



UNIVERSITÉ DE LILLE
UFR3S-MÉDECINE
Année : 2025

**THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

**Risque d'infections urinaires après cystographie et cystosonographie dans
le diagnostic du reflux vésico-urétéral en pédiatrie : influence du type de
produit de contraste**

Présentée et soutenue publiquement le 27 octobre à 16 heures
au *Pôle Recherche*

par Antoine BAERT

JURY

Président :

Madame le Professeur Dyuti SHARMA

Assesseurs :

Madame le Professeur Nathalie BOUTRY

Madame le Docteur Laure APRILE

Directeur de thèse :

Madame le Docteur Charlotte CHIRI

Avertissement

La Faculté n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les thèses : celles-ci sont propres à leurs auteurs.

Sigles

AMM	Autorisation de Mise sur le Marché
ASP	Abdomen sans préparation
CAKUT	Congenital Anomalities of Kidneys and Urinary Tract
DMK	Dysplasie Multikystique
EMA	European Medicine Agency
FDA	Food and Drug Administration
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PACS	Pictures Archiving and Communicating System
RVU	Reflux vésico-urétéral
SSI	Solution de Soluté Isotonique
VACTERL	<i>Vertebral anomalies, Anal atresia, Congenital cardiac disease, Tracheoesophageal fistula, Renal anomalies, and Limb defects</i>

Sommaire

Avertissement.....	2
Remerciements	Erreur ! Signet non défini.
Sigles.....	3
Sommaire	4
Introduction.....	7
1. Anatomie normale et malformations urinaires	7
1.1 Anatomie normale du système urinaire	7
1.1.1 Les reins	7
1.1.2 Les uretères.....	10
1.1.3 La vessie.....	11
1.1.4 L'urètre.....	12
1.2 Malformations urinaires	13
1.2.1 Principales malformations urinaires	14
1.2.2 CAKUT.....	17
2. Le reflux vésico-urétéral	18
2.1 Définition et physiopathologie du reflux vésico-urétéral.....	18
2.2 Epidémiologie.....	20
2.3 Facteurs de risque.....	20
2.3.1 Antécédents familiaux.....	20
2.3.2 Age, sexe et ethnie	20
2.3.3 Uropathie	21
2.4 Conséquences.....	21
2.4.1 Présentation clinique.....	23
2.4.2 Conséquences à court terme : l'infection urinaire	24
2.4.3 Conséquences à long terme : la néphropathie de reflux.....	26
2.5 Prise en charge du reflux vésico-urétéral	27
2.5.1 Bilan initial.....	27
2.5.2 Evolution naturelle	28
2.5.3 Abstention thérapeutique	29
2.5.4 Antibioprophylaxie.....	29
2.5.5 Traitement endoscopique du reflux vésico-urétéral	31
2.5.6 Traitement chirurgical : la réimplantation urétéro-vésicale.....	34

2.5.7	Mesures associées :	36
3.	Examens diagnostiques	37
3.1	Echographie réno-vésicale	37
3.2	Urétrocystographie rétrograde per mictionnelle	39
3.2.1	Présentation	39
3.2.2	Irradiation et radioprotection	40
3.2.3	Indications	41
3.2.4	Préparations préalables	42
3.2.5	Déroulement de l'examen	43
3.2.6	Effets indésirables	48
3.3	Cystosonographie	49
3.3.1	Présentation	49
3.3.2	Préparations préalables	49
3.3.3	Déroulement	51
3.3.4	Effets indésirables	53
3.4	Scintigraphie	55
3.4.1	Présentation	55
3.4.2	Indications	57
3.5	Comparaison entre cystosonographie et cystographie	57
3.5.1	Avantages de la cystosonographie	59
3.5.2	Limites de la cystosonographie	60
4.	Objectif	62
	Matériel et méthodes	64
1.	Evaluation du risque d'infections urinaires	64
1.1	Type d'étude	64
1.2	Population étudiée	64
1.3	Recueil des résultats	66
1.4	Tests statistiques	66
2.	Mesure de la viscosité des produits de contraste	67
	Résultats	68
1.	Etude descriptive	68
1.1	Description globale de la population	68
1.2	Description par groupe	70
2.	Etude comparative	73
2.1	Comparabilité des groupes	73

2.2	Comparaison du risque d'infection post-procédure entre les deux groupes	75
3.	Etude de la viscosité des produits de contraste	78
3.1.1	Iomeron 150.....	78
3.1.2	SonoVue	79
	Discussion	80
1.	Principaux résultats	80
2.	Discussion des résultats	81
3.	Discussion de la méthode	83
4.	Perspectives.....	84
	Conclusion.....	86
	Liste des tables.....	87
	Liste des figures	88
	Références	89
	Annexe 1	Erreur ! Signet non défini.

Introduction

1. Anatomie normale et malformations urinaires

1.1 Anatomie normale du système urinaire

L'appareil urinaire se compose des reins qui sécrètent et excrètent l'urine, des voies urinaires excrétrices qui comprennent les calices, les bassinets et les uretères, de la vessie et d'un canal évacuateur : l'urètre.

Cet appareil participe à l'homéostasie par un ensemble de processus complexe dont font partie la filtration des déchets à partir du sang, la réabsorption sélective d'eau et de solutés et l'excrétion des déchets et de l'eau en excès dans les urines.

Les reins possèdent également une fonction endocrine avec la sécrétion de rénine (régulation de la pression artérielle), de l'érythropoïétine (régulation de l'hémoglobémie) et de diverses molécules comme les prostaglandines. Les reins participent aussi au métabolisme de la vitamine D.

1.1.1 Les reins

Organes rétropéritonéaux, les reins sont situés dans les fosses lombaires, en position sous diaphragmatique, de part et d'autre du rachis ainsi que de l'aorte et de la veine cave inférieure depuis lesquelles ils sont vascularisés par une artère et une veine

rénale de chaque côté. Le rein gauche se projette à hauteur de T12-L1 tandis que le rein droit est plus bas situé, se projetant à hauteur de L1-L2.

Chaque rein possède une forme ovoïde, de haricot, avec une face externe appelée convexité et une face interne appelée sinus. Les reins mesurent environ 12cm de longueur, 6cm de largeur et 3cm d'épaisseur. Leur poids est d'environ 150g chez un adulte jeune.

Le rein se compose de deux régions, l'une centrale correspondant au sinus qui contient les conduits d'évacuation intra rénaux (calices, bassinet puis origine de l'uretère) et l'autre périphérique contenant le parenchyme rénal.

Le parenchyme rénal s'organise en deux compartiments : interne et externe, appelé respectivement la médullaire et le cortex.

La médullaire est formée des pyramides de Malpighi au nombre de 8 à 10 dont la base s'appuie sur le cortex et le sommet proémine dans le sinus pour former les papilles. Elles contiennent les tubules rénaux droits et les tubules collecteurs.

Le cortex est formé de plusieurs parties : les colonnes de Bertin qui s'étendent jusqu'au sinus et séparent les pyramides de Malpighi, le labyrinthe rénal et les pyramides de Ferrein ainsi que le cortex corticis, partie la plus externe et dépourvue de corpuscules.

Chaque pyramide rénale avec la portion de cortex qui l'entoure forme un lobule rénal.

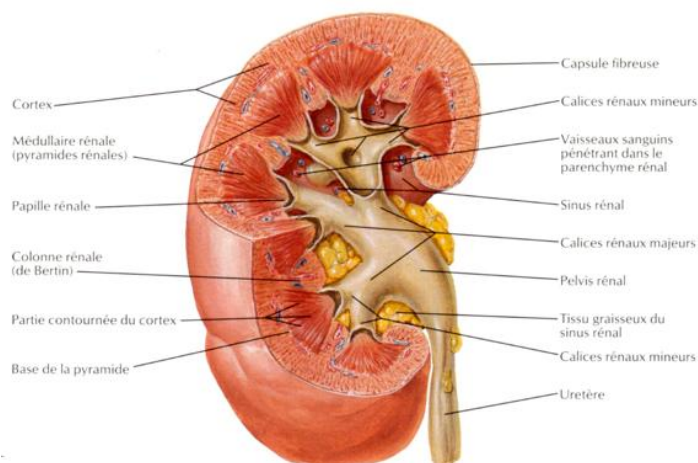


Figure 1. Anatomie d'un rein, adaptée de Netter FH. Atlas d'Anatomie Humaine. 7^e édition [1]

L'unité fonctionnelle du rein est le néphron. Il en existe 1 à 1.4 millions par rein. Il se compose du corpuscule de Malpighi et de tubes (tubule contourné proximal, anse de Henlé et tubule contourné distal) qui s'étendent entre la médullaire et le cortex et qui se vident dans le canal collecteur. Son rôle est la filtration, la réabsorption et la sécrétion avant la formation de l'urine définitive excrétée dans les voies urinaires.

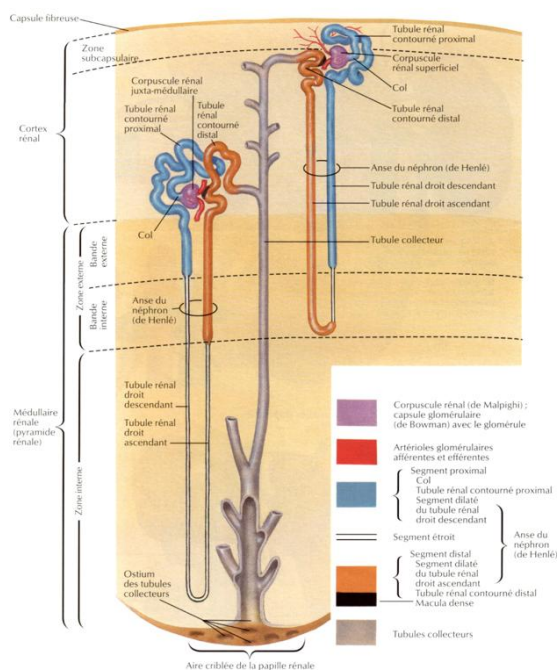


Figure 2. Organisation du néphron, d'après Netter FH. Atlas d'Anatomie Humaine. 7^e édition [1]

Le corpuscule de Malpighi contient un peloton vasculaire nommé glomérule, entouré d'une capsule épithéliale glomérulaire : la capsule de Bowman.

L'urine est initialement filtrée au niveau du corpuscule rénal (ou corpuscule de Malpighi) à travers la barrière de filtration glomérulaire. L'ultrafiltrat ainsi obtenu subit ensuite d'importantes modifications par des mécanismes de réabsorption et de sécrétion tout au long du tubule proximal, de l'anse de Henlé, du tubule distal et du tube collecteur. L'urine définitive est alors excrétée par la papille rénale dans les calices mineurs, puis collectée par les calices majeurs jusqu'au bassinnet, avant d'être acheminée dans l'uretère et finalement stockée dans la vessie.

1.1.2 Les uretères

Organes également pairs et rétro péritonéaux, occupant les régions lombo-iliaques et pelviennes, ils font suite au bassinnet (ou pyélon) du rein par la jonction pyélo-urétérale et s'abouchent à la vessie par les méats urétéro-vésicaux. Ils mesurent 24 à 32cm de longueur et présentent un calibre de 3 à 5mm. Ils sont formés d'une adventice (couche la plus superficielle), d'une musculature qui leur confère une activité contractile et d'une muqueuse épithéliale : l'urothélium.

Les uretères sont divisés en 4 segments : lombaire, iliaque, pelvien et enfin intra vésical. Ils présentent trois rétrécissements physiologiques : la jonction pyélo urétérale, au croisement des vaisseaux iliaques et dans leur partie terminale intra vésicale. Ils s'abouchent dans la vessie au niveau du trigone vésical par le méat urétéro vésical après un trajet intra mural vésical oblique en bas et en dedans long d'environ 1cm. Ce trajet intra mural de l'uretère constitue la barrière anti-reflux.

Leur vascularisation artérielle est multiple, par les artères rénales dans leur portion haute, par les artères gonadiques dans leur portion moyenne et par les artères iliaques primitives, internes et vésicales dans leur portion inférieure.

1.1.3 La vessie

La vessie est un organe pelvien musculo-membraneux interposé entre les uretères et l'urètre, et dans laquelle l'urine excrétée de façon continue par les reins s'accumule et séjourne entre les mictions.

Vide, la vessie est aplatie et pelvienne. Pleine, elle devient abdomino-pelvienne.

La vessie présente une forme triangulaire tournée vers le bas, elle possède une face supérieure, deux faces antéro-latérales, une face postérieure ou base et enfin un sommet ou col vésical se prolongeant par l'urètre. Le détrusor, muscle vésical, possède à sa partie inférieure un sphincter lisse assurant le contrôle involontaire de la miction. Le contrôle volontaire est assuré par le muscle strié du sphincter vésical.

Le trigone vésical (ou triangle de Lieutaud) correspond à une zone de la paroi interne de la vessie, de forme triangulaire où les deux angles supérieurs correspondent aux méats urétéro-vésicaux et l'angle inférieur au col vésical. Cette structure dérive de tissu d'origine wolffienne donc du mésoderme alors que le reste de la vessie dérive de l'endoderme.

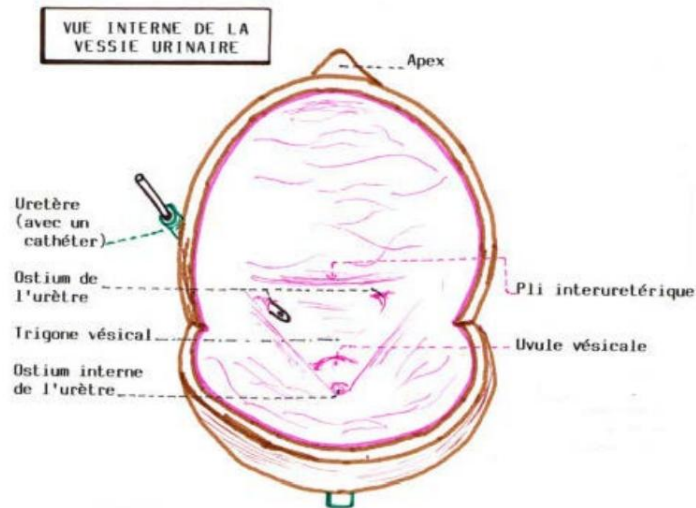


Figure 3. Vue interne de la vessie et du trigone vésical, d'après [2]

Comme les uretères, la vessie est formée de trois tuniques : la séreuse, la musculuse ou détrusor (elle-même formée de 3 couches musculaires, superficielle, moyenne et profonde) et la muqueuse : l'urothélium. La musculuse est essentielle aux quatre fonctions de la vessie que sont la continence, la vidange, le système anti reflux et l'ouverture du col.

Sa vascularisation artérielle est assurée par des branches de l'artère iliaque interne.

La capacité vésicale est variable, physiologiquement plus grande chez la femme que chez l'homme, d'environ 350 à 500mL chez l'adulte. Chez l'enfant, la capacité vésicale est de 50mL à 1 an, 100mL à 2ans, 150mL à 4 ans, 200mL à 6ans et 250mL à 12 ans.

1.1.4 L'urètre

L'urètre est un conduit musculo-membraneux permettant l'excrétion des urines. Il prolonge le col vésical jusqu'au méat urinaire.

L'urètre féminin est court et droit, mesurant environ 4cm.

Chez l'homme, l'urètre présente trois portions différentes : l'urètre prostatique (3cm), l'urètre membraneux (2cm) et l'urètre spongieux (12cm). On lui distingue également trois dilatations physiologiques : la fosse naviculaire au niveau du gland, le sinus bulbaire (qui reçoit les orifices des glandes bulbo-urétrales ou glandes de Cowper) et enfin le sinus prostatique (qui reçoit les canaux éjaculateurs au niveau du veru montanum).

1.2 Malformations urinaires

Les anomalies congénitales des reins et des voies urinaires sont des affections fréquentes (1/200 naissances), représentant environ $\frac{1}{4}$ des malformations, et sont donc un enjeu de santé publique.

Le système urinaire se développe principalement à partir du mésoblaste intermédiaire dès la troisième semaine du développement embryonnaire. Les reins définitifs, appelés métanéphros, dérivent du bourgeon métanéphrogène et du bourgeon urétéral, ces derniers donnant naissance aux néphrons et aux voies excrétrices hautes (calices, bassinet, uretères). La vessie et l'urètre proviennent du sinus uro-génital, une structure dérivée de l'intestin postérieur. Cette embryologie complexe explique la diversité et la nature des malformations congénitales des voies urinaires.

L'échographie est l'examen de choix dans leur dépistage et leur diagnostic. Dans certains cas, notamment complexes, l'IRM peut être réalisée en complément.

Leur diagnostic est en grande partie anténatal, permettant une prise en charge anticipée et une information des parents, mais parfois elles peuvent être découvertes à l'âge adulte chez une personne asymptomatique comme dans le cas d'une agénésie

rénale unilatérale. Elles peuvent aussi s'inscrire dans un cadre syndromique et alourdir le pronostic. Cependant, certaines de ces malformations n'ont pas de conséquence pathologique et relèvent plutôt du cadre des variantes anatomiques.

1.2.1 Principales malformations urinaires

1.2.1.1 Malformations rénales

- Agénésie rénale : assez fréquente (1/1000), elle est souvent asymptomatique si le rein controlatéral est fonctionnel. Elle peut s'inscrire dans un cadre syndromique, par exemple dans la séquence VACTERL ou bien chez la fille dans le syndrome de Mayer-Rokitanski-Kuster-Hauser ou encore dans le syndrome de Herlyn-Werner-Wunderlich, également connu sous le nom de syndrome OHVIRA (hémivagin obstrué et anomalie rénale homolatérale)
- Rein surnuméraire : extrêmement rare, il peut s'agir d'un rein en plus de deux reins normaux ou d'un rein en plus d'un rein en fer à cheval
- Hypo/dysplasie rénale : développement incomplet ou anomalie de différenciation du rein, conduisant souvent à l'insuffisance rénale progressive. L'hypoplasie se différencie de l'atrophie où le rein a d'abord été normal avant d'être lésé. Hypoplasie et dysplasie peuvent coexister et s'associer également à des malformations du tractus urinaire[3].
- Anomalie de migration des reins : la plus fréquente est le défaut de migration du rein avec un rein restant pelvien. La surrénale homolatérale reste le plus souvent en position normale. Il peut également s'agir d'un excès de migration comme dans le cas du rein intra thoracique, beaucoup plus rare, ou d'ectopies rénales croisées où le méat urétéro vésical est du côté opposé au rein.

- Anomalie de fusion des reins : la plus fréquente est le rein en fer à cheval, les reins ayant fusionné pendant la vie embryonnaire et unis par un pont parenchymateux à leur pôle inférieur. Le rein en fer à cheval s'associe aux variantes anatomiques de la veine cave inférieure, à la dysplasie multikystique, au syndrome de jonction pyélo-urétérale, à la duplication rénale et à d'autres syndromes tels que les trisomies 13, 18 et 21.

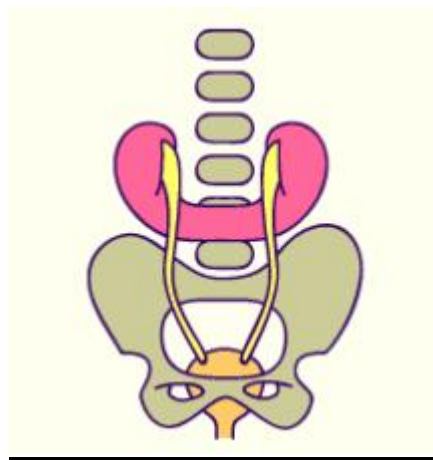


Figure 4. Rein en fer à cheval[4]

- Duplication rénale : fréquente (0.7% à 4% des naissances), elle est responsable de présentations très variées. Dans le cas d'une duplication complète, le rein est drainé par deux systèmes collecteurs distincts. La loi de Weigert-Meyer indique alors que l'uretère du pôle supérieur s'insère de manière ectopique (plus bas en regard du col vésical ou de l'urètre, ou chez le garçon au sein des vésicules séminales et chez la fille dans le vagin ou dans l'urètre) et est souvent associé à une urétérocèle, ce qui entraîne une obstruction de son propre système collecteur, déformant ainsi l'insertion de l'uretère du pôle inférieur et rendant ce dernier plus sujet au reflux vésico-urétéral[5].

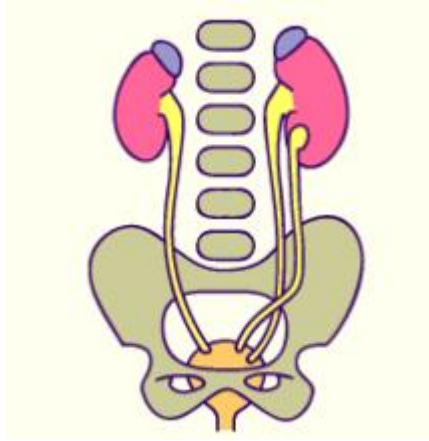


Figure 5. Duplication rénale gauche complète[4].

1.2.1.2 Malformations urétérales

- Syndrome de la jonction pyélo-urétérale : l'une des pathologies les plus fréquentes en urologie pédiatrique (1/1000), elle se définit par une dilatation du bassinet et des calices avec un uretère d'aval de calibre normal.
- Méga-uretère : peut-être obstructif (primitif ou secondaire), refluant, non obstructif et non refluant, obstructif et refluant.
- Duplication urétérale
- Insertion ectopique de l'uretère et urétérocèle

1.2.1.3 Malformations vésicales et urétrales

- Valves de l'urètre postérieur : chez les garçons, elles provoquent une obstruction sous-vésicale, responsables de dilatation vésicale et urétérale.
- Exstrophie vésicale : malformation congénitale rare et sévère du bas appareil urinaire caractérisée par l'absence de fermeture de la paroi abdominale antérieure et de la vessie pendant le développement embryonnaire. À la naissance, la vessie est ouverte à la surface du bas-ventre.

- Anomalies cloacales : rares (1/20000), elles regroupent un large spectre de malformations dont le point commun est la persistance anormale d'une communication entre deux ou trois des filières urinaire, génitale et digestive. La plus fréquente de ces entités est le cloaque persistant, où les filières urinaire, génitale et digestive communiquent en canal commun et rejoignent la peau par un orifice unique.

1.2.2 **CAKUT**

Les anomalies congénitales du rein et des voies urinaires, désignées par l'acronyme anglais CAKUT (Congenital Anomalies of the Kidney and Urinary Tract), regroupent l'ensemble des malformations affectant la morphologie ou le fonctionnement du système urinaire, depuis le développement embryonnaire jusqu'à la période post-natale. Ces anomalies figurent parmi les troubles congénitaux les plus fréquents, détectés en grande partie grâce à l'imagerie anténatale. Elles constituent la principale cause d'insuffisance rénale terminale pédiatrique précoce. Leur présentation est très variée, pouvant toucher aussi bien les reins, les uretères, la vessie que l'urètre.

La dysplasie rénale multi-kystique (DMK) est une des plus fréquentes malformations retrouvée dans le CAKUT (1/4300). Elle est définie par la présence de multiples kystes de taille variable, non communicants, sans parenchyme rénal résiduel identifiable. L'évolution est marquée par l'involution partielle ou complète du rein dysplasique durant la grossesse et après la naissance, avec hypertrophie compensatrice du rein controlatéral. Les anomalies associées sont présentes dans 5 à 50% des cas : reflux vésico-urétéral controlatéral, syndrome de jonction pyélo-urétéral controlatéral, jonction vésico-urétérale controlatérale, urétérocèle ou des reins en fer à cheval[6].

2. Le reflux vésico-urétéral

2.1 Définition et physiopathologie du reflux vésico-urétéral

Le reflux vésico-urétéral (RVU) est une des affections uropédiatriques les plus fréquentes, caractérisée par le passage rétrograde de l'urine de la vessie vers l'uretère, voire plus haut jusqu'au bassinet et aux cavités rénales. Ce phénomène, qui contrevient au flux urinaire normal descendant, résulte d'une anomalie de la jonction urétéro-vésicale.

Le RVU peut être **primaire**, généralement lié à une anomalie congénitale de l'implantation urétérale, ou **secondaire**, consécutif à une obstruction sous-vésicale (comme des valves de l'urètre postérieur ou une dysfonction neurologique de la vessie).

Physiologiquement, l'insertion oblique de l'uretère dans la paroi vésicale joue un rôle de valve anti-reflux. Lors de la contraction vésicale, la pression intra-vésicale comprime l'uretère intra-mural et empêche la remontée de l'urine.

La physiopathologie du RVU primaire, congénital, repose sur une anomalie de l'implantation de l'uretère dans la paroi vésicale, entraînant un segment intra-vésical trop court de l'uretère. Cette malformation empêche la compression efficace de l'uretère lors de la contraction vésicale, permettant ainsi le reflux de l'urine vers le haut appareil urinaire.

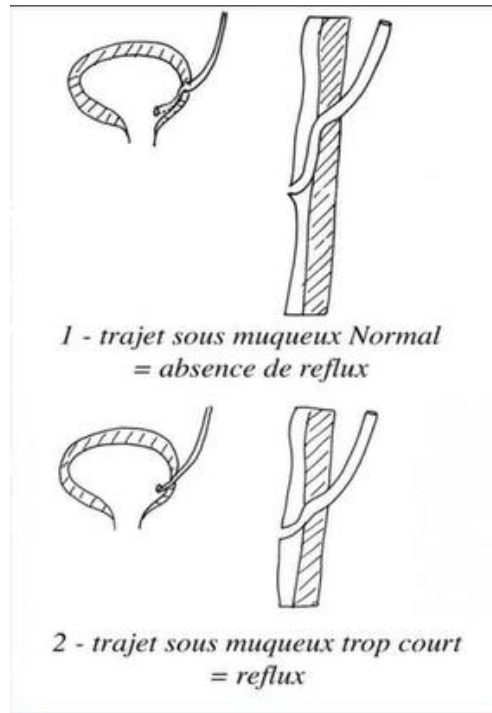


Figure 6. Physiopathologie du reflux vésico-urétéral primaire, d'après « Réimplantation Urétéro-Vésicale Pour Reflux Vésico-Urétéral » par la Société Française de Chirurgie Pédiatrique[7]

Le RVU secondaire, acquis, résulte d'une pression intra-vésicale trop élevée malgré une jonction urétéro-vésicale fonctionnelle, en lien avec une obstruction anatomique (sténose urétrale, sténose méatique, valves de l'urètre postérieur) ou fonctionnelle (vessie neurologique, hyperactivité vésicale). Dans ces cas, le reflux est plus souvent bilatéral et corrélé à la pression intra-vésicale.

Le RVU peut être unilatéral ou bilatéral.

Il peut être également transitoire dans les premiers mois de vie lié à l'immaturation du système anti-reflux ou persistant lorsqu'il résulte par exemple d'un méga-uretère refluant ou d'autres anomalies malformatives citées précédemment.

Son diagnostic permet à court terme la prévention des infections urinaires récurrentes et à long terme des conséquences de la néphropathie de reflux.

2.2 Epidémiologie

La prévalence du reflux vésico-urétéral est discordante selon les études. Alors que certaines retrouvent une prévalence d'environ 1%[8], d'autres auteurs retrouvent une prévalence beaucoup plus élevée à 29%[9]. Dans une méta-analyse de Sargent et al., on peut estimer une prévalence moyenne de 9% (6-12%) [10]. Cela en fait un enjeu de santé publique en plus d'être un domaine d'expertise de la néphrologie pédiatrique.

Cette prévalence augmente à 15% chez les enfants ayant eu un diagnostic d'hydronéphrose anténatale[11].

2.3 Facteurs de risque

Plusieurs facteurs augmentent le risque de développer un RVU.

2.3.1 Antécédents familiaux

Les antécédents familiaux sont un facteur majeur : les enfants ayant un parent, un frère ou une sœur atteint de RVU ont un risque accru de présenter cette affection. Une étude a montré que 50% des jumeaux asymptomatiques d'enfants atteints de RVU présentaient également un reflux vésico-urétéral, avec une incidence particulièrement élevée chez les enfants de moins de 2 ans[12].

2.3.2 Age, sexe et ethnie

Le sexe féminin est un facteur de risque, puisque les filles présentent deux fois plus de RVU que les garçons[14], sauf dans les cas de diagnostic anténatal d'hydronéphrose où les garçons sont majoritaires. Les filles présentent des reflux significativement de plus bas grade, bien que leur reflux persiste plus longtemps, notamment lorsque le RVU est associé à une dyssynergie vésico-sphinctérienne.

Dans la population caucasienne, avant l'âge de 10 ans, le reflux est trois fois plus fréquent que dans la population noire [5]. De plus, les reflux sont significativement de plus bas grade dans cette population [6]. Un retard de maturation du mécanisme de valve anti-reflux dans la population blanche pourrait expliquer ces résultats[13].

2.3.3 Uropathie

Le reflux vésico-urétéral peut s'associer à d'autres affections urogénitales pédiatriques congénitales et s'intègre parfois dans un CAKUT.

Une hydronéphrose est retrouvée chez 1 à 5% des fœtus. Ce diagnostic anténatal mène dans environ 15% des cas au diagnostic post-natal de RVU[15]. Il existe une corrélation entre la sévérité de l'hydronéphrose anténatale et le risque d'uropathie post-natale, en revanche, le risque et la sévérité d'un éventuel reflux vésico-urétéral n'y est pas corrélé[16].

2.4 Conséquences

L'association entre reflux vésico-urétéral, infections urinaires récurrentes et atteinte rénale est bien établie.

Les conséquences du RVU varient selon sa sévérité, qui dépend de plusieurs facteurs (dont l'âge, le sexe, l'ethnie, les antécédents familiaux, l'existence d'une malformation urinaire, etc). Elle est classée en cinq grades selon la classification internationale du reflux vésico-urétéral[18].

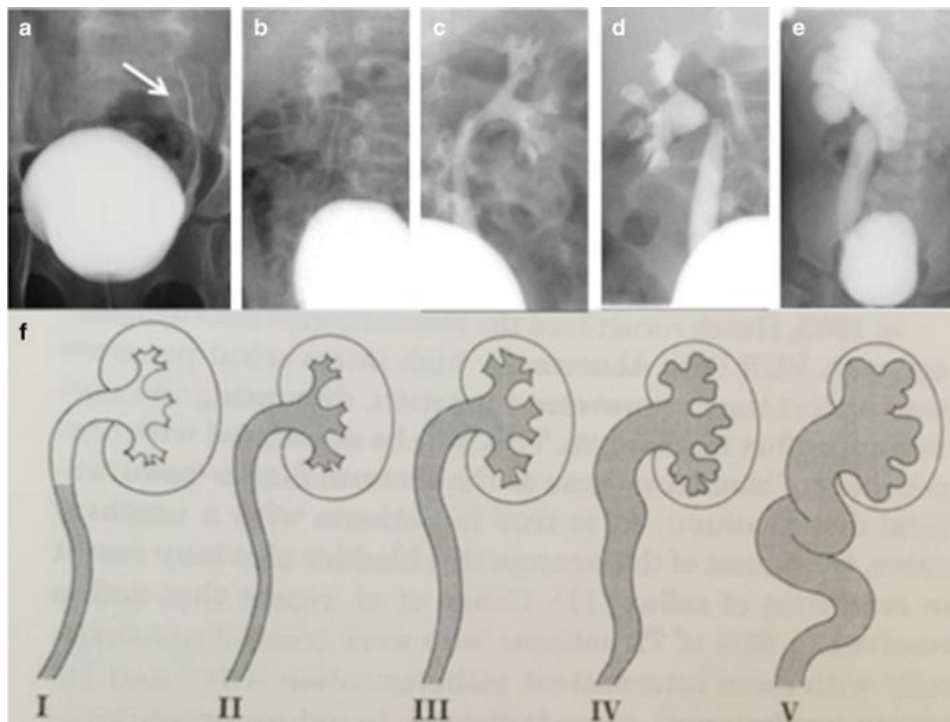


Figure 7. Classification internationale du reflux vésico-urétéral[19]

- Grade I : le reflux reste limité à l'uretère, sans atteindre le bassinet ni les calices rénaux. Il n'existe pas de dilatation de l'uretère.
- Grade II : le reflux atteint le bassinet du rein, parfois jusqu'aux calices, mais il n'y a pas de dilatation de l'uretère ni du système pyélocaliciel.
- Grade III : le reflux s'accompagne d'un début de dilatation (modérée) de l'uretère et du bassinet rénal, avec peu ou pas de modification des calices.
- Grade IV : on observe une dilatation marquée de l'uretère, du bassinet et des calices, avec bombement et déformation des papilles rénales. L'uretère devient souvent tortueux.
- Grade V : le reflux s'accompagne d'une dilatation et d'une tortuosité extrêmes de l'uretère, une très grosse dilatation des pyélocalices, et une disparition des impressions papillaires.

Les complications du reflux vésico-urétéral se déclinent en deux principales catégories : complications à court terme que sont les infections urinaires fébriles récidivantes, et complications à long terme que sont les atteintes cicatricielles et la néphropathie de reflux.

Dans une étude portant sur 115 nourrissons atteints d'un reflux vésico-urétéral de grade III à V, 71 % présentaient une filtration glomérulaire rénale unilatérale inférieure à 40 % de la valeur attendue pour leur âge. Par ailleurs, une aggravation de la fonction rénale a été constatée chez 18 % des patients[17]. La connaissance de l'histoire naturelle du reflux s'est améliorée ces vingt dernières années, permettant d'identifier à la fois les patients à risque de reflux et ceux à risque de complications rénales.

2.4.1 Présentation clinique

Le reflux vésico-urétéral est dans la plupart des cas asymptomatique. En dehors d'une infection urinaire fébrile révélatrice, ou d'une recherche de RVU devant une hydronéphrose de découverte anténatale, il passe le plus souvent inaperçu et explique que sa fréquence soit probablement sous-estimée.

Rarement, il peut exister des lombalgies au cours des mictions par élévation de la pression au sein des voies urinaires excrétrices[20].

Dans la grande majorité des cas, le diagnostic est fait dans les suites d'infections urinaires à répétition.

2.4.2 Conséquences à court terme : l'infection urinaire

2.4.2.1 Physiopathologie

Le RVU favorise les infections urinaires pour deux raisons principales[21] :

D'une part, la remontée des urines infectées vers les voies urinaires supérieures : le RVU permet aux urines de refluer de la vessie vers les uretères, voire les reins. Si ces urines sont infectées, cela facilite la propagation des bactéries vers le parenchyme rénal, augmentant le risque de pyélonéphrite.

D'autre part, l'altération de la vidange urinaire complète : le RVU est souvent associé à des troubles de la vidange vésicale (comme le dysfonctionnement vésico-intestinal), ou à une réplétion vésicale alimentée par la redescende de l'urine ayant reflué, ce qui favorise la stase urinaire et l'augmentation de la capacité vésicale, l'ensemble pouvant aboutir à une « mégavessie de reflux ». Cette stase constitue un terrain favorable à la prolifération bactérienne.

30 à 40% des enfants ayant présenté une infection urinaire fébrile récidivante présentent un RVU[22].

2.4.2.2 Dysfonctionnement vésico-intestinal

Les dysfonctionnements vésicaux et intestinaux regroupent un ensemble d'anomalies du bas appareil urinaire chez l'enfant, incluant l'hyperactivité détrusorienne, l'urgence urinaire, l'incontinence par urgence, la vessie hypoactive, le report volontaire de la miction, ainsi que d'autres troubles de la vidange vésicale. Ces troubles sont souvent associés à des troubles gastro-intestinaux tels que la constipation chronique et l'encoprésie. Les dysfonctionnements vésicaux et intestinaux sont plus fréquemment observés chez les filles.

Les patients présentant RVU associé à un dysfonctionnement vésico-intestinal ont un risque accru de développer des infections urinaires malgré une prophylaxie continue[23]. On estime en effet qu'il existe deux fois plus d'infections urinaires chez les enfants présentant une dysfonction vésico-intestinale associée à un RVU, que chez les enfants ne présentant qu'un RVU. Ils présentent également un taux de résolution spontanée nettement plus faible (31 % contre 61 %) ainsi qu'un taux de succès réduit après les interventions chirurgicales endoscopiques du RVU.

2.4.2.3 Tableau clinique

Chez les nouveau-nés et les nourrissons, les symptômes sont le plus souvent non spécifiques, sans lien avec une symptomatologie urinaire. Des symptômes liés à l'appareil urinaire ne sont présents que dans environ 15% des cas[24]. Il peut s'agir de vomissements, des difficultés à manger, d'une agitation ou au contraire d'une léthargie, voire parfois d'une hypothermie[25].

Généralement, seule la fièvre est présente, particulièrement chez les enfants de moins de 2 ans. D'après une étude de Roberts KB, chez 193 patients de moins de 2 ans admis aux urgences pour fièvre inexplicée, 5% des enfants présentaient une infection urinaire confirmée par l'analyse d'urine[26].

Avant 3 mois, devant une fièvre inexplicée, il est recommandé de pratiquer une bandelette urinaire de manière systématique (ECBU d'emblée également avant 1 mois)[27].

Chez les enfants plus âgés, en cas de cystite, des signes fonctionnels urinaires sont en général présents et associent brûlures mictionnelles, urgenturies, douleurs pelviennes, hématurie, incontinence urinaire. Dans le cas d'une pyélonéphrite, il existe généralement une fièvre et des douleurs lombaires.

Les complications sont rares et surviennent principalement chez des enfants de moins de 6 mois. Dans une étude australienne, sur 172 enfants présentant une infection urinaire fébrile, seuls 1% des enfants avaient nécessité une assistance ventilatoire et 3% une réanimation par perfusion intra-veineuse[24].

2.4.3 Conséquences à long terme : la néphropathie de reflux

La néphropathie de reflux peut être une conséquence à long terme du reflux. Le reflux en lui-même n'occasionne pas de conséquence rénale mais par les pyélonéphrites aiguës récidivantes qu'il favorise, des dommages irréversibles du parenchyme rénal peuvent apparaître, à l'origine de cicatrices rénales (associant atrophie tubulaire et sclérose interstitielle) puis d'une réduction néphronique. A long terme peut apparaître une insuffisance rénale.

Néanmoins, ces cicatrices sont fréquentes (jusqu'à 40% des enfants ayant présenté une pyélonéphrite aiguë avaient un diagnostic de cicatrices rénales sur des scintigraphies DMSA à 6 mois) et leur implication à long terme reste à établir[28]. En effet, chez un enfant ne présentant pas d'autres anomalies congénitales des reins ou des voies urinaires, le risque de développer une maladie rénale chronique à la suite d'infections urinaires fébriles récidivantes associées à un RVU reste très faible[29].

Dans les cas de néphropathies congénitales associées à un reflux vésico-urétéral anté-natal, le reflux n'est qu'un acteur secondaire et la néphropathie de reflux est davantage la conséquence des lésions congénitales dont la dysplasie rénale, sans qu'il n'y ait forcément eu d'évènements infectieux.

Les complications de la néphropathie de reflux associent hypertension et protéinurie, et peuvent évoluer jusqu'à l'insuffisance rénale chronique[30]. Le reflux vésico-urétéral est la cause de 5% des greffes rénales en population pédiatrique[31].

2.5 Prise en charge du reflux vésico-urétéral

Il existe 4 options thérapeutiques principales : l'abstention thérapeutique, l'antibioprophylaxie, le traitement endoscopique et la réimplantation vésico-urétérale.

Son diagnostic et sa prise en charge doivent être réalisés au mieux dans un centre expert pluridisciplinaire afin d'assurer une évaluation globale et adaptée au profil de chaque patient.

2.5.1 Bilan initial

L'évaluation initiale repose sur une analyse d'urine comprenant une bandelette urinaire et un ECBU, à la recherche d'une protéinurie et bactériurie, et d'une mesure de la créatininémie afin d'avoir une référence de la fonction rénale.

L'échographie rénale constitue l'examen morphologique de référence et servira au suivi. Il faut rappeler que sa sensibilité et sa spécificité sont mauvaises pour la détection d'un RVU de bas grade.

La scintigraphie rénale au DMSA marqué au technétium-99m est utilisée pour évaluer la fonction rénale globale et identifier d'éventuelles cicatrices.

L'examen de référence pour diagnostiquer un RVU est la cystographie mictionnelle rétrograde. Elle permet de classer le RVU selon son grade, d'après la classification internationale, de 1 à 5. La cystosonographie est une alternative performante.

2.5.2 Evolution naturelle

Il convient de distinguer deux entités différentes liées au reflux : le reflux permanent et le reflux transitoire :

- La première concerne principalement les garçons, survient rarement, en période prénatale ou avant l'âge de deux ans, et se caractérise par un RVU souvent plus sévère (grade IV–V) avec un parenchyme rénal anormal et une résolution spontanée dans 50 % des cas.
- La seconde forme, plus fréquente, est plus fréquemment observée chez les filles, avec un RVU de bas grade (grade I–III), associé à des reins et un appareil urinaire normaux et un taux élevé de résolution (80 à 90 %). Dans cette situation, le RVU est lié à une simple immaturité du système anti-reflux

Plusieurs facteurs influent sur l'évolution naturelle du reflux :

- Le grade du reflux : la résolution spontanée du RVU peut être observée dans un peu plus de 80 % des cas de grades I et II, dans environ 45 % des cas de grade III, et dans moins de 10 % des cas de grades IV et V[32].
- L'existence d'une urétéro-hydronéphrose : dans le cas où le reflux n'est pas associé à une urétéro-hydronéphrose, l'évolution est plus souvent spontanément favorable que lorsqu'il existe une dilatation des cavités pyélocalicielles.
- L'âge : résolution plus rapide si découvert avant l'âge de 1 an
- Le sexe : les filles présentent des RVU souvent de plus bas grade
- La présence d'une uropathie : moins de résolution spontanée
- La présence de cicatrices rénales : moins bon pronostic

- Troubles de la fonction vésicale
- Persistance d'infections urinaires malgré antibioprophylaxie

L'ensemble de ces éléments permet d'apprécier le risque d'évolution du RVU et participe à l'élaboration de la stratégie thérapeutique adéquate.

2.5.3 Abstention thérapeutique

L'évolution à long terme du reflux vésico-urétéral reste dans la plupart des cas favorable, disparaissant spontanément à l'adolescence[33]. La régression spontanée de ces RVU s'explique par le fait qu'il était causé par une simple immaturité du système anti-reflux.

Pour cette raison, la stratégie « wait and watch » est licite chez de nombreux enfants, un fois un bilan initial exhaustif réalisé.

Les conditions nécessaires pour cette attitude thérapeutique sont une probabilité faible de lésions rénales et donc l'absence d'infections urinaires récidivantes et la présence d'un reflux vésico-urétéral de bas grade (grade I ou II).

Dans tous les cas, un suivi médical est nécessaire. En cas de fièvre inexplicée, un ECBU devra être réalisé afin de s'assurer de l'absence d'infection urinaire intercurrente, et le cas échéant, le médecin prévenu.

2.5.4 Antibioprophylaxie

L'antibioprophylaxie réduit significativement l'incidence des infections urinaires récidivantes chez les enfants suivis pour un RVU[34].

2.5.4.1 Indications

- Enfants avec RVU de grade IV ou V, surtout s'ils présentent des infections urinaires récidivantes ou des anomalies urologiques majeures.
- Dans le cas de troubles de la fonction vésicale sous-jacente (par exemple, dysfonctionnement vésical ou intestinal), une antibioprophylaxie peut être indiquée après évaluation
- La décision pour les RVU de grade III doit être individualisée et discutée avec les parents, car le bénéfice reste controversé.
- Pour les RVU de grade I-II, l'antibioprophylaxie est généralement déconseillée : le risque d'infection récidivante est peu augmenté par rapport à la population générale, et l'antibioprophylaxie expose à une augmentation de l'antibiorésistance

2.5.4.2 Bactériologie et antibiotiques utilisés

Les antibiotiques utilisés doivent répondre à certains critères :

- Être adaptés à la sensibilité des germes les plus courants dans cette pathologie,
- Être actifs par voie orale,
- Être excrétés en concentration adéquate dans les urines,
- Ne pas favoriser l'émergence de souches résistantes,
- Avoir une bonne tolérance,
- Permettre une bonne observance,
- Être peu onéreux.

Les doses utilisées dans ce but sont beaucoup plus faibles qu'en cas d'infections déclarées, de l'ordre de 20 % des doses préconisées pour le traitement curatif des infections urinaires.

De telles doses ont l'avantage d'être bien tolérées. Une seule prise par jour est le plus souvent suffisante, de préférence le soir, car elle permet aux antibiotiques de stagner toute la nuit dans la vessie.

L'usage inapproprié des antibiotiques contribue à la propagation croissante de la résistance aux antimicrobiens dans les infections urinaires acquises en communauté.

2.5.5 Traitement endoscopique du reflux vésico-urétéral

2.5.5.1 Présentation

Pratiqué pour la première fois en 1981 par Matouschek[35], ce traitement est très fréquemment utilisé, par exemple dans 90% des cas des reflux vésico-urétéraux dans la population pédiatrique en Suède[36]. De nombreuses évolutions ont eu lieu tant dans les produits utilisés, que dans ses indications et ses résultats.

C'est un traitement mini-invasif du reflux vésico-urétéral, rapide (15-30min), réalisé sous anesthésie générale et généralement en hospitalisation ambulatoire.

C'est le traitement de choix des RVU de faible grade symptomatique, sans néphropathie de reflux.

2.5.5.2 Techniques

Le traitement repose sur l'injection sous-muqueuse d'un agent comblant, « bulking », à l'extrémité distale de l'uretère, au niveau du trigone vésical, afin de recréer une valve anti-reflux, déficiente dans le RVU. Cette injection est réalisée sous contrôle cystoscopique et repose sur deux principales techniques.

La première méthode décrite, en 1981 par Matouschek, est la **STING** technique « subureteral transurethral injection ». Une aiguille est introduite dans la vessie par un cystoscope, positionnée 2-3mm sous le méat urétéro-vésical sur le rayon de 6h, puis avancée de 3mm environ, permettant l'injection d'un agent de comblement « bulking » dans la sous-muqueuse, venant soutenir l'uretère et recréant ainsi une valve anti reflux. Initialement pratiquée avec du Téflon (polytetrafluoroéthylène), elle est dorénavant pratiquée avec du Dextranomere et de l'acide hyaluronique (Dx/HA – Deflux) depuis sa description par Stenberg and Lackgren[37].

Une deuxième technique est la technique **HIT** (Hydrodistension Implantation Technique), décrite par Kirsch en 2004[38]. Une hydrodistension de l'uretère terminal est réalisée, permettant l'accès au tunnel urétéral distal où l'injection sous-muqueuse intra-urétérale est réalisée (à l'inverse de la STING ou l'injection se fait dans la sous muqueuse vésicale, sous le méat). Le produit utilisé est le plus souvent le dextranomère/acide hyaluronique (Deflux).

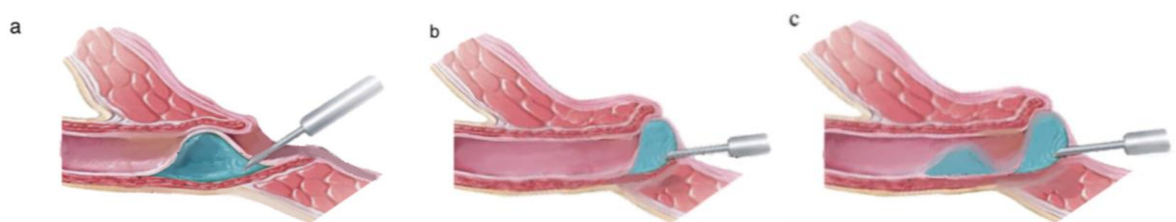


Figure 8. Technique HIT (a), STING (b), et technique combinée HIT-STING (c) [39]

2.5.5.3 Résultats

Dans une méta-analyse de 1180 patients, il a été retrouvé un taux de succès significativement plus élevé avec la technique HIT (82.5%) qu'avec la technique STING (71.4%). La migration du matériau de comblement a été avancée comme explication de la forte diminution du succès observée dans les études à long terme. Dans la technique HIT, si une migration caudale du Dx/HA se produit, le matériau reste dans la sous-muqueuse de l'uretère distal, contrairement à la technique STING où une migration caudale de l'implant aboutit dans la sous-muqueuse de la vessie. Cela pourrait expliquer la persistance de l'effet anti-reflux de la technique HIT.

Bien que de nombreuses études aient démontré sa sécurité et son efficacité, le traitement endoscopique du reflux peut se compliquer d'une obstruction urétérale responsable d'une urétéro-hydronephrose. Ceci survient dans environ 1% des cas[40], indépendamment du produit et de la technique utilisés. Les autres complications, rares également, sont les infections urinaires, la migration du matériel (exceptionnelle, principalement avec le Téflon qui est désormais abandonné) et l'échec de la procédure avec persistance du reflux vésico-urétéral.

En cas de persistance du reflux sur la cystographie systématiquement réalisée à 3 mois de la procédure, une seconde injection endoscopique peut être réalisée, permettant d'augmenter le taux de succès chez les enfants présentant des reflux de grade III ou IV. Chez les enfants présentant un reflux de grade V, si le traitement endoscopique est réalisé et qu'il échoue, une indication chirurgicale est retenue[41].

2.5.6 Traitement chirurgical : la réimplantation urétéro-vésicale

La réimplantation vésico-urétérale est le traitement de référence du RVU notamment dans les cas de reflux de haut grade ou d'échec du traitement endoscopique. Son efficacité varie entre 93 et 100%.

2.5.6.1 Indications

Les indications du traitement chirurgical sont les suivantes :

- Reflux de haut grade (IV/V) persistant chez l'enfant au-delà de deux à trois ans
- Détérioration de la fonction rénale ;
- Échec de l'antibioprophylaxie ou mauvaise observance
- Effets indésirables importants liés à l'antibioprophylaxie au long cours

2.5.6.2 Techniques

Plusieurs techniques sont possibles : endoscopique et par voie ouverte, laparoscopique, ou robot-assistée.

Les procédures ouvertes incluent les voies intra-vésicales qui nécessitent une ouverture de la vessie (comme l'intervention de Cohen) et les voies extra-vésicales (comme l'intervention de Lich-Gregoir) qui ne nécessitent pas l'ouverture de la vessie.

Dans l'intervention de Cohen, la peau est incisée horizontalement au-dessus du pubis. La vessie est ouverte. Le, ou les uretère(s) sont réimplantés dans la vessie et fixés à la paroi vésicale dans leur nouvel emplacement.

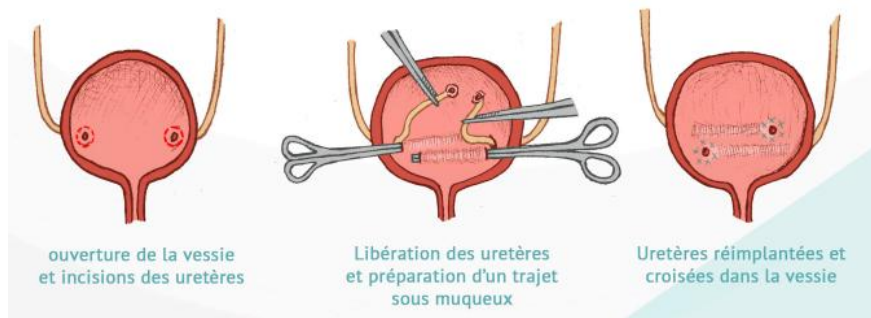


Figure 9. Intervention de Cohen[42]

En présence de méga-uretères, la procédure de Cohen n'est pas adaptée en raison d'une longueur insuffisante du tunnel sous-muqueux[43].

Bien que la technique par voie ouverte soit le gold standard, elle peut être de réalisation délicate en raison de difficultés techniques telles que la nécessité d'un maintien d'une pneumovessie et du défi de procéder dans des vessies de petite taille. Pour cela, la technique robot-assistée extra vésicale de Lich-Gregoir qui est apparue il y a environ vingt ans a beaucoup gagné en popularité auprès des équipes chirurgicales car elle présente plusieurs avantages : moins de complications post-opératoires (moins de douleurs post-opératoires[44], délai de sondage urinaire plus court[45], durée d'hospitalisation plus courte, récupération post-opératoire plus rapide), un meilleur confort pour le chirurgien et permet également des reconstructions urétéro-vésicales plus délicates[46]

Elle permet la disparition du reflux dans 95 à 99% des cas[47].

Elle peut être menée par chirurgie conventionnelle ou coelioscopique. Il n'y a pas d'ouverture de la vessie. Elle est plus adaptée aux reflux unilatéraux. Seul le détrusor est ouvert sur quelques centimètres, en arrière du point d'entrée de l'uretère dans la vessie. Le trajet sous la muqueuse va être rallongé en couchant l'uretère dans cette ouverture du muscle, qui est refermé par-dessus par une série de points.



Figure 10. Intervention de Lich Gregoir[42]

2.5.7 Mesures associées :

2.5.7.1 Règles hygiéno-diététiques

L'ingestion de boissons abondantes et des mictions fréquentes et complètes sont recommandées : la stérilité des urines vésicales est assurée grâce à la vidange régulière de la vessie.

Également, une toilette périnéale une fois par jour car l'insuffisance ou l'excès de toilette perturbe la flore normale et favorise le développement de germes intestinaux.

2.5.7.2 Traitement de la dysfonction vésico-intestinale

Chez les enfants présentant une dysfonction vésico-intestinale, la miction programmée, les laxatifs, la rééducation périnéale, les modifications comportementales ainsi que le traitement par anticholinergiques, permettent de réduire efficacement les symptômes urinaires, d'améliorer la fonction vésicale et d'augmenter les taux de résolution spontanée[48,49].

3. Examens diagnostiques

3.1 Echographie réno-vésicale

Elle est le premier examen paraclinique à réaliser devant une infection urinaire fébrile, en raison de sa disponibilité, de sa simplicité et rapidité ainsi que de sa non-invasivité.

Elle doit être réalisée en urgence dans les cas suivants : obstacle connu, rein unique, sepsis grave, âge < 3 mois. Dans les autres cas, elle sera réalisée dans les 48h[50].

Elle permet de rechercher les arguments pour une uropathie malformative sous-jacente, des signes de gravité ou de complication pour adapter la prise en charge immédiate. Elle peut également permettre de confirmer le diagnostic clinico-biologique de pyélonéphrite bien qu'elle soit très souvent normale : en effet, dans une étude de 2003, réalisée chez 309 enfants présentant une infection urinaire fébrile, l'échographie réno-vésicale était normale dans 88% des cas[51].

L'examen débute par l'étude de la vessie car l'application du gel froid d'échographie entraîne souvent une miction chez le nourrisson alors que la réplétion vésicale permet une analyse optimale de signes d'infections urinaires tels que l'épaississement des parois ou la présence d'échos endocavitaires.

L'échographie est poursuivie par l'examen des reins avec la sonde convexe par voie abdominale puis en procubitus. Chez les nourrissons, l'étude peut être réalisée également avec une sonde linéaire haute fréquence (10-12MHz) pour une meilleure sensibilité dans la détection des anomalies parenchymateuses.

On recherche :

- Une néphromégalie : premier signe d'infection rénale décrit dans la littérature
- Epaississement des parois pyélo calicielles : au-delà de 0.8 à 1mm, très sensible mais peu spécifique (reflux vésico urétéral, greffe rénale, chirurgie récente, etc.)

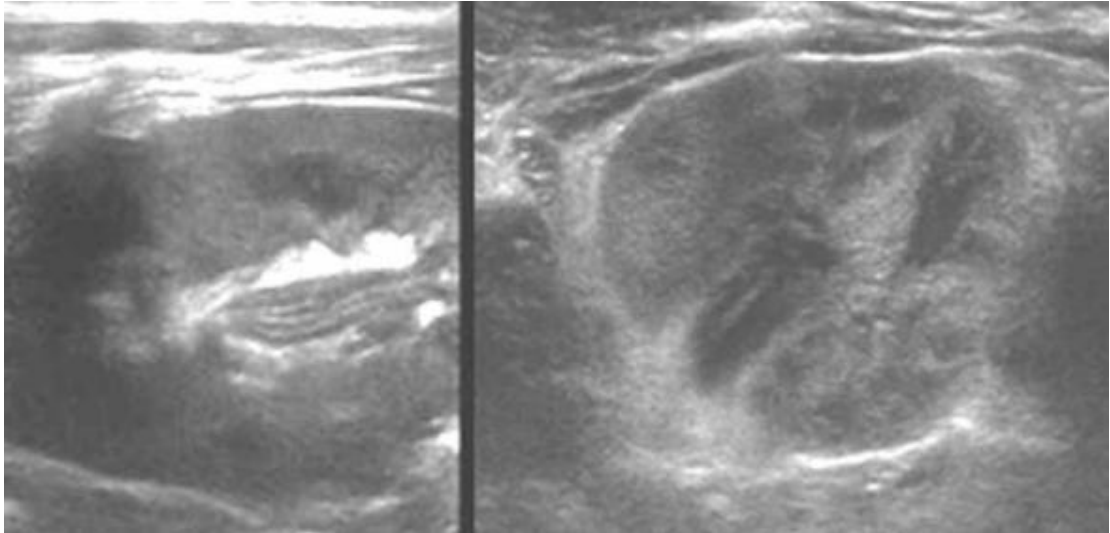


Figure 11. Epaississement des parois pyéliques sur des coupes transversales en mode B, d'aspect stratifié à gauche et hypoéchogène à droite[52]

- Epaississement hyperéchogène de la graisse sinusale
- Foyer intra-parenchymateux hyperéchogène : signe le plus spécifique et témoignant contrairement aux signes précédents de l'atteinte néphritique. Il s'associe généralement à une hypovascularisation focalisée qui peut être recherchée au doppler couleur ou de façon plus sensible au doppler énergie. Associés ensemble, ces deux signes, foyer hyperéchogène et hypovascularisation, ont une spécificité pour le diagnostic positif de PNA de 100% et une sensibilité de 85-95 %
- Echos endocavitaires : aspect de « boue » urinaire, pouvant sédimenter dans les cavités rénales avec niveau hydro-hydrique

- Signes de complication : l'abcès rénal, très rare et pouvant nécessiter la réalisation d'une étude tomodensitométrique.

L'échographie ne permet pas le diagnostic du RVU (très faible sensibilité), mais peut en montrer des signes indirects : dilatation des cavités pyélocalicielles et d'un uretère surtout si cette dilatation est fluctuante au cours de l'examen et l'épaississement des parois pyélo-urétérales.

La visualisation des jets urétéraux pourrait être associée à une bonne valeur prédictive négative dans une étude de Kuhns et al.[53].



Figure 12. Jet urétéral droit en mode Doppler couleur. Image du service.

3.2 Urétrocystographie rétrograde per mictionnelle

3.2.1 Présentation

La cystographie est un examen d'imagerie utilisant les rayons X et les produits de contraste iodés permettant d'étudier les voies excrétrices en opacifiant la vessie et l'urètre, et en cas de reflux vésico urétéral, les uretères voire les cavités rénales.

Utilisée depuis les années 1950 1960, à partir du moment où le lien entre infection urinaire et reflux vésico urétéral a été mieux compris, elle demeure encore aujourd'hui la méthode gold standard dans le diagnostic du reflux vésico urétéral[54].

3.2.2 Irradiation et radioprotection

La cystographie est une technique irradiante, ce qui constitue le principal frein à son utilisation. La radiosensibilité accrue des enfants associée à la présence des gonades dans le champ d'irradiation nous obligent à être plus vigilants, en appliquant le principe de la méthode ALARA (« As Low As Reasonably Achievable »), présent dans la réglementation française (Code de la Santé Publique, R1333-1) et rappelé dans la directive européenne des normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants[55].

Des techniques d'optimisation existent avec notamment :

- choix du programme anatomique (qui détermine la tension et la filtration du tube RX en mode de graphie)
- adaptation de la géométrie des cellules d'exposition
- retrait de la grille anti diffusante en dessous d'une certaine épaisseur de patient[56]
- utilisation d'une scopie pulsée au lieu d'une scopie continue, avec diminution de la cadence image[57]

Le cliché d'ASP souvent réalisé en début d'examen n'apporte pas d'informations déterminantes dans l'interprétation de l'examen ni pour la prise en charge d'un reflux vésico-urétéral, et donc pourrait être supprimé bien que sa dose effective soit faible[58]

Ces techniques permettent des réductions de dose significatives, ce qui rend son utilisation encore acceptable à l'ère de la cystosonographie[59].

3.2.3 Indications

Ayant évolué au cours du temps et non consensuelles, elles sont multiples. Elles tendent néanmoins à devenir plus sélectives car la significativité d'un reflux de bas grade devient controversée.

Les indications doivent être validées par le radiologue pédiatrique pour justifier de leur caractère approprié.

Parmi celles-ci, on retient :

- infections urinaires fébriles récidivantes
- infection urinaire fébrile associée à une échographie réno-vésicale anormale (à la naissance ou découverte dans les suites d'une infection urinaire)
- diagnostic anténatal d'urétéro-hydronephrose avec une échographie réno-vésicale anormale. Si la dilatation prénatale était minime et qu'il n'y a pas de dilatation des cavités pyélo-calicielles en post-natal, la cystographie n'est pas indiquée[60].
- le dépistage dans la fratrie d'un enfant porteur d'un reflux vésico-urétéral est controversé
- une dysfonction de l'appareil urinaire et/ou intestinal
- une malformation de l'appareil urinaire
- suivi de reflux vésico urétéral
- suspicion d'anomalie urétrale
- bilan pré-opératoire[61] et réévaluation post-opératoire

Une infection urinaire fébrile unique n'est pas une indication. En revanche, une infection urinaire sévère compliquée de sepsis, une bactériurie à un pathogène autre

que E.coli, une dilatation urétérale de plus de 7mm et/ou un épaissement pariétal vésical à plus de 7mm, la recherche d'un reflux vésico-urétéral peut être indiquée[62].

3.2.4 Préparations préalables

La cystographie est un examen invasif qui peut être vécu de manière traumatisante pour l'enfant et les parents[63]. L'irradiation et la nécessité d'un cathétérisme vésical sont une source d'angoisse pour les parents et l'enfant.

La miction volontaire devant un appareil de radiographie en public peut être humiliante chez l'enfant ayant acquis la propreté. Il est nécessaire d'informer les parents avant le geste et d'obtenir leur consentement oral ou écrit[64]. L'attitude rassurante de l'ensemble du personnel soignant est primordiale pour le bon déroulement de l'examen.

Un ECBU stérile préalable est nécessaire pour sa réalisation. En cas de positivité, l'examen est reporté. Dans tous les cas, des signes cliniques d'infection urinaire seront recherchés à l'interrogatoire des parents.

En cas de pyélonéphrite récente, le délai avant possibilité de réaliser l'examen n'est pas consensuel. Certains auteurs considèrent un délai de 4 à 6 semaines afin de diminuer le risque d'infection post cystographie et de réduire le taux de faux positifs consécutifs aux modifications inflammatoires de la jonction pyélo-urétérale au cours d'une infection urinaire. Cependant, la tendance actuelle est plutôt de réaliser l'examen précocement (environ 7 jours après) afin notamment de diminuer la durée d'une antibioprophylaxie[65].

L'antibioprophylaxie n'est pas systématique, elle dépend notamment des antécédents de l'enfant, du nombre d'infections urinaires qu'il a présenté, de l'existence d'une uropathie connue et de la probabilité de l'existence d'un reflux de haut grade.

Chez les enfants non coopérants, une sédation légère peut être utilisée, mais il est préférable qu'un état de vigilance normal soit préservé pour obtenir une miction physiologique.

L'utilisation de MEOPA peut être faite chez les enfants de plus d'un an pour le cathétérisme vésical, avec une équipe entraînée, en veillant au débit, au positionnement du masque et à la coopération de l'enfant. La distraction par le jeu et l'hypnose conversationnelle sont les techniques à privilégier.

Il existe plusieurs produits de contraste iodés utilisés en cystographie. Parmi eux on peut citer le Radioselectan, le Telebrix 12, l'Hexabrix, le Ioméron 150. Dans notre centre, le Iomeron 150 est le produit le plus utilisé.

3.2.5 Déroulement de l'examen

L'examen se déroule dans une salle de radiologie. L'enfant est allongé sur une table de radiographie avec un capteur plan. L'examen débute par une asepsie stricte : première toilette au savon et à l'eau par le manipulateur radio, puis seconde toilette avec un antiseptique local par le radiologue avec des gants stériles. Eventuellement une surblouse peut être portée au-dessus du tablier plombé. Un champ stérile troué est posé.

Chez le garçon, un sondage vésical ou un cathétérisme sus pubien est réalisé, dépendant des habitudes de service. Le cathétérisme sus pubien présente l'avantage

de ne pas risquer de sténose post sondage de l'urètre, mais peut être plus douloureux pour l'enfant[66]. Il n'y a pas dans les recommandations actuelles de technique à préférer. En cas de cathétérisme sus pubien, des urines hématiques peuvent avoir lieu et sont la conséquence d'un petit saignement pariétal vésical, sans gravité. Les complications sont rares :

- hématome au point de ponction
- extravasation de produit de contraste
- infection urinaire
- rétention aigue d'urine

Au CHU de Lille, la ponction sus pubienne est préférée. L'enfant doit avoir la vessie en réplétion : la réplétion vésicale sera étudiée par une échographie préalable. Si elle n'est pas suffisante pour permettre la ponction sus pubienne, un clamp urétral sera posé (pour l'enfant n'ayant pas acquis la propreté) et on attendra le remplissage vésical après avoir donné un biberon ou un verre d'eau à l'enfant.

Une anesthésie locale préalable avec une crème d'EMLA est systématiquement réalisée par les parents avant de se rendre sur le lieu d'examen.

Chez la fille, un sondage vésical est réalisé avec une sonde de 5F-8F ou plus large chez l'adolescente. L'urètre de la fille présente l'avantage d'être court et droit ce qui rend le risque de sténose urétrale post sondage exceptionnel.

La présence d'un parent pendant l'examen n'est pas nécessaire bien que possible, sauf pour les femmes enceintes. Les parents porteront un tablier plombé.

Après cathétérisme vésical, le cathéter est fixé à la cuisse de l'enfant avec un sparadrap (Steristrip™) pour éviter son retrait accidentel.

Un cliché d'ASP est systématiquement réalisé.

Le cathéter est branché avec une bouteille de produit de contraste iodé, qui sera placée à 1m de hauteur pour permettre un remplissage vésical physiologique. Le produit de contraste pourra être réchauffé à température corporelle. Le remplissage se fera jusqu'à la capacité vésicale maximale théorique qui peut se calculer avec les formules suivantes :

- chez le nourrisson : $(\text{kg} \times 7)$ mL
- chez l'enfant : $(\text{âge} + 2) \times 30$ mL, où l'âge est exprimé en années

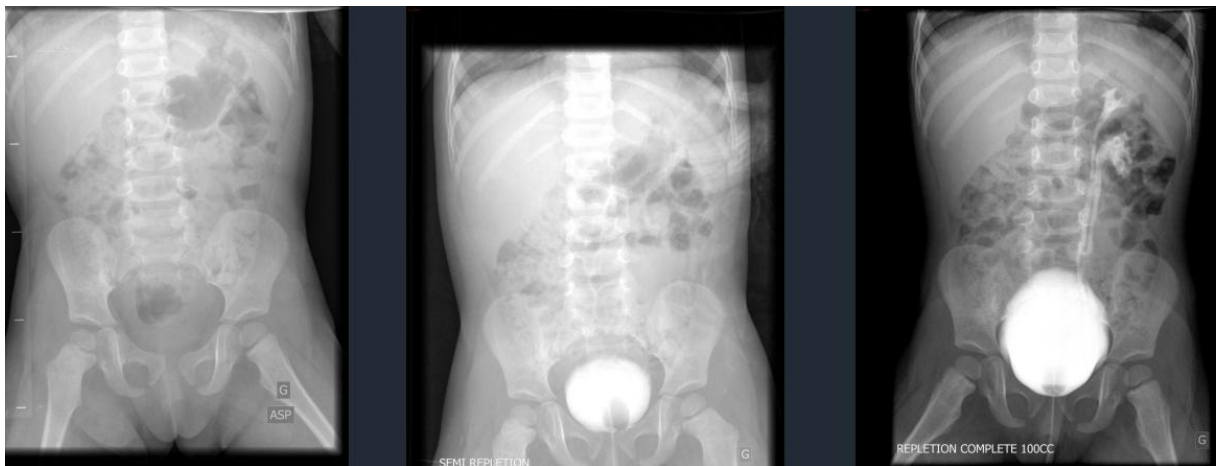


Figure 13. Remplissage vésical chez un enfant de 1 an et 1 mois. Images du service.

Les images sont réalisées en scopie pulsée en limitant la cadence image, en adaptant la collimation afin de respecter le principe d'ALARA. La grille anti-diffusante est retirée chez les nourrissons et la distance entre le tube de rayons X et l'enfant maximisée.

En raison de son caractère irradiant, la cystographie se doit d'être réussie et complète. Le protocole doit être standardisé pour permettre une interprétation optimale.

Les clichés suivants seront réalisés[67] :

- de face en phase de remplissage
- de face en remplissage complet
- de $\frac{3}{4}$ oblique de chaque côté pour dégager les jonctions urétéro-vésicales
- de face sur les cavités rénales et les urétères avec ou sans reflux
- en phase mictionnelle : de profil sur l'urètre chez les garçons, de face sur l'urètre chez la fille
- de face en fin de miction

L'attente de la miction peut parfois être longue, aussi bien chez les nourrissons que chez les adolescents gênés. C'est généralement la phase la plus longue de l'examen. On s'aidera d'une diminution de la luminosité de la salle, d'une attitude calme et patiente du personnel, d'un son d'écoulement d'eau, de verser doucement de l'eau froide sur le périnée chez les nourrissons. Parfois, le retrait de la sonde urinaire peut permettre la miction mais oblige à devoir resonder si la miction n'est toujours pas obtenue.

Le cliché de profil urétral chez les garçons est indispensable mais souvent oublié, avec une description faite dans 75% des comptes rendus selon une étude rétrospective américaine de 2016[68].

La réalisation de plusieurs remplissages n'est pas systématiquement réalisée, elle dépend des habitudes des praticiens. Elle est relativement peu pratiquée en routine[68]. Elle peut permettre la sensibilisation de la recherche d'un reflux, notamment lorsque le reflux est intermittent. La réalisation d'une étude cyclique permettrait de trouver jusqu'à 20% de reflux supplémentaires[69],[70], au prix d'une irradiation supplémentaire, ces reflux étant souvent de faible grade et intermittents et

ne conduisant pas à un changement thérapeutique. La mise en procubitus n'augmenterait par la sensibilité de l'examen[70].

Un protocole standardisé est proposé par l'American Academy of Pediatrics[71].

CONDUITE A TENIR POUR UNE URETRO-CYSTOGRAPHIE PER-MICTIONNELLE :
<p>1. Sédation et immobilisation :</p> <ul style="list-style-type: none">• Encourager la présence d'un parent• L'usage d'une sédation est possible si toutes les alternatives moins invasives ont été essayées. La sédation ne doit pas interférer avec la capacité d'uriner spontanément. Son usage doit être notifié dans le compte rendu.
<p>2. Préparation du patient :</p> <ul style="list-style-type: none">• Si l'enfant est propre : lui permettre d'uriner dans des toilettes avant l'examen.• Si l'enfant n'est pas propre et après miction pour les enfants propre : réaliser un sondage urinaire à l'aide d'une sonde pédiatrique adaptée (3,5-8 French, sans ballonnet) selon une procédure stérile.
<p>3. Imagerie initiale : réalisation d'un ASP permettant l'analyse des structures osseuses (notamment symphyse et rachis) et la recherche de toute autre anomalie, ainsi qu'une éventuelle constipation.</p>
<p>4. Remplissage rétrograde de la vessie : introduire un produit de contraste radiologique à température corporelle par voie rétrograde. On notera : sa forme et ses contours, sa capacité maximale en mL, l'apparence du col vésical</p>
<p>5. Imagerie pendant le remplissage : réaliser plusieurs clichés ciblés de face stricte et obliques bilatéraux</p>
<p>6. Remplissage jusqu'à la miction ou jusqu'à la capacité vésicale maximale théorique :</p> <ul style="list-style-type: none">• Chez le nourrisson : $(\text{kg} \times 7)$ en mL• Entre 2 et 14 ans : $(\text{âge} + 2) \times 30$ en mL• Après 14 ans : 500 mL
<p>7. Si présence d'un reflux :</p> <ul style="list-style-type: none">• Préciser s'il survient pendant le remplissage ou pendant la miction• Le grader selon la classification internationale• Noter l'anatomie des uretères : normaux ou ectopiques, présence d'un système double, etc.
<p>8. Imagerie lors de la miction : Réaliser des clichés de l'urètre pendant la miction. Préciser son aspect, l'existence d'une dilatation, de sténose, de valves.</p>
<p>9. Remplissage cyclique : Recommencer le remplissage de la vessie jusqu'à l'obtention d'une nouvelle miction.</p>
<p>10. Imagerie finale : Réaliser des clichés post-mictionnels des reins et de la vessie.</p>

Figure 14. Conduite à tenir pour une urétrocystographie per-mictionnelle, inspirée de l'American Academy of Pediatrics[71].



Figure 15. Reflux vésico-urétéral bilatéral de grade IV. Image du service.

3.2.6 Effets indésirables

Ils sont rares. Ils peuvent être liés au produit de contraste iodé ou au cathétérisme vésical.

Complications liées au cathétérisme vésical :

- infection urinaire post-cystographie : taux variable dans la littérature, de l'ordre de 5%[72], plus fréquentes en cas de reflux de haut grade associé.
- hématurie transitoire : relativement fréquente et sans gravité[73,74]
- sténose urétrale : en cas de sondage urétral chez le garçon, très rare
- en cas de cathétérisme sus pubien : hématome, complication très rare[75].

Complications liées au produit de contraste iodé :

- manifestations allergiques : rares et le plus souvent sans conséquence (urticaire)
- autres : très rares, hypothyroïdie[76].

3.3 Cystosonographie

3.3.1 Présentation

Utilisant les ultrasons et les produits de contraste ultrasonores, cette technique est utilisée depuis 1994. Les agents de contrastes ultrasonores ont été largement disponibles en Europe mais n'ont été approuvés pour leur utilisation dans l'étude des voies urinaires dans la population pédiatrique qu'en décembre 2016 par la FDA et en juin 2017 par l'EMA. Le Sonovue, (agent de contraste de seconde génération), commercialisé en France depuis 2001 a reçu une extension de son AMM en 2018 pour l'utilisation dans la recherche de reflux vésico-urétéral[77].

Bien que de nombreuses études aient démontré ses performances dans le diagnostic du reflux, la plupart des recommandations n'incluent que la CRM dans le diagnostic du reflux. Cette technique est donc encore peu utilisée. Ceci devrait être amené à changer avec notamment les révisions des recommandations de L'ESPR (European Society of Peadiatric Radiology) de 2022 qui incluent désormais la cystosonographie comme alternative à la cystographie rétrograde et mictionnelle et encouragent son utilisation dès que possible.[78]

La cystosonographie est une alternative fiable à la cystographie. Elle fournit des images de haute qualité et aide au diagnostic des pathologies urinaires pédiatriques sans exposer aux radiations X. Elle permet une analyse morphologique des reins et de l'arbre urinaire simultanément à la recherche de RVU.

3.3.2 Préparations préalables

La cystosonographie nécessite un appareil d'échographie haut de gamme doté d'un logiciel adapté pour l'utilisation de produit de contraste ultrasonore.

L'appareil doit permettre de travailler avec un faible index mécanique (<0.1) afin de ne pas léser prématurément les microbulles du produit de contraste[79]. La possibilité de visualiser en mode double écran le mode B et le mode produit de contraste permet d'optimiser la corrélation anatomique et l'orientation ainsi que d'augmenter la détection du produit de contraste notamment pour la recherche de reflux. La focale doit être réglée immédiatement postérieure aux reins, aux uretères et à la vessie.

Le choix de la sonde dépend de la taille et de l'âge de l'enfant. Pour les nouveaux nés et les nourrissons, on privilégiera l'utilisation de sondes à haute fréquence dans la plage de fréquences 7 à 14 MHz (sondes linéaires), et pour les enfants plus âgés, des sondes à basses fréquences entre 4 et 9 MHz peuvent être utilisées (sondes convexes).

La réalisation d'une cystosonographie nécessite la présence de deux opérateurs minimum : un radiologue et un assistant technique pour l'injection du produit de contraste qui peut être un manipulateur radio ou un infirmier. Habituellement, la présence d'une troisième personne est préférable pour maintenir l'enfant.

Le produit de contraste utilisé est le Sonovue. La dose utilisée est de 1mL diluée dans 500mL de SSI.[80]

Comme pour la cystographie, l'antibioprophylaxie n'est pas systématique et dépend des antécédents de l'enfant et du contexte. La recherche de signe d'infection urinaire est systématique (interrogatoire des parents à la recherche d'une hyperthermie). Un ECBU préalable est le plus souvent réalisé. L'examen est reporté s'il existe des signes d'infection ou si l'ECBU est positif.

3.3.3 Déroulement

Le patient est installé en décubitus dorsal. L'examen ne nécessite pas de sédation. Les parents peuvent être présents durant la totalité de la procédure. Ils doivent avoir donné leur consentement oral ou écrit.

L'examen débute par un cathétérisme vésical, soit par sondage vésical (sonde 4-8 Fr) chez la fille et le garçon, soit par cathétérisme sus pubien chez le garçon en utilisant les techniques usuelles d'antalgie (MEOPA, patch d'EMLA, serum glucosé) et la distraction. La vessie est vidée et l'urine est recueillie pour réaliser une bandelette urinaire.

La vessie est progressivement remplie par le mélange de 1mL de Sonovue contenu dans 500mL de SSI, jusqu'à environ la moitié de la capacité vésicale. La capacité vésicale théorique peut être calculée à l'aide de la formule suivante : $(\text{âge} + 2) \times 30$ mL, où l'âge est exprimé en années[81]. La poche de SSI est surélevée à 1m de hauteur afin d'utiliser la force de gravité pour remplir la vessie. Une autre technique peut être d'utiliser un tensiomètre pour appliquer une pression d'environ 70mm Hg (équivalente à une pression de 100cm d'eau)[82].

L'examineur étudie de façon concomitante la vessie, les uretères s'ils sont visibles et les deux reins à la recherche d'un reflux et une dilatation. Des coupes transverses et longitudinales des deux reins sont successivement réalisées. Un éventuel reflux sera gradé selon la classification internationale du RVU.

Lorsque la miction débute (de manière spontanée ou à la demande de l'examineur lorsque la vessie arrive à sa capacité maximale théorique), l'enfant peut uriner autour de la sonde car celle-ci ne dépasse pas le tiers du diamètre de l'urètre. L'urètre est

alors étudié par voie sus pubienne. Chez le garçon, une étude complémentaire de l'urètre par voie périnéale inter-scrotale peut être réalisée.

Après le dernier remplissage, la sonde vésicale est retirée et une étude urétrale sans la sonde est réalisée. Un éventuel résidu post mictionnel sera mesuré.

L'examen complet dure environ 15 à 30 min. Les boucles vidéo et les clichés seront enregistrés sur le PACS et les clichés imprimés.

L'étude échographique doit comprendre la mesure de la capacité vésicale, la description de sa paroi, ainsi que la description des uretères et des cavités pyélo-calicielles.

Le déroulement d'un examen par cystosonographie peut être résumé selon le schéma suivant :

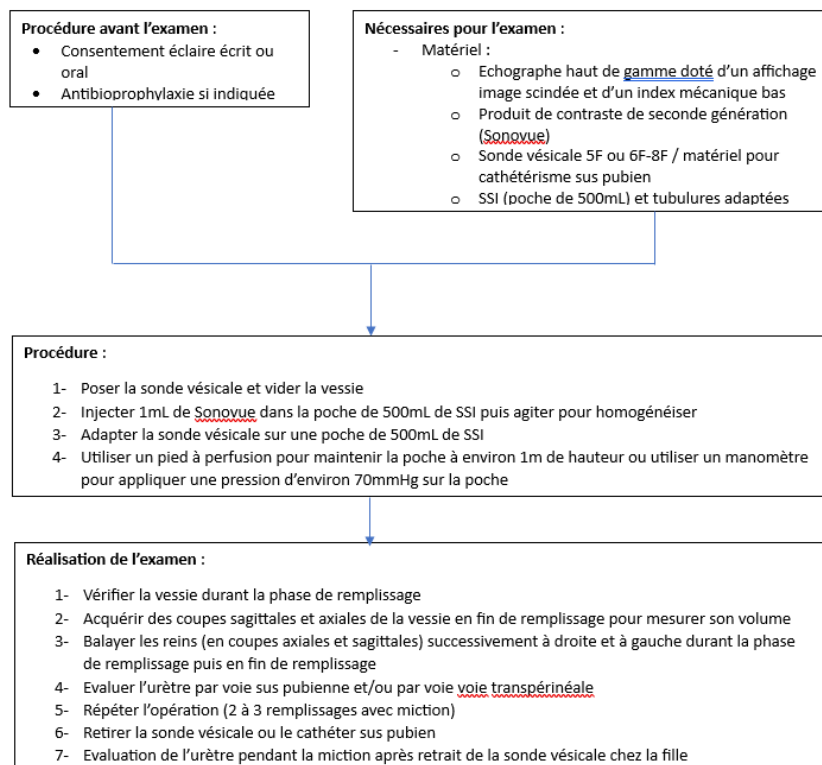


Figure 16. Schéma récapitulatif du déroulement d'une cystosonographie, inspiré de Contrast-enhanced Voiding Urosonography for Vesicoureteral Reflux Diagnosis in Children[82]

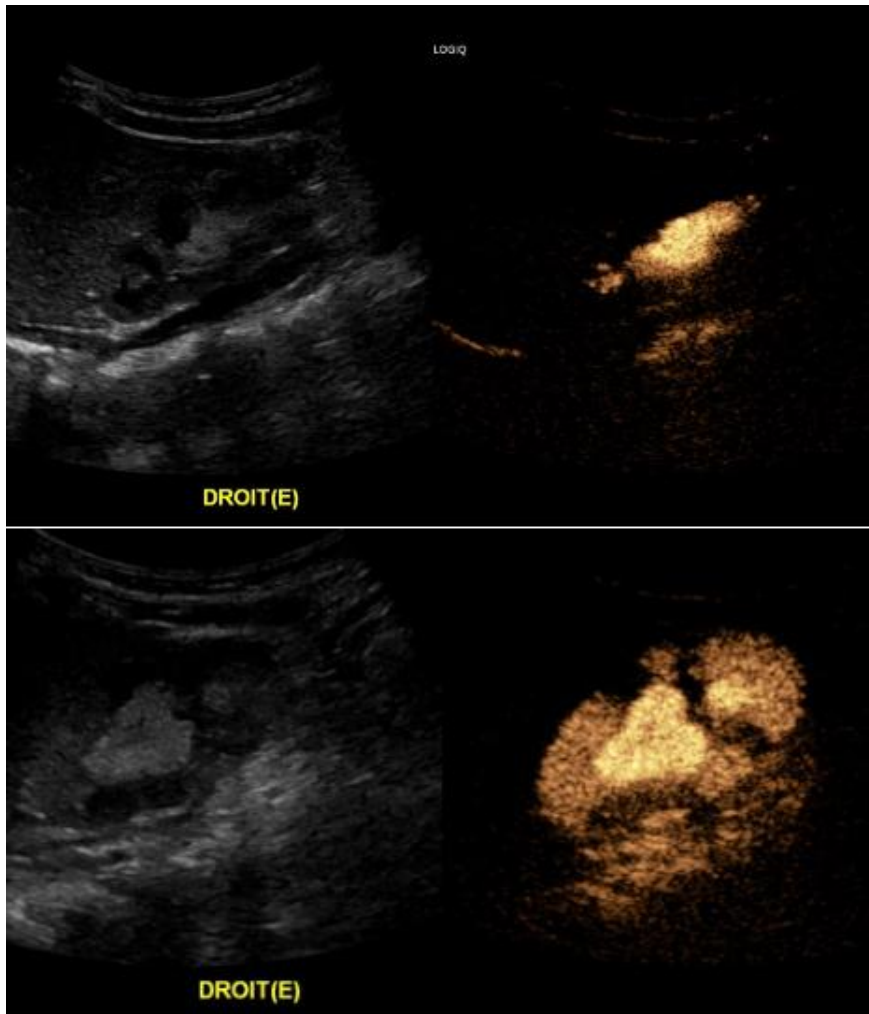


Figure 17. Reflux de grade IV (image du haut) puis de grade V (image du bas) avec reflux intra-rénal.

3.3.4 Effets indésirables

Comme lors de la réalisation d'une cystographie, une gêne ou un inconfort urinaire peuvent assez fréquemment être ressentis en raison de l'irritation transitoire de l'urètre provoquée par le passage de la sonde. Une légère hématurie peut également survenir, sans gravité et transitoire dans la majorité des cas.

Les complications infectieuses sont très rares, avec une incidence qui n'a pas été étudiée à l'heure actuelle mais probablement de l'ordre de celle de la cystographie. Elles sont prévenues notamment par la nécessité d'obtenir un ECBU stérile avant l'examen et par l'utilisation d'une antibioprophylaxie si indiquée.

De même, les complications allergiques sont exceptionnelles, de l'ordre de 1/10 000, Il est néanmoins recommandé qu'un médecin surveille étroitement tous les patients pendant et au moins 30 minutes après l'utilisation de SonoVue®, afin de contrôler la survenue de réactions graves. L'injection intra vésicale du Sonovue comme utilisée lors d'une cystosonographie présente beaucoup moins de risque d'allergie ou de réactions graves comparativement à une injection intraveineuse. La tolérance du SonoVue après administration intravésicale est excellente, basée sur une revue de la littérature chez plus de 6 000 enfants âgés de 2 jours à 18 ans, avec aucun effet indésirable signalé dans ce contexte[80].

Les parents doivent être informés de la nécessité de surveiller l'apparition de fièvre, brûlure urinaire persistante ou dysfonction urinaire après l'examen et le cas échéant de les rapporter au médecin.

En cas de facteurs de risque particuliers (immunodépression, uropathie connue), une adaptation des mesures d'asepsie et une surveillance accrue peuvent être conseillées.

3.4 Scintigraphie

3.4.1 Présentation

La scintigraphie rénale au DMSA (acide dimercaptosuccinique marqué) est reconnue comme un examen fondamental dans la prise en charge du reflux vésico-urétéral (RVU) chez l'enfant, notamment pour l'évaluation de l'atteinte rénale plutôt que pour la détection du reflux lui-même.

Cet examen se déroule en 2 temps :

- Dans un premier temps, une injection intra-veineuse d'un produit faiblement radioactif (le ^{99m}Tc -DMSA) sera effectuée au pli du coude.
- Dès l'injection effectuée, il faut patienter pendant un délai de 3 à 6 heures pour que le radiotracer se fixe dans le parenchyme rénal. En cas d'hydronéphrose, la réalisation de clichés tardifs parfois jusqu'à 24h peut s'avérer nécessaire. La réalisation des clichés se fait avec une gamma caméra par la décroissance du ^{99m}Tc en Tc et dure environ 20 minutes. Les images sont prises principalement en incidence postérieure (dorsale) et parfois en incidences complémentaires selon les protocoles.

La scintigraphie DMSA permet d'identifier les lésions rénales cicatricielles secondaires à des infections urinaires récidivantes associées au RVU. Elle détecte des zones de déficit de fixation du traceur isotopique, témoignant de dommages tissulaires irréversibles ou d'atteintes congénitales telles que les dysplasies rénales. Ces lésions ne sont pas ou peu discernables sur l'échographie rénale classique, ce qui confère à la scintigraphie un rôle clé dans la stratification du risque. Il a été retrouvé une corrélation entre le grade du reflux et l'existence de défauts sur la scintigraphie DMSA[83].

Différents consensus, dont ceux de la Société Européenne de Médecine Nucléaire en Pédiatrie (ESPN), recommandent la scintigraphie DMSA dans le bilan initial chez les enfants ayant des infections urinaires fébriles et suspicion de RVU modéré à sévère (grade III ou plus), mais aussi pour le suivi des lésions et la surveillance à long terme. En outre, la scintigraphie DMSA aide à différencier les infections urinaires simples basses d'une pyélonéphrite (dont le diagnostic n'est pas toujours aisé en population pédiatrique) associée à un risque de cicatrices, et facilite de ce fait la décision d'entreprendre un bilan urologique plus poussé.

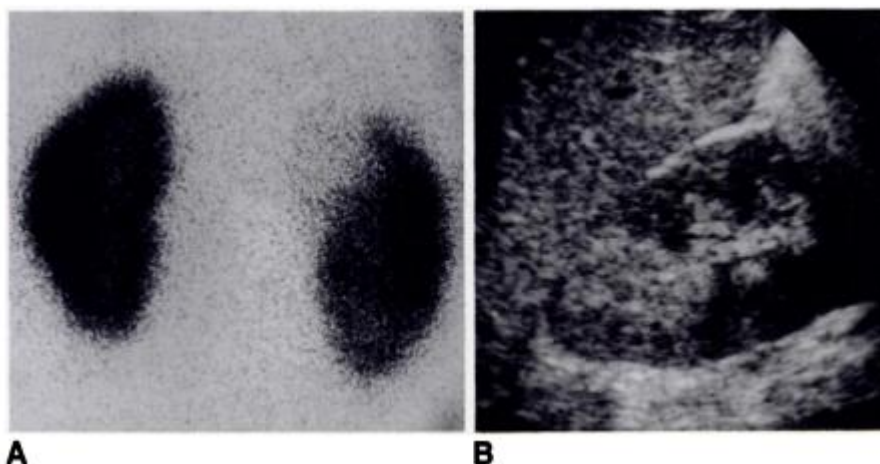


Figure 18. Pyélonéphrite aiguë droite[84]

Image A : Vue postérieure d'une scintigraphie ^{99m}Tc-DMSA, montrant un défaut de fixation du traceur au pôle supérieur du rein droit en rapport avec une pyélonéphrite aiguë.

Image B : Coupe longitudinale d'une échographie en mode B montrant une plage triangulaire hyperéchogène correspondant à un foyer de néphrite retrouvé sur la scintigraphie ^{99m} Tc-DMSA.

La scintigraphie ne détecte pas directement le reflux vésico-urétéral, pour lequel la cystographie mictionnelle rétrograde reste la technique de référence. La méthode est non invasive, mais expose l'enfant à une faible dose de rayonnement ionisant, ce qui justifie une indication mesurée selon les recommandations internationales.

La scintigraphie permet d'étudier la fonction différentielle relative des deux reins. Une fonction rénale normale est comprise en 45% et 55%, tandis qu'elle sera légèrement réduite entre 40 et 44 % et nettement altérée entre 10 et 39 %. Un rein non fonctionnel correspond à une fonction rénale différentielle inférieure à 10 %.[85],[86].

La scintigraphie DMSA possède également un intérêt dans le suivi des enfants porteurs d'un reflux vésico urétéral : elle est utilisée pour surveiller la progression ou la stabilisation des cicatrices rénales évaluant ainsi l'efficacité des traitements en place.

3.4.2 Indications

- Diagnostic d'une pyélonéphrite aiguë
- Recherche de cicatrice rénale au moins 6 mois après une pyélonéphrite[50]
- Recherche de rein ectopique
- Confirmation du caractère non fonctionnel d'un rein (par exemple rein dysplasique multi kystique)
- Caractérisation ou recherche d'une malformation rénale : dysplasie, duplication, etc.

3.5 Comparaison entre cystosonographie et cystographie

Les atouts et les limites de ces deux examens peuvent être résumés selon le tableau suivant.

Critère	Cystosonographie	Cystographie
Absence d'effets secondaires	+++	+++
Coûts	++	++
Invasivité	+	-
Exposition aux radiations	+++	-
Durée de l'examen	++	++
Courbe d'apprentissage	++	++
Identification du RVU	++	++
Cotation du RVU	+++	+++
Vues panoramiques	-	+++
Urètre	+	+++
Paroi vésicale	++	++

Figure 19. Forces et faiblesses de la cystosonographie et de la cystographie.

La non infériorité des performances diagnostiques de la cystosonographie a été largement étudiée. Dans une étude prospective de 2016 réalisée chez 83 enfants ayant bénéficié d'une cystographie et d'une cystosonographie le même jour, Piskunowicz et al[87] retrouvaient une corrélation très proche (coefficient kappa de 0.83) entre les deux examens, avec une sensibilité et une spécificité respectivement à 88% et 97%.

La concordance de grade entre les deux examens est également proche. Darge K et al. retrouvaient une concordance de 67% [88].

3.5.1 Avantages de la cystosonographie

Plusieurs études retrouvent une plus grande sensibilité en cystosonographie[89,90]. Ceci est dû à sa capacité à identifier même quelques microbulles à l'intérieur du système pyelocaliciel, tandis qu'une quantité plus importante de produit de contraste est nécessaire pour permettre la détection par la cystographie. De même, alors que la cystographie ne fournit que des images instantanées, la cystosonographie permet une étude continue et donc la détection d'un reflux fugace.

Non irradiant, cet examen peut être prolongé et réalisé de façon multicyclique permettant de détecter des reflux intermittents.

La cystosonographie présente également l'avantage d'une meilleure sensibilité dans la détection du reflux intra rénal[91]. Celui-ci se définit par le passage des urines et donc du produit de contraste (iodé ou du Sonovue) dans les espaces tubulo interstitiels au cours du reflux. Le reflux intra rénal favorise largement les atteintes rénales du reflux que sont les pyélonéphrites puis les cicatrices et la dégradation de la fonction rénale. Dans une étude de 2010, Kim et al. retrouvaient que 76 % des reflux intra rénaux étaient associés à des défauts de fixation en scintigraphie DMSA, avec une forte tendance à la formation de cicatrices dans 65 % des cas[92]. Les sites de modifications du parenchyme rénal (pole supérieur, moyen, inférieur) étaient également bien corrélés aux sites de reflux intra rénal visibles en cystosonographie. Bien qu'il soit plus fréquent dans les reflux de haut grade, le reflux intra rénal peut également être présent dans des reflux de bas grade, sans urétérohydronéphrose. Ceci suggère l'importance de la recherche et de la description du reflux intra rénal et d'une mise à jour de la classification du reflux en cystosonographie en prenant en compte l'existence d'un reflux intra rénal afin de pouvoir optimiser la prise en charge de ces patients.

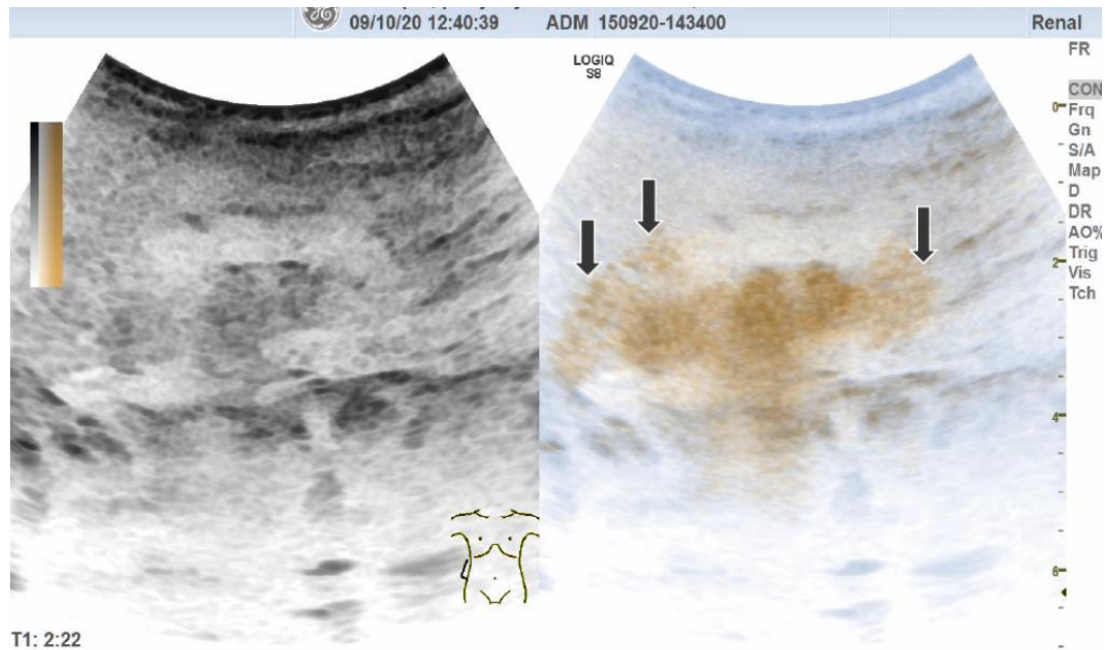


Figure 20. Reflux intra rénal en cystosonographie[91]. Image de gauche : rein droit en échographie en mode B. Image de droite : microbulles de produit de contraste ultrasonore visibles dans des cavités modérément dilatées, avec des fonds de calices convexes. Aux pôles supérieur et inférieur, présence de microbulles dans le parenchyme rénal. Le diagnostic est celui d'un reflux de grade III avec reflux intra rénal.

3.5.2 Limites de la cystosonographie

L'évaluation de la région rétro-vésicale en l'absence de dilatation de l'uretère distal peut être difficile et peut conduire à des faux négatifs notamment dans des reflux de grade I.

Par le passé, une des principales limites à l'utilisation de cette technique était le coût élevé de l'examen, lié aux prix des agents de contraste de première génération. Avec l'arrivée des agents de seconde génération tels que SonoVue®, cette limite a été surmontée.

Une autre limite historique était l'étude de l'urètre, cependant ce problème a également été résolu. En effet, plusieurs rapports ont démontré les performances de cette technique dans la détection des valves de l'urètre postérieur et pour l'évaluation de l'urètre féminin. En 2012, la Société européenne de radiologie urogénitale (ESUR) et la Société européenne de radiologie pédiatrique (ESPR) ont recommandé la cystosonographie dans leurs directives pour l'étude des anomalies de l'urètre. L'approche trans-périnéale avec une sonde linéaire haute fréquence permet la visualisation simultanée de la vessie, du col vésical et de l'urètre et pourrait être pratiquée en routine lors de l'examen.

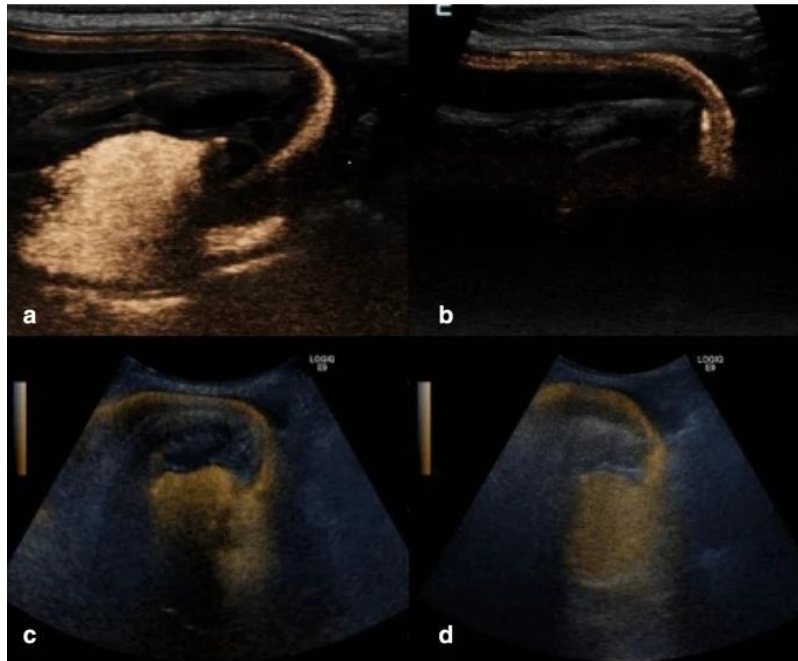


Figure 21. Coupes transpérinéales montrant un urètre masculin normal, avec une sonde linéaire haute fréquence en phase de remplissage (a), en phase mictionnelle (b) et avec une sonde convexe basse fréquence en phase de remplissage (c) et en phase mictionnelle (d)[78]

Les écueils retrouvés en routine en pratique clinique sont le manque de coopération des enfants et les artéfacts liés aux gaz digestifs. Une phase d'apprentissage de la technique est nécessaire mais la courbe d'apprentissage est bonne[93].

Des études multicycliques avec vidange complète de la vessie et remplissage du contraste sont également recommandés dans des conditions d'examen complexes.

La détection et la caractérisation précise des anomalies de la forme et des contours de la vessie, représentatives d'un dysfonctionnement vésical, ainsi que la description de l'insertion d'un uretère ectopique, constituent les principaux avantages de la cystographie par rapport à la cystosonographie. Toutefois, l'échographie vésicale permet une meilleure appréciation de l'épaisseur de la paroi vésicale.

4. Objectif

Le reflux vésico-urétéral est l'une des uropathies pédiatriques les plus fréquentes, dont la fréquence, difficilement étudiable et probablement sous-estimée est d'environ 1%. Ses conséquences impliquent à court terme des infections urinaires à répétition pouvant être à l'origine de cicatrices rénales avec à long terme l'évolution vers une néphropathie de reflux et d'une insuffisance rénale chronique. Le reflux vésico urétéral est à l'origine de 5% des greffes rénales en population pédiatrique. Sa prise en charge doit donc être la plus précoce possible afin d'en éviter les conséquences.

Son diagnostic repose sur la cystographie rétrograde et mictionnelle, gold standard à l'heure actuelle. Ses indications sont essentiellement la survenue de plusieurs infections urinaires fébriles ou la survenue d'une infection urinaire fébrile associée à une échographie réno-vésicale anormale.

La cystosonographie est une alternative dont les performances diagnostiques ont largement été démontrées et qui présente l'avantage de ne pas exposer aux rayons X. De plus, sa sensibilité dans la détection d'un reflux intra rénal pourrait être supérieure. Néanmoins la cystosonographie reste très peu pratiquée.

Ces examens sont des actes invasifs, nécessitant un cathétérisme vésical ou urétéral entraînant un risque d'infections urinaires. Il n'y a à notre connaissance par de données dans la littérature ayant étudié le risque d'infections urinaires après cystosonographie.

Nous avons étudié les viscosités respectives d'un produit de contraste iodé fréquemment utilisé en cystographie et celle du Sonovue en émettant l'hypothèse que la différence de viscosité entre le produit de contraste iodé utilisé en cystographie et l'agent de contraste ultrasonore de seconde génération (Sonovue) employé en cystosonographie pourrait influencer l'incidence des infections urinaires après ces examens. Une viscosité plus élevée du produit de contraste favoriserait une stase intraluminale en cas de reflux vésico-urétéral, créant ainsi un environnement propice au développement bactérien et augmentant potentiellement le risque d'infection.

L'objectif de notre étude était de comparer le risque d'infections urinaires après cystographie et après cystosonographie en soutenant nos résultats par une étude de la viscosité des produits de contraste utilisés.

Matériel et méthodes

1. Evaluation du risque d'infections urinaires

1.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude observationnelle descriptive et analytique rétrospective réalisée dans notre service d'Imagerie Pédiatrique de l'hôpital Jeanne de Flandre au CHU de Lille, menée entre septembre 2023 et juillet 2025.

1.2 Population étudiée

53 enfants ayant bénéficié d'une cystosonographie et 70 enfants ayant bénéficié d'une cystographie entre le 26 janvier 2021 et le 18 octobre 2024 dans notre service ont été inclus. Ces enfants ont été sélectionnés de manière aléatoire parmi l'ensemble des enfants ayant bénéficié de l'une de ces procédures entre le 14 mars 2022 et le 25 octobre 2024 pour la recherche d'un RVU.

La constitution des deux groupes a été contrainte par le nombre restreint de cystosonographies disponibles dans notre centre sur la période considérée.

L'ensemble de ces 123 enfants était adressé au service d'image pédiatrique de l'hôpital Jeanne de Flandre par des néphrologues ou chirurgiens pédiatriques du même hôpital pour la recherche d'un reflux vésico-urétéral. Les indications de ces examens étaient des infections urinaires à répétition, la survenue d'une infection urinaire avec échographie réno-vésicale anormale, la découverte anténatale ou post-natale d'une utéro-hydronephrose ou encore le bilan d'une uropathie malformative.

Ces enfants possédaient un dossier médical complet disponible sur Sillage[®], comportant notamment les résultats des ECBU préalables, des échographies réno-vésicales antérieures, ainsi que les courriers de consultation de suivi néphrologiques ou chirurgicaux. Les clichés radiographiques et échographiques étaient disponibles sur le PACS Philips IntelliSpace[®] du CHU de Lille.

Les enfants dont le diagnostic et le suivi du reflux vésico-urétéral n'étaient pas assurés exclusivement par un néphrologue ou un chirurgien pédiatrique exerçant au CHU de Lille ou dont les dossiers médicaux ou d'imagerie étaient incomplets étaient exclus afin d'éviter les pertes de données.

La gradation du reflux vésico-urétéral selon la gradation internationale du reflux vésico-urétéral[18] était réalisée par le radiopédiatre au cours de l'examen pour la cystosonographie et après relecture des clichés radiographiques par un radiopédiatre pour la cystographie. En cas de discordance avec le compte rendu de l'examen, l'enfant était exclu de l'étude.

Ces patients ont tous bénéficié d'une information orale et d'un formulaire écrit mentionnant les risques de complications infectieuses et sauf exception la nécessité d'un ECBU stérile préalable. En cas de fièvre le jour de l'examen, ou d'infection urinaire récente datant de moins de 7 jours, l'examen était annulé et reprogrammé. Dans certains cas, les ECBU n'étaient pas stériles et montraient une bactériurie polymorphe sans leucocyturie, en lien avec une probable contamination lors du prélèvement. L'examen était alors réalisé mais une prescription d'un ECBU complémentaire à réaliser après le geste était remise aux responsables légaux, et les résultats adressés au néphrologue pédiatrique d'astreinte.

Une information orale était donnée à chaque patient et à ses accompagnants en fin d'examen par rapport au risque d'infection post-procédure, les invitant à se rendre aux urgences ou à contacter le médecin prescripteur en cas de fièvre apparaissant dans les jours suivant le geste.

1.3 Recueil des résultats

La recherche de diagnostics d'infections urinaires iatrogènes a été réalisée de manière rétrospective en reprenant les dossiers médicaux des patients disponibles sur Sillage®, à la recherche d'un compte rendu de passage aux urgences ou à la relecture des courriers de consultation de suivi par le néphrologue ou le chirurgien pédiatrique. Le diagnostic d'une infection urinaire iatrogène était défini par l'existence d'une hyperthermie associée à une BU ou un ECBU positifs survenant dans les 14 jours après la procédure.

Parmi les variables recueillies nécessaires à l'étude : les variables qualitatives ont été décrites en termes de fréquences et de pourcentages et les variables quantitatives ont été décrites par la moyenne et l'écart type ou par la médiane et l'intervalle interquartile en cas de distribution non Gaussienne.

1.4 Tests statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées avec l'appui de l'Unité de Biostatistique du CHU de Lille. Les proportions ont été comparées par test du χ^2 ou, si nécessaire, par test exact de Fisher. Les distributions ordonnées (grades de RVU) ont été analysées par test de tendance, et l'âge, non normalement distribué, par test de Wilcoxon. La significativité était fixée à $p < 0,05$.

2. Mesure de la viscosité des produits de contraste

Nous avons étudié la viscosité de deux produits de contraste: un produit de contraste iodé le plus fréquemment utilisé dans notre service d'imagerie pédiatrique pour les cystographies (le Ioméron 150) et le produit de contraste ultrasonore de seconde génération (SonoVue) utilisé pour les cystosonographies. Ceci a été conduit en partenariat avec Lille Chimie Etude, Centrale Lille, à la Cité Scientifique à Villeneuve d'Ascq.

La viscosité se définit par la mesure de la résistance d'un fluide à l'écoulement (en Pa·s ou mPa·s).

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'un rhéomètre MCR 302e de chez Anton Paar, après préparation des deux produits de contraste, stabilisés à une température physiologique de 37°C (la viscosité étant dépendante de la température). Ces mesures ont été réalisées sur 100 points pour des vitesses de cisaillement allant de 1 à 100s⁻¹.

Les valeurs sont ensuite collectées puis un graphique est tracé permettant de suivre la viscosité en fonction du gradient de cisaillement. Une régression linéaire est alors réalisée sur la zone où la viscosité est stable. L'analyse étant effectuée plusieurs fois, la viscosité finale est obtenue en faisant la moyenne des valeurs obtenues puis l'incertitude est déterminée statistiquement comme une incertitude de type A.

Résultats

1. Etude descriptive

1.1 Description globale de la population

123 patients ont été inclus, 70 (57%) ayant bénéficié d'une cystographie et 53 (43%) d'une cystosonographie. 82.1% des patients étaient des filles.

L'âge des enfants était compris entre 0 et 154 mois avec un âge moyen de 22.6 mois.

L'ensemble de ces enfants avait bénéficié d'une échographie réno-vésicale au préalable. Dans 70% des cas celle-ci était anormale. Les anomalies constatées en échographie étaient très variables, incluant une dilatation des cavités pyélo calicielles, des malformations rénales ou urétérales (duplication rénale, mégauretère), des fonctions de néphrite, ou des anomalies de taille du rein (néphromégalie, atrophie focale ou totale).

Une dilatation des cavités pyélo-calicielles était retrouvée dans 49.6% des cas.

Chaque enfant avait bénéficié d'un ECBU avant la réalisation de l'une ou l'autre technique, celui-ci était stérile dans 59.5% des cas. Dans les autres cas, il s'agissait d'une flore microbienne polymorphe sans leucocyturie traduisant le plus souvent une contamination du prélèvement. Si l'ECBU était positif (bactériurie $\geq 10^5$ UFC/mL et/ou leucocyturie $\geq 10^4$ leucocytes/mL), l'examen n'était pas réalisé.

La plupart des enfants (74.8%) bénéficiait d'une antibioprophylaxie avant l'examen, soit en prévision de l'examen, soit prescrite au long cours. Les antibiotiques utilisés étaient en grande majorité le Bactrim (64%), puis l'Alfatil (32%) et l'Oroken (4%).

Un reflux vésico-urétéral était retrouvé chez 65 enfants (52.8%), réparti dans 24.6% des cas à droite, 27.7% des cas à gauche et de façon bilatérale dans 47.7% des cas. Ces reflux étaient majoritairement de haut grade (grade 5 dans 33.8% des cas).

L'ensemble de ces données est repris dans le *Tableau 1*.

Variable			Descriptif
	<i>Unité</i>	<i>Modalité</i>	
Sexe	N(%)	Fille Garçon	101 (82.1%) 22 (17.9%)
Age	Mois	Moyenne ± Ecart type Médiane (Q1 ; Q3) Minimum / Maximum	22.6 ±33.8 6.0 (2.0 ; 35) 0 / 154
Echographie réno-vésicale	N(%)	Normale Anormale	37 (30.1%) 86 (69.9%)
Dilatation des cavités pyélocalicielles	N(%)	Oui Non	61 (49.6%) 62 (50.4%)
ECBU	N(%)	Stérile Non stérile	
Antibioprophylaxie	N(%)	Absence Présence	31 (25.2%) 92 (74.8%)
RVU	N(%)	Oui Non	65 (52.8%) 58 (47.2%)

Grade du reflux maximal	N(%)	1	5 (7.7%)
		2	7 (10.8%)
		3	21 (32.3%)
		4	10 (15.4%)
		5	22 (33.8%)
Localisation du reflux	N(%)	Droite	16 (24.6%)
		Gauche	18 (27.7%)
		Bilatéral	31 (47.7%)

Tableau 1. Description globale de la population

1.2 Description par groupe

53 enfants ont bénéficié d'une cystosonographie. Les indications étaient identiques à celles de la cystographie, réparties en 6 groupes : IU à répétition (15.1%), IU associée à une échographie réno-vésicale anormale (5.7%), recherche de la persistance d'un reflux connu (11.3%), recherche de RVU suite à un diagnostic anténatal de dilatation des cavités pyélo-calicielles (24.5%), bilan d'une urétérohydronéphrose de découverte post-natale (9.5%) et bilan d'une uropathie malformative (9.4%) à l'exception d'une indication propre à la cystosonographie : la recherche d'un RVU chez des enfants présentant une suspicion de RVU avec cystographie négative (26.4%).

Le taux de reflux diagnostiqué en cystosonographie était de 45.3%. Il était majoritairement bilatéral (41.7%) et presque autant de moyen grade que de haut grade (grades 4 et 5).

Les données pour le groupe cystosonographie sont reprises dans le *Tableau 2*.

Variable			Descriptif
	Unité	Modalité	
Sexe	N(%)	Fille Garçon	45 (84.9%) 8 (15.1%)
Age	Mois	Moyenne ± Ecart type Médiane (Q1 ; Q3) Minimum / Maximum	26.8 ± 34.4 8.0 (2.0 ; 42) 0 / 134
Indications	N(%)	IU sans RVU en cystographie IU à répétition IU + écho anormale Contrôle RVU en cystographie DAN dilatation Dilatation post natale Bilan malformatif	14 (26.4) 5 (15.1) 3 (5.7) 6 (11.3) 13 (24.5) 5 (9.4) 4 (7.5)
Echographie réno-vésicale	N(%)	Normale Anormale	17 (32.1) 36 (67.9)
Dilatation des cavités calicielles pyélo-	N(%)	Oui Non	24 (45.3) 29 (54.7)
ECBU	N(%)	Stérile Non stérile	33 (62.3) 20 (37.7)
Antibioprophylaxie	N(%)	Absence Présence	14 (26.4%) 39 (73.6%)
RVU	N(%)	Oui Non	24 (45.3%) 29 (54.7%)
Grade du reflux maximal	N(%)	1 2 3 4 5	0 (0%) 3 (12.5%) 10 (41.7%) 1 (4.2%) 10 (41.6%)

Localisation du reflux	N(%)	Droite	6 (25%)
		Gauche	8 (33.3%)
		Bilatéral	10 (41.7%)

Tableau 2. Description du groupe cystosonographie

70 enfants ont bénéficié d'une cystographie.

Variable			Descriptif
	Unité	Modalité	
Sexe	N(%)	Fille Garçon	56 (80.0%) 14 (20.0%)
Age	Mois	Moyenne ± Ecart type Médiane (Q1 ; Q3) Minimum / Maximum	19.4 ±33.2 5.0 (1.0 ; 21.0) 0 / 154
Indications	N(%)	IU sans RVU en cystographie IU à répétition IU + écho anormale Contrôle d'un RVU DAN dilatation Bilan d'une dilatation Bilan malformatif	0 (0%) 28 (40%) 2 (2.9%) 2 (2.9) 21 (30) 6 (8.6) 11 (15.7)
Echographie réno-vésicale	N(%)	Normale Anormale	20 (28.6) 50 (71.4)
Dilatation des cavités pyélo-calicielles	N(%)	Oui Non	33 (47.1) 37 (52.9)

ECBU	N(%)	Stérile	42 (61.8)
		Non stérile	26 (38.2)
Antibioprophylaxie	N(%)	Absence	17 (24.3)
		Présence	53 (75.7)
Reflux vésico-urétéral	N(%)	Oui	41 (58.6)
		Non	29 (41.4)
Grade du reflux maximal	N(%)	1	5 (12.2)
		2	4 (9.7)
		3	11 (26.8)
		4	9 (22.0)
		5	12 (29.3)
Localisation du reflux	N(%)	Droite	10 (24.4)
		Gauche	10 (24.4)
		Bilatéral	21 (51.2)

Tableau 3. Description du groupe cystographie

2. Etude comparative

2.1 Comparabilité des groupes

Il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes pour l'ensemble des variables suivantes : l'âge, le sexe, l'existence d'une dilatation des cavités pyélo-calicielles avant l'examen, les résultats de l'échographie réno-vésicale préalable, les résultats de l'ECBU, l'existence d'une antibioprophylaxie. De même, le nombre de reflux diagnostiqué dans les deux groupes ainsi que leur grade maximal ou leur côté ne présentaient là non plus pas de différence significative. Les résultats des tests statistiques sont présentés dans le *Tableau 4*.

Variable					Comparaison	
	Unité	Modalité	Groupe 1 (n=53)	Groupe 2 (n=70)	Test utilisé	p value
Sexe	N(%)	Garçon Fille	8 (15.1) 45 (84.9)	14 (20.0) 56 (80.0)	Khi-deux	0.48
Age	Mois	Moyenne ± Ecart type Médiane (Q1 ; Q3) Minimum / Maximum	26.8± 34.4 8.0 (2.0 ; 42.0) 0.0 / 134.0	19.4± 33.2 5.0 (1.0 ; 21.0) 0.0 / 154.0	Wilcoxon	0.11
Echographie réno- vésicale	N(%)	Normale Anormale	17 (32.1) 36 (67.9)	20 (28.6) 50 (71.4)	Khi-deux	0.70
Dilatation des cavités pyélo- calicielles	N(%)	Oui Non	24 (45.3) 29 (54.7)	33 (47.1) 37 (52.9)	Khi-deux	0.41
ECBU	N(%)	Stérile Non stérile	33 (62.3) 20 (37.7)	42 (61.8) 26 (38.2)	Khi-deux	0.85
Antibio prophylaxie	N(%)	Absence Présence	14 (26.4) 39 (73.6)	17 (24.3) 53 (75.7)	Khi-deux	0.79
RVU	N(%)	Oui Non	24 (45.3) 29 (54.7)	65 (52.8) 58 (47.2)	Fisher exact	0.15
Grade du reflux maximal	N(%)	1 2 3 4 5	0 (0) 3 (12.5) 10 (41.7) 1 (4.2) 10 (41.6)	5 (12.2) 4 (9.7) 11 (26.8) 9 (22.0) 12 (29.3)	Mann- Whitney	0.28

Localisation du reflux	N(%)	Droite	6 (25)	10 (24.4)	Khi-deux	0.42
		Gauche	8 (33.3)	10 (24.4)		
		Bilatéral	10 (41.7)	21 (51.2)		

Tableau 4. Comparaison des caractéristiques basales entre les groupes cystosonographie et cystographie

2.2 Comparaison du risque d'infection post-procédure entre les deux groupes

Seulement 3 enfants (5.7%) ont présenté une infection urinaire dans les 14 jours dans les suites d'une cystosonographie. Il s'agissait de 3 filles, présentant toutes un reflux vésico-urétéral (un de grade 3 et deux de grade 5). Ces trois enfants étaient sous antibioprophylaxie. Un enfant avait eu un ECBU non stérile (flore polymorphe).

8 enfants ont présenté une infection urinaire après cystographie. Il s'agissait de 5 filles et de 3 garçons. 5 d'entre eux présentaient un reflux (grade maximal moyen de 3) et 5 d'entre eux également étaient sous antibioprophylaxie.

Le nombre d'infections urinaires n'était statistiquement pas différent entre les enfants ayant bénéficié d'une cystosonographie et ceux ayant bénéficié d'une cystographie (p value : 0.35 ; OR : 2.15 [0,54 ; 8,53]), comme présenté dans le Tableau 5.

Variable					Comparaison		
	Unité	Modalité	Groupe 1 (n=53)	Groupe 2 (n=70)	Test utilisé	p value	Odds ratio
Infection post procédure	N(%)	Oui	3 (5.7)	8 (11.4)	Fisher exact	0.35	2,15 [0,54 ; 8,53]
		Non	50 (94.3)	62 (88.6)			

Tableau 5. Comparaison des infections post examen

Il n'y avait pas de différence significative de sexe, d'âge, d'existence d'une dilatation de cavités pyélo-calicielles, de résultats d'ECBU ou d'existence d'un reflux entre les enfants ayant présenté une infection et ceux n'en ayant pas présenté. La moyenne des grades maximum de RVU était significativement plus élevée chez les enfants ayant présenté une infection urinaire iatrogène. Ces données sont reprises dans le *Tableau 6*.

Variable			Survenue d'une infection		Comparaison	
	Unité	Modalité	Non (n=112)	Oui (n=11)	Test utilisé	p value
Sexe	N(%)	Garçon	19 (17.0)	3 (27.3)	Fisher exact	0.41
		Fille	93 (83)	8 (72.7)		
Age	Mois	Moyenne ± Ecart type	23.8 ± 34.9	9.9 ± 13.6	Wilcoxon	0.11
		Médiane (Q1 ; Q3)	6.0 (2.0 ; 37.5)	7.0 (2.0 ; 13.0)		
		Min / Max	0.0 154.0	1.0 49.0		
Dilatation	N(%)	Oui	57 (50.9)	5 (45.5)	Khi-deux	0.73
		Non	55 (49.1)	6 (54.5)		
ECBU	N(%)	Stérile	67 (62.6)	5 (45.5)	Fisher exact	0.34
		Non stérile	40 (37.4)	6 (54.5)		
Antibiopro phylaxie	N(%)	Absence	28 (25.0)	3 (27.3)	Fisher exact	1
		Présence	84 (75.0)	8 (72.7)		
RVU	N(%)	Oui	57 (50.8)	8 (72.7)	Fisher exact	0.15
		Non	55 (49.2)	3 (27.3)		
Grade maximal du RVU	Moyenne (écart-type)	Moyenne ± écart-type (médiane), min - max (Q1-Q3)	1.77 ± 1.97 (1), 0-5 (0-3)	3.09 ± 2.1 (3), 0-5 (1.5-5)	Mann Whitney	0.046

Tableau 6. Comparaison des caractéristiques entre les enfants ayant présenté une infection et ceux n'en ayant pas présenté

3. Etude de la viscosité des produits de contraste

3.1.1 Iomeron 150

Pour le loméron 150, une troisième série d'analyse complémentaire a été réalisée en raison de deux premières séries de mesures plutôt écartées. Les résultats sont représentés sur la Figure 22.

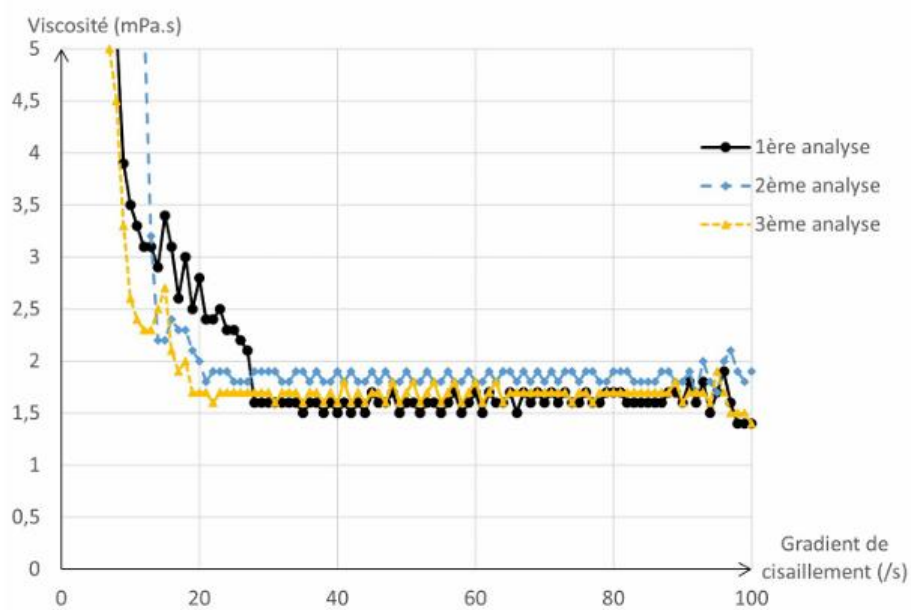


FIGURE 2 : VISCOSITÉ EN FONCTION DU GRADIENT DE CISAILLEMENT POUR LES ANALYSES SUR IOMÉRON 150

Figure 22. Viscosité en fonction du gradient de cisaillement pour les analyses sur le loméron 150

Les valeurs de viscosité obtenues sont $\eta_1 = 1,530$ mPa.s, $\eta_2 = 1,858$ mPa.s et $\eta_3 = 1,678$ mPa.s. La viscosité du produit loméron 150 est donc $\eta = (1,689 \pm 0,408)$ mPa.s à un intervalle de confiance de 95 %.

3.1.2 SonoVue

Les résultats obtenus pour SonoVue sont représentés sur la Figure 23.

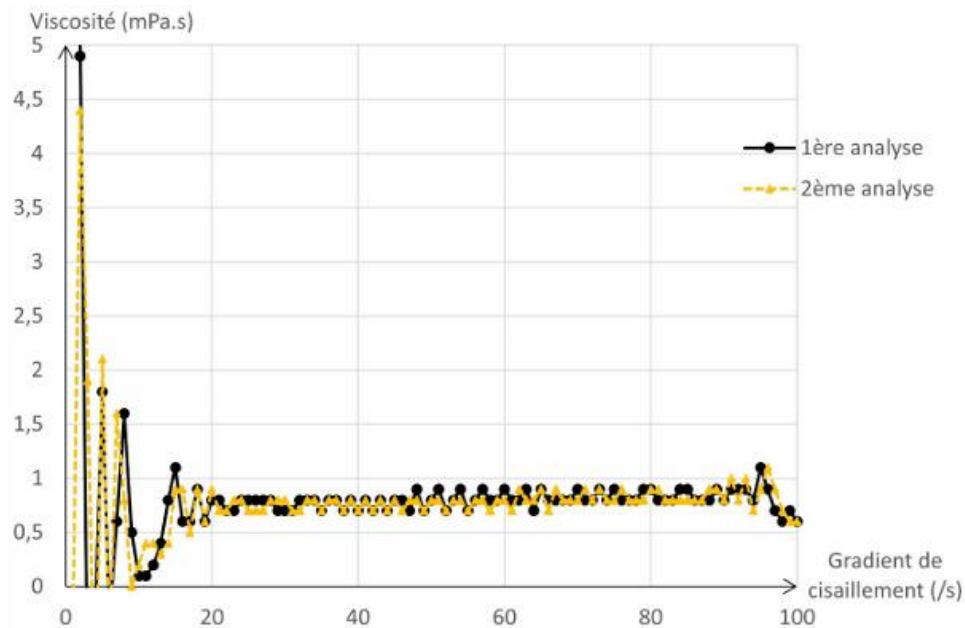


Figure 23. Viscosité en fonction du gradient de cisaillement pour les analyses sur SonoVue

Les valeurs de viscosité obtenues sont $\eta_1 = 0,717$ mPa.s et $\eta_2 = 0,694$ mPa.s. La viscosité du produit SonoVue est donc $\eta = (0,706 \pm 0,147)$ mPa.s à un intervalle de confiance de 95 %.

Les produits de contraste Ioméron 150 et SonoVue ont respectivement des viscosités de $\eta = (1,689 \pm 0,408)$ mPa.s et $\eta = (0,706 \pm 0,147)$ mPa.s à un intervalle de confiance de 95 %. A titre de comparaison, à 37 °C, la viscosité de l'eau est de 0,6913 mPa.s d'après Anton Paar.

Les mesures avec intervalle de confiance à 95% étant différents et ne recouvrant pas, le SonoVue a donc une viscosité inférieure à celle du Ioméron 150.

Discussion

1. Principaux résultats

Notre étude a confirmé la plus faible viscosité du Sonovue par rapport au Ioméron 150 et a montré que le nombre d'infections urinaires fébriles semble moins important après cystosonographie qu'après cystographie bien que le seuil de significativité n'ait été atteint.

Ceci pourrait s'expliquer par la différence des produits de contraste employés et notamment leur viscosité, plus faible pour le Sonovue que pour les produits de contraste iodé (le Ioméron 150 étant le plus couramment utilisé), ce qui permettrait une clairance plus rapide du produit de contraste en cas de reflux. Le seuil de significativité n'a pas pu être atteint en raison d'un manque de puissance lié à la taille réduite de notre échantillon. Le faible nombre d'enfants inclus s'explique par le faible nombre d'enfants ayant bénéficié d'une cystosonographie dans notre centre.

En effet, bien que la cystosonographie présente l'avantage majeur de l'absence d'irradiation en plus de performances diagnostiques équivalentes, il existe encore aujourd'hui plusieurs limites à son utilisation et son adoption par les médecins prescripteurs.

Cette restriction tient surtout au faible nombre de praticiens formés à sa réalisation et à l'interprétation des images, cantonnant sa pratique à des centres d'imagerie pédiatrique spécialisés.

Par ailleurs, la cystosonographie demeure relativement récente, développée depuis une vingtaine d'années, et encore insuffisamment connue des cliniciens.

De plus, les chirurgiens continuent souvent de privilégier la cystographie, dont l'interprétation radiologique est plus aisée et mieux standardisée, facilitant la relecture collégiale notamment lors des réunions de concertation pluridisciplinaire.

2. Discussion des résultats

Le taux d'infections urinaires fébriles survenues après cystographie était de 11.4% dans notre échantillon (8 enfants sur 70). Ce taux est concordant avec la littérature, très variable selon les études, se situant entre 4.3%[72] et 16%[94]. Des études plus anciennes retrouvaient des taux d'infections post cystographie plus élevés, allant jusqu'à 30%[95].

Après cystosonographie, 5.7% des enfants (3 enfants sur 53) ont présenté une infection urinaire fébrile. Il n'y a en revanche pas d'étude disponible à ce jour dans la littérature ayant évalué ce taux.

La proportion d'enfants sous antibioprophylaxie était comparable entre les deux groupes (73.6% et 75.5% des enfants ayant bénéficié respectivement d'une cystosonographie et d'une cystographie), ces taux d'antibioprophylaxie sont également concordants avec ceux retrouvés dans la littérature[96].

La proportion de RVU était de 52.8%, avec des taux comparables entre les deux modalités d'imagerie. Ce taux est supérieur à celui retrouvé dans la littérature lorsqu'on étudie le taux de RVU chez les enfants présentant des infections urinaires à répétition ou une uropathie. En effet, Sargent et al. retrouvaient 29% de RVU[97], Martins et al 40%[72] et Bouchier et al. 44%[22]. Cette différence de

prévalence pourrait s'expliquer par des indications devenues plus sélectives au fil des années avec une valeur prédictive positive pré-test supérieure, comparativement à ces études plus anciennes où une infection urinaire fébrile unique suffisait à la recherche d'un RVU.

Une plus forte proportion de RVU était retrouvée chez les enfants ayant présenté une infection urinaire iatrogène (72.7% contre 50,8%) bien que cette différence ne soit pas significative. Cependant, cette association a déjà été démontrée par de précédentes études, notamment dans celle de Martins et al. qui retrouvait un taux de RVU significativement supérieur chez les enfants ayant présenté une infection urinaire post-cystographie[98]. En revanche, dans notre étude, la moyenne des grades maximum de RVU était significativement plus élevée chez les enfants ayant présenté une infection urinaire iatrogène, comme déjà retrouvé dans la littérature[98].

Des études précédentes avaient confirmé qu'un ECBU non stérile avant une cystographie était un facteur de risque significatif d'infection urinaire iatrogène[94]. Nous avons retrouvé un taux plus important d'ECBU non stérile chez les enfants ayant présenté une infection urinaire post-examen mais cette différence n'était pas significative.

Concernant la latéralité du reflux, 52,3% des reflux étaient unilatéraux (47% à droite, 53% à gauche) et 47.7% bilatéraux. Ceci est en adéquation avec l'étude de Martins et al. qui retrouvait 55 % de reflux unilatéral (dont 48% à droite et 52% à gauche) et 45% de reflux bilatéral[73].

Notre étude présentait une très large prédominance féminine puisque 101 enfants parmi les 123 inclus étaient des filles (82.1%), attendue du fait de la plus forte prévalence féminine chez les enfants présentant des infections urinaires avec un sex ratio pouvant atteindre 5/1 après 8 ans. La proportion de fille était encore plus élevée

dans le groupe cystosonographie, atteignant 84,9%, s'expliquant par une réalisation plus facile de cet examen chez les filles comparativement aux garçons car la pose du cathéter urinaire est techniquement plus simple en rapport avec l'anatomie de l'urètre féminin, court et droit, tandis que chez les garçons, la réalisation d'une cystosonographie impose soit un sondage urétral, soit un cathéter sus-pubien – deux interventions plus invasives et potentiellement compliquées. De plus, l'existence d'un cathéter sus-pubien limite les mouvements de la sonde d'échographie sur le ventre.

3. Discussion de la méthode

Plusieurs limites doivent être soulignées. Tout d'abord, la taille réduite de l'échantillon a entraîné un manque de puissance statistique, limitant la portée des résultats. La rareté relative des infections urinaires post-examen renforce cette difficulté.

Le caractère rétrospectif expose à un risque de biais d'information lié à des données manquantes, même si l'exclusion des enfants non suivis exclusivement dans notre centre a permis de le limiter. Ce choix a cependant contribué à réduire le nombre de patients inclus. Néanmoins, le taux d'infections urinaires retrouvé après cystographie et après cystosonographie est concordant avec la littérature et situé dans une la partie haute de la fourchette retenue par les études les plus récentes. De plus, il s'agit d'un biais non différentiel entre les groupes cystosonographie et cystographie.

L'antibioprophylaxie, la présence et le grade du RVU constituent des facteurs de confusion potentiels. L'effectif limité n'a pas permis de réaliser d'analyses multivariées, mais les deux groupes étaient globalement comparables pour ces variables.

Les conditions d'asepsie étaient les mêmes pour l'ensemble des examens puisqu'elles suivaient le protocole habituel de notre service.

Un biais de centre est également possible, notre population incluant une proportion non négligeable d'enfants adressés pour suspicion de RVU dans un contexte d'uropathie malformative (15 enfants sur 123), situation associée à un risque accru d'infections urinaires et de RVU.

De la même façon, chez 8 enfants (6 enfants du groupe cystosonographie et 2 enfants du groupe cystographie), l'examen était réalisé pour contrôler la persistance ou la disparition d'un RVU connu. Toutefois, ces 8 enfants étaient sous antibioprophylaxie.

4. Perspectives

La cystosonographie est une technique nouvelle, le Sonovue n'ayant obtenu l'AMM pour son utilisation dans la recherche du reflux vésico-urétéral qu'en 2018. Elle reste très peu pratiquée.

L'absence d'irradiation est le principal avantage de la cystosonographie. Dans une récente étude sur le risque de tumeurs cérébrales chez 658 752 enfants suivis sur une durée d'au moins 5 ans après un scanner cérébral entre 1977 et 2014, il a été démontré un excès de risque avec une relation dose-effet. Cet excès de risque est de 1 tumeur cérébrale pour 10 000 enfants ayant été explorés par un scanner du crâne.

Dans une étude encore plus récente, d'après les données rétrospectives de 3,7 millions d'enfants et adolescents, 10 % des cancers hématologiques pourraient être attribués à l'exposition aux rayonnements issus de l'imagerie médicale[99].

L'irradiation moyenne naturelle en France est de l'ordre de 2-3mSv, provenant principalement de sources environnementales comme le radon, les rayons cosmiques et la radioactivité terrestre. L'irradiation induite par un scanner cérébral chez un enfant est de l'ordre de 2mSv soit un an d'exposition naturelle. Chez un enfant de 5ans, une cystographie engendre une irradiation de l'ordre de 0.5mSv soit 3 mois d'exposition naturelle[100]. Dans notre population d'enfants ayant reçu une cystographie, l'irradiation moyenne était de 567 mGy.cm² soit une dose efficace de 0.112mSv, mais ceci s'explique par une population plus jeune (âge moyen de 19.4 mois et âge médian de 5 mois). Cette irradiation est en accord avec les NRD, inférieurs à 500mGy.cm² chez enfants de moins d'un an et inférieurs à 1000mGy.cm² entre 1 et 5 ans.

La cystographie est un examen nettement moins irradiant que le scanner mais ces résultats plaident néanmoins en faveur de la radioprotection. Or la radioprotection passe par l'emploi d'examens diagnostics alternatifs lorsqu'ils sont possibles et qu'ils ne représentent pas une perte de chance.

Ses performances diagnostiques ont largement été démontrées dans la littérature.

Le risque d'infections urinaires iatrogènes est faible mais existe, majoré chez les enfants présentant un RVU, à fortiori de haut grade, et présentant un ECBU pré-test positif. Chez ces enfants, une vigilance particulière est nécessaire.

Notre étude suggère une tendance à une moindre fréquence d'infections urinaires fébriles après cystosonographie comparée à la cystographie, peut être grâce à la viscosité plus faible du Sonovue comparativement au Ioméron 150, bien que la significativité statistique n'ait pas été atteinte. Cette observation ouvre la voie à de futures études prospectives, multicentriques et de plus grande ampleur. Ces travaux permettraient de confirmer ce résultat et de soutenir davantage la diffusion de la cystosonographie en pratique courante.

Conclusion

La cystosonographie est une technique performante dans le diagnostic du RVU, non irradiante, avec une très bonne sensibilité y compris pour le diagnostic d'un reflux intrarénal. Le risque potentiellement plus faible d'infections urinaires iatrogènes comparativement à la cystographie conventionnelle constitue un argument supplémentaire en faveur de sa diffusion croissante dans la pratique clinique pédiatrique.

Liste des tables

Tableau 1. Description globale de la population	70
Tableau 2. Description du groupe cystosonographie.....	72
Tableau 3. Description du groupe cystographie	73
Tableau 4. Comparaison des caractéristiques basales entre les groupes cystosonographie et cystographie	75
Tableau 5. Comparaison des infections post examen	76
Tableau 6. Comparaison des caractéristiques entre les enfants ayant présenté une infection et ceux n'en ayant pas présenté.....	77

Liste des figures

Figure 1. Anatomie d'un rein, adaptée de Netter FH. Atlas d'Anatomie Humaine. 7 ^e édition	9
Figure 2. Organisation du néphron, d'après Netter FH. Atlas d'Anatomie Humaine. 7 ^e édition	9
Figure 3. Vue interne de la vessie et du trigone vésical	12
Figure 4. Rein en fer à cheval.....	15
Figure 5. Duplication rénale gauche complète.....	16
Figure 6. Physiopathologie du reflux vésico-urétéral primaire	19
Figure 7. Classification internationale du reflux vésico-urétéral.....	22
Figure 8. Technique HIT, STING, et technique combinée HIT-STING	32
Figure 9. Intervention de Cohen	35
Figure 10. Intervention de Lich Gregoir	36
Figure 11. Epaissement des parois pyéliquies sur des coupes transversales en mode B	38
Figure 12. Jet urétéral droit en mode Doppler couleur	39
Figure 13. Remplissage vésical chez un enfant de 1 an et 1 mois.....	45
Figure 14. Conduite à tenir pour une urétrocystographie per-mictionnelle.	47
Figure 15. Reflux vésico-urétéral bilatéral de grade IV.....	48
Figure 16. Schéma récapitulatif du déroulement d'une cystosonographie	52
Figure 17. Reflux de grade IV puis de grade V avec reflux intra-rénal.	53
Figure 18. Pyélonéphrite aigue droite.....	56
Figure 19. Forces et faiblesses de la cystosonographie et de la cystographie.	58
Figure 20. Reflux intra rénal en cystosonographie.	60
Figure 21. Coupes transpérinéales en cystosonographie.....	61
Figure 22. Viscosité en fonction du gradient de cisaillement pour les analyses sur le lomeron 150.....	78
Figure 23. Viscosité en fonction du gradient de cisaillement pour les analyses sur SonoVue.....	79

Références

- [1] Netter F. Atlas d'Anatomie Humaine. 7e édition. Elsevier Masson; 2023.
- [2] Sèbe P. Anatomie du bas appareil urinaire appliquée à l'urodynamique n.d. <https://www.urobichat.fr/file/medtool/webmedtool/urobtool02/botm0094/pdf00001.pdf>.
- [3] Phua YL, Ho J. Renal dysplasia in the neonate. *Curr Opin Pediatr* 2016;28:209–15.
- [4] Anomalies de la migration ou ectopie rénale n.d. <https://embryology.ch/fr/organogenese/systeme-urinaire/pathologie/anomalies-migration.html?p=3#anomalies-migration>.
- [5] Alami D, Bel Lakhdar M, Zekri M, Lazrak M, Mouaden A, Ghfir I, et al. Loi de Weigert-Meyer et scintigraphie rénale au 99mTc-DMSA. *Médecine Nucl* 2025;49:129.
- [6] Update on Multicystic Dysplastic Kidney | Current Urology Reports n.d. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11934-015-0541-7> (accessed September 12, 2025).
- [7] Reimplantation uretero-vésicale pour reflux vésico-urétéral, disponible sur https://www.chirpediatric.fr/upload/documents/fiches_public/RVU_C_.pdf.
- [8] Hiraoka M, et al. Vesicoureteral reflux in male and female neonates as detected by voiding ultrasonography. *Kidney Int* 1999;55:1486–90.
- [9] Köllermann MW, Ludwig H. Vesico-ureteral reflux in normal infants and children. *Z Kinderheilkd* 1967;100:185–91.
- [10] Sargent MA. What is the normal prevalence of vesicoureteral reflux? *Pediatr Radiol* 2000;30:587–93.
- [11] van Eerde AM, Meutgeert MH, de Jong TPVM, Giltay JC. Vesico-ureteral reflux in children with prenatally detected hydronephrosis: a systematic review. *Ultrasound Obstet Gynecol Off J Int Soc Ultrasound Obstet Gynecol* 2007;29:463–9.
- [12] Kaefer M, Curran M, Treves ST, Bauer S, Hendren WH, Peters CA, et al. Sibling vesicoureteral reflux in multiple gestation births. *Pediatrics* 2000;105:800–4.
- [13] Chand DH, et al. Incidence and severity of vesicoureteral reflux in children related to age, gender, race and diagnosis. *J Urol* 2003;170:1548–50.
- [14] Melhem RE, Harpen MD. Ethnic factors in the variability of primary vesico-ureteral reflux with age. *Pediatr Radiol* 1997;27:750–1. <https://doi.org/10.1007/s002470050217>.
- [15] Phan V, et al. Vesicoureteral reflux in infants with isolated antenatal hydronephrosis. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2003;18:1224–8.
- [16] Lee RS, Cendron M, Kinnamon DD, Nguyen HT. Antenatal hydronephrosis as a predictor of postnatal outcome: a meta-analysis. *Pediatrics* 2006;118:586–93.
- [17] Lebowitz RL, Olbing H, Parkkulainen KV, Smellie JM, Tamminen-Möbius TE. International system of radiographic grading of vesicoureteric reflux. International Reflux Study in Children. *Pediatr Radiol* 1985;15:105–9.
- [18] Davis T. Managing Vesicoureteral Reflux in the Pediatric Patient: a Spectrum of Treatment Options for a Spectrum of Disease 2025. <https://doi.org/10.1007/s40746-016-0042-z>.
- [19] Longitudinal Development of Renal Damage and Renal Function in Infants With High Grade Vesicoureteral Reflux | Journal of Urology n.d. <https://www.auajournals.org/doi/10.1016/j.juro.2009.01.051> (accessed April 25, 2025).

- [20] Reflux vésico-urétéral - Centre d'urologie Paris-Essonne. <https://www.urologie-clinique-yvette.com/pathologies/malformations-en-urologie/reflux-vesico-ureteral/> (accessed April 23, 2025).
- [21] Sillén U. Vesicoureteral reflux in infants. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 1999;13:355–61.
- [22] Bouchier D, Abbott GD, Maling TM. Radiological abnormalities in infants with urinary tract infections. *Arch Dis Child* 1984;59:620–4.
- [23] Keren R, Shaikh N, Pohl H, Gravens-Mueller L, Ivanova A, Zaoutis L, et al. Risk Factors for Recurrent Urinary Tract Infection and Renal Scarring. *Pediatrics* 2015;136:e13–21. <https://doi.org/10.1542/peds.2015-0409>.
- [24] Craig JC, Irwig LM, Knight JF, Sureshkumar P, Roy LP. Symptomatic urinary tract infection in preschool Australian children. *J Paediatr Child Health* 1998;34:154–9.
- [25] Beetz R. Evaluation and management of urinary tract infections in the neonate. *Curr Opin Pediatr* 2012;24:205–11. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e32834f0423>.
- [26] Roberts KB, Charney E, Sweren RJ, Ahonkhai VI, Bergman DA, Coulter MP, et al. Urinary tract infection in infants with unexplained fever: a collaborative study. *J Pediatr* 1983;103:864–7. [https://doi.org/10.1016/s0022-3476\(83\)80702-1](https://doi.org/10.1016/s0022-3476(83)80702-1).
- [27] Chapitre 29 - Item 147 – Fièvre aiguë | Collège National des Pédiatres Universitaires (CNPU) n.d. <https://www.pedia-univ.fr/deuxieme-cycle/referentiel/infectiologie/fievre-aigue> (accessed April 23, 2025).
- [28] Hoberman A, Wald ER. Urinary tract infections in young febrile children. *Pediatr Infect Dis J* 1997;16:11–7. <https://doi.org/10.1097/00006454-199701000-00004>.
- [29] Toffolo A, Ammenti A, Montini G. Long-term clinical consequences of urinary tract infections during childhood: a review. *Acta Paediatr* 2012;101:1018–31.
- [30] Lotfollahzadeh S, Leslie SW, Aeddula NR. Vesicoureteral Reflux. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
- [31] Salvatierra O. Reflux and end-stage kidneys. *Birth Defects Orig Artic Ser* 1977;13:385–9.
- [32] Pepper RJ, Trompeter RS. The causes and consequences of paediatric kidney disease on adult nephrology care. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2022;37:1245–61.
- [33] Wennerström M, Hansson S, Jodal U, Stokland E. Disappearance of vesicoureteral reflux in children. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1998;152:879–83.
- [34] Craig JC, Simpson JM, Williams GJ, Lowe A, Reynolds GJ, McTaggart SJ, et al. Antibiotic Prophylaxis and Recurrent Urinary Tract Infection in Children. *N Engl J Med* 2009;361:1748–59. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa0902295>.
- [35] Matouschek E. Treatment of vesicorenal reflux by transurethral teflon-injection. *Urol Aug A* 1981;20:263–4.
- [36] Kutasy B, Coyle D. History of endoscopic treatment of vesicoureteral reflux. *Pediatr Surg Int* 2023;39:187. <https://doi.org/10.1007/s00383-023-05468-0>.
- [37] Stenberg A, Läckgren G. Treatment of vesicoureteral reflux in children using stabilized non-animal hyaluronic acid/dextranomer gel (NASHA/DX): a long-term observational study. *J Pediatr Urol* 2007;3:80–5. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2006.08.001>.
- [38] Kirsch AJ, Perez-Brayfield M, Smith EA, Scherz HC. The modified sting procedure to correct vesicoureteral reflux: improved results with submucosal implantation within the intramural ureter. *J Urol* 2004;171:2413–6.
- [39] Lanfranchi G, Paraboschi I, Pierucci UM, University of Milan. Efficacy of Three Different Injection Techniques for the Endoscopic Treatment of Vesicoureteral Reflux (VUR) in Children: A Review of 10 Years of Experience. *Res Rep Urol* 2025.
- [40] Friedmacher F. Ureteral Obstruction After Endoscopic Treatment of Vesicoureteral Reflux: Does the Type of Injected Bulking Agent Matter? *Curr Urol Rep* 2019;20:49.

- [41] Alkan M, et al. Endoscopic treatment of vesicoureteral reflux in children: our experience and analysis of factors affecting success rate. *Urol Int* 2008;81:41–6.
- [42] Reflux Vésico-Urétéral - Traitement chirurgical.pdf, disponible sur https://www.chirpediatric.fr/upload/documents/fiches_public/Fiches_SFUPA_2018/R_VU_chirurgie.pdf
- [43] Kruppa C, Wilke A, Hörz C, Kosk T, Hörz T, Fitze G, et al. Vesicoscopic vs. Open Ureteral Reimplantation According to Cohen and Leadbetter-Politano for Vesicoureteral Reflux. *J Clin Med* 2023;12:5686.
- [44] Harel M, Herbst KW, Silvis R, Makari JH, Ferrer FA, Kim C. Objective pain assessment after ureteral reimplantation: comparison of open versus robotic approach. *J Pediatr Urol* 2015;11:82.e1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2014.12.007>.
- [45] Marchini GS, Hong YK, Minnillo BJ, Diamond DA, Houck CS, Meier PM, et al. Robotic assisted laparoscopic ureteral reimplantation in children: case matched comparative study with open surgical approach. *J Urol* 2011;185:1870–5.
- [46] Esposito C, et al. Robot-Assisted Extravesical Ureteral Reimplantation (REVUR) in Pediatric Patients: A New Standard of Treatment for Patients with VUR-A Narrative Review. *Child Basel Switz* 2024;11:1117.
- [47] Hubert KC, Kokorowski PJ, Huang L, Prasad MM, Rosoklija I, Retik AB, et al. Clinical outcomes and long-term resolution in patients with persistent vesicoureteral reflux after open ureteral reimplantation. *J Urol* 2012;188:1474–9.
- [48] Koff SA, Wagner TT, Jayanthi VR. The relationship among dysfunctional elimination syndromes, primary vesicoureteral reflux and urinary tract infections in children. *J Urol* 1998;160:1019–22. <https://doi.org/10.1097/00005392-199809020-00014>.
- [49] Upadhyay J, et al. Use of the dysfunctional voiding symptom score to predict resolution of vesicoureteral reflux in children with voiding dysfunction. *J Urol* 2003;169:1842–6; discussion 1846; author reply 1846.
- [50] Référentiel DES Radiopédiatrie.
- [51] Hoberman A, et al. Imaging studies after a first febrile urinary tract infection in young children. *N Engl J Med* 2003;348:195–202.
- [52] Prodhomme O. Pourquoi fait-on une échographie dans la pyélonéphrite aiguë de l'enfant ? disponible sur https://www.sfip-radiopediatrie.org/wp-content/uploads/2018/07/prodhomme_sfipp2012.pdf
- [53] Kuhns LR, Hernandez R, Koff S, Thornbury JR, Poznanski AK, Holt JF. Absence of vesico-ureteral reflux in children with ureteral jets. *Radiology* 1977;124:185–7.
- [54] Saraga M, Saraga-Babić M, Arapović A, Vukojević K, Pogorelić Z, Simičić Majce A. The Intrarenal Reflux Diagnosed by Contrast-Enhanced Voiding Urosonography (ceVUS): A Reason for the Reclassification of Vesicoureteral Reflux and New Therapeutic Approach? *Biomedicines* 2024;12:1015.
- [55] Hari P, Meena J, Kumar M, Sinha A, Thergaonkar RW, Iyengar A, et al. Evidence-based clinical practice guideline for management of urinary tract infection and primary vesicoureteric reflux. *Pediatr Nephrol* 2024;39:1639–68.
- [56] Directive 2013/59/EURATOM du conseil du 5 décembre 2013, Journal officiel de l'Union européenne n.d. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj/eng>
- [57] Ward VL. Patient dose reduction during voiding cystourethrography. *Pediatr Radiol* 2006;36:168–72.
- [58] Hernandez RJ, Goodsitt MM. Reduction of radiation dose in pediatric patients using pulsed fluoroscopy. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167:1247–53.
- [59] Domina JG, et al. Evaluation of pediatric VCUG at an academic children's hospital: is the radiographic scout image necessary? *Pediatr Radiol* 2015;45:855–61.

- [60] Couzon F, Gulyayeva Nsair L, Russel Robillard AS. Optimisation des doses en radiopédiatrie lors des cystographies et TOGD. *Radioprotection* 2018;53:123–31.
- [61] Coplen DE, Austin PF, Yan Y, Dicke JM. Correlation of prenatal and postnatal ultrasound findings with the incidence of vesicoureteral reflux in children with fetal renal pelvic dilatation. *J Urol* 2008;180:1631–4; discussion 1634.
- [62] Radmayr C, Bogaert G. EAU Guidelines on Paediatric Urology. *Eur Assoc Urol* n.d. <https://uroweb.org/guidelines/paediatric-urology> (accessed May 12, 2025).
- [63] Kobayashi Y, et al. Indication for voiding cystourethrography during first urinary tract infection. *Pediatr Int* 2019;61:595–600.
- [64] Johnin K, Kobayashi K, Tsuru T, Yoshida T, Kageyama S, Kawauchi A. Pediatric voiding cystourethrography: An essential examination for urologists but a terrible experience for children. *Int J Urol* 2019;26:160–71.
- [65] Kirks DR. *Practical pediatric imaging: diagnostic radiology of infants and children*. United States: Little Brown and Company; 1984.
- [66] Kassis I, Kovalski Y, Magen D, Berkowitz D, Zelikovic I. Early performance of voiding cystourethrogram after urinary tract infection in children. *Isr Med Assoc J IMAJ* 2008;10:453–6.
- [67] Kozer E, Rosenbloom E, Goldman D, Lavy G, Rosenfeld N, Goldman M. Pain in infants who are younger than 2 months during suprapubic aspiration and transurethral bladder catheterization: a randomized, controlled study. *Pediatrics* 2006;118:e51-56.
- [68] The ABCs of Voiding Cystourethrography. *J Korean Soc Radiol Taehan Ŏngsang Ŭihakhoe Chi* 2020;81:101–18. <https://doi.org/10.3348/jksr.2020.81.1.101>.
- [69] Schaeffer AJ, et al. Variation in the Level of Detail in Pediatric Voiding Cystourethrogram Reports. *J Pediatr Urol* 2017;13:257–62.
- [70] Arlen AM, Amin J, Leong T. Voiding cystourethrogram: Who gets a cyclic study and does it matter? *J Pediatr Urol* 2022;18:378–82.
- [71] Paltiel HJ, et al. Enhanced detection of vesicoureteral reflux in infants and children with use of cyclic voiding cystourethrography. *Radiology* 1992;184:753–5.
- [72] Frimberger D, Mercado-Deane M-G, SECTION ON UROLOGY, SECTION ON RADIOLOGY, McKenna PH, Austin JC, et al. Establishing a Standard Protocol for the Voiding Cystourethrography. *Pediatrics* 2016;138:e20162590.
- [73] Martins JS, Pinto M, Braga M, Calhau P. Incidence of urinary tract infection after cystography. *Rev Paul Pediatr Orgao Of Soc Pediatr Sao Paulo* 2020;39:e2019386.
- [74] Pollack CV, et al. Suprapubic bladder aspiration versus urethral catheterization in ill infants: success, efficiency and complication rates. *Ann Emerg Med* 1994;23:225–30.
- [75] Hockberger RS, Schwartz B, Connor J. Hematuria induced by urethral catheterization. *Ann Emerg Med* 1987;16:550–2. [https://doi.org/10.1016/s0196-0644\(87\)80683-2](https://doi.org/10.1016/s0196-0644(87)80683-2).
- [76] Hildebrand WL, Schreiner RL, Stevens DC, Gosling CG, Sternecker CL. Suprapubic bladder aspiration in infants. *Am Fam Physician* 1981;23:115–8.
- [77] Cohen L, Pouletty M, Frerot A, Tanase A, Ali L, Baudouin V. Voiding cystography: an unusual route of induced hypothyroidism by iodine overdose in two newborns with chronic kidney disease. *Pediatr Nephrol Berl Ger* 2019;34:1295–7.
- [78] HAS, Commission de la transparence, Avis 13 juin 2018 n.d.
- [79] Sofia C, Solazzo A, Cattafi A, Chimenz R, Cicero G, Marino MA, et al. Contrast-enhanced voiding urosonography in the assessment of vesical-ureteral reflux: the time has come. *Radiol Med (Torino)* 2021;126:901–9.
- [80] Waginger M. Refluxdiagnostik – Pro MUS. *Aktuelle Urol* 2020;51:145–50.
- [81] SonoVue, INN-sulphur hexafluoride, disponible sur <https://www.bracco.com/sites/default/files/2022-10/be-fr-2021-09-02-spc-sonovue.pdf>

- [82] Imagerie Genito Uro-nephrologique Pédiatrique, Oncle Paul, <https://onclepaul.fr/wp-content/uploads/2011/07/8-Cours-radiopédiatrie-MERM-Imagerie-genito-uro-nephrologique-pédiatrique.pdf> n.d.
- [83] Duran C, et al. Contrast-enhanced Voiding Urosonography for Vesicoureteral Reflux Diagnosis in Children. *RadioGraphics* 2017;37:1854–69.
- [84] Hansson S, Dhamey M, Sigström O, Sixt R, Stokland E, Wennerström M, et al. Dimercapto-succinic acid scintigraphy instead of voiding cystourethrography for infants with urinary tract infection. *J Urol* 2004;172:1071–3; discussion 1073-1074.
- [85] Björgvinsson E. Diagnosis of acute pyelonephritis in children: comparison of sonography and ^{99m}Tc-DMSA scintigraphy. *Am J Roentgenol* 1991;157:539–43.
- [86] Gordon I, Evans K, Peters AM, Kelly J, Morales BN, Goldraich N, et al. The quantitation of ^{99m}Tc-DMSA in paediatrics. *Nucl Med Commun* 1987;8:661–70.
- [87] Hardina S, Nugrahadi T, Budiawan H, Kartamihardja AHS. Renal Cortical Imaging with Tc-99m DMSA in Children: An Institutional Review. *World J Nucl Med* 2024;23:180–4. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1787717>.
- [88] Piskunowicz M, et al. Comparison of voiding cystourethrography and urosonography with second-generation contrast agents in simultaneous prospective study. *J Ultrason* 2016;16:339–47.
- [89] Darge K, Troeger J. Vesicoureteral reflux grading in contrast-enhanced voiding urosonography. *Eur J Radiol* 2002;43:122–8.
- [90] Darge K, Troeger J. Vesicoureteral reflux grading in contrast-enhanced voiding urosonography. *Eur J Radiol* 2002;43:122–8. [https://doi.org/10.1016/s0720-048x\(02\)00114-6](https://doi.org/10.1016/s0720-048x(02)00114-6).
- [91] Kis É, Nyitrai A, Várkonyi I, Mátyus I, Cseprekál O, Reusz G, et al. Voiding urosonography with second-generation contrast agent versus voiding cystourethrography. *Pediatr Nephrol* 2010;25:2289–93.
- [92] Kim SW, Im YJ, Hong CH, Han SW. The Clinical Significance of Intrarenal Reflux in Voiding Cystourethrography (VCUG). *Korean J Urol* 2010;51:60–3.
- [93] Velasquez M, et al. The learning curve of contrast-enhanced ‘microbubble’ voiding urosonography—validation study. *J Pediatr Urol* 2019;15:385.e1-385.e6.
- [94] Thanneeru SK, et al. Incidence of post-procedure symptomatic urinary tract infection in children undergoing micturition cystourethrogram in the absence of antibiotic cover. *Egypt Pediatr Assoc Gaz* 2022;70:15.
- [95] Maskell R, Pead L, Vinnicombe J. Urinary infection after micturating cystography. *Lancet Lond Engl* 1978;2:1191–2. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(78\)92169-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(78)92169-4).
- [96] Johnson EK, Malhotra NR, Shannon R, Jacobson DL, Green J, Rigsby CK, et al. Urinary tract infection after voiding cystourethrogram. *J Pediatr Urol* 2017;13:384.e1-384.e7.
- [97] Sargent MA, Stringer DA. Voiding cystourethrography in children with urinary tract infection: the frequency of vesicoureteric reflux is independent of the specialty of the physician requesting the study. *AJR Am J Roentgenol* 1995;164:1237–41.
- [98] Martins JS, Pinto M, Braga M, Calhau P. Incidence of urinary tract infection after cystography. *Rev Paul Pediatr* 2020;39:e2019386.
- [99] Smith-Bindman R, Alber SA, Kwan ML, Pequeno P, Bolch WE, Bowles EJA, et al. Medical Imaging and Pediatric and Adolescent Hematologic Cancer Risk. *N Engl J Med* 2025;393:1269–78. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2502098>.
- [100] Chateil J. Ordre de grandeur des doses reçues lors des expositions diagnostiques en pratique médicale n.d. <https://cerf.radiologie.fr/sites/cerf.radiologie.fr/files/files/enseignement/pdf/04%20Rad%20ioprotection%20DES%202018DS%20partie%20%20160118.pdf>.

AUTEUR : Nom : BAERT

Prénom : Antoine

Date de soutenance : 27 octobre 2025 à 16 heures

Titre de la thèse : Risque d'infections urinaires après cystographie et cystosonographie dans le diagnostic du reflux vésico-urétéral en pédiatrie : influence du type de produit de contraste

Thèse - Médecine - Lille « Année »

Cadre de classement : médecine

DES : radiologie

Mots-clés : reflux vésico-urétéral, cystosonographie, infection urinaire

OBJECTIFS : Chez les enfants présentant des infections urinaires fébriles récidivantes, une recherche d'un reflux vésico-urétéral doit être réalisée, celui-ci étant présent dans 30 à 40% des cas. Le reflux vésico-urétéral prédispose aux infections urinaires récidivantes, sources à long terme de cicatrices rénales puis d'une néphropathie de reflux. Cette recherche peut être effectuée par une cystographie, encore l'examen de référence, ou par une cystosonographie, examen alternatif performant. Néanmoins ces examens sont invasifs, impliquent un cathétérisme vésical et exposent aux infections urinaires iatrogènes. Ce risque n'a cependant pas été évalué après cystosonographie. Nous émettons l'hypothèse qu'il serait plus faible qu'après cystographie grâce à la plus faible viscosité du Sonovue comparativement au Ioméron 150, produit de contraste iodé fréquemment utilisé pour les cystographies.

METHODES : Il s'agit d'une étude rétrospective descriptive et analytique menée dans le service d'imagerie pédiatrique du CHU de Lille. 123 enfants adressés et suivis par des néphrologues ou chirurgiens pédiatriques de l'hôpital Jeanne de Flandre ont été inclus, 53 ayant bénéficié d'une cystosonographie et 70 d'une cystographie. Les résultats de ces examens et la survenue d'infections urinaires dans leur suite ont été évalués. Nous avons également mesuré les viscosités du Sonovue et du Ioméron 150.

RESULTATS : Le Sonovue possède une viscosité inférieure à celle du Ioméron 150. Au total, 11 enfants ont présenté une infection urinaire iatrogène, 3 après une cystosonographie et 8 après une cystographie. Cette différence n'était pas significative. Les enfants ayant présenté une infection urinaire iatrogène présentaient en revanche un reflux significativement de plus haut grade.

DISCUSSION : Le risque d'infections urinaires iatrogènes semble plus faible après cystosonographie qu'après cystographie bien que ce résultat n'était pas significatif, probablement en lien avec un manque de puissance statistique dû à des effectifs de petite taille et à un événement rare. La confirmation de cette tendance dans une étude de plus grande ampleur serait un argument supplémentaire pour le développement de la cystosonographie dont les performances diagnostiques ont largement été démontrées et qui présente l'avantage de ne pas exposer aux rayonnements ionisants.

Composition du Jury :

Président : Pr Dyuti SHARMA

Assesseurs : Pr Nathalie BOUTRY, Dr Laure APRILE

Directeur de thèse : Dr Charlotte CHIRI