence de l'incrustation, elle peut toucher les deux boucles proximale ou distale, posant ainsi un problème lors du changement de sonde. Pour la boucle distale, la désintégration du calcul peut se faire à l'aide des méthodes habituelles de lithotritie endoscopique. La boucle proximale quant à elle nécessite une lithotritie extra-corporelle ou une néphrolithotomie percutanée sur calcul pyélique. [55]



Figure 23 : AUSP montrant une incrustation de la sonde compliquée de deux gros calculs, l'un au niveau de la boucle pyélique et l'autre au niveau de la boucle vésicale. [93]

3. Infection urinaire :

Les infections urinaires peuvent se développer après la mise en place du stent ou peuvent être une extension de la maladie sous-jacente [94]. Dans la plupart des cas, cela peut être évité par une dose d'antibiotique prophylactique, ou dans des conditions connues, l'insertion du stent peut être reportée.

Bien que l'incidence de la colonisation des endoprothèses soit de 42 à 90 %, seul un sous-ensemble de patients dont les cultures d'endoprothèses sont positives développe des infections urinaires symptomatiques [95]. Les patients les plus vulnérables sont ceux qui présentent une maladie systémique, telle qu'une néphropathie diabétique ou une maladie rénale chronique, ainsi que ceux dont la durée de portage est supérieure à 90 jours [96], [97]. Les films trouvés sur les endoprothèses urétérales sont souvent composés de multiples espèces Gram-positives et Gram-négatives, ce qui rend inefficace l'antibiothérapie basée sur un seul isolat urinaire [87].

4. Malposition :

La malposition est un placement incorrect de l'endoprothèse qui peut entraîner la pénétration de l'endoprothèse dans l'uretère ou le parenchyme rénal, provoquant un hématome ou un urinome. La longueur de l'endoprothèse doit être choisie de manière à éviter les malpositions. Tout symptôme maladif observé chez les patients doit être pris en charge rapidement et évalué à l'aide d'une technique d'imagerie permettant de reconnaître la position de l'endoprothèse. [89]

5. Migration :

La migration de l'endoprothèse dans l'uretère peut résulter du péristaltisme si l'endoprothèse est fabriquée avec des matériaux plus souples ou si elle est revêtue d'un matériau hydrophile. [89]

Ce phénomène n'est plus observé avec les nouvelles sondes. La migration peut se faire dans le bassin ou dans la vessie. Dans les deux cas, le drainage est insuffisant. [55]

6. Rupture de sondes :

Elles sont rares (0.3% à 10%) selon El-Faqih et al.[98] et Monga et al.[99]. Elles dépendent du type de matériau, de la perte de certains composants de polymérisation, de la perte chimique de l'assouplisseur, et de facteurs mécaniques lors de la pose ou de l'extraction (défaut ou lésion de matériau).

Le polyéthylène a été abandonné en tant que matériau de construction lorsqu'il est devenu évident que les endoprothèses en ce matériau sont devenues cassantes et fracturées après des temps de séjour relativement courts [100]. Une rupture du stent a également été signalée avec de nouveaux matériaux [98], [101]. La plupart des fractures se produisent aux sites de fenêtrage, mais les fenestrations sont considérées comme une composante intégrale pour optimiser le flux à travers la sonde. L'incrustation est également susceptible de jouer un rôle dans la fragmentation des stents, ces deux complications augmentant de façon prédominante en proportion directe des temps de séjour [98], [102].

7. Lombalgies :

Malgré les avancées actuelles dans la conception des sondes, certains patients ressentent une gêne désagréable, voire une douleur sourde continue du flanc

homolatéral au sondage. Les anticholinergiques et/ou anti-inflammatoires non stéroïdiens constituent le traitement de base.[55]

8. Hématurie :

Conséquence du frottement de la boucle proximale lors des mouvements respiratoires, au frottement de l'enroulement vésical sur la muqueuse ou suite à une infection. C'est une hématurie plus ou moins importante et persistante. Un examen cyto bactériologique des urines est nécessaire ainsi qu'un éventuel traitement anticoagulant.[55]

9. Troubles irritatifs vésicaux :

Après élimination d'une cystite bactérienne, des ténésmes vésicaux sont constatés dans 7% des cas et sont liés à la boucle distale qui irrite directement le col ainsi que le trigone vésical. Le traitement fait appel aux anticholinergiques. [55]

10. Reflux vésico-urétéral :

Source de pyélonéphrite récidivantes ou de douleurs rénales lors des mictions. Le reflux vésico-urétéral est pratiquement permanent du fait que le drainage met en rapport direct la pression vésicale avec celle des cavités pyélocalicielles. Les mesures visant à réduire ce phénomène font appel à une vidange vésicale fréquente (toutes les deux heures), sans poussée abdominale, à pression réduite (miction en position assise). [103]

11. Incontinence urinaire :

Cette complication survient presque exclusivement chez la femme, l'extrémité vésicale de la sonde s'engage spontanément dans l'uretère lors d'une miction. Une fibroscopie sous anesthésie locale permet un repositionnement sans problème. [55]

12. Fistule urétéro-artérielle :

Elle est exceptionnelle et essentiellement rencontrée chez les patients irradiés portant des sondes double J à demeure sur de longues périodes. Elles présentent un contexte d'urgence mettant en jeu le pronostic vital. Les antécédents du patient et une hématurie massive avec caillottage de vessie sont typiques [104]. La cystographie avec le reflux du produit de contraste dans la sonde double J montre un caillottage partiel de la vessie, un caillottage des cavités pyélocalicielles et un passage du produit de contraste dans l'artère iliaque (Fig. 24). Dans la plupart des cas une méthode standard de diagnostic, de ce fait la réalisation d'un scanner et d'une angiographie est nécessaire pour la mise en place d'un stent artériel non fenêtré [55].



Figure 24 : Fistule urétéro-artérielle sur sonde double J.[55]

VIII. Changement de sonde : [55]

Le changement d'une sonde double J doit toujours se faire en connaissance de l'étiologie de l'obstacle, des éventuels problèmes qu'il y a eu lors de la pose (pose sans difficulté, sténose franchissable avec ou sans difficulté, obstacle lithiasique après LEC) et de la situation actuelle (sonde incrustée par exemple). Bien qu'effectué sous contrôle radioscopique, il est plus prudent de réaliser le changement de la sonde double J en le combinant simultanément avec le contrôle optique via cystoscopie. Il est très tentant chez la femme, dont l'urètre est court, de faire le changement de sonde par la technique de Seldinger et uniquement sous fluoroscopie.

Le risque de perte de sonde dans le haut appareil urinaire n'est pas négligeable. Dans les poses simples et/ou avec obstacles faciles à franchir, on peut procéder à l'ablation complète de la sonde et à la repose d'une nouvelle sonde selon la technique standard (cf. supra). Dans les poses difficiles, avec fausse route, sténose serrée, coudures, siphons multiples, ou drainage provisoire avec une simple sonde urétérale en attendant une amélioration de la situation locale, deux techniques sont possibles.

La première technique consiste à extraire la sonde double J jusqu'au méat urétral, en prenant soin de laisser l'extrémité proximale de la sonde dans le haut appareil urinaire ou au moins au-dessus de la sténose. Un guide simple est alors monté jusqu'au bassinnet à travers la sonde, qui est ensuite retirée :

- Avant l'introduction du cystoscope dans l'urètre, le poussoir de la nouvelle sonde double J est placé dans le canal opérateur du cystoscope. Le guide est passé d'une manière rétrograde dans le cystoscope à travers le poussoir. Le poussoir est retiré, puis le cystoscope introduit sur guide dans la vessie, sous contrôle visuel.

- Alternativement, l'usage d'un cystoscope compact qui permet, après avoir enfilé le guide hors de l'urètre, de le suivre sous contrôle visuel. Alternativement plus délicate et pour opérateur plus expérimenté, dans les cas d'urétrorragie ne permettant pas de contrôle visuel : la gaine du cystoscope est remise en place sur le guide et poussée jusqu'à la vessie en respectant le trajet anatomique. La gaine glisse spontanément jusqu'à la coudure bulbo-membranaire. Sous légère poussée prograde, on abaisse le fermoir et la gaine glisse sans problème dans la vessie. Le guide est chargé sur le levier d'Albarran abaissé. De cette manière, le guide ne peut s'échapper de l'Albarran qui « racle » la gaine. C'est le seul moyen d'éviter un enroulement autour de l'optique et de l'Albarran qui rend alors impossible la montée de sonde.

Le cystoscope est mis en place dans l'axe de l'uretère et la nouvelle sonde est positionnée comme dans la technique standard.

La deuxième technique est à utiliser si la sonde est incrustée, la lumière obstruée, le guide ne passant pas par la lumière de la sonde. Le cystoscope est introduit dans la vessie et un guide hydrophile est monté entre le méat urétéral et la sonde double J à changer jusqu'au pyélon. L'ancienne sonde double J est extraite et une nouvelle sonde est montée sur le guide selon la même méthode que décrite dans la première technique.

Dans certains cas, le changement de sonde peut être impossible, une néphrostomie doit alors être mise en place.

RUPTURE DES SONDÉS

DOUBLE J

I. Définition et généralité :

Depuis 1967 [47], la pose de stents urétéraux a acquis une place fondamentale en urologie, parallèlement au développement des procédures endo-urologiques. Les stents urétéraux sont utilisés dans diverses indications telles que la transplantation rénale, l'oncologie uro-génitale, les traumatismes et la chirurgie reconstructive [105]. Le polyuréthane, en raison de son faible coût, de sa grande polyvalence et de sa disponibilité, est couramment utilisé pour la fabrication des stents urétéraux.

Depuis son introduction, des complications ont été rapportées, entraînant une morbidité significative. Des douleurs, des symptômes irritatifs de la vessie et de la fièvre sont des signes de complications précoces liées aux stents urétéraux en polyuréthane ; de plus, des complications tardives, telles que l'incrustation, les infections et la fragmentation, sont plus problématiques [106], [107]. Les cas de fragmentation de stents urétéraux sont rares [108], [109] et sont classés comme étant de grade 3 sur la classification de Clavien des complications chirurgicales [110].

La "Stenturie", c'est-à-dire l'élimination naturelle des fragments de stent dans les urines, est considérée comme un signe caractéristique de cette complication. Le mécanisme à l'origine de cette fragmentation est lié à une altération des matériaux constituant le stent. [111]

II. Facteurs de risque :

De nombreux mécanismes pouvant provoquer la fragmentation des sondes urétérales double J ont été mentionnés. Le plus courant est l'infection. La dépolymérisation se produit sur le matériau suite à l'infection. Un autre mécanisme est le vieillissement de l'endoprothèse. Une défaillance du matériau due au vieillissement peut se développer et l'endoprothèse peut devenir cassante au lieu

d'être flexible. Dans ce cas, les ruptures sont observées plus fréquemment sur les parties où l'endoprothèse se plie en particulier (au niveau des coudes). [112], [113]

L'incrustation peut également jouer un rôle dans la fragmentation des stents, ces deux complications augmentant principalement en proportion directe avec la durée de séjour. [98], [102]

1. Durée d'implantation :

À l'heure actuelle, les causes précises de la fragmentation des endoprothèses sont encore inconnues et les fractures surviennent généralement après une longue période d'in situ, avec pour mécanisme le durcissement et la perte de résistance à la traction [114]. Diverses études ont mis en évidence la période allant de l'insertion à la rupture, avec une fourchette comprise entre 3,5 et 24 mois [115], [116].

2. Infections urinaires :

Un autre mécanisme important supposé être impliqué dans la dégradation du stent se réfère à l'hostilité du milieu urinaire. Ilker et al. ont décrit l'importance du contact prolongé de l'urine et de l'inflammation avec l'endoprothèse double J en ce qui concerne la détérioration de l'endoprothèse par la libération d'enzymes lysosomales. L'auteur a également mentionné que la présence de leucocytes dans l'urine est plus importante dans le déclenchement de la rupture que la présence d'une infection urinaire [108].

3. Lithiases urinaires : [117], [118]

La lithiase urinaire joue un rôle majeur dans les complications des sondes double J, particulièrement concernant l'incrustation et la rupture. Les mécanismes impliqués sont multiples :

La sonde double J sert de noyau pour l'agrégation cristalline, surtout en cas d'infection urinaire associée. Les bactéries hydrolysent l'urée en ammoniacque, augmentant le pH urinaire et favorisant la précipitation des cristaux phosphocalciques. Ces dépôts calciques fragilisent progressivement le matériau de la sonde.

L'incrustation débute généralement aux deux extrémités (vésicale et pyélique) où le flux urinaire est ralenti. La présence de cristaux provoque une réaction inflammatoire locale qui favorise davantage l'adhésion cristalline. Cette incrustation progressive rend la sonde plus rigide et moins élastique, augmentant le risque de rupture au niveau des zones de stress mécanique.

4. Facteurs mécaniques :

D'autre part, la partie physique du stent qui est pliée lors de l'insertion semble être plus susceptible de se rompre que le reste du stent. Cette situation a été démontrée par Mardis et Kroeger dans une étude et ils ont conclu que le coudage (pliage) lors de l'insertion de l'endoprothèse doit être évité [100]. De la même manière, Zisman et al ont souligné qu'un autre point faible vulnérable à la rupture est représenté par les trous latéraux présents sur les endoprothèses[101].

5. Caractéristiques physiques de la sonde :

La composition de l'endoprothèse joue un rôle majeur dans le processus de fragmentation de l'endoprothèse. Des matériaux tels que le polyuréthane, le C-Flex, le Percuflex, le Silitek, le Silicone et le métal sont aujourd'hui utilisés pour les endoprothèses. Le matériau idéal pour une endoprothèse urétérale doit être chimiquement stable dans le milieu urinaire, résistant à l'infection et à l'incrustation,

peu ou pas irritant et peu coûteux. À l'heure actuelle, le matériau idéal pour les endoprothèses est encore en cours de recherche. [119]

Cependant, l'utilisation de l'endoprothèse en polyuréthane a augmenté en raison de ses propriétés polyvalentes, de son faible coût et de ses grands trous latéraux qui améliorent le drainage de l'urine et augmentent le flux d'urine luminal[54]. Par ailleurs, certaines études indiquent que les endoprothèses en silicone présentent plus d'avantages que les endoprothèses en polyuréthane en raison du risque plus faible de calcification et de la possibilité de maintenir la résistance à la traction pendant une longue période [120]. En ce qui concerne l'accélération du processus de vieillissement, Zisman et al ont montré qu'un matériau d'endoprothèse modifie ses propriétés flexibles en cas d'exposition prolongée à un environnement spécifique [101].

III. Diagnostic et prise en charge :

1. Circonstance de découverte :

La découverte d'une rupture de sonde double J peut être soit d'une manière fortuite, soit révélée par des symptômes septiques (fièvre et frissons), irritatifs (douleurs lombaires ou au niveau du flanc, dysurie et rétention urinaire) et hémorragiques (hématurie).

2. Imagerie :

Bien que la rupture d'une sonde double J puisse parfois être suspectée cliniquement, l'imagerie médicale joue un rôle essentiel dans la confirmation du diagnostic et l'évaluation de l'étendue des lésions. L'AUSP (Appareil Urinaire Sans Préparation) est souvent suffisant pour détecter la présence d'un fragment de sonde ou une dilatation des voies urinaires (Fig. 25). Néanmoins, l'échographie ou

l'uroscanner sans injection de produit de contraste, peuvent être nécessaires pour obtenir une visualisation plus précise du fragment, de sa localisation et de ses éventuelles complications, et pour évaluer de manière plus précise la présence ou pas d'incrustation et son étendue. Ces examens permettent d'évaluer la gravité de la situation et d'adapter la stratégie thérapeutique.

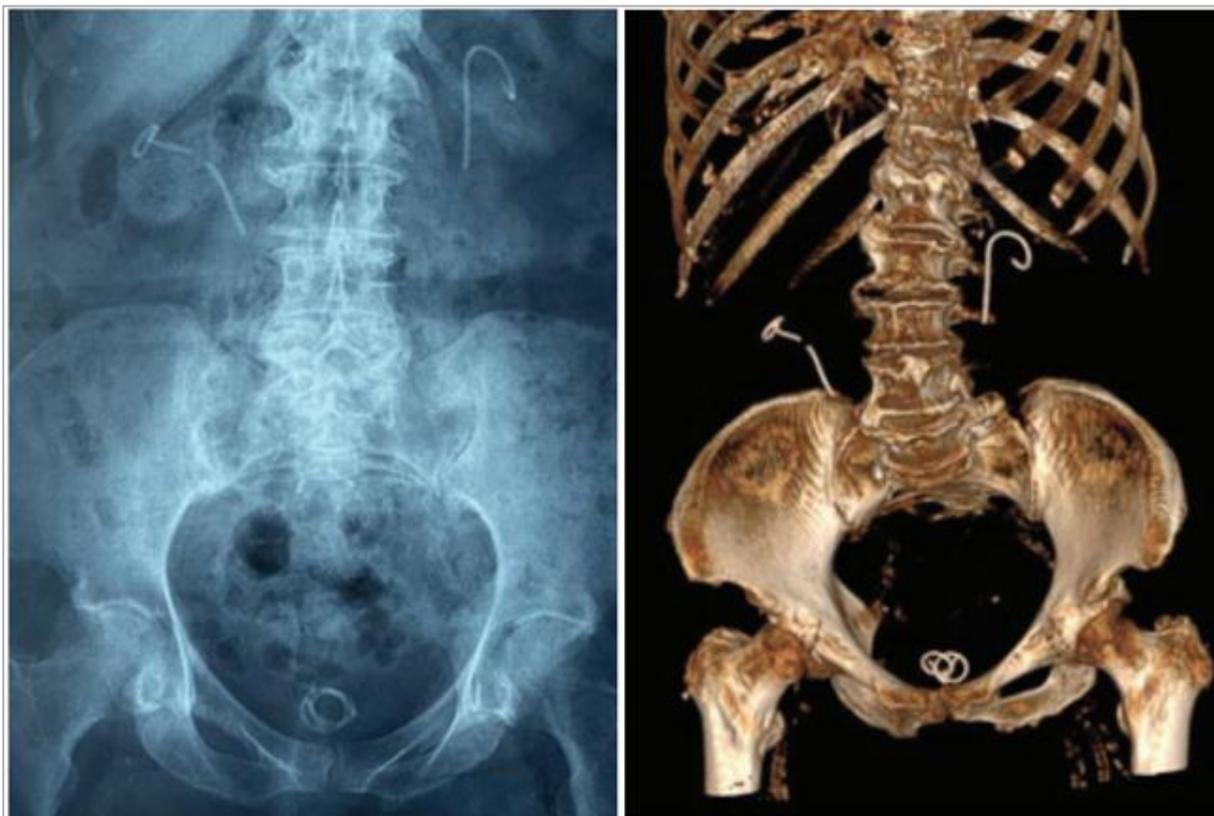


Figure 25 : AUSP (à gauche) et une reconstruction 3D d'un uroscanner (à droite) montrant des parties résiduelles de stents urétéraux dans les reins, les uretères et la vessie. [119]

Plusieurs systèmes de classification existent pour définir l'étendue de la pathologie et prédire la complexité chirurgicale du retrait de la sonde.

a) **Le système FECal (Forgotten, Encrusted, Calcified) : [121]**

Proposé par Acosta-Miranda et al, le système FECal, a proposé un grading allant de I à V, en fonction de la taille, de la localisation et du degré d'incrustation. (Fig. 26)

- Grade I : Incrustation linéaires minimales le long d'une des deux boucles de la sonde à demeure.
- Grade II : Incrustation circulaire recouvrant complètement l'une des deux boucles de la sonde à demeure.
- Grade III : Incrustation circulaire recouvrant complètement l'une des deux boucles de la sonde ainsi qu'une incrustation linéaire de la portion urétérale.
- Grade IV : Incrustation circulaires recouvrant complètement les deux boucles de la sonde à demeure.
- Grade V : Incrustation diffuses et volumineuses recouvrant complètement les deux boucles ainsi que la portion urétérale de la sonde à demeure.

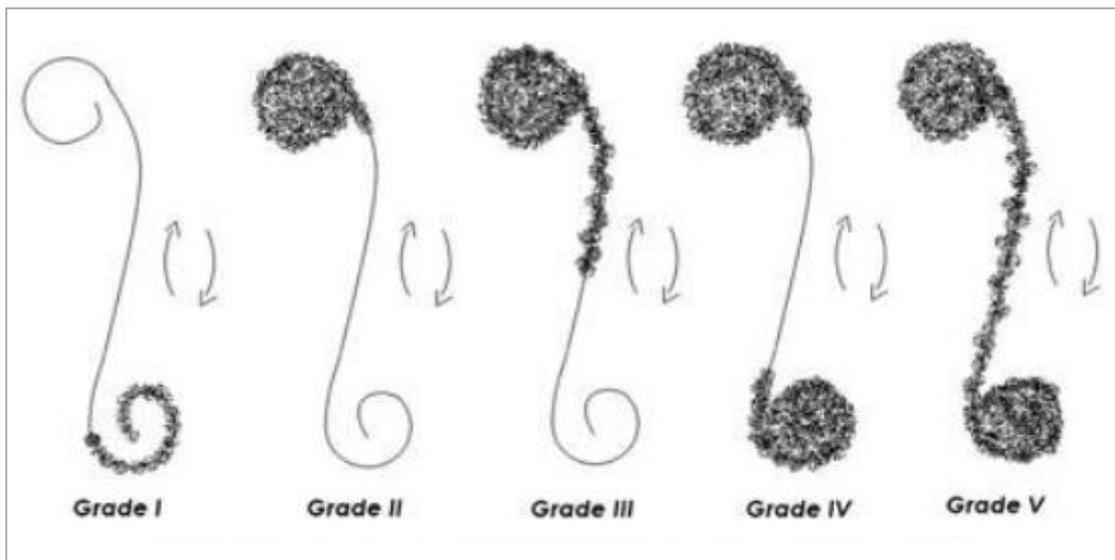


Figure 26 : Système de classification FECal.

b) Le système KUB (Kidney, Ureter, Bladder) : [122]

Proposé par Arenas et al ce système permet de classer chaque partie de l'endoprothèse individuellement sur une échelle de 1 à 5 en fonction de l'étendue de l'incrustation.

La boucle proximale (score « K »), la portion urétérale (score « U »), et la boucle distale (score « B »), ces scores sont combinés pour former un score KUB cumulatif (score maximale de 15). (Tableau 4)

Un score KUB élevé est corrélé à un risque accru de formation de calculs après le retrait de la sonde, tandis qu'un score KUB de 9 ou plus a été associé à un risque d'environ quatre fois plus élevé de nécessiter plusieurs interventions chirurgicales pour le retrait de la sonde.

A noter que deux paramètres permettent de distinguer les incrustations légères des incrustations modérées à sévères, à savoir une couverture de l'endoprothèse par l'incrustation inférieure à 50% et un diamètre d'incrustation, limite de 5mm.

Tableau 4 : Critères de grading du système KUB.

K-Kidney :

1. No evidence of calcification on the renal coil.
2. Visible calcification on the renal coil, maximal width < 5 mm, coil is not filled.
3. Visible calcification on the renal coil, maximal width > 5 mm, coil is not filled.
4. Coil is filled, calcification extends < 5 mm outside of coil.
5. Coil is filled, calcification extends > 5 mm outside of coil (includes staghorn).

U-Ureter :

1. No evidence of calcification along the ureteral portion of stent.
2. Single calcification along stent, maximal width < 5 mm.
3. Single calcification along stent, maximal width > 5 mm.
4. Multiple calcifications along stent occupying < 50% of length of ureteral portion of stent, maximal width > 5 mm.
5. Multiple calcifications along stent occupying \geq 50% of length of ureteral portion of stent, maximal width > 5 mm.

B-Bladder :

1. No evidence of calcification on the bladder coil.
2. Visible calcification on the bladder coil, maximal width < 5 mm, coil is not filled.
3. Visible calcification on the bladder coil, maximal width > 5 mm, coil is not filled.
4. Coil is filled, calcification extends < 5 mm outside of coil
5. Coil is filled, calcification extends > 5 mm outside of coil.

3. Moyens thérapeutiques :

a) Urétéroscopie souple + Laser :

L'utilisation combinée de l'urétéroscopie souple (URSS) et du Laser s'est imposée comme une solution de choix dans ce contexte, offrant de nombreux avantages tant pour les patients que pour les praticiens. [123]

Cette approche mini-invasive permet d'éviter les complications liées à la chirurgie ouverte traditionnelle tout en garantissant une excellente visualisation et un traitement précis. L'URSS permet une exploration complète de l'uretère, facilitant l'identification exacte du fragment de sonde sectionnée et l'évaluation des éventuelles lésions urétérales associées. Le laser, particulièrement l'Holmium:YAG, offre une grande précision dans la fragmentation des sondes et des éventuelles incrustations, tout en préservant les tissus environnants. [54]

Dans les cas de sondes sans incrustation, la procédure est généralement simple et rapide. L'extraction peut être réalisée directement à l'aide de pinces endoscopiques, et si nécessaire, le Laser peut être utilisé pour fragmenter la sonde en morceaux plus facilement extractibles. Le taux de succès est particulièrement élevé dans ces situations, avec un risque minimal de complications. [125]

La situation devient plus complexe en présence d'incrustations. Dans ces cas, le laser permet une désincrustation progressive et contrôlée, évitant les traumatismes urétéraux. La procédure peut parfois nécessiter plusieurs étapes, notamment dans les cas d'incrustations importantes ou étendues. [117]

La réussite de l'intervention dépend largement de considérations techniques importantes. Le choix des paramètres du laser doit être adapté à chaque situation, et l'utilisation d'instruments complémentaires comme les paniers d'extraction et les

guides de sécurité est souvent nécessaire. Une attention particulière doit être portée au maintien d'une bonne visibilité pendant l'intervention et à la protection de la paroi urétérale. [118]

La prévention des complications constitue un aspect crucial de la prise en charge. Cela inclut des mesures per-opératoires rigoureuses et un suivi post-opératoire attentif, avec notamment des contrôles radiologiques et une surveillance des complications potentielles. Une antibioprophylaxie peut être nécessaire selon les cas. [126]

Les indications de cette technique concernent principalement les fragments accessibles, en l'absence d'infection active et dans une anatomie favorable. Les contre-indications relatives comprennent les infections non contrôlées, les sténoses urétérales sévères ou une anatomie très défavorable. [118]

Les résultats de cette approche sont généralement très satisfaisants, particulièrement pour les sondes non incrustées. Le taux de succès varie selon le degré d'incrustation et l'expérience de l'opérateur. Les complications possibles, bien que rares, incluent la perforation urétérale, la sténose secondaire ou la migration de fragments. [117]

Les perspectives d'avenir sont prometteuses, avec le développement constant de nouvelles technologies Laser, l'amélioration des endoscopes et des instruments plus performants. La standardisation des procédures et la formation continue des praticiens contribuent également à l'amélioration des pratiques. [127]

L'URSS + Laser représente une approche thérapeutique moderne et efficace pour la prise en charge des sondes JJ sectionnées, qu'elles soient incrustées ou non. Cette technique combine les avantages d'une approche mini-invasive avec une grande

précision thérapeutique, offrant ainsi une solution optimale pour ce type de complications urologiques.

- **Technique chirurgicale : [144]**

- **Instrumentation :**

Les urétéroscopes actuellement utilisés appelés de « deuxième génération » (Fig. 28) mesure 70 cm de long, son extrémité distale est ronde et mesure 7,0 Ch de diamètre alors que l'extrémité proximale mesure 3 Ch. L'URS-S est doté d'un ou deux canaux opérateurs de 8,4 Ch admettant le passage d'instruments et l'irrigation. L'image est obtenue soit par fibre optique, soit par capteur numérique, conférant une excellente qualité à l'image.

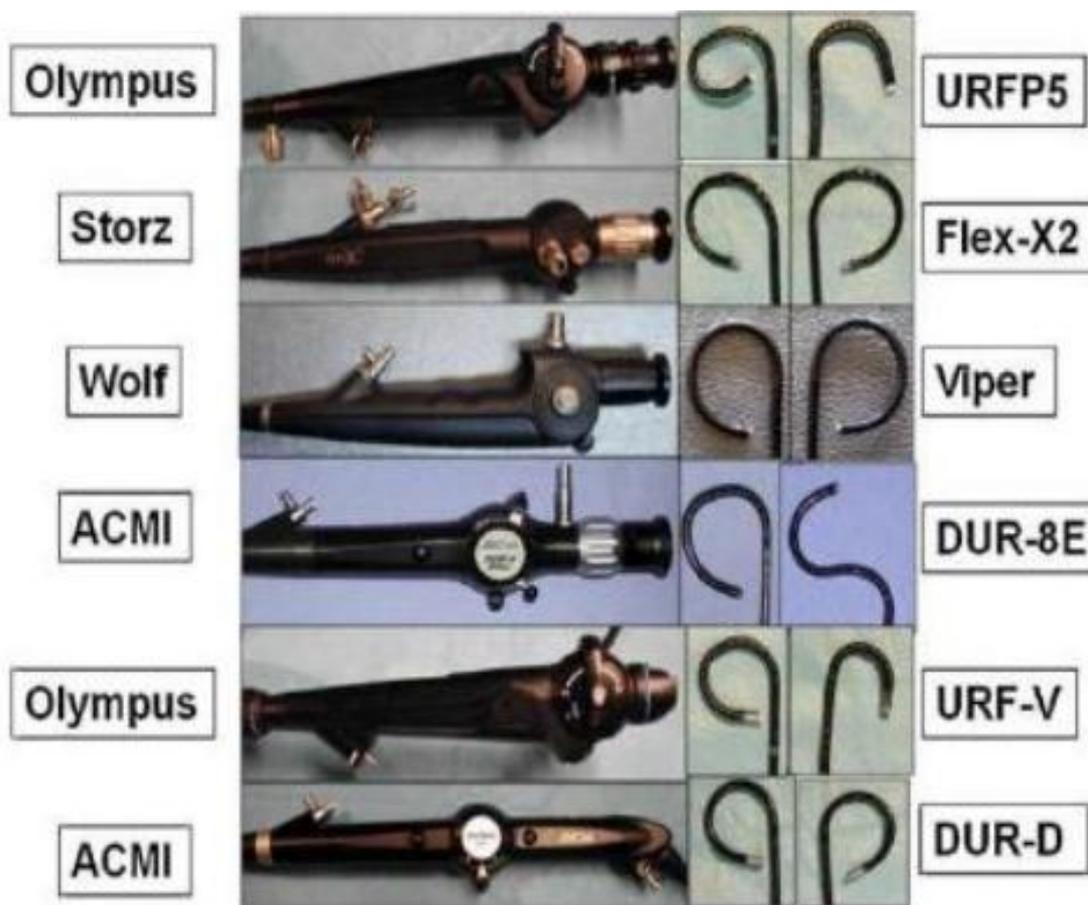
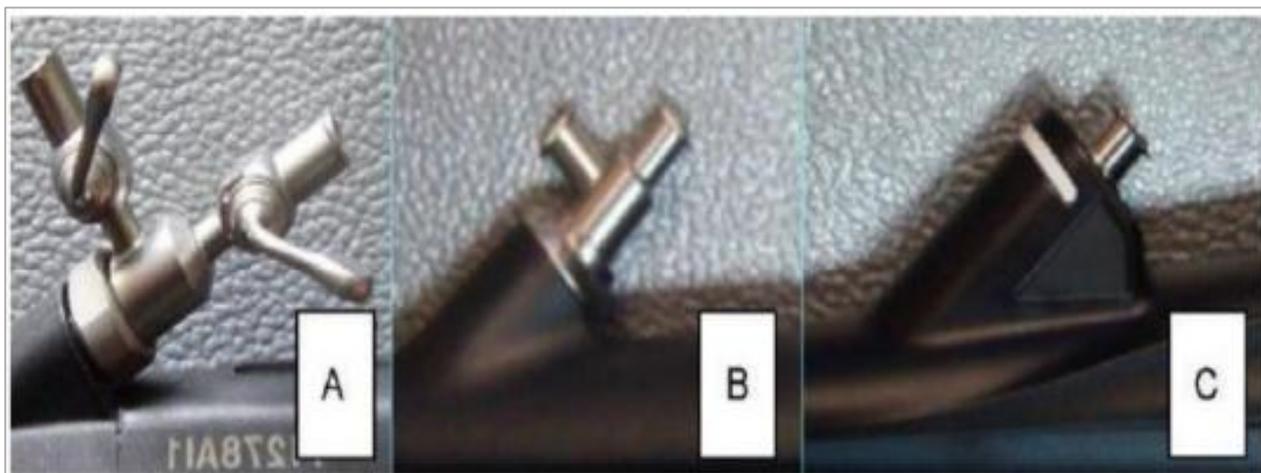


Figure 27 : Différents urétéroscopes souples de dernière génération.



Luer-Lock et robinets (A), deux entrées sans robinet (B) ou une seule entrée sans robinet (C).

Figure 28 : Extrémité proximale du canal opérateur unique avec deux entrées.

L'urétroscope souple OTU a été utilisé lors de notre étude, ce dernier peut être utilisé avec son propre moniteur ou avec le moniteur de salle d'opération existant.



Figure 29 : Urétroscope flexible de la marque OTU.

La source laser était un laser Holmium (Quanta system), le type de fibre le plus utilisé était la fibre 250 μm .



Figure 30 : Générateur laser Cyber ho Quanta System du service d'Urologie du CHU Hassan II. [145]

- **Technique opératoire :**

➤ Consultation préopératoire :

Le patient est hospitalisé dans le service la veille ou le jour même de l'intervention et il doit avoir des informations éclairées à propos du geste (options, bénéfices, risques, échecs...)

Un examen cyto bactériologique des urines (ECBU) et un bilan préopératoire standard : NFS, bilan de crase (TP, TCK) et un ionogramme sanguin sont systématiques. Un ECBU stérile est nécessaire avant l'urétérorénoscopie.

Une évaluation radiologique de la voie excrétrice supérieure avec réalisation d'une urographie intraveineuse préopératoire, d'une uro-tomodensitométrie (uro-TDM) permet souvent de préciser l'anatomie urinaire et de définir le siège de la pathologie ou de l'anomalie à explorer.

➤ Anesthésie :

L'urétéroscopie souple se fait sous anesthésie générale nécessitant l'intubation oro-trachéale et la curarisation du patient.

➤ Installation au bloc opératoire :

Il n'y a cependant pas de position unique. La position gynécologique est la plus communément utilisée. Il est également possible de réaliser l'intervention en décubitus dorsal strict. Pour certains auteurs, il est également souhaitable d'utiliser une table autorisant la mise du patient en position de Trendelenburg afin de faciliter la mobilisation des fragments lithiasiques.[123]

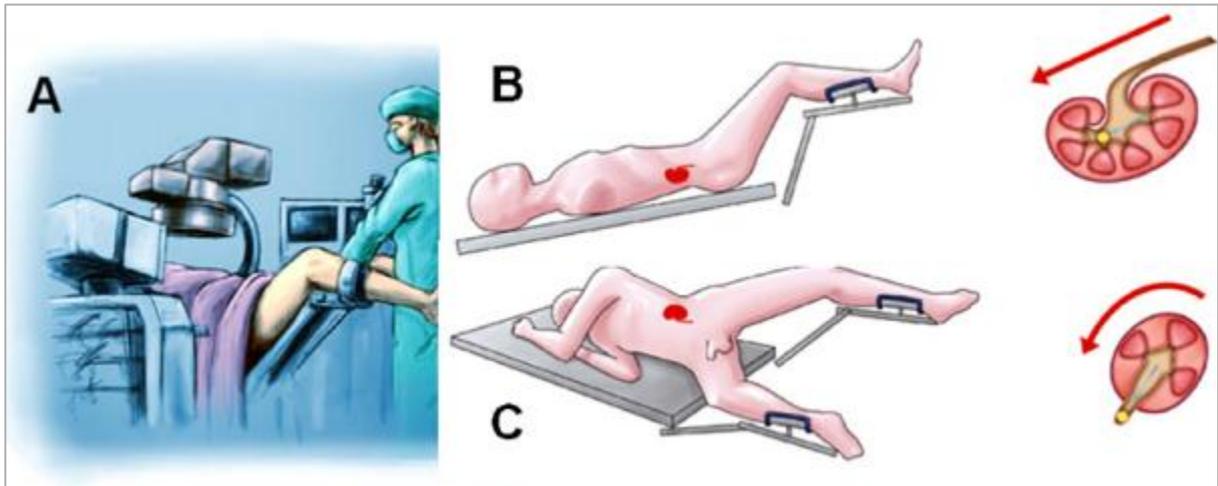


Figure 31 : Position gynécologique du patient pour urétérorénoscopie souple (A). Positions de Trendelenburg (B) et décubitus latéral (C) pour faciliter la mobilisation des fragments lithiasiques. [123]

➤ Déroulement du geste chirurgical :

Afin d'extraire les sondes sectionnées +/- incrustées, la majorité des gestes se sont déroulés comme suit :

- Après position de taille, et mise en place de champs stériles bétadinés, une lubrification urétrale au gel lidocaïne 2% et l'introduction du cystoscope.
- Exploration de l'ensemble de la vessie et l'identification des orifices urétéraux et de la sonde double J par cystoscopie flexible.
- Introduction de la pince à corps étranger et ablation du bout distal de la sonde JJ jusqu'au niveau du méat urétral.
- Le premier guide hydrophile TERUMO est positionné dans les cavités pyélocalicielles sous contrôle fluoroscopique avec une ablation du reste de la sonde de la sonde JJ.
- Puis un second guide (de sécurité) à l'aide d'un cathéter double lumière.
- Retrait du cystoscope.

- Introduction de la gaine d'accès sur un des guide TERUMO (la plus utilisée est 11/18 Ch 04 cm) pour court-circuiter l'urètre et la vessie.
- Introduction de l'urétéroscope souple et réalisation d'une urétéro-pyéloscopie qui consiste à explorer les voies urinaires supérieures.
- L'appareil laser utilisée était un générateur laser Cyber Ho Quanta System 100W.
- La puissance et la fibre utilisés pour fragmentation est en fonction de la nature du calcul.
- Pour les calculs urétéraux, pyéliqués et caliciels ; ils ne nécessitent pas une déflexion importante de l'URSS.
- Pour le retrait des fragments, une pince DORMIA est la plus fréquemment utilisée.
- Après retrait de l'URSS une sonde double J est mise en place.
- Vidange de la vessie après contrôle scopique.
- Sondage vésical.



Figure 32 : Gaine d'accès urétéral.

b) Urétéroscopie rigide avec lithotritie endoscopique:

La stratégie thérapeutique varie selon la situation rencontrée. Dans le cas d'une sonde JJ sectionnée sans incrustation, l'extraction directe est souvent possible à l'aide de pinces dédiées, avec un risque minimal de traumatisme urétéral et un taux de succès généralement élevé [117]. En revanche, face à une sonde incrustée, la procédure devient plus complexe, nécessitant une fragmentation préalable des incrustations à l'aide de différents moyens de lithotritie (laser, ultrasons, balistique).[125]

La présence de lithiases associées complexifie encore la prise en charge, mais l'urétéroscopie rigide permet leur traitement simultané, moyennant une adaptation de la stratégie selon leur taille et leur localisation [128]. Le choix du mode de fragmentation doit être approprié à chaque situation.[118]

L'urétéroscopie rigide présente plusieurs avantages significatifs : une excellente visualisation directe, un canal opérateur large permettant l'utilisation d'instruments variés, une irrigation efficace et une solidité appréciable de l'instrument.[126]

Cependant, cette approche comporte aussi certaines limites et nécessite des précautions particulières [129]. L'accès à l'uretère proximal peut s'avérer difficile, et le risque de traumatisme urétéral n'est pas négligeable. Une dilatation du méat urétéral est parfois nécessaire, et la présence d'une infection active constitue une contre-indication formelle.

Les complications possibles incluent la perforation urétérale, le développement de sténoses secondaires, l'hématurie, les infections urinaires et la migration de fragments. Une surveillance post-opératoire rigoureuse est donc essentielle,

comprenant un contrôle radiologique, une surveillance de la diurèse et une antibioprophylaxie adaptée selon les cas.[102]

c) **Néphrolithotomie percutanée et lithotritie endocorporelle :**

La NLPC associée au laser représente une option thérapeutique importante dans l'arsenal du traitement des sondes JJ sectionnées, particulièrement lorsque celles-ci sont localisées dans l'uretère proximal ou associées à des calculs rénaux significatifs [117]. Cette approche, bien que plus invasive que l'urétéroscopie, offre des avantages spécifiques dans certaines situations cliniques complexes.[118]

La technique opératoire suit un protocole rigoureux [130], débutant par le positionnement du patient en décubitus ventral ou latéral modifié. La ponction calicielle, réalisée sous guidage fluoroscopique et/ou échographique, représente une étape déterminante pour le succès de l'intervention [131]. Le choix du calice de ponction doit permettre un accès optimal au fragment de sonde et aux éventuelles lithiases associées.

Dans le cas des sondes non incrustées, la procédure est relativement simple [125]. Après la création du trajet de néphrostomie et la dilatation progressive, l'introduction du néphroscope permet une visualisation directe du système collecteur. Le fragment de sonde peut être extrait à l'aide de pinces dédiées, sous contrôle visuel direct. L'utilisation du laser peut être nécessaire pour fragmenter la sonde si celle-ci est difficile à mobiliser ou trop longue pour une extraction en monobloc.[132]

La situation devient plus complexe en présence d'incrustations. Le laser, généralement de type Holmium:YAG, joue alors un rôle central dans la désincrustation progressive de la sonde [133]. Les paramètres laser doivent être soigneusement ajustés pour permettre une fragmentation efficace des dépôts calcaires tout en

préservant l'intégrité du système collecteur. La technique de "dusting" peut être particulièrement utile pour réduire les incrustations en fine poussière facilement évacuables.[123]

Lorsque des lithiases sont associées, la NLPC permet leur traitement simultané, constituant un avantage majeur de cette approche [134]. La stratégie de fragmentation doit être adaptée à la taille et à la composition des calculs, avec une attention particulière à la protection des structures anatomiques environnantes.

Les avantages spécifiques de la NLPC incluent une excellente visualisation du système collecteur, la possibilité de traiter simultanément des calculs complexes, et un accès direct aux fragments situés dans l'uretère proximal. La technique permet également l'utilisation d'instruments de plus gros calibre comparé à l'urétéroscopie, facilitant l'extraction des fragments.[135]

Cependant, cette approche présente certaines limitations et risques qu'il convient de considérer. Les complications potentielles incluent le saignement, la perforation du système collecteur, les lésions d'organes adjacents, et les complications infectieuses. Une attention particulière doit être portée à la prévention de ces complications par une technique rigoureuse et une surveillance post-opératoire adaptée.[136]

Le suivi post-opératoire revêt une importance particulière. Il comprend une surveillance clinique rapprochée, un contrôle radiologique pour vérifier l'absence de fragments résiduels, et une gestion appropriée de la sonde de néphrostomie. L'ablation de cette dernière est décidée en fonction de l'évolution clinique et radiologique.[123]

Les perspectives d'évolution de cette technique sont prometteuses, avec le développement constant des technologies laser, l'amélioration des systèmes de visualisation, et l'émergence de nouveaux instruments facilitant l'extraction des fragments. La miniaturisation des instruments permet également de réduire la morbidité de l'intervention tout en maintenant son efficacité.[76]

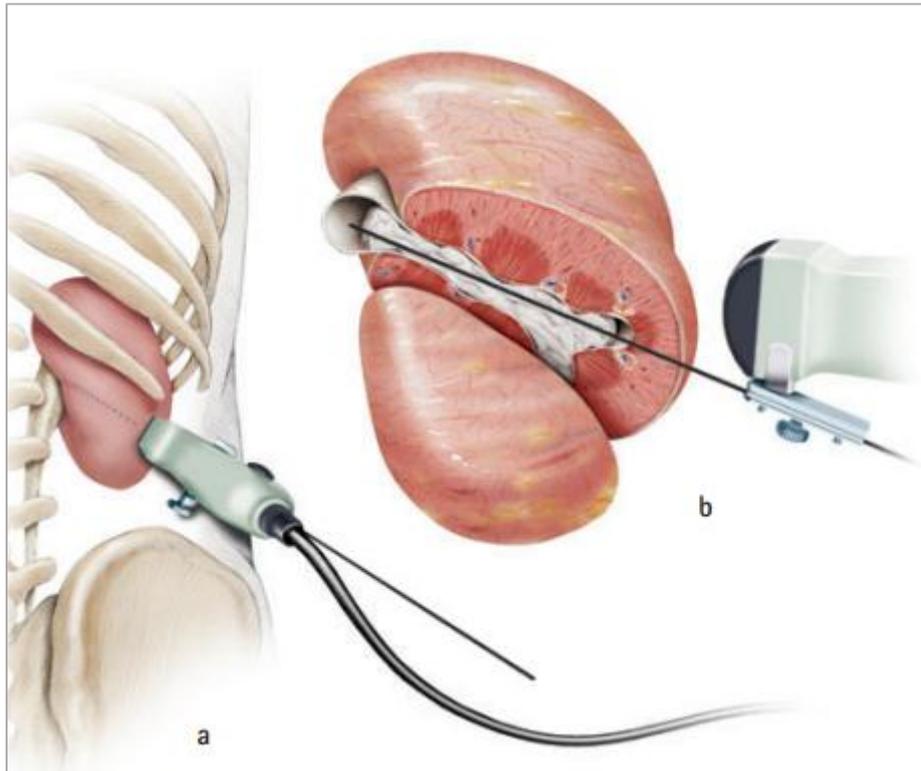


Figure 33 : Néphrolithotomie percutanée.[130]

d) Lithotritie extracorporelle :

La lithotritie extracorporelle (LEC) représente une option thérapeutique non invasive dans la prise en charge des sondes JJ sectionnées. Cette technique utilise des ondes de choc acoustiques créées par un générateur extracorporel pour fragmenter les calculs par distorsion et compression [137]. La fréquence optimale pour la fragmentation est de 1 Hz, avec une puissance initiale faible augmentée progressivement.

Les indications de la LEC sont limitées aux cas d'incrustations légères à modérées et peut servir de traitement adjuvant pour fragiliser les incrustations avant une procédure endoscopique [125]. Cependant, elle présente plusieurs limitations. Elle ne permet pas le retrait direct des fragments de sonde et son efficacité est limitée en cas d'incrustations importantes ou de calculs denses (>1000 UH) [117].

Les contre-indications de la LEC incluent la grossesse, les malformations musculosquelettiques sévères, l'obésité sévère, l'anévrisme de l'aorte ou de l'artère rénale, les troubles de coagulation non contrôlés, l'infection urinaire non traitée et la présence d'un pacemaker.[124]

Cette technique nécessite souvent d'être combinée à d'autres approches thérapeutiques pour obtenir un résultat optimal [134]. Elle peut être particulièrement utile comme traitement préparatoire avant une procédure endoscopique, permettant de faciliter l'extraction ultérieure des fragments et des calculs associés [132].

4. Stratégie thérapeutique :

Il n'existe actuellement aucune directive officielle, mais plusieurs algorithmes de traitement pour la prise en charge des stents urétéraux négligés. L'ablation en une seule séance est souvent déconseillée, et il est préférable d'échelonner les procédures pour éviter une longue période peropératoire et les complications qui en résultent [132]. Avec l'amélioration de la position chirurgicale [134] et des techniques [129], l'ablation des stents urétéraux négligés fracturés ou incrustés en une seule séance endo-urologique pourrait être réalisée avec un temps opératoire raisonnable et une morbidité acceptable. Dans un centre expérimenté, les procédures endo-urologiques combinées peuvent permettre une prise en charge sûre et réussie, même dans le groupe pédiatrique [135].

Une situation complexe implique souvent le rein, l'uretère et la vessie, nécessitant des procédures endoscopiques multimodales et même une chirurgie plus invasive qui peuvent être réalisées simultanément, séquentiellement ou séparément. Chaque modalité de traitement a ses avantages et ses inconvénients et, par conséquent, une stratégie de traitement doit être élaborée individuellement. La stratégie est principalement basée sur le volume et le site de l'incrustation, la direction de la migration, le site de la fracture, la fonction rénale et les autres comorbidités urinaires. Il est recommandé de traiter d'abord les extrémités distales afin de faciliter les procédures ultérieures telles que la LEC et la NLPC [125], et de faciliter également la mise en place d'un cathéter d'accès urétéral ou d'un stent parallèle [138].

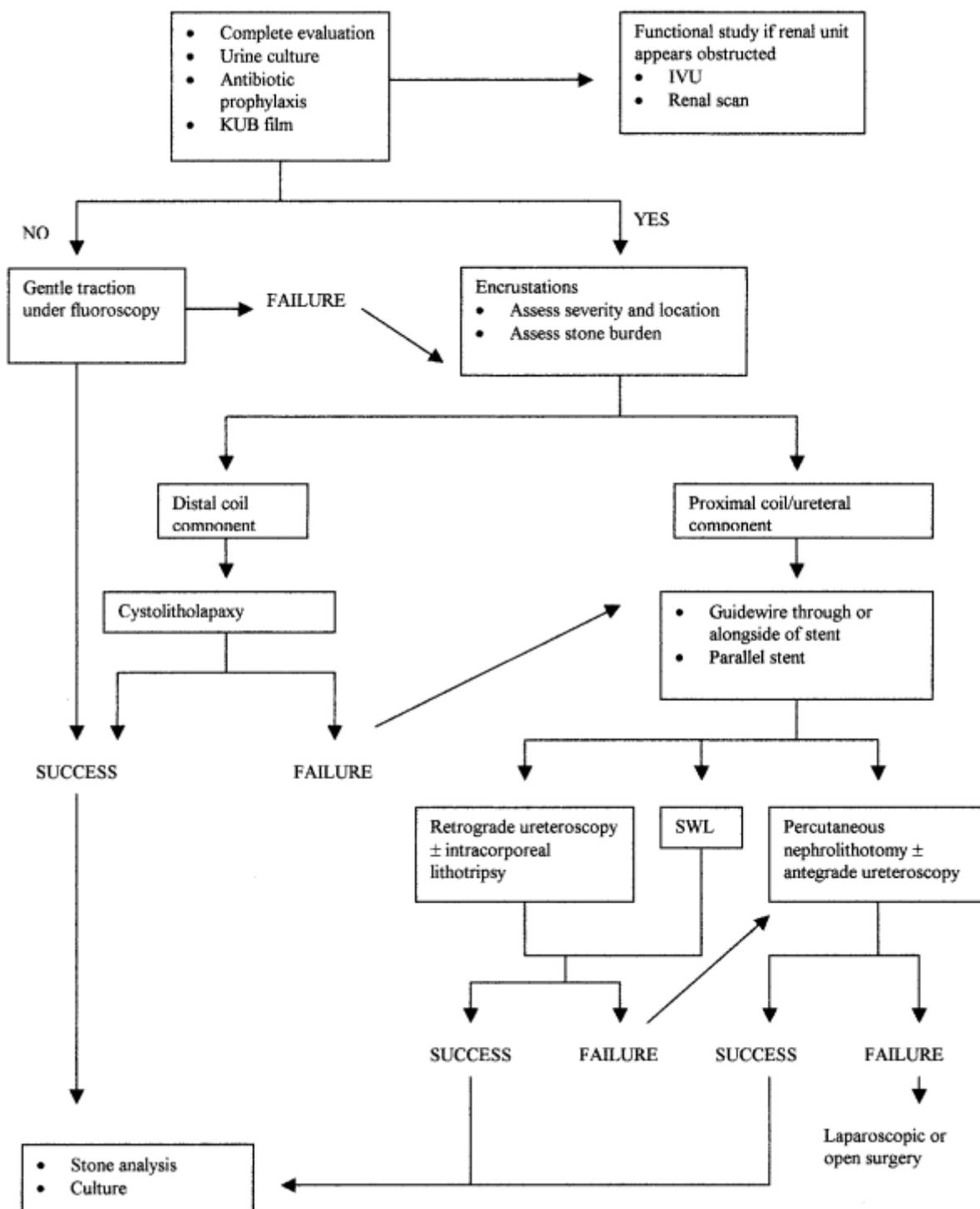
Les urétéroscopes semi-rigides peuvent être utilisés seuls pour les extrémités distales sans incrustation ou avec une incrustation minimale, avec une simple migration vers le bas du stents urétérale négligé. Bien qu'une incrustation sévère ou circulaire recouvrant complètement l'extrémité distale puisse être traité par URSS + la cystolithotritie endoscopique [139], l'URSS combiné à des dispositifs de lithotripsie présente un avantage pour traiter les parties urétérales, les morceaux de stent cassés laissés in situ après traction rétrograde et des stents urétéraux négligés migrant vers le haut dans l'uretère [128], [140].

Il est démontré que la LEC ne peut pas réussir seule, et peut offrir moins d'aide dans les cas d'incrustation sévère et d'un grand nombre de calculs. Cependant, en tant que traitement non invasif, la LEC peut augmenter le potentiel [134]. Parfois, une gaine d'accès urétéral ou même un fil-guide ne peut pas être placé à côté des stents urétéraux négligés, et il faut alors utiliser un stent parallèle pour la pré-stentation ou une lithotripsie supplémentaire avec des URSS [125].

De nouvelles techniques ont été décrites pour retirer les stents urétéraux négligés dans certains cas. Yeh et al. ont introduit une méthode utilisant une boucle de soie pour faciliter la lithotripsie urétéroscopique et le retrait du stent [141]. Mistry et al. ont traité les incrustations légères à modérées en insérant un second stent à côté du premier afin d'utiliser les forces de friction entre les deux stents pour perturber l'incrustation, puis les deux stents ont été retirés au bout de 2 à 4 semaines [142]. Ces techniques dépendent principalement de la localisation de l'incrustation, qui peut se situer au niveau du bassinnet ou de la vessie.

En général, pour l'extrémité vésicale, la désintégration du calcul peut être réalisée à l'aide des méthodes habituelles de lithotritie endoscopique (endo-lithotomie), mais dans certains cas, une intervention chirurgicale à ciel ouvert (chirurgie de taille vésicale) peut être nécessaire en cas de calcul volumineux.[143]

En ce qui concerne l'extrémité pyélique, le problème est plus complexe. Une urétéroscopie souple avec lithotritie n'est généralement pas possible en raison de la sténose ou de la présence de la sonde dans l'uretère. Les alternatives comprennent la LEC ou la NLPC pour le calcul pyélique [143].



ESWL : Extracorporeal Shockwave Lithotripsy (Lithotripsie extra-corporelle)

PCNL : Percutaneous nephrolithotomy (Néphrolithotomie percutanée)

Figure 34 : Algorithme pour la prise en charge des incrustations des sondes double J. [125]

MATERIELS ET METHODES

I. Nature de l'étude :

Il s'agit d'une étude rétrospective portée sur six patients porteurs d'endoprothèses urétérales double J compliquées de rupture, , sur une durée de 19 mois, entre Avril 2023 et Novembre 2024 au Service d'Urologie et de transplantation rénale du Centre Hospitalier Universitaire Hassan II à Fès.

II. Population d'étude :

1. Critères d'inclusion :

Nous avons inclus dans notre étude l'ensemble des patients hospitalisés au sein du service d'urologie et de transplantation rénale du CHU Hassan II de Fès, présentant les caractéristiques suivantes :

- Patients porteurs d'une sonde double J sectionnée dans l'uretère avec ou sans incrustation, uni ou bilatérale.
- Tous sexes confondus.

2. Critères d'exclusion :

Les patients qui avaient un dossier incomplet ont été exclus de notre étude.

III. Analyse statistique :

Le recueil des cas a été fait par une recherche exhaustive dans le registre hospitalier du service, les registres des comptes rendus opératoires et les données contenues dans chaque dossier ont été consignés sur une fiche d'exploitation (fichier joint ci-dessous).

Nous avons bénéficié du logiciel de gestion de l'hôpital des spécialités «Hosix» pour retracer l'historique des consultations, hospitalisations et les différentes explorations biologiques, radiologiques et fonctionnelles réalisées par les patients.

Les données ont été récoltées à l'aide d'une fiche d'exploitation remplie. Et saisies à l'aide du logiciel Microsoft Excel et Google Forms.

IV. Limites de l'étude :

La principale limite de cette étude réside dans le recueil rétrospectif des données. Un grand nombre d'informations importantes n'est pas mentionné sur les dossiers.

Aussi, vu que c'est une étude rétrospective, il était difficile de convoquer les patients et voir leur évolution sachant que quelques-uns étaient injoignables, et d'autres refusaient le déplacement vers le CHU.

V. Considérations éthiques :

Le recueil des données a été effectué avec respect de l'anonymat des patients et de la confidentialité de leurs informations.

FICHE D'EXPLOITATION

Identité du patient :

IP : Âge : Sexe :

Antécédents et comorbidités :

Indication initiale de la pose de la sonde double J :

Date de pose de la sonde :

Durée de pose :

Diabète :

Hypertension artérielle :

Insuffisance rénale :

Obésité :

Antécédents lithiasiques :

Infection urinaire :

Pathologie tumorale :

Chirurgie abdominopelvienne :

Traitements en cours :

Autres :

Présentation clinique :

Signes cliniques :

	<u>OUI</u>	<u>NON</u>
Lombalgies :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Coliques néphrétiques :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hématurie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oligo-anurie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Troubles mictionnels :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Signes généraux :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Données de l'examen clinique :

Etat général : Conservé Altéré
Fièvre : OUI NON
Examen abdominal : Sensibilité lombaire Contact lombaire
Examen des autres appareils :

Examens complémentaires :

NFS :CRP : Fonction rénale : Bilan de crase :
ECBU :
ASP :
Échographie rénale :
Urographie intraveineuse :
Uroscanner :

Traitement :

OUI **NON**

Antibiothérapie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
URSS + laser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NLPC + laser :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Urétroscopie rigide avec lithotritie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LEC :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Chirurgie à ciel ouvert :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Néphrostomie :	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Montée d'une nouvelle sonde JJ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Efficacité du traitement :

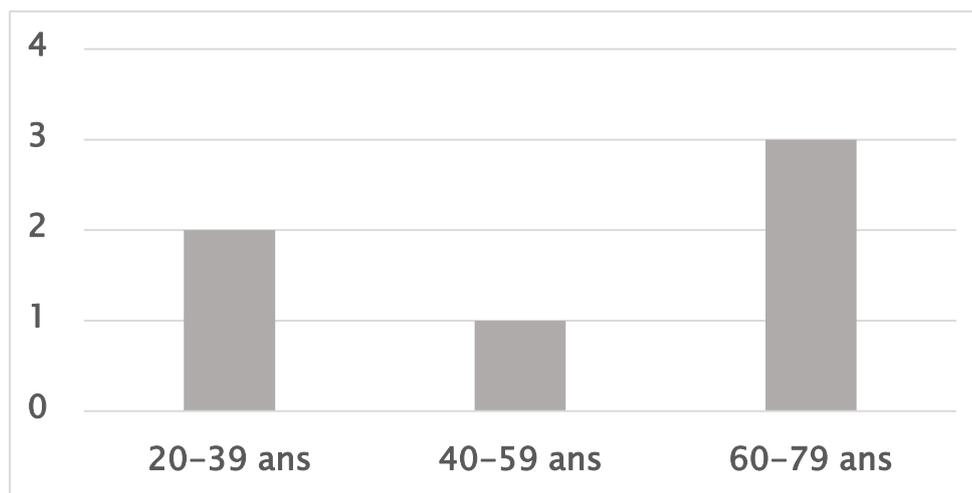
Stent-Free :

RESULTATS

I. Epidémiologie :

1. Âge :

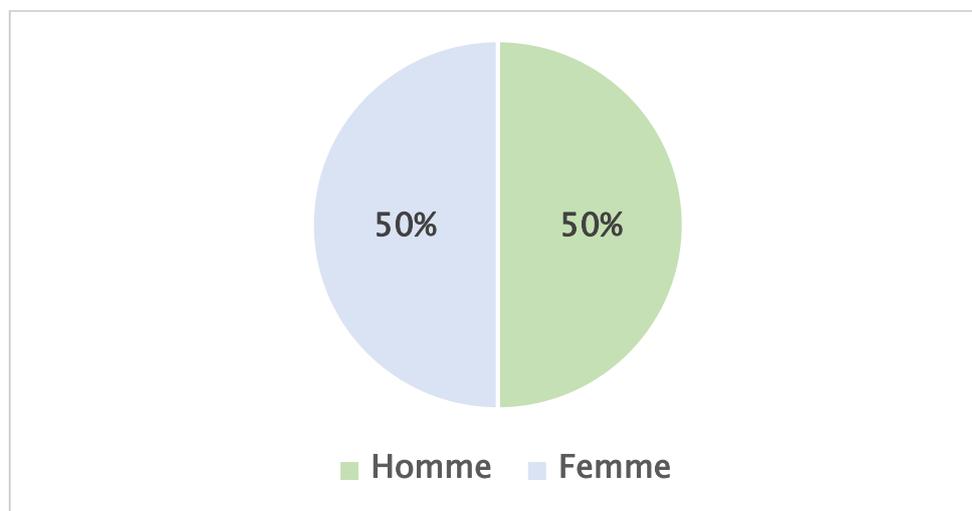
L'âge de nos patients variait entre 24 et 78 ans avec une moyenne d'âge de 52,5 ans.



Graphique 1 : Répartition des patients selon les tranches d'âge.

2. Sexe :

Notre série d'étude comporte trois femmes (50%) et trois hommes (50%) soit un sexe ratio H/F de 0,5.



Graphique 2 : Répartition des patients selon le sexe.

3. Antécédents et comorbidités :

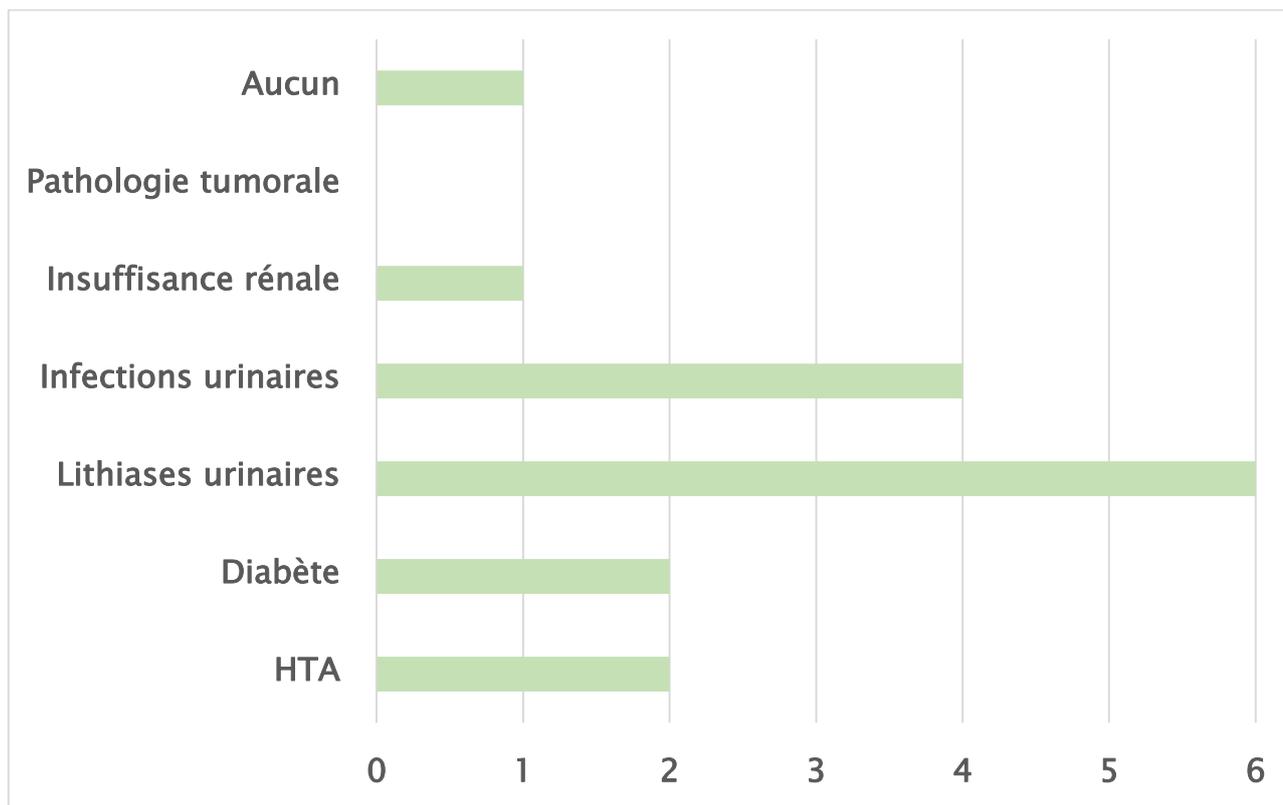
Dans notre série d'étude, tous nos patients présentaient des antécédents de pathologie lithiasique (100%), les infections urinaires viennent en 2^{ème} place, touchant 4 patients (66,7% des cas).

Le diabète et l'hypertension artérielle retrouvés dans les mêmes proportions, touchant chacun 2 patients (33,3% des cas).

L'insuffisance rénale est présente chez 1 patient (16,7% des cas).

Un patient (16,7%) ne présentait aucun antécédent médical notable.

Par ailleurs, aucun de nos patients (0%) ne présentait de pathologie tumorale.

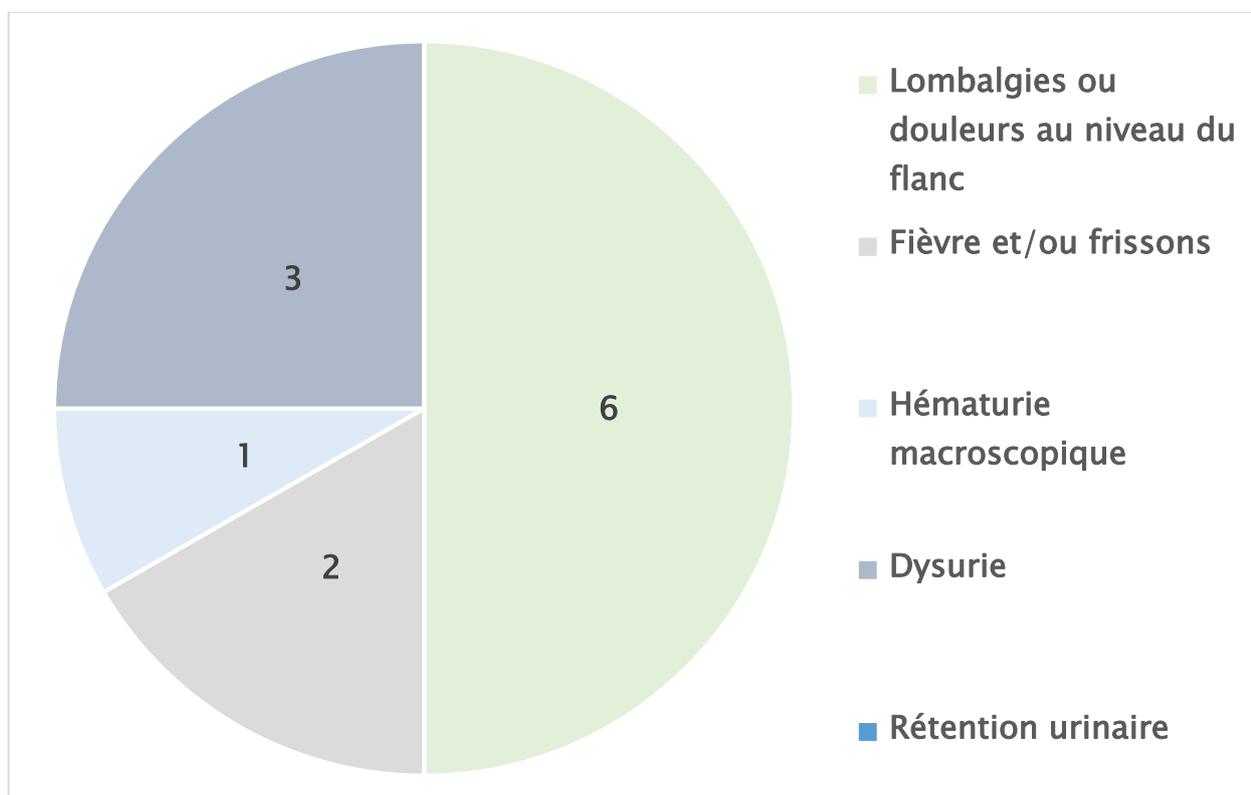


Graphique 3 : Répartition des patients selon les antécédents et les comorbidités.

II. Données cliniques et paracliniques :

1. Présentations cliniques et signes physiques:

100% des patients (6/6) ont présenté des lombalgies ou des douleurs au niveau du flanc, ce qui en fait le symptôme le plus fréquent, 50% des patients (3/6) ont souffert de dysurie, 33,3% des patients (2/6) ont présenté des signes généraux (fièvre et/ou frissons), un seul patient a présenté une hématurie macroscopique, et aucun patient (0%) n'a présenté de rétention urinaire ou n'était asymptomatique.

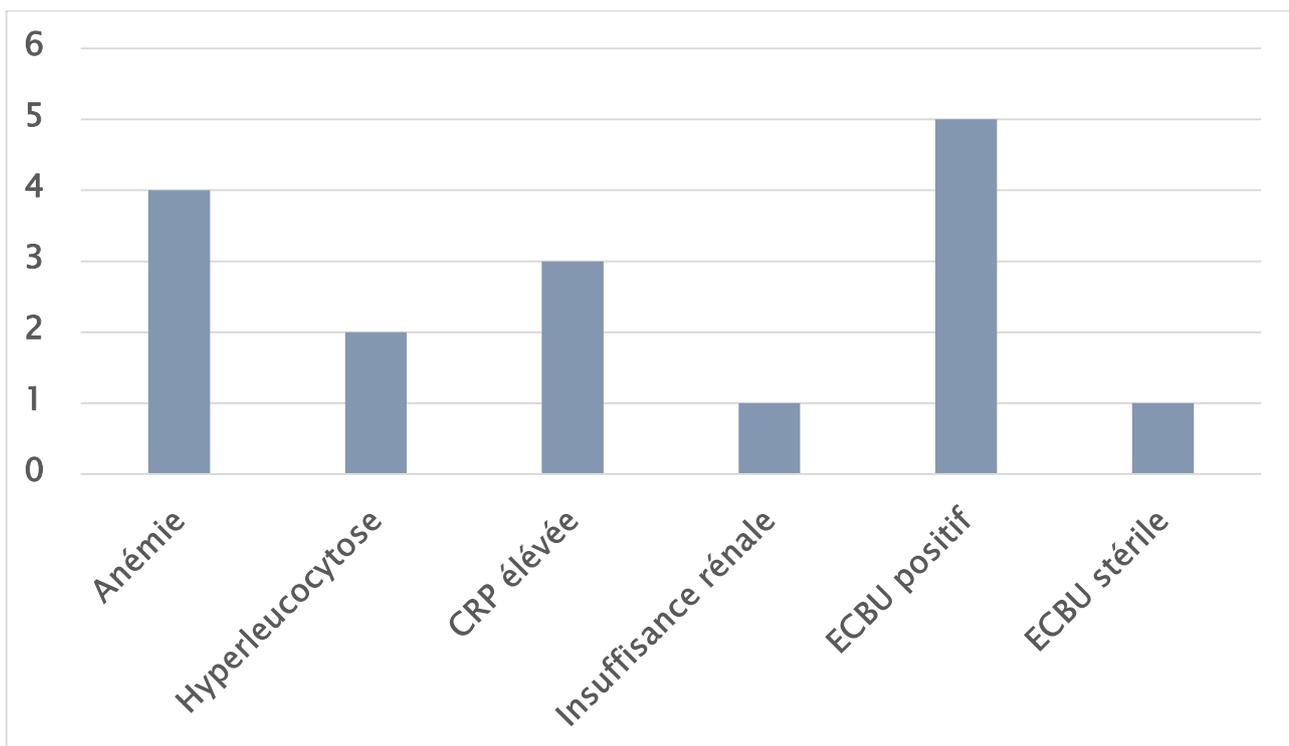


Graphique 4 : Répartition des patients selon les circonstances de découverte.

2. Biologie :

Tous nos patients ont bénéficié d'une numération formule sanguine (NFS), une fonction rénale, une CRP et un examen cyto bactériologique des urines (ECBU). Les résultats étaient comme suit :

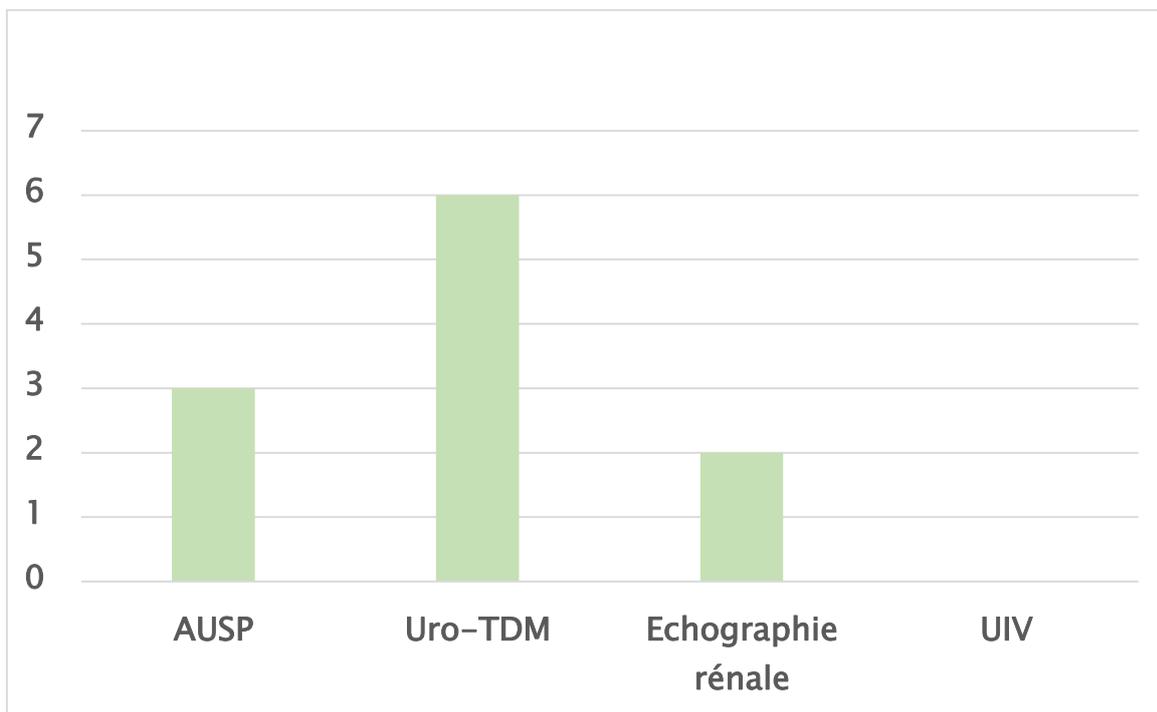
- 5 patients ont présenté un ECBU positif.
- 4 patients présentaient une anémie.
- 3 patients avaient une CRP élevée.
- 2 patients présentaient une hyperleucocytose.
- 1 patient avait une insuffisance rénale.
- 1 patient avait un ECBU stérile.



Graphique 5 : Répartition des patients selon les résultats de la biologie.

3. Imagerie :

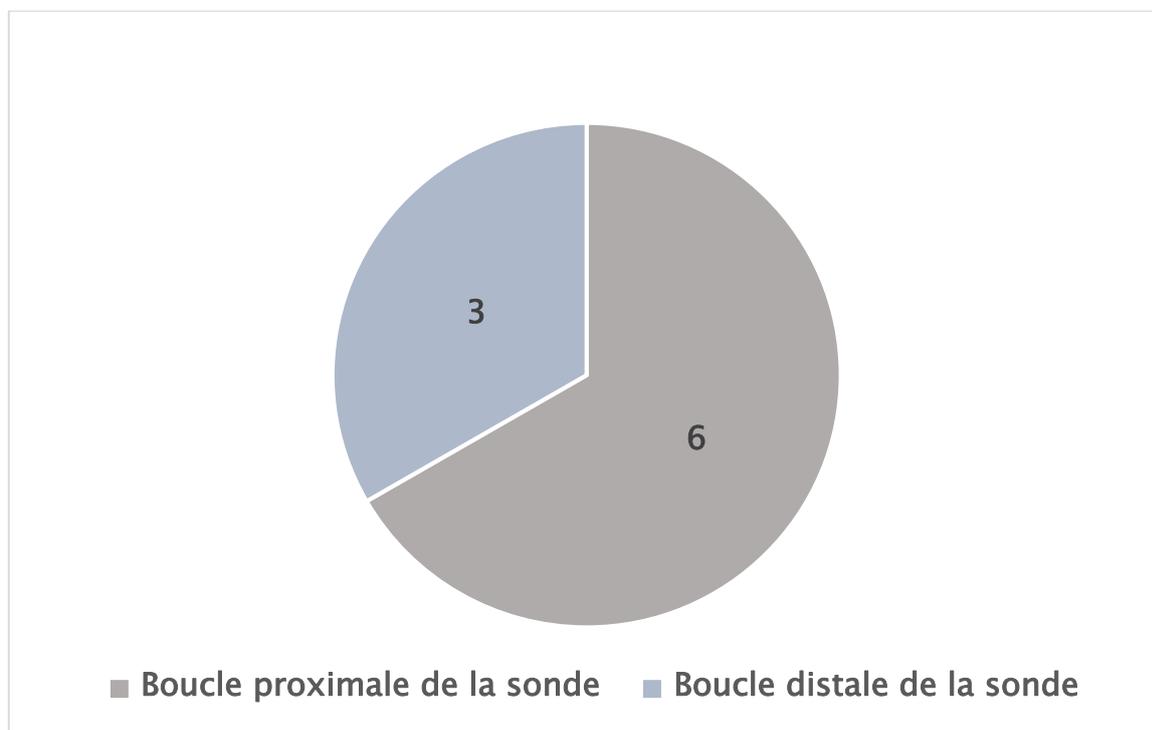
Dans notre étude, tous nos patients ont bénéficié d'une Uro-TDM, afin de diagnostiquer et de déterminer la localisation de la section associée ou non à une incrustation ainsi que celle des lithiases associées. L'AUSP (Abdomen Sans Préparation) a été réalisé chez 3 patients. L'échographie rénale a été effectuée chez 2 patients et aucun patient n'a eu d'UIV (Urographie Intraveineuse)



Graphique 6 : Répartition des patients selon les examens radiologiques.

Tous nos patients avaient une incrustation associée ainsi qu'une ou plusieurs lithiases de localisations différentes.

Trois patients avaient une incrustation de la boucle proximale et distale, et trois autres juste de la boucle distale de la sonde.



Graphique 7 : Répartition des patients selon la localisation de l'incrustation.



Figure 35 : AUSP montrant le bout proximal d'une sonde JJ droite incrustée et sectionnée au niveau de l'uretère.



Figure 36 : AUSP montrant la boucle proximale de la sonde JJ au niveau du rein droit avec une néphrostomie.

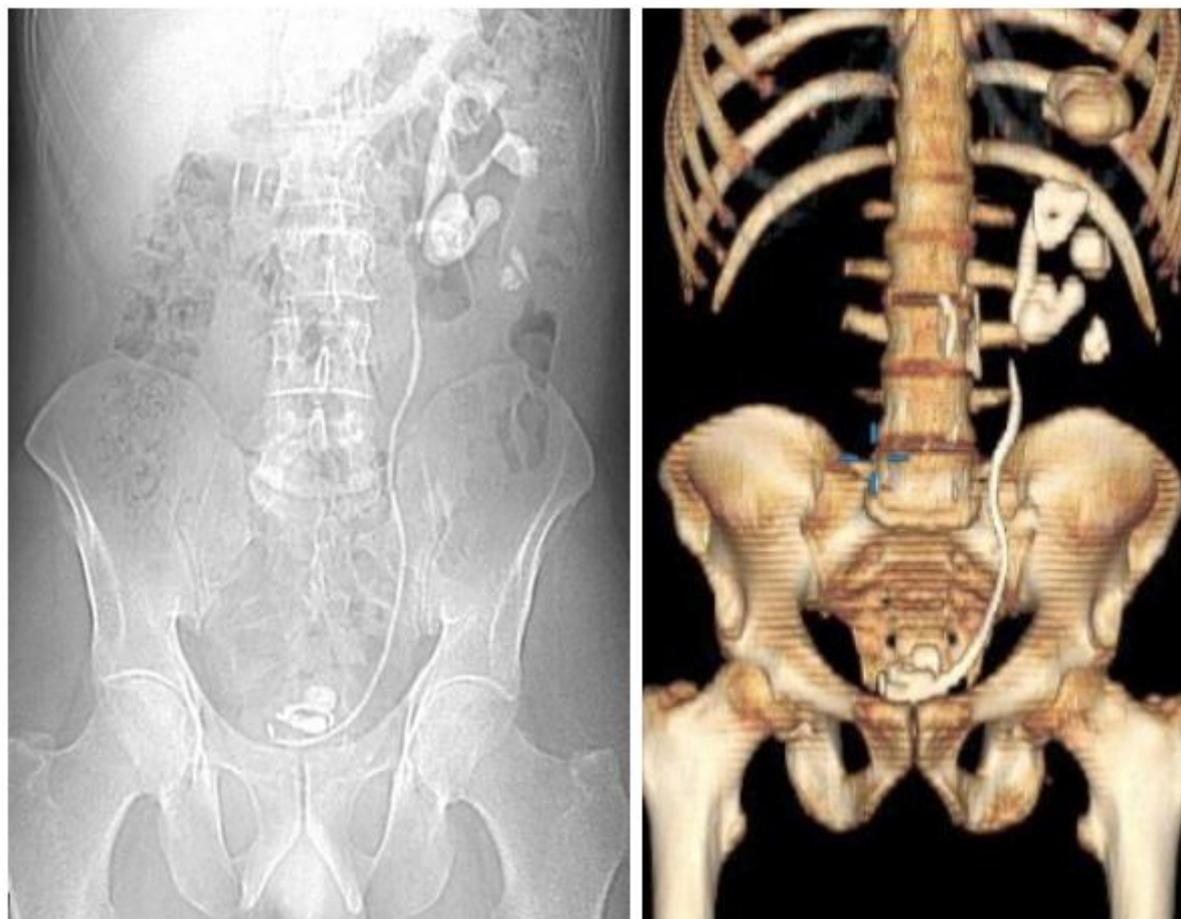


Figure 37 : AUSP et reconstruction 3D d'une uro-TDM montrant :

Une dilatation pyélocalicielle gauche, avec individualisation de deux boucles d'une sonde JJ au niveau du groupe caliciel supérieur gauche et pyélique détachées et incrustées, et deux boucles d'une sonde JJ au niveau intravésical détachées et incrustées ainsi que des lithiases calciques calicielles moyennes et inférieures.

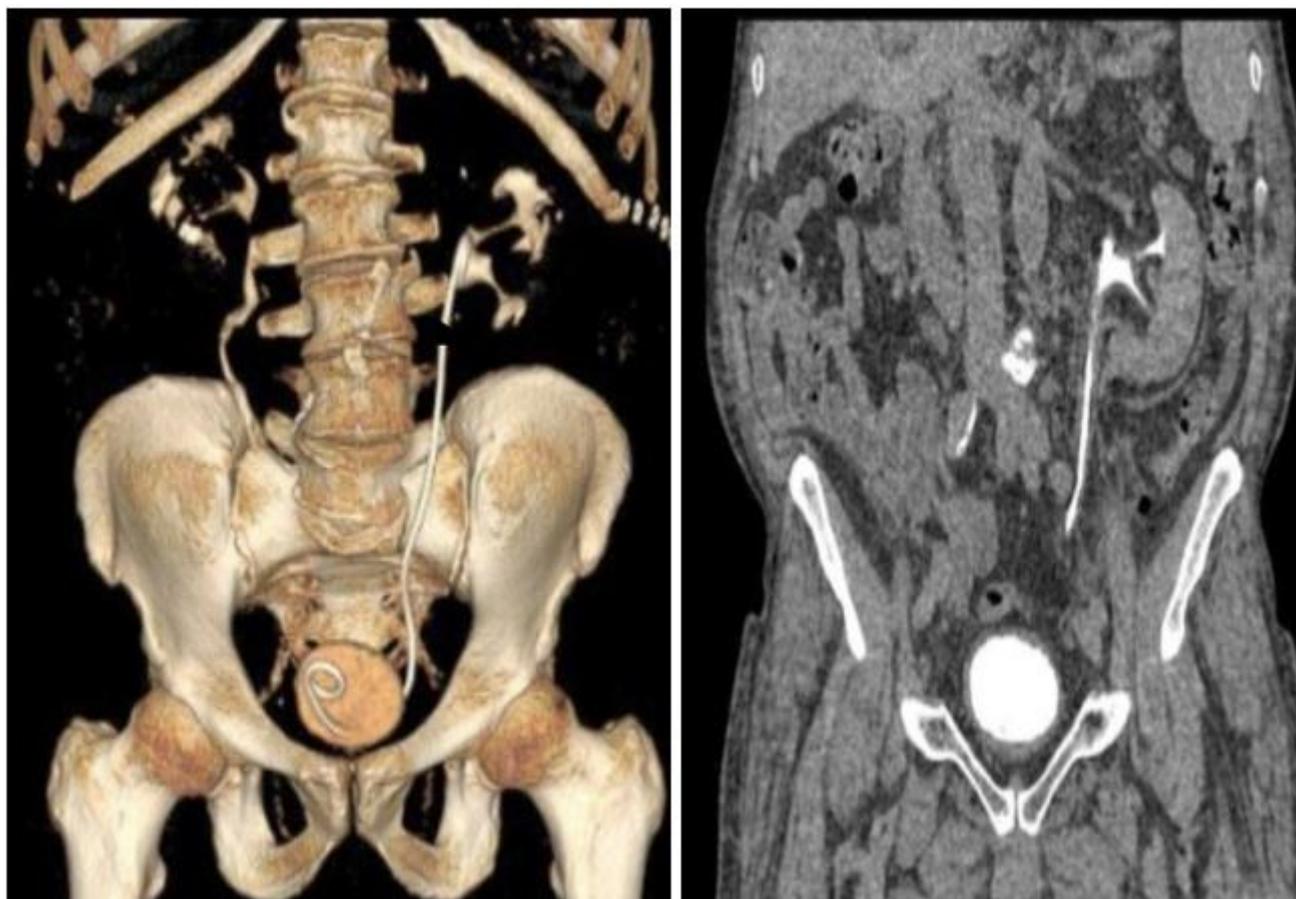
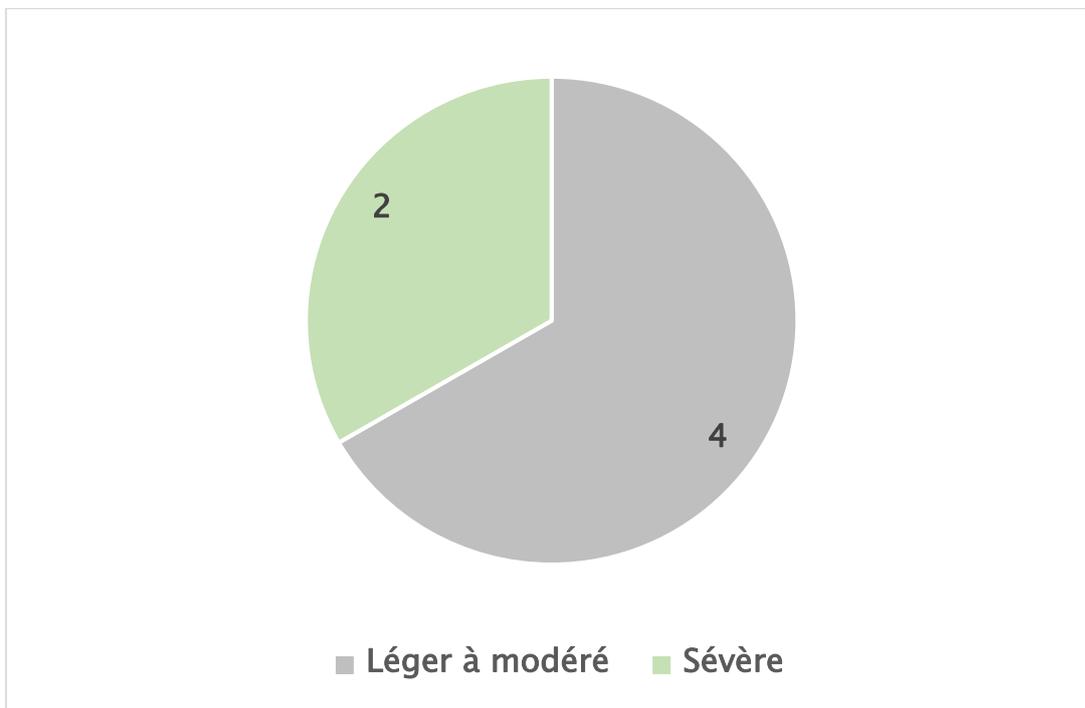


Figure 38 : Coupe coronale et une reconstruction 3D d'une uro-TDM montrant :

Rein gauche : Lithiase coralliforme pyélique mesurant 19*12 mm avec individualisation de la boucle supérieure de la sonde JJ au niveau du groupe caliciel moyen qui est incrustée et siège d'une solution de continuité de son 1/3 supérieur.

Volumineux calcul intra vésical moulant le bout distal de la sonde JJ qui est incrustée.

Quatre patients (66%) avaient une incrustation légère à modérée, tandis que deux patients (34%) avaient une incrustation sévère.



Graphique 8 : Répartition des patients selon le degré de l'incrustation.

Caractéristiques des calculs		
Latéralité		
Droite	1	16,66%
Gauche	2	33,33%
Bilatérale	2	33,33%
Localisation		
Rénale	5	83,33%
Urétérale	2	33,33%
Vésicale	3	50%

Tableau 5 : Localisation des calculs.

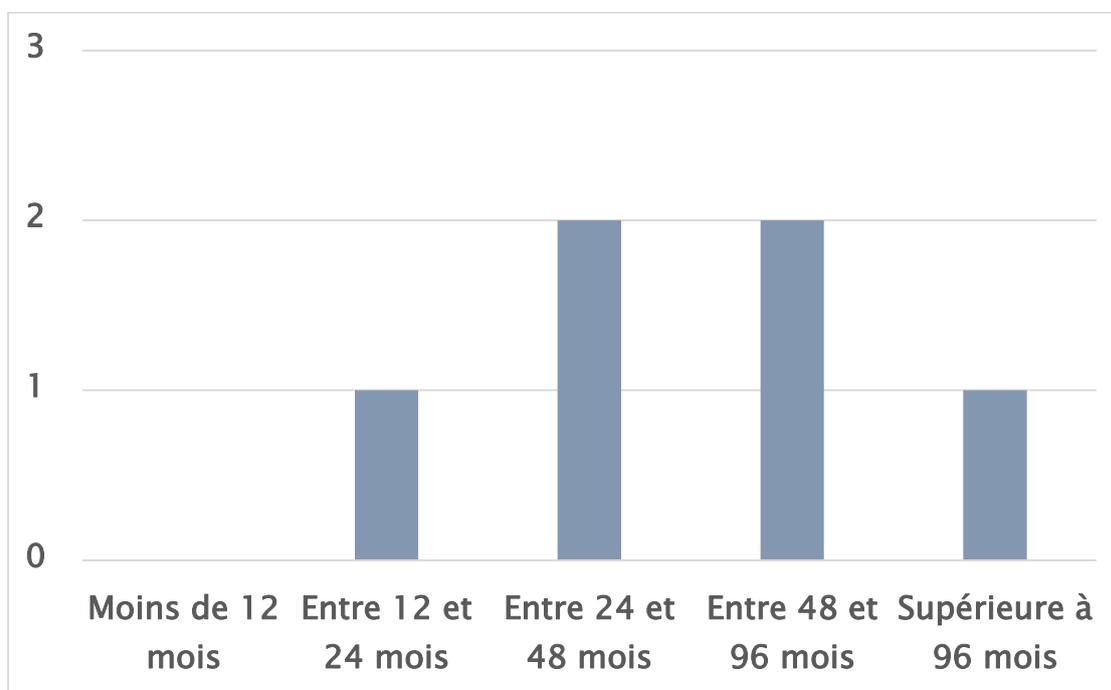
III. Rupture de la sonde JJ :

1. Indications de la montée de sonde :

Tous nos patients avaient comme indication principale de la montée de sonde une lithiase urinaire obstructive.

2. Durée d'implantation de la sonde double J :

Dans notre étude la durée d'implantation varie de 15 mois à 168 mois avec une moyenne de 60,16 mois.



Graphique 9 : Répartition des patients selon la durée d'implantation.

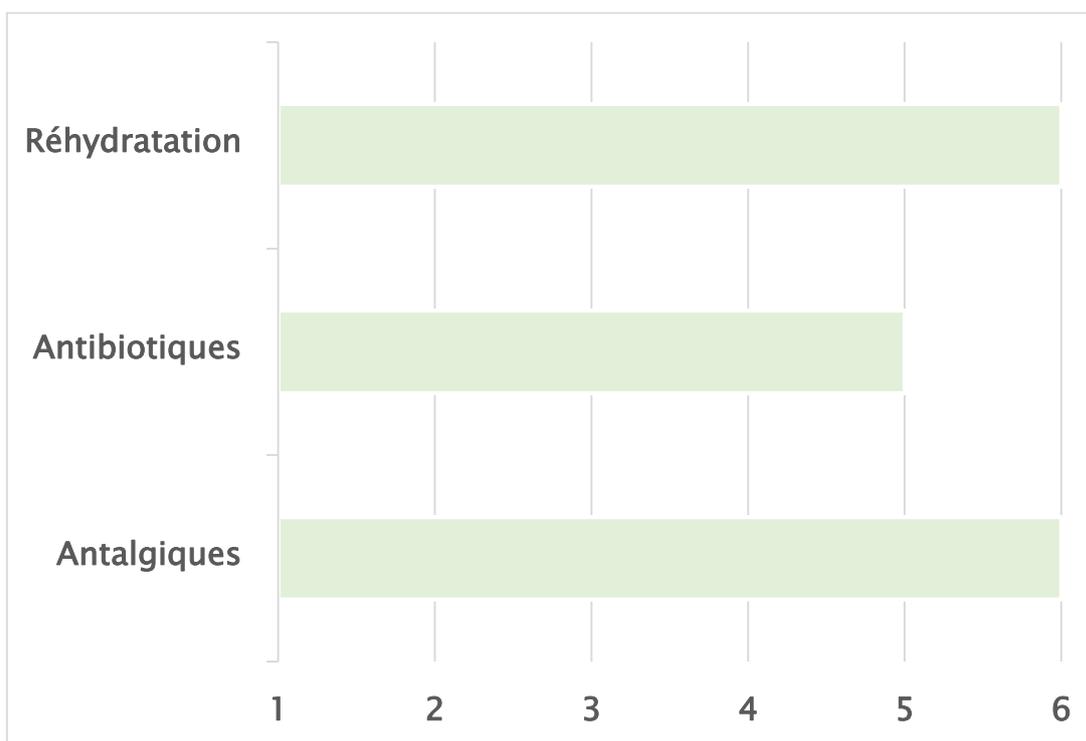
3. Matériau de sonde utilisé :

La totalité des patients avait des sondes urinaires double J en Silicone.

IV. Traitements et complications :

1. Traitements médicaux :

Tous les patients ont reçu des antalgiques et une réhydratation (100%), l'antibiothérapie a été largement utilisée (83,33%), le choix de la molécule a pris en compte les résultats de l'ECBU.



Graphique 10 : Traitements médicaux utilisés pour nos patients.

2. Traitements endoscopiques et chirurgicaux :

Ce graphique présente la répartition des différentes modalités thérapeutiques utilisées chez les patients de l'étude :

L'Urétéroscopie souple avec Laser est la technique la plus utilisée. Réalisée chez 5 patients, elle représente l'approche principale de traitement.

L'Urétéroscopie rigide avec lithotritie endoscopique effectuée chez 1 patient utilisée pour l'extraction des fragments vésicaux ou urétéraux distaux.

La NLPC avec Laser et retrait antégrade de la sonde réalisée chez 2 patients qui avaient un calcul rénal volumineux (plus de 2cm).

Deux patients ont bénéficié de l'approche combinée associant l'urétéroscopie souple (URSS) et la néphrolithotomie percutanée (NLPC) avec laser. Le premier patient a nécessité cette combinaison après l'échec initial d'une URSS pour retirer la boucle proximale de la sonde, suite à une taille vésicale ayant permis le retrait de la boucle distale. Pour le second patient, l'association URSS et NLPC a été planifiée d'emblée en raison de la présence simultanée d'une boucle distale accessible par urétéroscopie rigide et d'une boucle proximale fortement incrustée nécessitant une approche percutanée. Cette stratégie combinée a permis d'obtenir un statut "stent-free" chez ces deux patients, démontrant l'efficacité de cette approche multimodale dans les cas complexes.

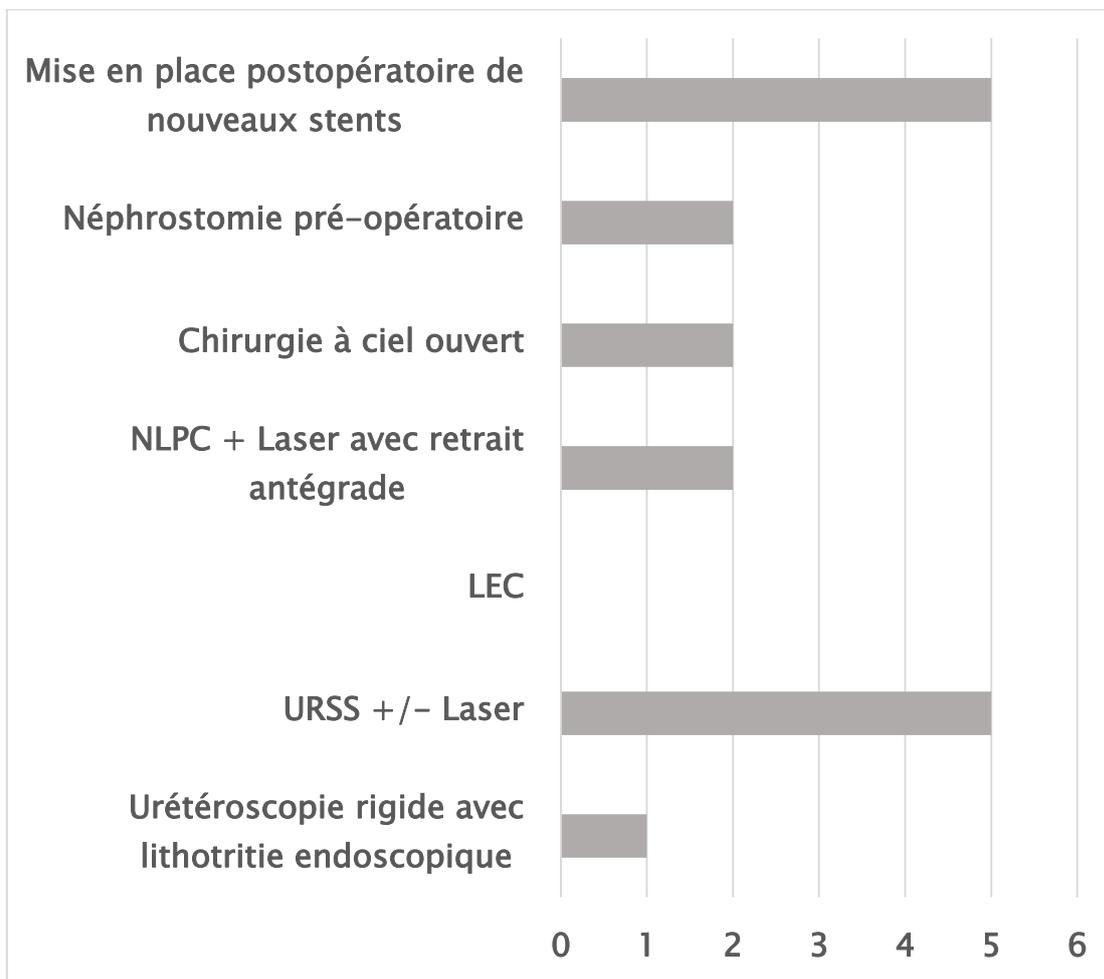
La chirurgie à ciel ouvert (réalisée chez 2 patients) : réalisation d'une taille vésicale avec extraction d'un calcul de vessie : Le calcul était de grande taille posant ainsi l'indication à une extraction chirurgicale.

Aucun de nos patients n'a eu recours à la LEC.

Une sonde double J était placée en fin d'intervention dans 83 % des cas et laissée en place pour une durée de 3 semaines, tandis que 17 % des cas n'ont pas bénéficié d'un drainage des voies excrétrices supérieures en postopératoires.

Une néphrostomie pré-opératoire a été réalisée chez 2 patients en pré-NLPC.

Aucun de nos patients dans notre série n'a présenté de complications en post-opératoire (0%).



Graphique 11 : Répartition des patients selon les traitements endoscopiques et chirurgicaux utilisés.

3. Efficacité du traitement (Stent-free) :

Ce graphique illustre le taux de succès du traitement, évalué par le critère "Stent-free" (absence de sonde résiduelle) chez les patients de l'étude :

Dans notre série, tous nos patients (100%) ont atteint le statut "stent-free", avec des approches thérapeutiques adaptées à chaque situation :

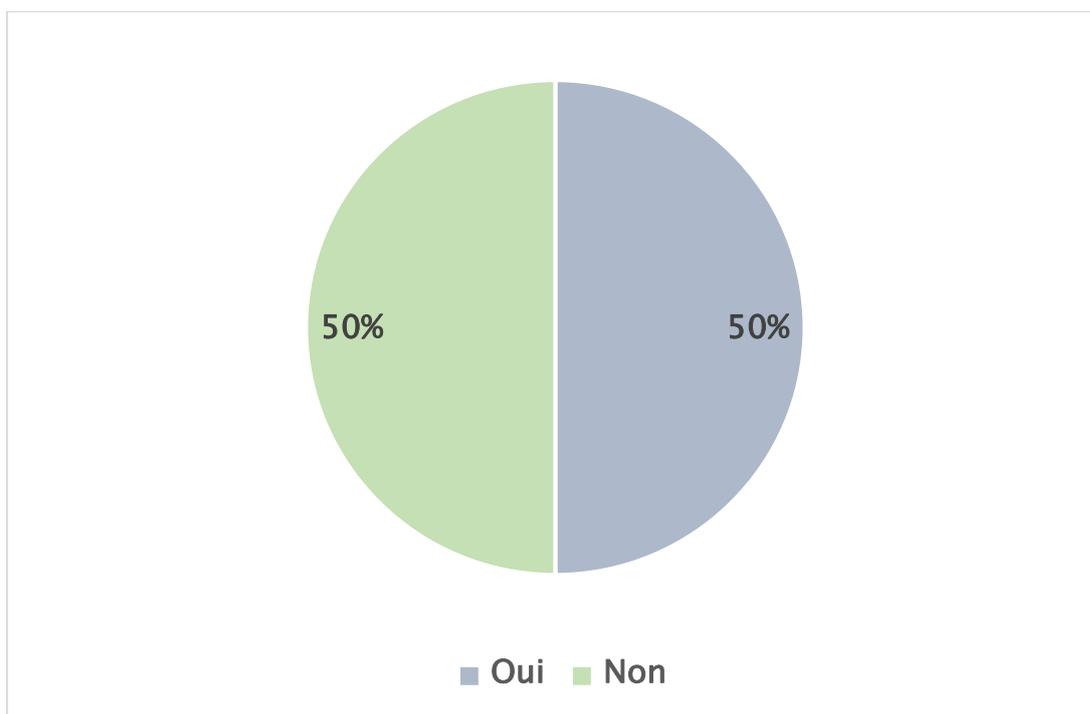
- Le premier patient a bénéficié d'une URSS pour retirer la boucle proximale, associée à une taille vésicale pour la boucle distale.
- Le deuxième patient a nécessité une approche en plusieurs temps : d'abord une taille vésicale pour la boucle distale, puis une URSS qui s'est soldée par un échec, conduisant finalement à une NLPC avec laser pour retirer la boucle proximale.
- Le troisième patient a été traité par une combinaison d'urétéroscopie rigide avec lithotritie pour le bout distal incrusté, suivie d'une NLPC avec laser pour le bout proximal incrusté.
- Les trois derniers patients ont été traités avec succès par URSS avec laser, permettant le retrait des deux extrémités de la sonde.

Cette adaptation des stratégies thérapeutiques aux spécificités de chaque cas a permis d'obtenir un taux de succès optimal dans notre série.

4. Nécessité de plusieurs séances de traitement :

Ce graphique circulaire montre la proportion de patients ayant nécessité plusieurs séances de traitement pour atteindre le statut « Stent free » :

- 50% des patients (3 patients) ont nécessité plusieurs séances de traitement pour atteindre le statut « Stent-free ».
- 50% des patients (3 patients) l'ont atteint en une seule séance.



Graphique 12 : Nécessité de plusieurs séances de traitement pour atteindre le statut « Stent free ».



Figure 39 : Exemple de sondes double J retirées.[146]

DISCUSSION

I. Epidémiologie :

Dans notre série, l'âge moyen des patients était de 52,5 ans, avec des extrêmes allant de 24 à 78 ans. Cette moyenne d'âge est comparable à celle retrouvée par Patil et al., qui rapporte une moyenne de 56,66 ans. Toutefois, elle est plus élevée que les 41,5 ans rapportés par Wang et al. dans leur revue systématique récente portant sur une large série de 1292 patients, ainsi que les 48,1 ans dans la série de Bultitude et al. Par ailleurs, des études supplémentaires, telles que celle de Memon et al., menée au Pakistan entre 2002 et 2005, rapportent un âge moyen de 35 ans pour 120 patients, avec un sexe-ratio de 2,7. De même, Singh et al., dans une étude réalisée en Inde sur 90 patients entre mars 2012 et février 2013, signalent un âge moyen de 42,6 ans avec un sexe-ratio de 1,9. Enfin, Pensota et al., au Pakistan entre 2010 et 2011, notent un âge moyen de 43 ans pour 100 patients.

Les résultats de notre série montrent un sexe-ratio équilibré de 1, contrastant avec les observations d'autres études rapportant une prédominance masculine. Wang et al. notent un sexe-ratio de 1,85, et des ratios encore plus élevés sont observés dans les travaux de Memon et al. (2,7) ainsi que Pensota et al. (2,6). De manière similaire, Singh et al. rapportent un ratio de 1,9 dans leur étude indienne.

L'âge et le sexe ne sont pas considérés comme des facteurs de risque de rupture des sondes double J, expliquant ainsi cette disparité statistique.

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des caractéristiques épidémiologiques dans les différentes séries.

Etudes	Taille de l'échantillon	Âge moyen (ans)	Sex-ratio (H/F)
Patil et al. (Inde) [147]	30	56,66	1,72
Wang et al. (Global) [117]	1292	41,5	1,85
Memon et al. (Pakistan) [148]	120	35	2,7
Singh et al. (Inde) [149]	90	42,6	1,9
Bultitude et al. (Royaume-Uni) [126]	41	48,1	-
Notre série	6	52,5	1

II. Rupture de sonde double J :

1. Indications de la montée de sonde :

L'introduction d'une sonde urétérale double J est un geste essentiel dans de nombreuses interventions urologiques. Elle joue un rôle clé dans des procédures telles que la lithotritie extracorporelle (LEC) par ondes de choc et l'urétéroscopie, en assurant un drainage efficace des voies urinaires supérieures et en minimisant les risques d'obstruction. Par ailleurs, ces sondes sont fréquemment utilisées pour traiter des conditions comme l'hydronéphrose causée par des calculs urinaires, la compression urétérale par une masse tumorale ou des situations spécifiques comme la grossesse compliquée par une obstruction urétérale.

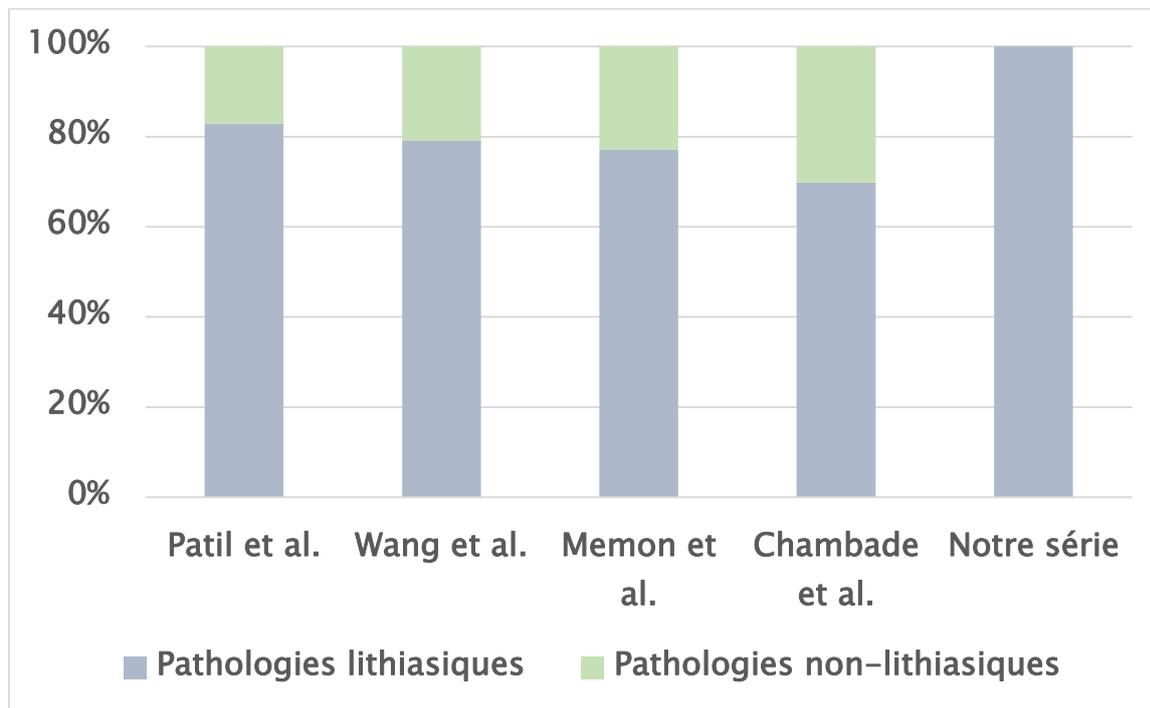
Dans notre série, toutes les indications étaient exclusivement liées à la pathologie lithiasique, reflétant une prévalence notable de cette condition dans la population étudiée. Cette observation concorde avec les données de la littérature. Par exemple, Richter et al. rapportent que 80 % des poses de sondes JJ sont motivées par des calculs urinaires obstructifs, un taux corroboré par Memon et al. (72,5 %) et Chambade et al. (69,6 %).

Wang et al. rapportent également que le traitement adjuvant de la lithiase représente la principale indication (79,2%), suivi par les chirurgies reconstructrices (12%), le soulagement de l'obstruction urétérale (6,3%), la récupération après traumatisme urétéral (0,8%).

Dans la série de Patil et al., on retrouve comme indication principale la lithiase (82,9%), les chirurgies reconstructrices (pyéloplastie, réimplantation urétérale) et les obstructions post-LEC.

La pose de sondes double J dans un contexte lithiasique vise principalement à éviter les complications telles que l'insuffisance rénale obstructive ou les épisodes de pyélonéphrite. Une fois les calculs fragmentés (par lithotritie intra- ou extracorporelle), la sonde facilite l'élimination des fragments résiduels en dilatant l'uretère et en prévenant les obstructions secondaires.

Cette prédominance de la lithiase comme indication initiale s'explique par la fréquence de la pathologie lithiasique mais souligne aussi l'importance d'une surveillance étroite chez ces patients déjà à risque de complications lithiasiques.



Graphique 13 : Indications initiales de la montée de sonde selon les études.

2. Facteurs de risque :

a) Durée d'implantation :

Dans notre étude, la durée moyenne d'implantation des sondes double J était significativement prolongée, atteignant **60,16 mois** (extrêmes : 15 à 168 mois). Ce chiffre contraste nettement avec les recommandations, qui préconisent une durée d'utilisation maximale de **2 à 6 mois** pour limiter les complications qui a été réduite récemment pour une durée optimale de **2 à 12 semaines** [102]. Ces longues durées d'implantations sont expliquées par le bas niveau socio-économique et le faible niveau d'éducation des patients.

Nos résultats surpassent également les observations rapportées dans d'autres études. Par exemple, Patil et al. rapportent une durée moyenne d'utilisation de 13,83

mois, tandis que Wang et al. notent une moyenne de 33,5 mois dans leur revue systématique. En comparaison, Bultitude et al. enregistrent une durée beaucoup plus courte de 5,6 mois, proche des recommandations. Ces durées, bien qu'inférieures à celles observées dans notre étude, montrent une tendance commune : au-delà de 12 mois, les risques d'incrustation et de fragmentation augmentent de manière exponentielle.

Ces observations s'alignent sur les données de Wang et al., qui rapportent que 76,3 % des sondes laissées en place plus de 12 mois présentent des incrustations importantes. Dans notre étude, toutes les sondes étaient incrustées et fragmentées, illustrant clairement une corrélation directe entre une durée prolongée et la survenue de complications graves.

De plus, Pensota et al. [150] et Chambade et al. [151] confirment que des retards dans le retrait des sondes aggravent significativement les risques d'incrustation et de dégradation des matériaux, soulignant la nécessité d'un suivi rigoureux pour minimiser ces complications.

Tableau 7 : Durée d'implantation moyenne selon les différentes études.

Auteurs	Duré d'implantation moyenne
Patil et al.	13,83 mois
Wang et al.	33,5 mois
Bultitude et al.	5,6 mois
Notre série	60,16 mois

b) Antécédents :

Dans notre série de 6 patients, les antécédents les plus fréquents étaient la lithiase urinaire (100%) et les infections urinaires (66,7%). Ces taux sont comparables à ceux rapportés par Wang et al. qui retrouvent la lithiase comme antécédent principal dans 79,2% de leurs cas, et des infections dans 40,2%.

Patil et al. confirment également une prévalence élevée de lithiases (82,9 %) et des infections urinaires présentes chez 40 % de leurs patients.

Ces résultats concordent avec la littérature qui identifie ces deux facteurs comme principaux facteurs de risque de rupture de sonde.[108], [109]

Dans notre série, l'hypertension artérielle et le diabète étaient présents chacun chez 33,3% des patients (2 cas).

Patil et al. soulignent que le diabète est une comorbidité fréquente, retrouvée chez 32 % de leurs patients. En revanche, Bultitude et al. rapportent des taux plus faibles de comorbidités liées au diabète, autour de 20 %.

Le diabète est reconnu comme facteur de risque lithogène par plusieurs mécanismes :

- Augmentation de l'excrétion urinaire de calcium ;
- pH urinaire acide favorisant la formation de calculs d'acide urique ;
- Risque accru d'infections urinaires.

Pour l'hypertension artérielle, peu d'études parmi celles analysant les sondes JJ oubliées rapportent spécifiquement sa prévalence. Néanmoins, l'HTA est associée à un risque accru de lithiase par :

- Une excrétion urinaire excessive de calcium ;

- Une diminution de l'excrétion de citrate ;
- Des anomalies du transport tubulaire calcique.

Wang et al. dans leur revue systématique récente, insistent sur l'importance des comorbidités comme facteurs aggravants, notamment le diabète et l'HTA qui augmentent le risque d'infection et d'incrustation des sondes.

III. Aspects cliniques et diagnostiques :

1. Présentations cliniques et signes physiques :

Les symptômes cliniques rapportés dans notre étude sont comparés ici à ceux observés dans les études de Wang et al., Patil et al., et El Hajjaj et al.[152], offrant une perspective globale sur les présentations cliniques des patients ayant une sonde double J sectionnée.

Bien que les douleurs lombaires soient constantes dans notre échantillon, cela ne reflète pas nécessairement un tableau clinique aigu, mais plutôt l'importance de ce symptôme dans la détection des complications liées aux sondes sectionnées. Les douleurs peuvent également être attribuées aux incrustations ou à la durée de pose prolongée.

La dysurie est fréquente dans les études sur les sondes oubliées ou incrustées. Dans notre cas, elle reste significative mais moins dominante par rapport à Patil et El Hajjaj et al.. Les symptômes sont souvent attribués à l'interaction de la boucle intravésicale de la sonde avec le col vésical et le trigone, provoquant une irritation.

L'hématurie est un symptôme secondaire dans notre étude, reflétant peut-être une prise en charge plus précoce ou une moindre gravité des incrustations.

La fièvre est plus fréquente dans notre étude (33,3 %) comparée à Wang et al. (19,2 %), suggérant une réponse inflammatoire marquée liée à une infection urinaire concomitante.

En comparant nos résultats avec ceux des études de Wang et al., Patil et al., et M. El Hajjaj et al., il apparaît que les symptômes varient en fonction des contextes cliniques et des complications spécifiques. La nature non exclusivement aiguë de notre tableau clinique reflète des présentations diversifiées, influencées par la durée de pose, le degré d'incrustation et la réponse inflammatoire. Ces différences mettent en évidence la nécessité d'une prise en charge personnalisée et d'une stratification des risques.

Tableau 8 : Tableau comparatif des présentations cliniques selon différentes études.

Symptômes cliniques	Notre étude (6 patients)	Wang et al. (1292 patients)	Patil et al. (30 patients)	M. El Hajjaj et al. (25 patients)
Douleurs lombaires / flanc	100 %	37,3 %	30 %	36 %
Dysurie	50 %	18 %	80 %	76 %
Hématurie	16,7 %	22,8 %	40 %	52 %
Fièvre	33,3 %	19,2 %	Non rapporté	20%

2. Imagerie :

Dans notre série, tous les patients ont bénéficié d'une uro-TDM, qui s'est imposée comme l'examen de référence. Cette pratique rejoint les recommandations actuelles et les données de la littérature.

L'uroscanner a permis non seulement de diagnostiquer et localiser précisément les fragments de sonde, mais également d'évaluer le degré d'incrustation et la présence de lithiases associées. Cette précision diagnostique est particulièrement soulignée par Wang et al., qui rapportent une sensibilité de 98% pour la détection des fragments et des complications associées. Les reconstructions tridimensionnelles, comme le soulignent Bultitude et al., sont particulièrement utiles pour la planification chirurgicale.

L'AUSP a été réalisé chez 50% de nos patients, principalement comme examen de première intention ou pour le suivi post-opératoire. Bien que moins sensible que le scanner, son utilité est reconnue par plusieurs auteurs. Patil et al. soulignent son intérêt pour le suivi post-opératoire, tandis que Ray et al. la considèrent comme un outil de dépistage initial acceptable.

L'échographie rénale, utilisée chez 33,3% de nos patients, a servi principalement à évaluer le retentissement sur les voies excrétrices. Cette utilisation ciblée correspond aux observations de Singh et al., qui recommandent l'échographie pour le suivi de la dilatation pyélocalicielle et la détection des complications.

Contrairement à certaines séries historiques, aucun de nos patients n'a eu d'UIV, reflétant l'évolution des pratiques vers des modalités d'imagerie plus performantes. Cette tendance est également rapportée par Wang et al., qui notent l'abandon progressif de l'UIV au profit de l'uroscanner.

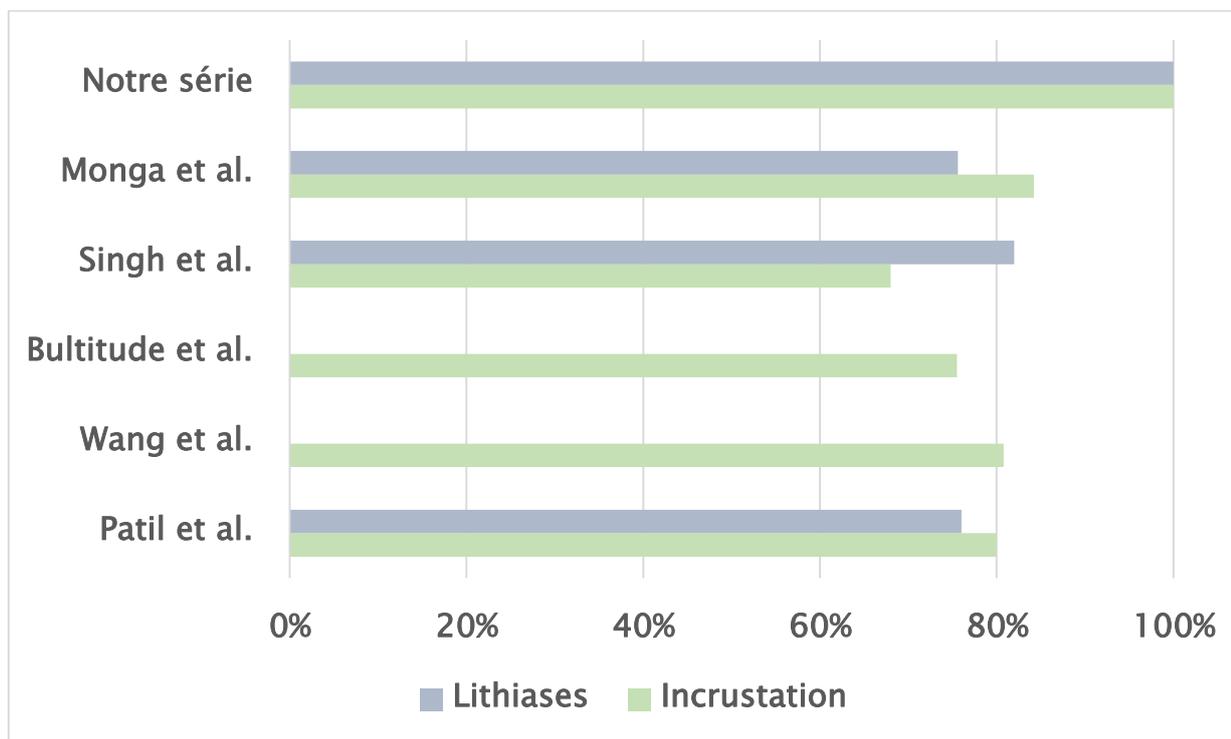
Notre approche multimodale de l'imagerie, privilégiant l'uroscanner tout en utilisant de manière complémentaire l'AUSP et l'échographie, s'aligne sur les pratiques actuelles décrites dans la littérature récente. Cette stratégie permet une évaluation complète et précise, essentielle pour une planification thérapeutique optimale.

3. Interaction complexes : Fragmentation, incrustation et lithiases urinaires :

Dans notre série, tous les patients (100%) avaient une incrustation associée ainsi qu'une ou plusieurs lithiases de localisations différentes.

Nos résultats se rapprochent aux données de la littérature notamment celles réalisées par :

- Wang et al. rapportent dans leur revue : un taux d'incrustation de 80,8% et une association fréquente avec des lithiases.
- Bultitude et al. ont montré : une incrustation dans 75,5% des cas à 6 mois.
- Patil et al. retrouvent : une incrustation dans 80% des sondes oubliées et des calculs associés dans 76% des cas.
- Singh et al. décrivent : une incrustation dans 68% des cas et des lithiases associées dans 82% des cas.
- Monga et al. [99] rapportent : une incrustation associée dans 84,2% des cas et des calculs sur les extrémités de la sonde dans 75,6% des cas.



Graphique 14 : Association de la rupture de la sonde double J avec son incrustation et la lithiase urinaires.

En effet, la fragmentation des sondes JJ et les incrustations associées représentent des complications étroitement liées, souvent aggravées par la présence de lithiases urinaires. Une étude de Lam et al. [125] (2002) a montré que les sondes laissées en place plus de 12 mois présentent un risque accru de fracture, dû à l'usure du matériau et à l'action des sels minéraux incrustants. Ces fragments peuvent migrer et servir de substrat à des incrustations supplémentaires, rendant leur localisation et leur retrait encore plus complexes.

Les incrustations, surtout lorsqu'elles coexistent avec des lithiases, amplifient la complexité du traitement. Les boucles proximales et distales des sondes sont les sites les plus fréquemment touchés, comme rapporté par El-Faqih et al. [102], avec une prévalence de 76,3 % après 12 mois de port. Cette incrustation est favorisée par une stagnation urinaire et des infections chroniques, qui à leur tour peuvent favoriser

la formation de calculs secondaires. La relation est donc bidirectionnelle : d'une part, les incrustations favorisent la formation de calculs, et d'autre part, les lithiases existantes amplifient les incrustations en perturbant le flux urinaire.

Cette dynamique exige des approches thérapeutiques spécifiques. Les techniques combinées, telles que l'endoscopie rétrograde avec lithotritie laser et la néphrolithotomie percutanée (NLPC), se sont révélées efficaces pour éliminer simultanément les fragments incrustés et les calculs associés. Cela souligne la nécessité d'une prise en charge multimodale et personnalisée pour optimiser les résultats cliniques dans ces situations complexes.

IV. Prise en charge thérapeutique :

1. Approche thérapeutique :

Notre étude a mis en avant l'importance d'une approche multimodale pour la gestion des sondes double J sectionnées. Les techniques incluaient l'urétéroscopie souple avec lithotritie laser, la néphrolithotomie percutanée (NLPC) et, dans certains cas complexes, la chirurgie ouverte. Le taux de succès global, défini par l'absence de fragments résiduels ("stent-free"), était de 100 %, ce qui témoigne de l'efficacité de ces approches combinées.

a) Urétéroscopie souple avec Laser (URSS) :

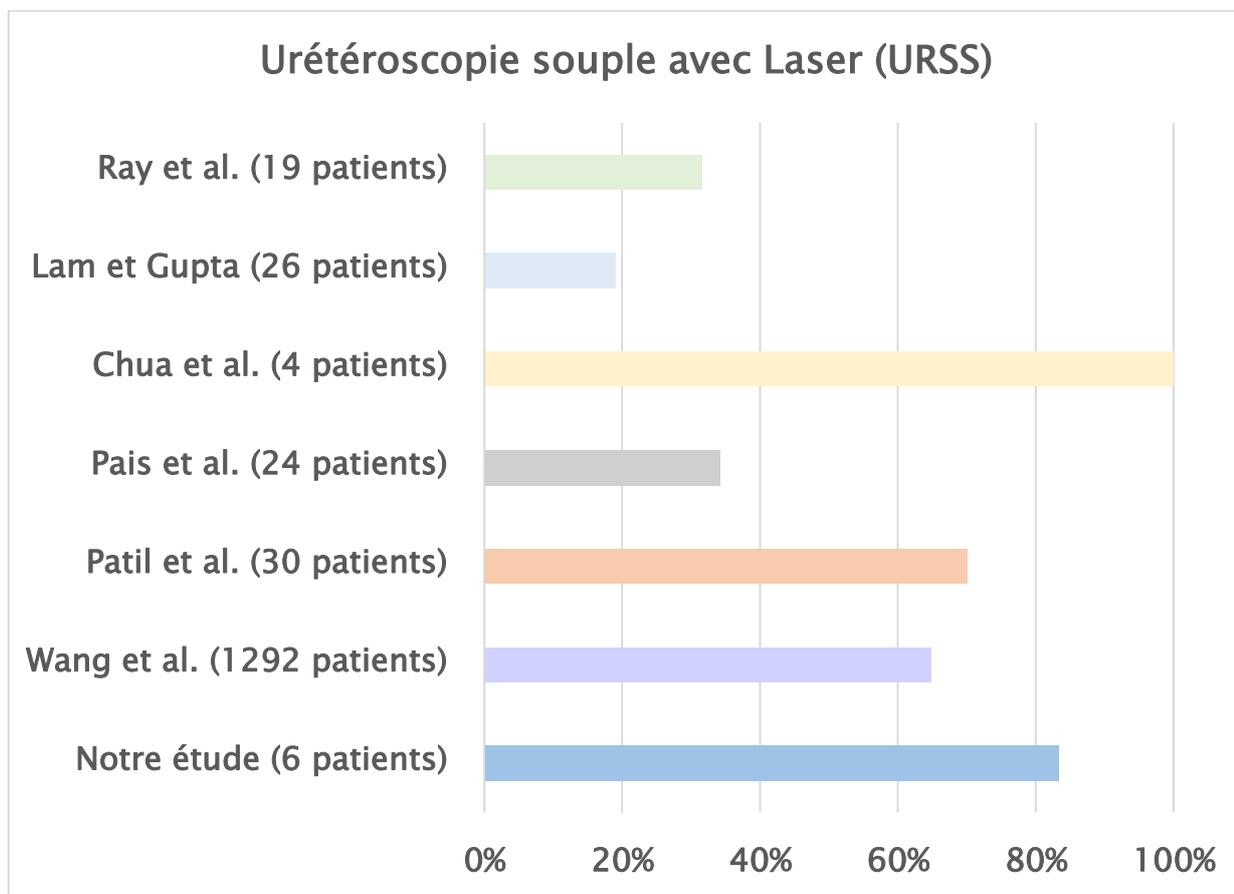
L'URSS est la modalité principale dans notre étude (83,3 %), confirmant son efficacité dans la gestion des sondes double J sectionnées. Ce résultat est comparable aux études de Wang et al. (64,8 %) et Patil et al. (70 %).

En revanche, des études comme celles de Lam et Gupta (19 %) et Ray et al. (31,6 %) [114] rapportent une utilisation plus modérée, probablement en raison de différences dans les cas complexes.

Cette prédominance s'explique par plusieurs avantages majeurs, notamment une excellente visualisation de l'ensemble du tractus urinaire et une grande maniabilité permettant d'accéder à toutes les portions de l'uretère. La précision du laser dans la fragmentation des incrustations et la possibilité de traiter simultanément les lithiases associées constituent également des atouts importants.

Les bénéfices cliniques sont également significatifs. L'URSS présente une morbidité minimale, permet une durée d'hospitalisation réduite et une récupération post-opératoire rapide. Le taux de complications associé à cette technique reste faible, ce qui en fait une option thérapeutique sûre.

D'un point de vue pratique, l'URSS peut être utilisée chez la majorité des patients. La technique est reproductible et présente une courbe d'apprentissage acceptable pour les praticiens. Ces caractéristiques en font une option thérapeutique de premier choix dans la prise en charge des sondes JJ sectionnées.



Graphique 15 : Utilisation de l'URSS + Laser selon les différentes études.

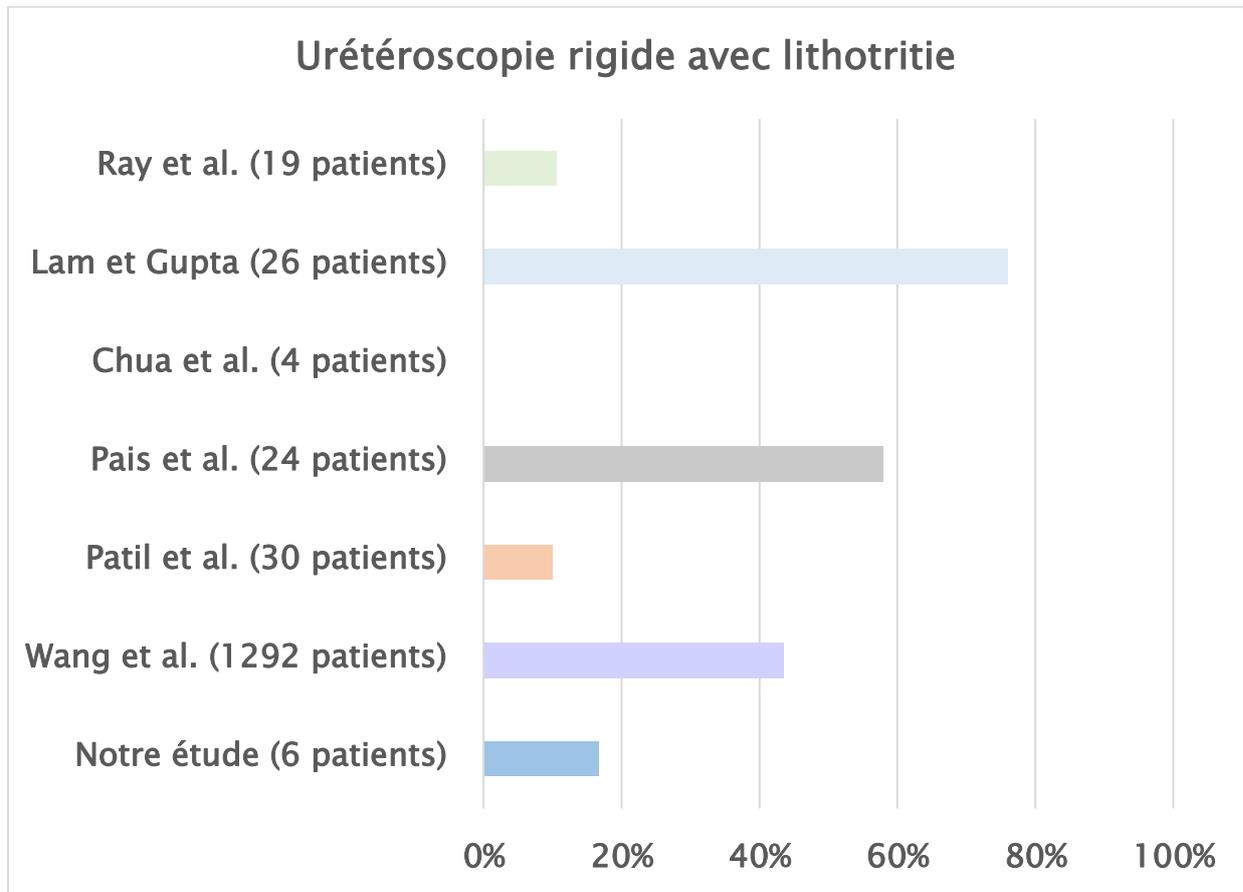
b) Urétéroscopie rigide avec lithotritie :

L'urétéroscopie rigide représente 16,7% de nos interventions, un taux significativement inférieur à ceux rapportés dans la littérature. En effet, Wang et al. rapportent un taux de 43,4%, Lam et Gupta 76%, tandis que Patil et al. décrivent un taux plus proche du nôtre à 10%.

Cette différence s'explique par plusieurs facteurs techniques. Notre préférence s'est portée sur l'urétéroscopie souple, qui offre une plus grande polyvalence dans la prise en charge des fragments sectionnés. De plus, la localisation majoritairement proximale des fragments dans notre série a favorisé l'utilisation de techniques plus flexibles. Cette tendance reflète également l'évolution générale des pratiques vers des approches plus souples, mieux adaptées aux variations anatomiques.

L'urétéroscopie rigide conserve néanmoins des indications spécifiques bien définies. Elle est particulièrement adaptée pour le traitement des fragments distaux et des calculs urétéraux bas situés. Elle peut également être utilisée en complémentarité avec l'URSS dans une approche combinée, permettant ainsi d'optimiser la prise en charge des cas complexes.

Les limites anatomiques inhérentes à l'urétéroscopie rigide, notamment sa moindre capacité à s'adapter aux courbures naturelles de l'uretère, expliquent en partie son utilisation plus restreinte dans notre série. Cette limitation est particulièrement importante dans les cas où les fragments sont situés dans des zones anatomiquement difficiles d'accès avec un instrument rigide.



Graphique 16 : Utilisation de l'Urétéroscopie rigide avec lithotritie selon les différentes études.

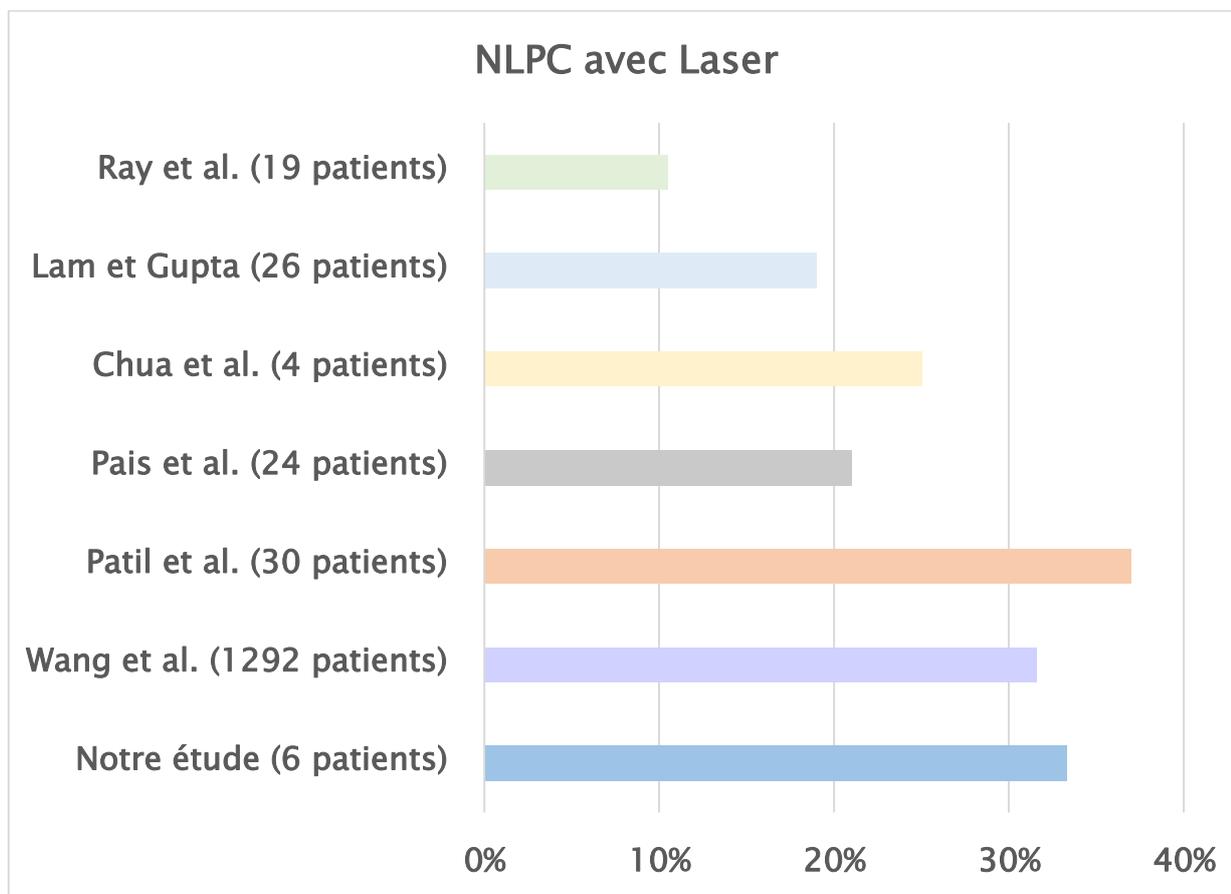
c) NLPC avec Laser :

La néphrolithotomie percutanée (NLPC) a été utilisée dans 33,3% des cas, un taux comparable à ceux de Wang et al. (31,6%) et Patil et al. (37%), mais supérieur à ceux de Pais et al. (21%) et Ray et al. (10,5%).

Cette technique trouve particulièrement sa place dans le traitement des calculs volumineux (>2 cm) et des incrustations importantes, ainsi que les cas d'échec de l'URSS. Ces situations nécessitent une approche plus directe et plus invasive que l'urétéroscopie.

Elle offre un accès direct aux fragments proximaux et une meilleure vision opératoire, tout en permettant l'utilisation d'instruments de plus gros calibre.

Sur le plan technique, la réalisation d'une NLPC nécessite une expertise spécifique et une planification préopératoire rigoureuse. Le positionnement du patient et le choix du point de ponction sont des éléments cruciaux pour la réussite de l'intervention. Ces considérations techniques soulignent l'importance d'une formation adéquate et d'une expérience suffisante pour optimiser les résultats de cette procédure.



Graphique 17 : Utilisation de la NLPC + Laser selon les différentes études.

d) Chirurgie à ciel ouvert :

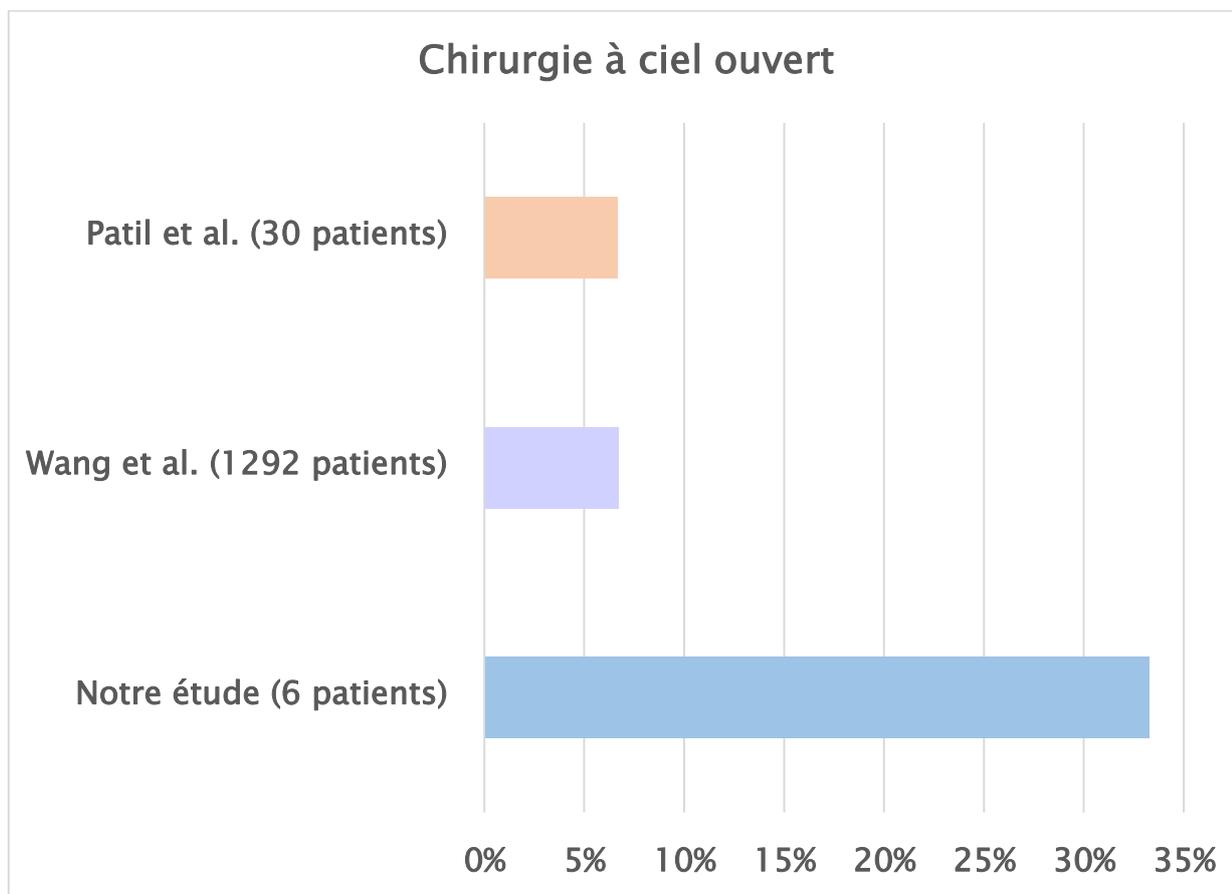
La chirurgie à ciel ouvert dans la prise en charge des sondes JJ sectionnées représente une option thérapeutique qui, bien que moins fréquemment utilisée dans l'ère de l'endourologie, conserve des indications spécifiques. Dans notre série, elle a été pratiquée dans 33,3% des cas, un taux significativement plus élevé que celui rapporté par Wang et al. (6,7%), Patil et al. (6,66%) et Ray et al. (5,26%).

Cette différence notable s'explique principalement par la présence dans notre série de calculs vésicaux volumineux nécessitant une taille vésicale. En effet, la chirurgie ouverte devient particulièrement pertinente lorsque les calculs atteignent une taille importante rendant les approches endoscopiques moins efficaces ou plus risquées.

Les indications de la chirurgie ouverte comprennent notamment les calculs vésicaux de grande taille, les échecs des techniques endoscopiques, et les situations anatomiques complexes rendant l'accès endoscopique difficile ou impossible. Elle peut également être indiquée en cas d'incrustations massives nécessitant une extraction en bloc.

Les avantages de cette approche incluent une exposition directe permettant une extraction complète des fragments et des calculs associés, ainsi qu'une réparation immédiate d'éventuelles lésions associées. Cependant, elle présente aussi des inconvénients notables tels qu'une morbidité plus importante, une durée d'hospitalisation prolongée et une récupération post-opératoire plus longue.

La décision d'opter pour une chirurgie ouverte doit donc être soigneusement pesée, en tenant compte de la taille et de la localisation des calculs, de l'état général du patient, et des résultats des tentatives préalables de traitement endoscopique.



Graphique 18 : Recours à la chirurgie à ciel ouvert selon les différentes études.

e) **Lithotritie extracorporelle (LEC) :**

La lithotritie extracorporelle (LEC) dans la prise en charge des sondes JJ sectionnées représente une option thérapeutique dont l'utilisation varie considérablement selon les séries. Dans notre étude, la LEC n'a pas été utilisée (0%), ce qui contraste avec les taux rapportés dans d'autres séries : Wang et al. (30,4%), Lam et Gupta (27%), et Ray et al. (10,5%). Les séries de Patil et al., Pais et al., et Chua et al. [153] ne rapportent pas l'utilisation de cette technique.

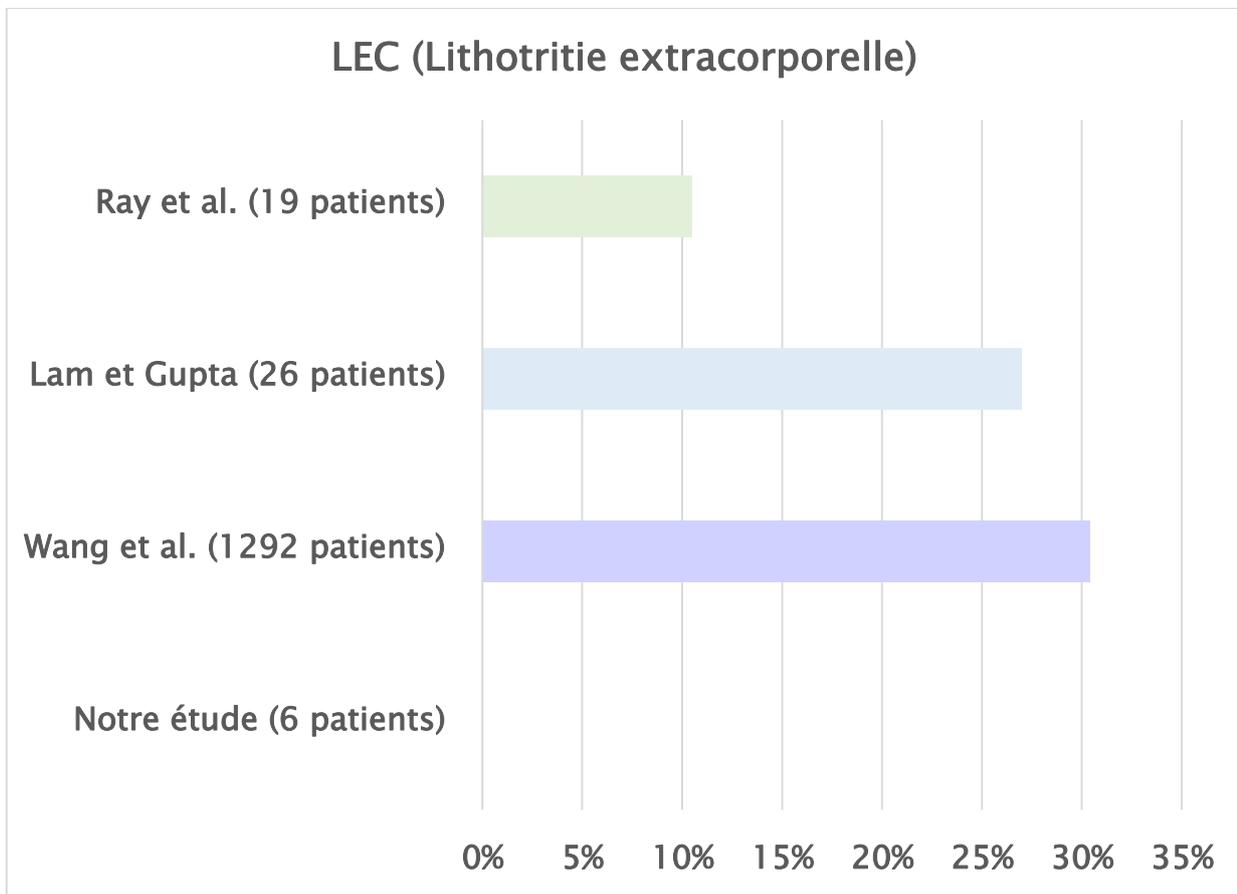
Cette absence d'utilisation de la LEC dans notre série s'explique par plusieurs facteurs. Premièrement, la présence systématique d'incrustations associées aux fragments de sonde limite l'efficacité de cette technique. En effet, la LEC est généralement plus efficace pour les calculs isolés de taille modérée sans complication associée.

Les études ayant utilisé la LEC rapportent son utilité principalement dans des cas spécifiques : incrustations légères à modérées, fragments proximaux difficiles d'accès, ou comme traitement complémentaire à d'autres approches. Wang et al. soulignent que la LEC peut être particulièrement utile comme traitement adjuvant, notamment pour fragiliser les incrustations avant une procédure endoscopique.

Cependant, plusieurs limitations sont à considérer. La LEC seule ne peut pas assurer le retrait des fragments de sonde, nécessitant souvent des procédures complémentaires. De plus, son efficacité est limitée en cas d'incrustations importantes ou de calculs de grande taille. La densité des calculs (supérieure à 1000 UH) constitue également un facteur limitant.

La tendance actuelle, comme le montrent les séries récentes, privilégie les approches endoscopiques directes (URSS, NLPC) qui permettent à la fois le traitement

des incrustations et le retrait des fragments de sonde en une seule procédure. La LEC garde néanmoins sa place dans une approche multimodale, particulièrement comme traitement préparatoire ou complémentaire.



Graphique 19 : Utilisation de la LEC selon les différentes études.

f) Drainage urinaire :

La gestion du drainage urinaire dans la prise en charge des sondes JJ sectionnées constitue un aspect crucial du traitement. Cette prise en charge comprend deux modalités principales : la néphrostomie et la mise en place d'une nouvelle sonde JJ.

La néphrostomie percutanée représente une option de drainage temporaire importante. Dans notre série, elle a été réalisée chez 33,3% des patients, principalement en préparation d'une NLPC. Ce taux est comparable à ceux rapportés

par Wang et al. (28,4%), Patil et al. (30%), et légèrement supérieur à celui de Ray et al. (26,3%). Les indications principales de la néphrostomie incluent la décompression urgente du système collecteur en cas d'infection, la préparation à une NLPC, et la création d'un accès pour le retrait antégrade des fragments de sonde.

La mise en place d'une nouvelle sonde JJ en fin d'intervention a été effectuée chez 83% de nos patients, pour une durée programmée de 3 semaines. Ce taux est comparable aux données de la littérature : Wang et al. (90%), Patil et al. (85%), et Ray et al. (78%). Cette pratique vise plusieurs objectifs : prévenir la sténose urétérale post-opératoire, assurer un drainage optimal pendant la phase de cicatrisation, et réduire le risque de complications infectieuses.

Le choix entre ces différentes modalités de drainage dépend de plusieurs facteurs :

- La complexité du cas et l'étendue des manipulations endoscopiques
- La présence d'une infection ou d'une obstruction significative
- L'état général du patient et ses comorbidités
- La stratégie thérapeutique globale envisagée

Dans certains cas (17% dans notre série), aucun drainage post-opératoire n'a été jugé nécessaire, notamment lorsque la procédure était simple et non compliquée. Cette décision doit être soigneusement évaluée en fonction des risques potentiels et des bénéfices attendus.

La durée du drainage post-opératoire varie selon les séries : 3 semaines dans notre étude, 2 à 4 semaines pour Wang et al., et 2 à 6 semaines pour Patil et al. Cette variation reflète l'absence de consensus strict et l'adaptation aux spécificités de chaque cas.

Le suivi de ces drainages temporaires est essentiel pour prévenir les complications. Il comprend :

- Une surveillance clinique régulière
- Un contrôle radiologique pour vérifier le bon positionnement
- Une analyse bactériologique des urines
- Une programmation précise du retrait du drainage

Cette approche structurée du drainage urinaire contribue significativement au succès global de la prise en charge des sondes JJ sectionnées.

2. Résultats :

Notre étude met en lumière l'efficacité des techniques modernes, notamment l'URSS et la NLPC, dans la gestion des sondes double J sectionnées. Les résultats obtenus sont en grande partie conformes à la littérature internationale, bien que des différences dans l'utilisation de certaines modalités (comme la chirurgie à ciel ouvert) reflètent la spécificité des cas traités dans notre série.

Ces différences peuvent s'expliquer par deux facteurs principaux :

- Un échantillon réduit dans notre étude : bien que notre série comprenne 6 patients, elle a permis une analyse détaillée et approfondie des modalités thérapeutiques utilisées. Cela offre une perspective spécifique et pertinente sur la gestion des sondes double J sectionnées. Toutefois, des études sur des cohortes plus larges pourraient confirmer et affiner ces résultats.
- Une adaptation à la situation clinique de chaque patient : la prise en charge thérapeutique a été dictée par les caractéristiques individuelles des patients, telles que la localisation des fragments sectionnés, le degré

d'incrustation et la taille des calculs. Cela reflète l'importance de personnaliser les approches pour chaque cas, un aspect qui peut expliquer les variations par rapport aux protocoles standardisés rapportés dans la littérature.

Le taux de succès global (statut "Stent-free") atteint 100% dans notre série, comparable aux meilleures séries de la littérature comme celles de Wang et al. (99%) et Chua et al. (100%), et supérieur à celles de Patil et al. (80%) et Pais et al.[154] (63%). Ce succès peut être attribué à une sélection appropriée des techniques selon les cas, à l'expertise de l'équipe chirurgicale et à une évaluation préopératoire minutieuse.

La nécessité d'approches combinées dans 50% des cas, similaire aux données de Wang et al. (59%) et Pais et al. (58%) reflète la complexité des situations rencontrées. Cette approche multimodale permet une meilleure adaptation aux différentes situations cliniques et une optimisation des résultats. Le choix thérapeutique est guidé par de nombreux paramètres anatomiques, pathologiques, techniques et liés au patient.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des modalités thérapeutiques utilisées selon différentes études et leur efficacité.

Modalité thérapeutique	Notre étude (6 patients)	Wang et al. (1292 patients)	Patil et al. (30 patients)	Pais et al. (24 patients)	Chua et al. (4 patients)	Lam et Gupta (26 patients)	Ray et al. (19 patients)
Urétéroscopie souple avec Laser (URSS)	83,3%	64,8%	70%	34,2%	100%	19%	31,6%
Urétéroscopie rigide avec lithotritie	16,7%	43,4%	10%	58%	0%	76%	47,3%
NLPC avec Laser	33,3%	31,6%	37%	21%	25%	19%	10,5%
Chirurgie à ciel ouvert	33,3%	6,7%	6,66%	Non rapporté	Non rapporté	Non rapporté	5,26%
LEC	0%	30,4%	Non rapporté	Non rapporté	Non rapporté	27%	10,5%
Multiples modalités de traitement	50%	59%	Non rapporté	58%	25%	27%	42%
Statut « Stent-free »	100%	99%	80%	63%	100%	88,5%	95%

CONCLUSION

Cette étude rétrospective menée au service d'urologie du CHU Hassan II de Fès sur la prise en charge des sondes double J sectionnées permet de tirer plusieurs enseignements importants :

La rupture de sonde double J représente une complication sérieuse mais évitable, survenant principalement chez des patients ayant des antécédents lithiasiques et une durée prolongée d'implantation. Notre série confirme que le dépassement significatif des délais recommandés de changement constitue le facteur de risque majeur.

Le diagnostic repose essentiellement sur l'imagerie, particulièrement l'uroscanner qui permet une évaluation précise de la situation. L'association quasi-systématique avec des incrustations et des lithiases complique la prise en charge et justifie une approche thérapeutique adaptée.

L'expérience de notre service démontre l'efficacité des techniques endoscopiques modernes, notamment l'urétéroscopie souple avec laser, qui constitue le traitement de référence. Le taux de succès élevé obtenu confirme la pertinence d'une approche multimodale, combinant différentes techniques selon la complexité des cas.

Cette étude souligne également l'importance cruciale de la prévention, qui doit s'articuler autour de plusieurs axes :

- Un suivi régulier et rigoureux des patients porteurs de sondes
- Le respect strict des délais de changement recommandés
- Une information claire et détaillée des patients sur les risques liés au port prolongé

- La mise en place d'un système de surveillance efficace incluant des rappels programmés

Les perspectives d'amélioration concernent notamment :

- Le développement de nouveaux matériaux plus résistants
- L'optimisation des designs des sondes
- La standardisation des protocoles de suivi
- L'amélioration des systèmes de traçabilité

En définitive, bien que la rupture de sonde double J reste une complication préoccupante, elle peut être efficacement prévenue par une surveillance adaptée et traitée avec succès grâce aux techniques endoscopiques modernes, à condition d'adopter une stratégie thérapeutique personnalisée.

RÉSUMÉS

RÉSUMÉ

Introduction :

La sonde double J est devenue un outil indispensable en urologie moderne. Malgré les avancées technologiques, la rupture de ces sondes, bien que rare, constitue une complication sérieuse nécessitant une prise en charge spécifique.

Objectif :

Analyser l'expérience du service d'urologie du CHU Hassan II de Fès dans la prise en charge des sondes double J sectionnées, en évaluant les aspects épidémiologiques, diagnostiques et thérapeutiques.

Matériels et Méthodes :

Étude rétrospective sur 19 mois (Avril 2023 – Novembre 2024) incluant 6 patients pris en charge pour rupture de sonde double J. L'analyse a porté sur les données épidémiologiques, les antécédents, la présentation clinique, les aspects radiologiques et les modalités thérapeutiques.

Résultats :

L'âge moyen était de 52,5 ans avec un sex-ratio de 1. Les antécédents lithiasiques étaient présents chez tous les patients (100%), suivis des infections urinaires (66,7%). La durée moyenne d'implantation était de 60,16 mois. La symptomatologie était dominée par les lombalgies (100%) et la dysurie (50%). L'uroscanner a révélé une incrustation associée et des lithiases chez tous les patients. La prise en charge a reposé principalement sur l'urétéroscopie souple avec laser (83,3% des cas), avec nécessité d'une approche multimodale dans 50% des cas. Le taux de succès global (statut "stent-free") était de 100%.

Conclusion :

La rupture de sonde double J est une complication évitable dont le principal facteur de risque est la durée prolongée d'implantation. L'approche endoscopique, particulièrement l'urétéroscopie souple avec laser, permet d'obtenir d'excellents résultats. Cette étude souligne l'importance d'une meilleure éducation des patients et d'un système de surveillance efficace pour prévenir les complications liées au port prolongé des sondes double J.

ABSTRACT

Introduction:

The double J stent has become an essential tool in modern urology. Despite technological advances, stent breakage, although rare, represents a serious complication requiring specific management.

Objective:

To analyze the experience of the urology department at Hassan II University Hospital in Fez in managing broken double J stents, evaluating epidemiological, diagnostic, and therapeutic aspects.

Materials and Methods:

A retrospective study over 19 months (April 2023 – November 2024) including 6 patients treated for double J stent breakage. The analysis focused on epidemiological data, medical history, clinical presentation, radiological aspects, and therapeutic modalities.

Results:

The mean age was 52.5 years with a sex ratio of 1. All patients (100%) had a history of urinary stones, followed by urinary tract infections (66.7%). The average implantation duration was 60.16 months. Symptomatology was dominated by back pain (100%) and dysuria (50%). CT urography revealed associated encrustation and stones in all patients. Management was primarily based on flexible ureteroscopy with laser (83.3% of cases), with a multimodal approach required in 50% of cases. The overall success rate (stent-free status) was 100%.

Conclusion:

Double J stent breakage is an avoidable complication with prolonged implantation duration being the main risk factor. The endoscopic approach, particularly flexible ureteroscopy with laser, yields excellent results. This study emphasizes the importance of better patient education and an effective monitoring system to prevent complications related to prolonged double J stent placement.

المخلص

المقدمة :

أصبحت القسطرة المزدوجة أداة أساسية في جراحة المسالك البولية الحديثة على الرغم من التقدم التكنولوجي، يظل تمزق القسطرة، رغم ندرته، مضاعفة خطيرة تتطلب علاجاً خاصاً.

الهدف:

تحليل تجربة قسم جراحة المسالك البولية في المستشفى الجامعي الحسن الثاني بفاس في علاج القسطرات المزدوجة المتمزقة، مع تقييم الجوانب الباثية والتشخيصية والعلاجية.

المواد والطرق :

دراسة استيعادية على مدى ١٩ شهراً (من أبريل ٢٠٢٣ إلى نوفمبر ٢٠٢٤) شملت ٦ مرضى عولجوا من تمزق القسطرة المزدوجة ركز التحليل على البيانات الباثية والتاريخ المرضي والعرض السريري والجوانب الإشعاعية وطرق العلاج.

النتائج:

كان متوسط العمر ٥٢،٥ سنة مع نسبة جنس ١ كان جميع المرضى (١٠٠٪) يعانون من تاريخ حصوات بولية، تليها التهابات المسالك البولية (٦٦،٧٪) كان متوسط مدة الزرع ٦٠،١٦ شهراً هيمنت على الأعراض آلام الظهر (١٠٠٪) وعسر التبول (٥٠٪) كشف التصوير المقطعي البولي عن وجود تكتلات وحصوات مصاحبة لدى جميع المرضى اعتمد العلاج بشكل أساسي على تنظيف الحالب المرن مع الليزر (٨٣،٣٪ من الحالات)، مع الحاجة إلى نهج متعدد الوسائط في ٥٠٪ من الحالات كان معدل النجاح الإجمالي (خلو من القسطرة) ١٠٠٪.

الخلاصة:

يعد تمزق القسطرة المزدوجة مضاعفة يمكن تجنبها، حيث تعتبر مدة الزرع الطويلة العامل الرئيسي للخطر يحقق النهج التنظيري، وخاصة تنظيف الحالب المرن مع الليزر، نتائج ممتازة تؤكد هذه الدراسة على أهمية تنقيف المرضى بشكل أفضل ووجود نظام مراقبة فعال لمنع المضاعفات المرتبطة بالاستخدام الطويل للقسطرات المزدوجة.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] N. Henry et P. Sèbe, « Anatomie des reins et de la voie excrétrice supérieure », *EMC – Néphrologie*, vol. 1, n° 1, p. 1-10, janv. 2006, doi: 10.1016/S1762-0945(08)44011-1.
- [2] R. Kulkarni, *Ureteric Stenting*. Hoboken: John Wiley & Sons, Incorporated, 2017.
- [3] P. Kamina, *Kamina Anatomie Clinique Tome 4*, 2. ed. MALOINE, 2006.
- [4] W. McDougall, « Surgical anatomy and exposure of the ureter », in *Urology Rob and Smith's operative surgery*, 4.ed., London: Butterworths, 1990, p. 221-6.
- [5] « Urinary system. Ureter. Chapter 33 », 2016, [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mananatomy.com/body-systems/urinary-system/ureter>
- [6] « Anatomy of the Ureter », déc. 2015, [En ligne]. Disponible sur: <http://www.anatomyatlases.org/AnatomicVariants>
- [7] « My KenHub. The Ureter. n.d. », [En ligne]. Disponible sur: <http://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-ureters>
- [8] J. Hadzi-Djokic, D. Basic, Z. Dzamic, M. Aćimović, et Z. Markovic, « Uretère rétrocave : à propos de 16 cas », *Prog. En Urol.*, vol. 19, n° 1, p. 33-38, janv. 2009, doi: 10.1016/j.purol.2008.09.047.
- [9] « Malformations congénitales de l'appareil urinaire », PI FR. Consulté le: 17 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://patients.uroweb.org/fr/malformations-congenitales-de-lappareil-urinaire/>
- [10] F. Osman, I. Romics, P. Nyírády, E. Monos, et GyL. Nádasy, « Ureteral motility », *Acta Physiol. Hung.*, vol. 96, n° 4, p. 407-426, déc. 2009, doi: 10.1556/APhysiol.96.2009.4.2.
- [11] J. D. Copenhaver WM, « The urinary system », in *Bailey's Textbook of Histology*, 14 ed., Baltimore: Williams & Wilkins, 1958.

- [12] R. Chambers et G. S. Rényi, « The structure of the cells in tissues as revealed by microdissection. I. The physical relationships of the cells in epithelia », *Am. J. Anat.*, vol. 35, n° 3, p. 385-402, juill. 1925, doi: 10.1002/aja.1000350303.
- [13] Wilfrid E. Le Gros Clark, *The tissues of the body;: An introduction to the study of anatomy*, 2 ed. Clarendon Press, 1945.
- [14] Y. Satani, « Histologic Study of the Ureter », *J. Urol.*, vol. 3, n° 4, p. 247-268, août 1919, doi: 10.1016/S0022-5347(17)74176-6.
- [15] J. Fanghänel, F. Pera, et F. Anderhuber, *Waldeyer – Anatomie des Menschen*. Tubingen: De Gruyter, 2011.
- [16] Wood Jones F, *Buchanan's Manual of Anatomy*, 8 ed. Bailliere, Tindall And Cox, 1953.
- [17] H. Kuriyama et T. Tomita, « The Action Potential in the Smooth Muscle of the Guinea Pig Taenia Coli and Ureter Studied by the Double Sucrose-Gap Method », *J. Gen. Physiol.*, vol. 55, n° 2, p. 147-162, févr. 1970, doi: 10.1085/jgp.55.2.147.
- [18] J. Hannappel et K. Golenhofen, « Comparative studies on normal ureteral peristalsis in dogs, guinea-pigs and rats », *Pflügers Arch. Eur. J. Physiol.*, vol. 348, n° 1, p. 65-76, 1974, doi: 10.1007/BF00587740.
- [19] R. J. Lang, H. Takano, M. E. Davidson, H. Suzuki, et M. F. Klemm, « CHARACTERIZATION OF THE SPONTANEOUS ELECTRICAL AND CONTRACTILE ACTIVITY OF SMOOTH MUSCLE CELLS IN THE RAT UPPER URINARY TRACT ».
- [20] H. Tahara, « The three-dimensional structure of the musculature and the nerve elements in the rabbit ureter ».
- [21] S. R., B. L., S. Wray, et B. T., « Characterisation of the ionic currents in freshly isolated rat ureter smooth muscle cells: evidence for species-dependent

- currents », *Pflügers Arch. Eur. J. Physiol.*, vol. 445, n° 3, p. 444-453, déc. 2002, doi: 10.1007/s00424-002-0941-7.
- [22] J. L. Sui et C. Y. Kao, « Properties of inward calcium current in guinea pig ureteral myocytes », *Am. J. Physiol.-Cell Physiol.*, vol. 272, n° 2, p. C543-C549, févr. 1997, doi: 10.1152/ajpcell.1997.272.2.C543.
- [23] Santicioli P et Maggi CA, « Myogenic and neurogenic factors in the control of pyeloureteral motility and ureteral peristalsis. », *Pharmacol Rev*, n° 50, 683-721, 1998.
- [24] T. V. Burdyga et S. Wray, « The effect of cyclopiazonic acid on excitation-contraction coupling in guinea-pig ureteric smooth muscle: role of the sarcoplasmic reticulum », *J. Physiol.*, vol. 517, n° 3, p. 855-865, juin 1999, doi: 10.1111/j.1469-7793.1999.0855s.x.
- [25] R. Lang, B. Exintaris, M. Teele, J. Harvey, et M. Klemm, « ELECTRICAL BASIS OF PERISTALSIS IN THE MAMMALIAN UPPER URINARY TRACT », *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.*, vol. 25, n° 5, p. 310-321, mai 1998, doi: 10.1111/j.1440-1681.1998.tb02357.x.
- [26] C. A. Maggi, P. Santicioli, et S. Giuliani, « Role of cyclic AMP and protein kinase A in K⁺ channel activation by calcitonin gene-related peptide (CGRP) in the guinea-pig ureter », *J. Auton. Pharmacol.*, vol. 15, n° 5, p. 403-419, oct. 1995, doi: 10.1111/j.1474-8673.1995.tb00406.x.
- [27] Theodor Burdyga et Susan Wray, « Sarcoplasmic reticulum function and contractile consequences in ureteric smooth muscles », *Novartis Found Symp*, 246:208 2002.
- [28] S. Shabir, L. Borisova, S. Wray, et T. Burdyga, « Rho-kinase inhibition and electromechanical coupling in rat and guinea-pig ureter smooth muscle: Ca²⁺ -

- dependent and -independent mechanisms », *J. Physiol.*, vol. 560, n° 3, p. 839-855, nov. 2004, doi: 10.1113/jphysiol.2004.070615.
- [29] N. Seki et H. Suzuki, « Electrical properties of smooth muscle cell membrane in renal pelvis of rabbits », *Am. J. Physiol.-Ren. Physiol.*, vol. 259, n° 6, p. F888-F894, déc. 1990, doi: 10.1152/ajprenal.1990.259.6.F888.
- [30] W. J. Lammers, H. R. Ahmad, et K. Arafat, « Spatial and temporal variations in pacemaking and conduction in the isolated renal pelvis », *Am. J. Physiol.-Ren. Physiol.*, vol. 270, n° 4, p. F567-F574, avr. 1996, doi: 10.1152/ajprenal.1996.270.4.F567.
- [31] C E Constantinou et J R Hrynczuk, « Urodynamics of the upper urinary tract », *Invest Urol*, 1976.
- [32] C. E. Constantinou et O. Yamaguchi, « Multiple-coupled pacemaker system in renal pelvis of the unicalyceal kidney », *Am. J. Physiol.-Regul. Integr. Comp. Physiol.*, vol. 241, n° 5, p. R412-R418, nov. 1981, doi: 10.1152/ajpregu.1981.241.5.R412.
- [33] C. E. Constantinou, « Dynamics of the Upper Urinary Tract ».
- [34] R. S. Cole, C. H. Fry, et K. E. D. Shuttleworth, « The Action of the Prostaglandins on Isolated Human Ureteric Smooth Muscle », *Br. J. Urol.*, vol. 61, n° 1, p. 19-26, janv. 1988, doi: 10.1111/j.1464-410X.1988.tb09155.x.
- [35] M. Beysens et T. O. Tailly, « Ureteral stents in urolithiasis », *Asian J. Urol.*, vol. 5, n° 4, p. 274-286, oct. 2018, doi: 10.1016/j.ajur.2018.07.002.
- [36] K. Mohan-Pillai, F. X. Keeley, S. A. Moussa, G. Smith, et D. A. Tolley, « Endourological Management of Severely Encrusted Ureteral Stents », *J. Endourol.*, vol. 13, n° 5, p. 377-379, juin 1999, doi: 10.1089/end.1999.13.377.

-
- [37] H. B. Joshi, A. Okeke, N. Newns, F. X. Keeley, et A. G. Timoney, « Characterization of urinary symptoms in patients with ureteral stents », *Urology*, vol. 59, n° 4, p. 511-516, avr. 2002, doi: 10.1016/S0090-4295(01)01644-2.
- [38] « Thèse PEC des incrustations des sondes JJ par urétéroscopie souple-laser FMPDF 2020.pdf ».
- [39] J. Nacey et B. Delahijnt, « THE EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF THE URINARY CATHETER », *Aust. N. Z. J. Surg.*, vol. 63, n° 10, p. 815-819, oct. 1993, doi: 10.1111/j.1445-2197.1993.tb00347.x.
- [40] J. R. Herman, *Urology, a view through the retrospectroscope*. Hagerstown, Md.: Medical Dept., Harper & Row, 1973.
- [41] S. Kardeh, R. Choopani, G. S. Mahmoudi Nezhad, et A. Zargaran, « The Urinary Catheter and Its Significant Applications Described by Avicenna (980-1037 AD) in the Canon of Medicine », *Urology*, vol. 84, n° 5, p. 993-996, nov. 2014, doi: 10.1016/j.urology.2014.07.039.
- [42] F. Moll, « The surgeon and his intention: Gustav Simon (1824±1876), his ®rst planned nephrectomy and further contributions to urology ».
- [43] J. A. Arcadi, « DR. JAMES BROWN AND CATHETERIZATION OF THE MALE URETER: JUNE 9, 1893 », 1999.
- [44] J. P. Herdman, « Polythene tubing in the experimental surgery of the ureter », *J. Br. Surg.*, vol. 37, n° 145, p. 105-106, juill. 1949, doi: 10.1002/bjs.18003714520.
- [45] W. S. Tulloch, « Restoration of the continuity of the ureter by means of polythene tubing », *Br. J. Urol.*, vol. 24, n° 1, p. 42-45, mars 1952.
- [46] J. Blum, C. Skemp, et M. Reiser, « SILICONE RUBBER URETERAL PROSTHESIS », *J. Urol.*, vol. 90, p. 276-280, sept. 1963, doi: 10.1016/S0022-5347(17)64405-7.

- [47] P. D. Zimskind, T. R. Fetter, et J. L. Wilkerson, « Clinical use of long-term indwelling silicone rubber ureteral splints inserted cystoscopically », *J. Urol.*, vol. 97, n° 5, p. 840-844, mai 1967, doi: 10.1016/S0022-5347(17)63130-6.
- [48] J. L. Marmar, « The management of ureteral obstruction with silicone rubber splint catheters », *J. Urol.*, vol. 104, n° 3, p. 386-389, sept. 1970, doi: 10.1016/s0022-5347(17)61744-0.
- [49] S. Orikasa, I. Tsuji, T. Siba, et N. Oashi, « A new technique for transurethral insertion of a silicone rubber tube into an obstructed ureter », *J. Urol.*, vol. 110, n° 2, p. 184-187, août 1973, doi: 10.1016/s0022-5347(17)60154-x.
- [50] R. P. Gibbons, J. T. Mason, et R. J. Correa, « Experience with indwelling silicone rubber ureteral catheters », *J. Urol.*, vol. 111, n° 5, p. 594-599, mai 1974, doi: 10.1016/s0022-5347(17)60023-5.
- [51] T. W. Hepperlen, H. K. Mardis, et H. Kammandel, « Self-retained internal ureteral stents: a new approach », *J. Urol.*, vol. 119, n° 6, p. 731-734, juin 1978, doi: 10.1016/s0022-5347(17)57613-2.
- [52] M. M. Tunney, P. F. Keane, et S. P. Gorman, « Assessment of urinary tract biomaterial encrustation using a modified Robbins device continuous flow model », *J. Biomed. Mater. Res.*, vol. 38, n° 2, p. 87-93, 1997, doi: 10.1002/(sici)1097-4636(199722)38:2<87::aid-jbm2>3.0.co;2-c.
- [53] R. P. Finney, « Experience with new double J ureteral catheter stent », *J. Urol.*, vol. 120, n° 6, p. 678-681, déc. 1978, doi: 10.1016/s0022-5347(17)57326-7.
- [54] D. T. Beiko, B. E. Knudsen, J. D. Watterson, P. A. Cadieux, G. Reid, et J. D. Denstedt, « URINARY TRACT BIOMATERIALS », *J. Urol.*, vol. 171, n° 6 Part 1, p. 2438-2444, juin 2004, doi: 10.1097/01.ju.0000125001.56045.6c.

- [55] R. De Petriconi et T. Zores, « Derivación del aparato urinario superior con catéter ureteral, doble J, nefrostomía o derivación interna. Principios, técnicas y complicaciones », *EMC – Urol.*, vol. 46, n° 4, p. 1-24, déc. 2014, doi: 10.1016/S1761-3310(14)69462-7.
- [56] V. Bernasconi *et al.*, « Comprehensive overview of ureteral stents based on clinical aspects, material and design », *Cent. Eur. J. Urol.*, vol. 76, n° 1, p. 49-56, 2023, doi: 10.5173/ceju.2023.218.
- [57] J. D. Denstedt, T. A. Wollin, et G. Reid, « Biomaterials used in urology: current issues of biocompatibility, infection, and encrustation », *J. Endourol.*, vol. 12, n° 6, p. 493-500, déc. 1998, doi: 10.1089/end.1998.12.493.
- [58] R. Hofmann et R. Hartung, « Ureteral stents — materials and new forms », *World J. Urol.*, vol. 7, n° 3, p. 154-157, sept. 1989, doi: 10.1007/BF01637374.
- [59] G. Reid, C. Tieszer, J. Denstedt, et D. Kingston, « Examination of bacterial and encrustation deposition on ureteral stents of differing surface properties, after indwelling in humans », *Colloids Surf. B Biointerfaces*, vol. 5, n° 3-4, p. 171-179, nov. 1995, doi: 10.1016/0927-7765(95)01208-Z.
- [60] A. G. Gristina et J. W. Costerton, « Bacterial adherence to biomaterials and tissue. The significance of its role in clinical sepsis », *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 67, n° 2, p. 264-273, févr. 1985.
- [61] E. Masson, « Dérivation du haut appareil urinaire par sonde urétérale, double J, néphrostomie ou pontage interne. Principes, techniques et complications », EM-Consulte. Consulté le: 25 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/902772/derivation-du-haut-appareil-urinaire-par-sonde-ure>

- [62] M. Robert, A. M. Boularan, M. El Sandid, et D. Grasset, « Double-J ureteric stent encrustations: clinical study on crystal formation on polyurethane stents », *Urol. Int.*, vol. 58, n° 2, p. 100-104, 1997, doi: 10.1159/000282959.
- [63] S. P. Gorman, D. S. Jones, M. C. Bonner, M. Akay, et P. F. Keane, « Mechanical performance of polyurethane ureteral stents in vitro and ex vivo », *Biomaterials*, vol. 18, n° 20, p. 1379-1383, oct. 1997, doi: 10.1016/s0142-9612(97)00070-7.
- [64] « 3formationsabordvesical.pdf ». Consulté le: 25 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.euro-pharmat.com/media/documents/3formationsabordvesical.pdf>
- [65] S. P. Gorman, M. M. Tunney, P. F. Keane, K. Van Bladel, et B. Bley, « Characterization and assessment of a novel poly(ethylene oxide)/polyurethane composite hydrogel (Aquavene) as a ureteral stent biomaterial », *J. Biomed. Mater. Res.*, vol. 39, n° 4, p. 642-649, mars 1998, doi: 10.1002/(sici)1097-4636(19980315)39:4<642::aid-jbm20>3.0.co;2-7.
- [66] N. Venkatesan, S. Shroff, K. Jayachandran, et M. Doble, « Polymers as ureteral stents », *J. Endourol.*, vol. 24, n° 2, p. 191-198, févr. 2010, doi: 10.1089/end.2009.0516.
- [67] R. Miyaoka et M. Monga, « Ureteral stent discomfort: Etiology and management », *Indian J. Urol. IJUJ. Urol. Soc. India*, vol. 25, n° 4, p. 455-460, 2009, doi: 10.4103/0970-1591.57910.
- [68] M. S. Christman, J. O. L'esperance, C. H. Choe, S. P. Stroup, et B. K. Auge, « Analysis of ureteral stent compression force and its role in malignant obstruction », *J. Urol.*, vol. 181, n° 1, p. 392-396, janv. 2009, doi: 10.1016/j.juro.2008.08.125.

- [69] L. A. Calò *et al.*, « ACE2 and angiotensin 1–7 are increased in a human model of cardiovascular hyporeactivity: pathophysiological implications », *J. Nephrol.*, vol. 23, n° 4, p. 472-477, 2010.
- [70] L. Yang, S. Whiteside, P. A. Cadieux, et J. D. Denstedt, « Ureteral stent technology: Drug-eluting stents and stent coatings », *Asian J. Urol.*, vol. 2, n° 4, p. 194-201, oct. 2015, doi: 10.1016/j.ajur.2015.08.006.
- [71] M. Boeykens *et al.*, « Impact of Ureteral Stent Material on Stent-related Symptoms: A Systematic Review of the Literature », *Eur. Urol. Open Sci.*, vol. 45, p. 108-117, oct. 2022, doi: 10.1016/j.euros.2022.09.005.
- [72] A. Liaw et B. Knudsen, « Urinary tract infections associated with ureteral stents: A Review », *Arch. Esp. Urol.*, vol. 69, n° 8, p. 479-484, oct. 2016.
- [73] A. A. Barros *et al.*, « In vivo assessment of a novel biodegradable ureteral stent », *World J. Urol.*, vol. 36, n° 2, p. 277-283, févr. 2018, doi: 10.1007/s00345-017-2124-3.
- [74] S. G. Antimisiaris *et al.*, « Liposome-coated metal stents: an in vitro evaluation of controlled-release modality in the ureter », *J. Endourol.*, vol. 14, n° 9, p. 743-747, nov. 2000, doi: 10.1089/end.2000.14.743.
- [75] « Engineering solutions to ureteral stents: Material, Coating and Design », *Cent. Eur. J. Urol.*, 2017, doi: 10.5173/cej.2017.1520.
- [76] C. Forbes, K. B. Scotland, D. Lange, et B. H. Chew, « Innovations in Ureteral Stent Technology », *Urol. Clin. North Am.*, vol. 46, n° 2, p. 245-255, mai 2019, doi: 10.1016/j.ucl.2018.12.013.
- [77] J. E. Lingeman *et al.*, « Use of a temporary ureteral drainage stent after uncomplicated ureteroscopy: results from a phase II clinical trial », *J. Urol.*, vol. 169, n° 5, p. 1682-1688, mai 2003, doi: 10.1097/01.ju.0000055600.18515.a1.

- [78] B. H. Chew, R. F. Paterson, K. W. Clinkscales, B. S. Levine, S. W. Shalaby, et D. Lange, « In Vivo Evaluation of the Third Generation Biodegradable Stent: A Novel Approach to Avoiding the Forgotten Stent Syndrome », *J. Urol.*, vol. 189, n° 2, p. 719-725, févr. 2013, doi: 10.1016/j.juro.2012.08.202.
- [79] M. Sofer, E. Rowe, D. M. Forder, et J. D. Denstedt, « Ureteral segmental replacement using multilayer porcine small-intestinal submucosa », *J. Endourol.*, vol. 16, n° 1, p. 27-31, févr. 2002, doi: 10.1089/089277902753483682.
- [80] G. E. Amiel, J. J. Yoo, B. S. Kim, et A. Atala, « Tissue engineered stents created from chondrocytes », *J. Urol.*, vol. 165, n° 6 Pt 1, p. 2091-2095, juin 2001, doi: 10.1097/00005392-200106000-00076.
- [81] B. Saltzman, « Ureteral stents. Indications, variations, and complications », *Urol. Clin. North Am.*, vol. 15, n° 3, p. 481-491, août 1988.
- [82] J. W. Ramsay, S. R. Payne, P. T. Gosling, H. N. Whitfield, J. E. Wickham, et D. A. Levison, « The effects of double J stenting on unobstructed ureters. An experimental and clinical study », *Br. J. Urol.*, vol. 57, n° 6, p. 630-634, déc. 1985, doi: 10.1111/j.1464-410x.1985.tb07021.x.
- [83] H. K. Mardis, R. M. Kroeger, T. W. Hepperlen, M. J. Mazer, et H. Kammandel, « Polyethylene double-pigtail ureteral stents », *Urol. Clin. North Am.*, vol. 9, n° 1, p. 95-101, févr. 1982.
- [84] D. J. Culkin *et al.*, « Anatomic, functional, and pathologic changes from internal ureteral stent placement », *Urology*, vol. 40, n° 4, p. 385-390, oct. 1992, doi: 10.1016/0090-4295(92)90397-f.
- [85] P. D. E. Özbek, « Ureteral Double J Catheter: What is It, Indications, Contraindications and Complications », Prof.Dr. Emin ÖZBEK. Consulté le: 26

-
- novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur:
<https://dreminozbek.com/en/ureteral-double-j-catheter/>
- [86] G. L. Andriole, M. A. Bettmann, M. B. Garnick, et J. P. Richie, « Indwelling double-J ureteral stents for temporary and permanent urinary drainage: experience with 87 patients », *J. Urol.*, vol. 131, n° 2, p. 239-241, févr. 1984, doi: 10.1016/s0022-5347(17)50324-9.
- [87] M. Tsugaya *et al.*, « A new technique of ureteric catheterization », *Eur. Urol.*, vol. 19, n° 1, p. 45-48, 1991, doi: 10.1159/000473578.
- [88] « Albarran – Cysto-urethroscope by GIMMI | MedicalExpo ». Consulté le: 26 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur:
<https://www.medicaexpo.fr/prod/gimmi/product-68598-1062260.html>
- [89] G. M. Sali et H. B. Joshi, « Ureteric stents: Overview of current clinical applications and economic implications », *Int. J. Urol.*, vol. 27, n° 1, p. 7-15, janv. 2020, doi: 10.1111/iju.14119.
- [90] J. L. Pryor et A. D. Jenkins, « Use of double-pigtail stents in extracorporeal shock wave lithotripsy », *J. Urol.*, vol. 143, n° 3, p. 475-478, mars 1990, doi: 10.1016/s0022-5347(17)39993-7.
- [91] « Diagnosis of coliform infection in acutely dysuric women – PubMed ». Consulté le: 27 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7099208/>
- [92] J. W. Costerton *et al.*, « Bacterial Biofilms in Nature and Disease », *Annu. Rev. Microbiol.*, vol. 41, n° 1, p. 435-464, oct. 1987, doi: 10.1146/annurev.mi.41.100187.002251.
- [93] « Thèse Les complications de la sonde urétérale double J FMPM 2018.pdf ».

- [94] G. Reid et J. D. Sobel, « Bacterial adherence in the pathogenesis of urinary tract infection: a review », *Rev. Infect. Dis.*, vol. 9, n° 3, p. 470-487, 1987, doi: 10.1093/clinids/9.3.470.
- [95] T. E. B. Johansen *et al.*, « Critical review of current definitions of urinary tract infections and proposal of an EAU/ESIU classification system », *Int. J. Antimicrob. Agents*, vol. 38 Suppl, p. 64-70, déc. 2011, doi: 10.1016/j.ijantimicag.2011.09.009.
- [96] G. K. Harding *et al.*, « How long should catheter-acquired urinary tract infection in women be treated? A randomized controlled study », *Ann. Intern. Med.*, vol. 114, n° 9, p. 713-719, mai 1991, doi: 10.7326/0003-4819-114-9-713.
- [97] T. M. Hooton *et al.*, « Diagnosis, prevention, and treatment of catheter-associated urinary tract infection in adults: 2009 International Clinical Practice Guidelines from the Infectious Diseases Society of America », *Clin. Infect. Dis. Off. Publ. Infect. Dis. Soc. Am.*, vol. 50, n° 5, p. 625-663, mars 2010, doi: 10.1086/650482.
- [98] J. A. Witjes, « Breakage of a Silicone Double Pigtail Ureteral Stent as a Long-Term Complication », *J. Urol.*, vol. 150, n° 6, p. 1898-1899, déc. 1993, doi: 10.1016/S0022-5347(17)35928-1.
- [99] M. Monga, E. Klein, W. R. Castaneda-Zuniga, et R. Thomas, « The Forgotten Indwelling Ureteral Stent: A Urological Dilemma », *J. Urol.*, vol. 153, n° 6, p. 1817-1819, juin 1995, doi: 10.1016/S0022-5347(01)67319-1.
- [100] H. K. Mardis et R. M. Kroeger, « Ureteral stents. Materials », *Urol. Clin. North Am.*, vol. 15, n° 3, p. 471-479, août 1988.

- [101] A. Zisman, Y. I. Siegel, A. Siegmann, et A. Lindner, « Spontaneous ureteral stent fragmentation », *J. Urol.*, vol. 153, n° 3 Pt 1, p. 718-721, mars 1995, doi: 10.1097/00005392-199503000-00049.
- [102] S. R. El-Faqih *et al.*, « Polyurethane Internal Ureteral Stents in Treatment of Stone Patients: Morbidity Related to Indwelling Times », *J. Urol.*, vol. 146, n° 6, p. 1487-1491, déc. 1991, doi: 10.1016/S0022-5347(17)38146-6.
- [103] H. A. Mosli, H. M. Farsi, M. F. al-Zimaity, T. R. Saleh, et M. M. al-Zamzami, « Vesicoureteral reflux in patients with double pigtail stents », *J. Urol.*, vol. 146, n° 4, p. 966-969, oct. 1991, doi: 10.1016/S0022-5347(17)37976-4.
- [104] E. Masson, « La néphrolithotomie percutanée : technique, résultats, complications actuels », EM-Consulte. Consulté le: 27 novembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1169661/la-nephrolithotomie-percutanee-technique-resultats>
- [105] J. S. Liu et R. L. Hrebinko, « THE USE OF 2 IPSILATERAL URETERAL STENTS FOR RELIEF OF URETERAL OBSTRUCTION FROM EXTRINSIC COMPRESSION », *J. Urol.*, vol. 159, n° 1, p. 179-181, janv. 1998, doi: 10.1016/S0022-5347(01)64050-3.
- [106] R. Damiano, A. Oliva, C. Esposito, M. De Sio, R. Autorino, et M. D'Armiento, « Early and Late Complications of Double Pigtail Ureteral Stent », *Urol. Int.*, vol. 69, n° 2, p. 136-140, 2002, doi: 10.1159/000065563.
- [107] K. A. Schulze, J. N. Wettlaufer, et G. Oldani, « Encrustation and stone formation: Complication of indwelling ureteral stents », *Urology*, vol. 25, n° 6, p. 616-619, juin 1985, doi: 10.1016/0090-4295(85)90293-6.
- [108] Y. Ilker, L. Türkeri, Ö. Dillioğlugil, et A. Akdaş, « Spontaneous fracture of indwelling ureteral stents in patients treated with extracorporeal shock wave

- lithotripsy: Two case reports », *Int. Urol. Nephrol.*, vol. 28, n° 1, p. 15-19, janv. 1996, doi: 10.1007/BF02550132.
- [109] R. Gupta, P. Modi, et J. Rizvi, « Vanishing shaft of a double-j stent », *Urol. J.*, vol. 5, n° 4, p. 277-279, 2008.
- [110] D. Dindo, N. Demartines, et P.-A. Clavien, « Classification of Surgical Complications: A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey », *Ann. Surg.*, vol. 240, n° 2, p. 205-213, août 2004, doi: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.
- [111] J. E. Anzaoui, R. Zaini, A. Zemmouri, et O. Ghoundale, « Forgotten and Encrusted Ureteric Stents: A New Classification », 2019.
- [112] T. Hikmet *et al.*, « A New Method for Fragmented Ureteral Stent Extraction: Flexible Renoscopy », *Urol. Case Rep.*, vol. 3, n° 6, p. 190-192, nov. 2015, doi: 10.1016/j.eucr.2015.08.008.
- [113] Y. Ahallal, A. Khallouk, M. J. E. Fassi, et M. H. Farih, « Risk Factor Analysis and Management of Ureteral Double-J Stent Complications ».
- [114] R. P. Ray, R. S. Mahapatra, P. P. Mondal, et D. K. Pal, « Long-term complications of JJ stent and its management: A 5 years review », *Urol. Ann.*, vol. 7, n° 1, p. 41-45, 2015, doi: 10.4103/0974-7796.148599.
- [115] M. Kumar, M. Aron, A. K. Agarwal, et N. P. Gupta, « Stenturia: An unusual manifestation of spontaneous ureteral stent fragmentation », *Urol. Int.*, vol. 62, n° 2, p. 114-116, 1999, doi: 10.1159/000030370.
- [116] J. Papo, E. Waizbard, et E. Merimsky, « Spontaneous breakage of a double pigtail stent and bladder stone formation », *J. Urol. (Paris)*, vol. 92, n° 9, p. 617-619, 1986.

- [117] X. Wang, Z. Ji, P. Yang, J. Li, et Y. Tian, « Forgotten ureteral stents: a systematic review of literature », *BMC Urol.*, vol. 24, n° 1, p. 52, mars 2024, doi: 10.1186/s12894-024-01440-9.
- [118] D. Lange, S. Bidnur, N. Hoag, et B. H. Chew, « Ureteral stent-associated complications--where we are and where we are going », *Nat. Rev. Urol.*, vol. 12, n° 1, p. 17-25, janv. 2015, doi: 10.1038/nrurol.2014.340.
- [119] B. Catalin *et al.*, « Bilateral spontaneous ureteral stent fragmentation: a case report and literature review », vol. 20, 2021.
- [120] K. Kohri *et al.*, « Characteristics and usage of different ureteral stent catheters », *Urol. Int.*, vol. 47, n° 3, p. 131-137, 1991, doi: 10.1159/000282206.
- [121] A. M. Acosta-Miranda, J. Milner, et T. M. T. Turk, « The FECal Double-J: a simplified approach in the management of encrusted and retained ureteral stents », *J. Endourol.*, vol. 23, n° 3, p. 409-415, mars 2009, doi: 10.1089/end.2008.0214.
- [122] J. L. Arenas *et al.*, « Kidney, Ureter, and Bladder (KUB): A Novel Grading System for Encrusted Ureteral Stents », *Urology*, vol. 97, p. 51-55, nov. 2016, doi: 10.1016/j.urology.2016.06.050.
- [123] O. Traxer, E. Lechevallier, et C. Saussine, « Urétéroscopie souple-laser Holmium-YAG: la technique », *Prog. En Urol.*, vol. 18, n° 12, p. 929-937, déc. 2008, doi: 10.1016/j.purol.2008.09.034.
- [124] C. Türk *et al.*, « EAU Guidelines on Interventional Treatment for Urolithiasis », *Eur. Urol.*, vol. 69, n° 3, p. 475-482, mars 2016, doi: 10.1016/j.eururo.2015.07.041.

- [125] J. S. Lam et M. Gupta, « Tips and tricks for the management of retained ureteral stents », *J. Endourol.*, vol. 16, n° 10, p. 733-741, déc. 2002, doi: 10.1089/08927790260472881.
- [126] M. F. Bultitude, R. C. Tiptaft, J. M. Glass, et P. Dasgupta, « Management of encrusted ureteral stents impacted in upper tract », *Urology*, vol. 62, n° 4, p. 622-626, oct. 2003, doi: 10.1016/S0090-4295(03)00506-5.
- [127] B. K. Somani *et al.*, « Pictorial review of tips and tricks for ureteroscopy and stone treatment: an essential guide for urologists from PETRA research consortium », *Transl. Androl. Urol.*, vol. 8, n° Suppl 4, Art. n° Suppl 4, sept. 2019, doi: 10.21037/tau.2019.06.04.
- [128] S. Adanur et F. Ozkaya, « Challenges in treatment and diagnosis of forgotten/encrusted double-J ureteral stents: the largest single-center experience », *Ren. Fail.*, vol. 38, n° 6, p. 920-926, juill. 2016, doi: 10.3109/0886022X.2016.1172928.
- [129] V. Ulker et O. Celik, « Endoscopic, Single-Session Management of Encrusted, Forgotten Ureteral Stents », *Med. Kaunas Lith.*, vol. 55, n° 3, p. 58, févr. 2019, doi: 10.3390/medicina55030058.
- [130] T. Knoll, M. S. Michel, et P. Alken, « Surgical Atlas Percutaneous nephrolithotomy: the Mannheim technique », *BJU Int.*, vol. 99, n° 1, p. 213-231, janv. 2007, doi: 10.1111/j.1464-410X.2007.06613.x.
- [131] G. M. Preminger *et al.*, « 2007 Guideline for the management of ureteral calculi », *Eur. Urol.*, vol. 52, n° 6, p. 1610-1631, déc. 2007, doi: 10.1016/j.eururo.2007.09.039.

- [132] K. V. R. Murthy, S. J. Reddy, et D. V. Prasad, « Endourological management of forgotten encrusted ureteral stents », *Int. Braz J Urol Off. J. Braz. Soc. Urol.*, vol. 36, n° 4, p. 420-429, 2010, doi: 10.1590/s1677-55382010000400005.
- [133] S. H. Lee et S. H. Jeon, « Lasers for the treatment of urinary stone disease », *Investig. Clin. Urol.*, vol. 62, n° 3, p. 241-242, mai 2021, doi: 10.4111/icu.20210162.
- [134] A. M. Tawfeek, M. Elmoazen, A. Saafan, A. Higazy, A. Radwan, et H. H. Gad, « Simultaneous antegrade and retrograde endourological approach in Galdakao-modified supine Valdivia position for the management of missed stents associated with complex renal stones: a non-randomized pilot study », *Int. Urol. Nephrol.*, vol. 53, n° 2, p. 211-217, févr. 2021, doi: 10.1007/s11255-020-02639-z.
- [135] M. H. Zahran, A. M. Harraz, D.-E. Taha, A. R. El-Nahas, A. Elshal, et A. A. Shokeir, « Studying the Morbidity and Renal Function Outcome of Missed Internal Ureteral Stents: A Matched Pair Analysis », *J. Endourol.*, vol. 29, n° 9, p. 1070-1075, sept. 2015, doi: 10.1089/end.2015.0047.
- [136] A. R. El-Nahas *et al.*, « Percutaneous nephrolithotomy for treating staghorn stones: 10 years of experience of a tertiary-care centre », *Arab J. Urol.*, vol. 10, n° 3, p. 324-329, sept. 2012, doi: 10.1016/j.aju.2012.03.002.
- [137] E. Lechevallier, O. Traxer, et C. Saussine, « Lithotritie extracorporelle des calculs du haut appareil urinaire », *Prog. En Urol.*, vol. 18, n° 12, p. 878-885, déc. 2008, doi: 10.1016/j.purol.2008.09.017.
- [138] « Forgotten ureteral stents causing renal failure: multimodal endourologic treatment – PubMed ». Consulté le: 16 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16808657/>

- [139] B. Coulier et G. Lefebvre, « Forgotten Ureteral Double-J Stent Complicated by Severe Encrustation in the Bladder », *J. Belg. Soc. Radiol.*, vol. 100, n° 1, p. 77, sept. 2016, doi: 10.5334/jbr-btr.1179.
- [140] C. Tang, G. Qu, G. Yang, G. Wang, et Y. Xu, « Case Report: A Calculus-Free Ureteral Stent Forgotten for 29 Years », *Front. Surg.*, vol. 9, p. 878660, avr. 2022, doi: 10.3389/fsurg.2022.878660.
- [141] C.-C. Yeh, C.-H. Chen, C.-H. Lin, C.-H. Chang, et H.-C. Wu, « A New Technique for Treating Forgotten Indwelling Ureteral Stents: Silk Loop Assisted Ureterorenoscopic Lithotripsy », *J. Urol.*, vol. 171, n° 2, p. 719-721, févr. 2004, doi: 10.1097/01.ju.0000106520.15509.d9.
- [142] « A simple two-stage “bailout” technique for the removal of an unyielding ureteric stent – PubMed ». Consulté le: 16 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23601439/>
- [143] « Thèse Les complications des sondes urétérales double j 2024 FMPDF.pdf ».
- [144] M. Ahsaini, « “Comment réaliser une urétérorénoscopie souple associé au laser Holmium” pour obtention de diplôme de spécialité en médecine ».
- [145] « Thèse URÉTÉRORÉNOSCOPIE SOUPLE ET LASER EXPÉRIENCE DU SERVICE D'UROLOGIE CHU-HASSAN II (à propos de 15 cas) FMPDF 2022 ». Consulté le: 30 décembre 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/25181/188-22.pdf?sequence=1>
- [146] Y. Dakkak, A. Janane, T. Ould-Ismaïl, M. Ghadouane, A. Ameer, et M. Abbar, « Management of encrusted ureteral stents », *Afr. J. Urol.*, vol. 18, n° 3, p. 131-134, sept. 2012, doi: 10.1016/j.afju.2012.08.013.

- [147] S. Patil, K. Raghuvanshi, D. K. Jain, et A. Raval, « Forgotten ureteral double-J stents and related complications: a real-world experience », *Afr. J. Urol.*, vol. 26, n° 1, p. 8, déc. 2020, doi: 10.1186/s12301-020-0020-3.
- [148] M. Nazar Ali, T. Altaf Ahmed, et M. Jan Myhammad, « Indications and complications of indwelling ureteral stenting at NMCH, Nawabshah », p. 187-191, 2007.
- [149] C. H. Singh *et al.*, « Morbidity associated with ureteral stenting: study of 90 cases », *J. Evol. Med. Dent. Sci.*, vol. 4, n° 31, p. 5349+, avr. 2015.
- [150] M. S. Pansota, M. Rasool, M. S. Saleem, S. A. Tabassum, et A. Hussain, « Indications And Complications Of Double J Ureteral Stenting: Our Experience », *Gomal J. Med. Sci.*, vol. 11, n° 1, Art. n° 1, juill. 2013, Consulté le: 7 janvier 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://gjms.com.pk/index.php/journal/article/view/433>
- [151] D. Chambade *et al.*, « Etude de tolérance des endoprothèses urétérales de type double J », *Prog. En Urol.*, 2006.
- [152] M. Al-Hajjaj, O. A. Alam, B. Abu-Hussein, et H. Al. Muhammad Al Husein, « Forgotten Double-J ureteral stent: An analysis of 25 cases in a tertiary hospital », *Ann. Med. Surg.*, vol. 80, août 2022, doi: 10.1016/j.amsu.2022.104223.
- [153] M. E. Chua et M. L. Morales Jr, « Spontaneous fracture of indwelling polyurethane ureteral stents: A case series and review of literature », *Can. Urol. Assoc. J.*, vol. 6, n° 5, p. 386-392, oct. 2012, doi: 10.5489/cuaj.12013.
- [154] V. M. Pais *et al.*, « Percutaneous Nephrolithotomy for Removal of Encrusted Ureteral Stents: A Multicenter Study », *J. Endourol.*, vol. 28, n° 10, p. 1188-1191, oct. 2014, doi: 10.1089/end.2014.0004.



أطروحة رقم 25/023

سنة 2025

**التدبير العلاجي في حالة انقطاع القسطرة المزدوجة
في الحالب
(بصدد 06 حالات)
الأطروحة**

قدمت و نوقشت علانية يوم 2025/01/17

من طرف

السيد تازي محمد

المزداد في 25 يونيو 1997 بالدار البيضاء

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات المفتاحية

الحالب - المجس المزدوج - انقطاع - تكلسات

اللجنة

السيد العمري جلال الدين..... الرئيس

أستاذ في جراحة المسالك البولية

السيد تازي محمد فضل..... المشرف

أستاذ في جراحة المسالك البولية

السيد احساني مصطفى.....

أعضاء

أستاذ في جراحة المسالك البولية

السيد ملاس سفيان.....

أستاذ في علم التشريح