



# **MÉTHODES DIAGNOSTIQUES DE STÉNOSE DE L'ARTÈRE RÉNALE**

**Mai 2004**

Service Évaluation Technologique

*Pour recevoir la liste des publications de l'Anaes, il vous suffit d'envoyer vos coordonnées  
à l'adresse ci-dessous ou consulter notre site : [www.anaes.fr](http://www.anaes.fr)*

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays.  
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit du présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'Anaes est illicite et constitue une contrefaçon. Conformément aux dispositions du Code de la propriété intellectuelle, seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées.

Ce document a été réalisé en Mai 2004. Il peut être commandé (frais de port compris) auprès de :

**Anaes (Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé)**

Service communication

2, avenue du Stade de France – 93218 Saint-Denis La Plaine CEDEX – Tél. : 01 55 93 70 00 – Fax : 01 55 93 74 00

© 2004. Anaes

ISBN :

Prix :

## **AVANT-PROPOS**

---

La médecine connaît un développement accéléré de nouvelles technologies, à visée préventive, diagnostique et thérapeutique, qui conduisent les décideurs de santé et les praticiens à faire des choix et à établir des stratégies, en fonction de critères de sécurité, d'efficacité et d'utilité.

L'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES) évalue ces différentes stratégies, réalise une synthèse des informations disponibles et diffuse ses conclusions à l'ensemble des partenaires de santé. Son rôle consiste à apporter une aide à la décision, qu'elle soit individuelle ou collective, pour :

- éclairer les pouvoirs publics sur l'état des connaissances scientifiques, leur implication médicale, organisationnelle ou économique et leur incidence en matière de santé publique ;
- aider les établissements de soins à répondre au mieux aux besoins des patients dans le but d'améliorer la qualité des soins ;
- aider les professionnels de santé à élaborer et à mettre en pratique les meilleures stratégies préventives, diagnostiques et thérapeutiques selon les critères requis.

Ce document répond à cette mission. Les informations qui y sont contenues ont été élaborées dans un souci de rigueur, en toute indépendance, et sont issues tant de la revue de la littérature internationale que de la consultation d'experts dans le cadre d'une étude d'évaluation des technologies.

Alain COULOMB  
Directeur général

## RÉSUMÉ

---

### Objectifs

Évaluer la performance diagnostique des méthodes utilisées dans la recherche de sténose de l'artère rénale : scintigraphie, échographie Doppler, angioscanner, angiographie par résonance magnétique, test au captopril et dosages de rénine plasmatique. Définir, pour chaque méthode, le minimum technique requis. Déterminer pour chaque méthode, à partir des avantages et risques leur place respective dans le processus diagnostique.

### Conclusions et résultats

- (i) Dosage de rénine plasmatique et test au captopril : test de nature fonctionnelle, occupant un positionnement restreint en complément des autres tests. L'efficacité diagnostique est médiocre en particulier la sensibilité, mise en défaut dès que l'hypertension est devenue volodépendante ou en cas d'insuffisance rénale.
- (ii) Scintigraphie rénale : test de nature fonctionnelle, proposé en complément des autres examens pour préciser l'imputabilité éventuelle d'une sténose artérielle ou pour apporter une aide à la décision thérapeutique en essayant de prédire l'évolution après traitement. Les critères diagnostiques sont nombreux et rendent l'analyse et l'interprétation complexe.
- (iii) Échographie Doppler : test caractérisé par une faible reproductibilité (opérateur et machine dépendant), un taux d'échecs important, une durée de réalisation longue et des avantages tels que l'absence d'effets secondaires et la possibilité de répétition sans préjudice pour le patient. Les critères diagnostiques sont nombreux. La performance diagnostique est variable suivant les études. Le test peut être utilisé en première intention ou deuxième intention, avant une décision de revascularisation avec la mesure de l'index de résistance qui a une valeur diagnostique de réponse au traitement.
- (iv) Angioscanner hélicoïdal : test reproductible, largement accessible et dont l'efficacité diagnostique est très satisfaisante. Les scanners multibarrettes ont apporté des améliorations technologiques permettant l'étude de marqueurs morphologiques d'atteinte rénale précoce. Le test est limité par ses contre-indications liées à la néphrotoxicité et au caractère irradiant. Le test peut être utilisé en première intention.
- (v) Angiographie par résonance magnétique : test reproductible, bien tolérée et ayant une performance diagnostique satisfaisante (moins dans le cas de formes avec dysplasie fibromusculaire). Il est principalement contre-indiqué dans le cas d'implant métallique. Sa moindre disponibilité et l'existence de faux positifs en font un examen de deuxième intention, le test est ainsi plus souvent utilisé après l'échographie-Doppler ou l'angioscanner.
- (vi) Conclusions : fondée sur la comparaison à l'artériographie utilisée comme examen de référence, les résultats de comparaisons de la performance diagnostique des différents tests donnent l'avantage aux tests morphologiques, l'angioscanner et l'angiographie.

### Perspectives

Ce travail ne fait pas l'objet de proposition d'algorithme concernant la stratégie diagnostique. Outre les difficultés rencontrées pour intégrer l'organisation locale, le profil du patient, il est apparu qu'une telle démarche ne pouvait être entreprise avant que ne soient discutées l'efficacité de la revascularisation et ses indications. Ce n'est en effet qu'après avoir défini les indications des gestes de revascularisation que la stratégie diagnostique qui en découle pourra être définie. Cette réflexion devrait être menée dans un deuxième temps et faire l'objet de recommandations professionnelles.

### Méthode

L'ANAES a interrogé, de façon systématique sur le sujet, les banques de données Medline, Embase, Pascal, les sites Internet utiles. La sélection de la littérature s'est principalement appuyée sur celle réalisée par les auteurs de la dernière méta-analyse sur le sujet de Boudewijn *et al.* L'actualisation des données par une recherche de littérature publiée après la méta-analyse (littérature publiée après août 2000) a également été effectuée. La sélection des études a été réalisée en utilisant les mêmes critères que ceux de la méta-analyse. Au total 68 études ont été retenues. L'analyse critique de la littérature a été ensuite revue et discutée par un groupe de travail constitué de 11 experts (5 radiologues, 1 médecin nucléaire, 4 néphrologues, 1 cardiologue), proposés par les sociétés savantes concernées. Le document final a été alors confronté à l'avis d'un groupe de lecture constitué de 9 experts.

## L'ÉQUIPE

---

Ce travail a été réalisé par :

Le D<sup>r</sup> Nathalie POUTIGNAT sous la direction du D<sup>r</sup> Bertrand XERRI, responsable du service évaluation technologique ;

La recherche documentaire a été effectuée par M<sup>lle</sup> Gaëlle FANELLI, documentaliste ; M<sup>lle</sup> Véronique LEGENDRE et M<sup>me</sup> Julie MOKHBI, assistantes-documentalistes, sous la direction de M<sup>me</sup> Rabia BAZI, responsable du service documentation.

Le secrétariat a été effectué par M<sup>les</sup> Karima NICOLA, Nathalie BROTHE et Sophie DUTHU.

La planification du projet a été assurée par M<sup>me</sup> Hélène ROBERT-ROUILLAC.

---

## GROUPE DE TRAVAIL

---

D<sup>r</sup> Pierre BATAILLE, néphrologue, Boulogne-sur-Mer  
P<sup>r</sup> Jean-Paul BEREGI, radiologue, Lille  
P<sup>r</sup> Patrice DETEIX, néphrologue, Clermont-Ferrand  
D<sup>r</sup> Philippe GOSSE, cardiologue, Bordeaux  
P<sup>r</sup> Nicolas GRENIER, radiologue, Bordeaux  
D<sup>r</sup> Jean-Michel HALIMI, néphrologue, Tours  
D<sup>r</sup> Claude HOSSEIN-FOUCHE, médecin nucléaire, Lille  
D<sup>r</sup> Bernard HUBER, radiologue, Colmar  
P<sup>r</sup> Francis JOFFRE, radiologue, Toulouse  
P<sup>r</sup> Maurice LAVILLE, néphrologue, Lyon  
D<sup>r</sup> Jean-Louis SABLAYROLLES, radiologue, Saint-Denis

---

## GROUPE DE LECTURE

---

P<sup>r</sup> Louis BOYER, radiologue, Clermont-Ferrand  
D<sup>r</sup> Patrick GARANCE, radiologue, Pontoise  
P<sup>r</sup> Marc JANIER, médecin nucléaire, Lyon  
D<sup>r</sup> Laurent JUILLARD, néphrologue, Lyon  
P<sup>r</sup> Denis LYONNET, radiologue, Lyon  
D<sup>r</sup> Claire MOUNIER-VEHIER, cardiologue, Lille  
P<sup>r</sup> Jean RIBSTEIN, médecine interne, Montpellier  
P<sup>r</sup> Hervé TRILLAUD, radiologue, Bordeaux  
D<sup>r</sup> VANHILLE, néphrologue, Valenciennes

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

---

ARP	:	activité rénine plasmatique
AVC	:	accident vasculaire cérébral
Angio-RM	:	angiographie par résonance magnétique
DRASTIC	:	dutch renal artery stenosis intervention cooperative
E-D	:	échographie-Doppler
HTA	:	hypertension artérielle
HRV	:	hypertension artérielle rénovasculaire
IEC	:	inhibiteur de l'enzyme de conversion
IMC	:	index de masse corporelle
MIP	:	maximum intensity projection
ROC	:	receiver operating characteristing curve

---

# SOMMAIRE

---

<b>SYNTHESE ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCTION</b> .....	<b>11</b>
<b>II. METHODES</b> .....	<b>12</b>
<b>III. RESULTATS</b> .....	<b>12</b>
<b>IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>GENERALITES</b> .....	<b>16</b>
<b>I. DEFINITIONS</b> .....	<b>16</b>
<b>II. ÉPIDEMIOLOGIE DE LA STENOSE DE L'ARTERE RENALE</b> .....	<b>16</b>
<b>III. HISTOLOGIE</b> .....	<b>17</b>
<b>IV. PHYSIOPATHOLOGIE DE LA MALADIE RENOVASCULAIRE</b> .....	<b>18</b>
<b>IV.1. Hypertension artérielle rénovasculaire</b> .....	<b>18</b>
<b>IV.2. Néphropathie ischémique</b> .....	<b>18</b>
<b>V. HISTOIRE NATURELLE</b> .....	<b>19</b>
<b>V.1. Sténoses athéroscléreuses</b> .....	<b>19</b>
<b>V.2. Sténoses fibrodysplasiques</b> .....	<b>20</b>
<b>VI. TRAITEMENTS</b> .....	<b>20</b>
<b>OBJECTIFS</b> .....	<b>22</b>
<b>METHODE</b> .....	<b>23</b>
<b>I. METHODE GENERALE</b> .....	<b>23</b>
<b>II. PARTICULARITES METHODOLOGIQUES</b> .....	<b>23</b>
<b>II.1. Recherche de littérature</b> .....	<b>23</b>
<b>II.2. Critères de sélection des articles</b> .....	<b>23</b>
<b>II.3. Évaluation de la performance diagnostique des examens d'imagerie</b> .....	<b>24</b>
<b>II.3.1. Performance intrinsèque des méthodes de diagnostic des sténoses de l'artère rénale</b> .....	<b>24</b>
<b>II.3.2. Efficacité diagnostique des méthodes de diagnostic des sténoses de l'artère rénale</b> .....	<b>24</b>
<b>II.4. Minimum requis pour chaque technique</b> .....	<b>24</b>
<b>II.5. Positionnement de la technique</b> .....	<b>24</b>
<b>STRATEGIE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE</b> .....	<b>25</b>

<b>III. SOURCES D'INFORMATIONS.....</b>	<b>25</b>
<b>III.1. Bases de données bibliographiques automatisées .....</b>	<b>25</b>
<b>III.2. Autres sources .....</b>	<b>25</b>
<b>IV. STRATEGIE DE RECHERCHE.....</b>	<b>25</b>
<b>SELECTION DE LA POPULATION A DIAGNOSTIQUER .....</b>	<b>27</b>
<b>I. JUSTIFICATION DE LA SELECTION .....</b>	<b>27</b>
<b>II. MODALITES DE SELECTION DE LA POPULATION .....</b>	<b>27</b>
<b>II.1. Recherche des signes cliniques et biologiques associés à la présence de sténose de l'artère rénale .....</b>	<b>27</b>
<b>II.2. Utilisation de règle de prédiction .....</b>	<b>28</b>
<b>TECHNIQUE DE REFERENCE : ARTERIOGRAPHIE RENALE.....</b>	<b>30</b>
<b>I. TECHNIQUE .....</b>	<b>30</b>
<b>II. RISQUES.....</b>	<b>31</b>
<b>DIFFERENTES TECHNIQUES.....</b>	<b>32</b>
<b>I. DOSAGES DE RENINE ACTIVE PLASMATIQUE ET TEST AU CAPTOPRIL .....</b>	<b>32</b>
<b>I.1. Technique .....</b>	<b>32</b>
I.1.1. Description de la technique .....	32
I.1.2. Critères diagnostiques .....	32
I.1.3. Limites de la méthode .....	32
<b>I.2. Avantages et risques .....</b>	<b>33</b>
<b>I.3. Valeur des dosages en rénine plasmatique et test au captopril dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale.....</b>	<b>33</b>
<b>I.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique.....</b>	<b>33</b>
<b>II. SCINTIGRAPHIE RENALE .....</b>	<b>35</b>
<b>II.1. Technique .....</b>	<b>35</b>
II.1.1. Description de la technique .....	35
II.1.2. Critères diagnostiques .....	36
II.1.3. Limites de la méthode .....	39
II.1.4. Minimum requis de la scintigraphie rénale avec test au captopril .....	39
<b>II.2. Avantages et risques .....</b>	<b>39</b>
<b>II.3. Valeur de la scintigraphie rénale avec test au captopril dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale.....</b>	<b>39</b>
II.3.1. Performance intrinsèque.....	39
II.3.2. Performance diagnostique .....	40
<b>II.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique.....</b>	<b>43</b>



<b>III. ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER (E-D)</b> .....	<b>48</b>
<b>III.1. Technique</b> .....	<b>48</b>
III.1.1. Description de la technique .....	48
III.1.2. Critères diagnostiques .....	49
III.1.3. Limites de la méthode .....	51
III.1.4. Minimum requis de l'échographie-Doppler .....	51
<b>III.2. Avantages et risques</b> .....	<b>51</b>
<b>III.3. Valeur de l'E-D dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale</b> .....	<b>51</b>
III.3.1. Performance intrinsèque.....	51
III.3.2. Performance diagnostique .....	55
<b>III.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique</b> .....	<b>56</b>
<b>IV. ANGIOSCANNER HELICOÏDAL</b> .....	<b>63</b>
<b>IV.1. Technique</b> .....	<b>63</b>
IV.1.1. Description de la technique .....	63
IV.1.2. Critères diagnostiques.....	64
IV.1.3. Limites de la méthode .....	64
IV.1.4. Minimum requis de l'angioscanner.....	65
<b>IV.2. Avantages et risques</b> .....	<b>65</b>
<b>IV.3. Valeur de l'angioscanner dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale</b> .....	<b>65</b>
IV.3.1. Performance intrinsèque.....	65
IV.3.2. Performance diagnostique.....	65
<b>IV.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique</b> .....	<b>66</b>
<b>V. ANGIOGRAPHIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE</b> .....	<b>68</b>
<b>V.1. Technique</b> .....	<b>68</b>
V.1.1. Description de la technique .....	68
V.1.2. Critères diagnostiques .....	69
V.1.3. Limites de la méthode .....	69
V.1.4. Minimum requis de l'angio-RM .....	70
<b>V.2. Avantages et risques</b> .....	<b>70</b>
<b>V.3. Valeur de l'angio-RM dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale</b> .....	<b>71</b>
V.3.1. Performance intrinsèque.....	71
V.3.2. Performance diagnostique .....	72
<b>V.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique</b> .....	<b>74</b>
<b>COMPARAISON DES DIFFERENTES TECHNIQUES</b> .....	<b>77</b>
<b>I. COMPARAISON DE L'EFFICACITE DIAGNOSTIQUE DES DIFFERENTES TECHNIQUES</b> .....	<b>77</b>
<b>I.1. Études de comparaisons directes de la performance diagnostique</b> .....	<b>77</b>
<b>I.2. Méta-analyse de Boudewijn <i>et al.</i></b> .....	<b>79</b>

I.2.1. Méthode .....	79
I.2.2. Résultats .....	79
<b>II. COMPARAISON DE L'ACCEPTABILITE DES TESTS PAR LES PATIENTS ET DE LEURS PREFERENCES ....</b>	<b>79</b>
<b>III. PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTS TESTS.....</b>	<b>80</b>
<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>81</b>
<b>ANNEXE I.....</b>	<b>82</b>
<b>ANNEXE II.....</b>	<b>83</b>
<b>ANNEXE III.....</b>	<b>84</b>
<b>IV. BOUILLON DE LEGUMES (SANS LES LEGUMES) .....</b>	<b>84</b>
<b>REFERENCE .....</b>	<b>85</b>

## SYNTHESE ET PERSPECTIVES

---

### I. INTRODUCTION

La sténose de l'artère rénale est définie par une réduction du diamètre luminal de l'artère rénale. Sur le plan clinique, la sténose artérielle rénale considérée comme significative, peut être responsable du développement de la maladie rénovasculaire, se traduisant par une augmentation de la pression artérielle (hypertension rénovasculaire) associée ou non à une altération de la fonction rénale (néphropathie ischémique). Celle-ci peut également exister de manière isolée. Deux formes histologiques principales, la forme athéroscléreuse (90 % des cas) et la forme avec dysplasie fibromusculaire (10 % des cas) sont répertoriées. L'épidémiologie, l'histoire naturelle et la prise en charge de ces deux entités sont distinctes. L'évolution des sténoses est marquée par la progression des lésions jusqu'à une possible occlusion de l'artère rénale (rare dans le cas de formes avec dysplasie fibromusculaire), la survenue ou l'aggravation d'hypertension artérielle réfractaire et/ou compliquée d'œdème pulmonaire récidivant. La mortalité cardiovasculaire et la mortalité globale sont plus élevées chez les sujets ayant une sténose artérielle rénale athéroscléreuse en comparaison avec les sujets indemnes. La néphropathie ischémique évolue vers l'insuffisance rénale chronique conduisant à terme vers la mise sous dialyse. L'efficacité des traitements de revascularisation dans le cas de formes avec dysplasie fibromusculaire, et la nécessité d'une prise en charge adaptée dans le cas de formes athéroscléreuses (contrôle des facteurs de risque, normalisation de la pression artérielle, prévention des complications cardio-vasculaires et de l'insuffisance rénale chronique, correction de la sténose ou surveillance de son évolution), justifient le dépistage des personnes à risque et la recherche diagnostique de sténose de l'artère rénale.

L'artériographie est reconnue comme le test de référence du diagnostic de sténose artérielle rénale, mais cette technique d'exploration a été progressivement substituée par la mise à disposition d'examen moins invasifs (scintigraphie, échographie-Doppler, angioscanner, angiographie par résonance magnétique, test au captopril et dosages de rénine plasmatique), dont les modalités d'utilisation, la performance diagnostique et la place respective mériteraient d'être évalués.

Dans le cas des formes athéroscléreuses, les questions concernant les indications de revascularisation, les critères et modalités de sélection de ces patients, les marqueurs pronostiques de réponse au traitement, l'identification de « fenêtre thérapeutique », phase au cours desquelles la correction de la sténose peut s'accompagner d'une réversibilité complète ou partielle des troubles, mériteraient d'être clarifiés.

Dans ce contexte, la Société française de radiologie a saisi l'ANAES pour définir la stratégie diagnostique et la prise en charge des sténoses de l'artère rénale et de l'hypertension artérielle rénovasculaire.

La complexité et le nombre de thèmes à traiter ont conduit à réaliser ce travail en deux parties. Ce rapport d'évaluation technologique en constitue la première partie et a eu pour principal objectif d'évaluer la performance diagnostique des méthodes utilisées dans la recherche de sténose de l'artère rénale (scintigraphie, échographie-Doppler, angioscanner, angiographie par résonance magnétique, test au captopril et dosages de rénine plasmatique).

Deux objectifs ont été également associés à ce travail, définir pour chaque technique le minimum technique requis et déterminer à partir des avantages et risques, leur place respective dans le processus diagnostique.

Les questions concernant l'efficacité des traitements disponibles, les indications de traitement, et les éléments du diagnostic nécessaires pour orienter la décision thérapeutique, devraient être traités dans une deuxième partie en faisant l'objet de recommandations professionnelles.

Les aspects économiques n'ont pas été étudiés.

## II. METHODES

L'évaluation de la performance diagnostique des différentes techniques a été réalisée à partir d'une recherche de la littérature de langue française et anglaise sur ce sujet. La sélection de la littérature s'est principalement appuyée sur celle réalisée par les auteurs de la dernière méta-analyse publiée en 2001 concernant l'évaluation et la comparaison de l'efficacité des tests utilisés dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale (1). L'actualisation des données par une recherche de littérature publiée après la méta-analyse (littérature publiée après août 2000) a également été effectuée. La sélection des études a été réalisée en utilisant les mêmes critères que ceux de la méta-analyse. Au total 68 études ont été retenues.

L'analyse critique de la littérature a été ensuite revue et discutée par un groupe de travail constitué de 11 experts (5 radiologues, 1 médecin nucléaire, 4 néphrologues, 1 cardiologue), proposés par les sociétés savantes concernées. Le document final a été alors confronté à l'avis d'un groupe de lecture constitué de 9 experts.

Les informations contenues dans les paragraphes concernant le minimum technique requis ou le positionnement de chaque technique ne sont pas issues d'une analyse critique de la littérature. Elles se sont appuyées sur des pratiques communément admises ou sur l'avis des experts du groupe de travail.

## III. RESULTATS

### — *Sélection des patients*

Alors que la prévalence de sténose de l'artère rénale est estimée entre 0,5 % et 3 % pour une population d'hypertendus non sélectionnés, elle peut atteindre 15 % à 30 % (voire 50 %) dans une population sélectionnée. En conséquence, une sélection clinique rigoureuse des cas s'impose afin d'éviter des explorations radiologiques invasives et coûteuses. L'augmentation de la prévalence a aussi un impact favorable sur la valeur prédictive positive des tests, sensiblement améliorée. Cette sélection se fait par la recherche de signes cliniques et biologiques, marqueurs de la maladie, ou par l'utilisation de règle de décision clinique.

### — *Dosage de rénine plasmatique et test au captopril*

Cet examen peu utilisé, est faisable chez tous les patients sans risque particulier, mais occupe un positionnement restreint. Comparée à l'artériographie, l'efficacité diagnostique est médiocre en particulier la sensibilité, mise en défaut dès que l'hypertension est devenue volodépendante ou dans le cas d'insuffisance rénale. La nature fonctionnelle du test permet de le proposer en complément des autres examens, dans le cadre de bilan fonctionnel des petits reins en aval de sténose artérielle rénale pour discuter de leur prise en charge thérapeutique, de même que pour le diagnostic des sténoses artérielles rénales au stade rénine dépendante dont l'essentiel des cas est représenté par les formes dysplasiques dont l'hypertension est récente.

— *Scintigraphie rénale*

La scintigraphie rénale réalisée avec ou sans stimulation au captopril, est une méthode reproductible, ne présentant pas de contre-indication en dehors de la femme enceinte, mais limitée par une performance diagnostique insuffisante chez les sujets ayant une insuffisance rénale ou une atteinte bilatérale, ou encore traités par antihypertenseurs. L'analyse et l'interprétation du test sont complexes. Les critères diagnostiques sont multiples, le choix des critères et des seuils définissant l'anormalité repose sur des consensus d'experts.

La nature fonctionnelle du test permet de le proposer en complément des autres examens, pour préciser l'imputabilité éventuelle de la sténose artérielle dans l'hypertension artérielle ou pour apporter une aide à la décision thérapeutique en essayant de prédire l'évolution après traitement. Il peut être utile pour évaluer la fonction rénale résiduelle de reins de moins de 8 cm, là encore pour guider la décision thérapeutique. Cependant, certains experts l'utilisent comme examen de première intention avant les examens morphologiques.

— *Échographie-Doppler*

L'échographie-Doppler est un examen faiblement reproductible (opérateur et machine dépendant). Un apprentissage spécifique, une pratique suffisante et de bons appareillages sont nécessaires. Le test est caractérisé par un taux d'échecs important, une mauvaise visualisation des artères accessoires et un temps de réalisation long. L'examen a l'avantage d'être atraumatique et de pouvoir être répété sans préjudice pour le patient. La technique est largement diffusée et disponible. Les critères diagnostiques sont multiples et des seuils différents sont utilisés. Les résultats des études d'évaluation de la performance diagnostique sont variables reflétant l'hétérogénéité des pratiques, la nature opérateur dépendant et centre dépendant du test, principales sources de variabilité. Une validation de l'efficacité par centre et par opérateur devrait être réalisée pour le recommander. L'échographie-Doppler est utilisé par certains centres en première intention, un examen négatif considéré comme complet conduisant à éliminer le diagnostic de sténose. Il peut aussi être utilisé en deuxième intention, avant une décision de revascularisation, pour mesurer l'index de résistance qui a une valeur pronostique de réponse au traitement.

— *Angioscanner hélicoïdal*

L'angioscanner hélicoïdal est un examen reproductible, facile à réaliser et largement accessible. L'efficacité diagnostique évaluée à partir des appareils monobarrettes est très satisfaisante. Les scanners multibarrettes utilisés aujourd'hui ont apporté des améliorations technologiques (réduction du temps d'acquisition, réduction de l'apnée, réduction de la quantité de produit de contraste, augmentation du volume d'acquisition, amélioration de la résolution spatiale et réduction de la résolution spatiale). Ces améliorations permettent aussi l'étude de marqueurs morphologiques d'atteinte rénale précoce (comme l'épaisseur corticale), ayant une valeur diagnostique, mais aussi utiles dans les choix thérapeutiques. L'inconvénient principal de l'examen est sa néphrotoxicité et son caractère irradiant. Le test est contre-indiqué dans les cas d'insuffisance rénale sévère, d'allergie à l'iode, de dysglobulinémie ou chez la femme enceinte. En dehors de ces contre-indications, l'angioscanner peut être proposé comme examen de première intention dans le dépistage de sténose de l'artère rénale.

— *Angiographie par résonance magnétique*

L'angiographie par résonance magnétique en 3D avec rehaussement c'est-à-dire avec injection de gadolinium est la technique utilisée en 2004. Le test est reproductible, la performance diagnostique satisfaisante, la tolérance est bonne. L'examen peut être réalisé chez des patients présentant une contre-indication à l'angioscanner. Il est principalement contre-indiqué dans le cas d'implant métallique. Sa moindre

disponibilité et l'existence de faux positifs en font un examen de deuxième intention, le test est ainsi plus souvent utilisé après l'échographie-Doppler ou l'angioscanner. Sa performance est aussi moins bonne dans le cas de formes avec dysplasies fibromusculaires.

— *Comparaison des différentes techniques*

Les résultats d'études de comparaisons directes et ceux de la méta-analyse de Boudewijn *et al.* de 2001 concordent. La performance diagnostique de l'angioscanner et de l'angiographie par résonance magnétique est supérieure à celle des autres techniques. En comparaison à l'angio-RM, la détection d'artères accessoires est meilleure avec l'angioscanner. La comparaison basée sur l'artériographie conduit à favoriser les méthodes d'évaluation morphologique par rapport aux méthodes d'évaluation fonctionnelle.

#### **IV. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**

Ce rapport d'évaluation technologique constitue la première étape du travail d'élaboration de la stratégie de diagnostic et de prise en charge de sténose de l'artère rénale. Il apporte une description détaillée des différentes techniques utilisées, précise le minimum technique requis et le positionnement de chacune d'elles, à partir des principaux avantages et risques. L'évaluation de la performance diagnostique repose sur les données de la littérature. Fondé sur la comparaison à l'artériographie utilisée comme examen de référence, l'avantage est à l'angioscanner et à l'angiographie par résonance magnétique.

Ce travail ne comporte pas de proposition d'algorithme concernant la stratégie diagnostique. Outre les difficultés rencontrées pour intégrer l'organisation locale et le profil du patient, il est apparu qu'une telle démarche ne pouvait être entreprise avant que ne soient discutées l'efficacité de la revascularisation et ses indications. Ce n'est en effet qu'après avoir défini les indications des gestes de revascularisation que la stratégie diagnostique qui en découle pourra être définie. Cette réflexion devrait être menée dans un deuxième temps et faire l'objet de recommandations professionnelles.

## INTRODUCTION

---

La sténose de l'artère rénale peut être responsable d'hypertension artérielle rénovasculaire qui représente une des causes les plus fréquentes d'hypertension artérielle secondaire. Son évolution est caractérisée par la progression de la sténose et l'occlusion de l'artère, la survenue ou l'aggravation d'hypertension artérielle réfractaire et/ou compliquée d'œdème pulmonaire récidivant, ainsi que la dégradation de la fonction rénale conduisant à l'insuffisance rénale chronique. Le dépistage des personnes à risque et le diagnostic de sténose de l'artère rénale sont justifiés par l'efficacité des traitements de revascularisation, démontrée dans le cas des formes avec dysplasie fibromusculaire, et par la nécessité d'une prise en charge renforcée (traitement médical ou intervention de revascularisation, surveillance) dans les cas de formes athéroscléreuses. L'artériographie est reconnue comme le test de référence du diagnostic de sténose artérielle rénale, mais cette technique d'exploration a été progressivement substituée par la mise à disposition d'examen moins invasifs (scintigraphie, échographie Doppler, angioscanner, angio-RM, test au captopril et dosages de rénine active plasmatique), dont les modalités d'utilisation, la performance diagnostique et la place respective méritaient d'être évalués.

Dans ce contexte, la Société française de radiologie a saisi l'ANAES pour définir la stratégie diagnostique et la prise en charge des sténoses de l'artère rénale et de l'hypertension artérielle rénovasculaire.

La complexité et le nombre de thèmes à traiter ont conduit à planifier ce travail en deux étapes et à évaluer dans un premier temps, dans un contexte d'évaluation technologique, la performance diagnostique des différentes méthodes utilisées dans la recherche de sténose des artères rénales. Les questions concernant l'efficacité des traitements disponibles, les indications de traitement, et les éléments du diagnostic nécessaires pour orienter la décision thérapeutique, devraient être traités dans un deuxième temps et faire l'objet de recommandations professionnelles.

Les aspects économiques n'ont pas été étudiés.

## GENERALITES

---

### I. DEFINITIONS

La *sténose artérielle rénale* est définie par une réduction du diamètre luminal de l'artère rénale. C'est une définition anatomique. La réduction est calculée comme le rapport du plus petit diamètre de la sténose, au diamètre de référence, généralement mesuré en amont de la division de l'artère rénale. La sténose a aussi une définition fonctionnelle plus complexe, correspondant au seuil critique de sténose à partir duquel existe un retentissement clinique. Ce seuil reste discuté et varie de 50 à 80 %. Dans la littérature sélectionnée, pour évaluer l'efficacité des méthodes diagnostiques (cadre de ce travail), les sténoses de l'artère rénale ont été définies à partir de 50 %, faisant considérer qu'une sténose de l'artère rénale correspondait à une réduction de diamètre de 50 % ou plus.

La maladie rénovasculaire est une entité multiple construite sur une base anatomoclinique qui doit être dédoublée à plusieurs niveaux (cf. III Histologie et V Histoire naturelle). Elle est aussi caractérisée par deux expressions cliniques :

l'élévation de la pression artérielle, qui peut se présenter comme une hypertension résistante et/ou une hypertension compliquée d'œdème pulmonaire « flash ». L'hypertension artérielle rénovasculaire (HRV) associée à une sténose artérielle est un diagnostic rétrospectif : elle peut être réversible dans un certain nombre de cas de manière complète ou incomplète après traitement ;

l'altération de la fonction rénale, dont les déterminants sont multiples et incomplètement compris. L'insuffisance rénale de la maladie vasculaire (représentant un des constituants de la néphropathie ischémique) est aussi un diagnostic rétrospectif.

Les interrelations entre sténose, hypertension artérielle et dysfonctionnement rénal sont complexes. La sténose peut se présenter de manière isolée (anatomique) ou être associée à une hypertension artérielle et/ou une insuffisance rénale.

### II. ÉPIDEMIOLOGIE DE LA STENOSE DE L'ARTERE RENALE

#### — *Prévalence de sténose de l'artère rénale en population générale*

Les données de prévalence de sténose de l'artère rénale en population générale sont peu nombreuses et issues d'études réalisées sur autopsies dont la représentativité ne peut être garantie. Les estimations varient de 12 à 53 % pour les séries de moins de 300 cas (2) à seulement 4 % pour une série de 5000 cas (3). L'influence de l'âge est déterminante. Au sein de l'étude américaine de la *Cardiovascular Health Study* (cohorte prospective en population générale de sujets de plus de 65 ans, portant sur la recherche de facteurs de risque cardiovasculaire), une étude ancillaire a été menée pour estimer la prévalence de sténose de l'artère rénale (4). Chez les sujets de plus de 65 ans, la prévalence de sténoses de plus de 60 % détectées par échographie-Doppler (E-D) a été de 6,8 %.



— **Prévalence de sténose de l'artère rénale en population sélectionnée :**

La prévalence de sténose de l'artère rénale varie de manière importante suivant les caractéristiques cliniques de la population étudiée :

- alors que la prévalence est estimée entre 0,5 % et 3 % pour une population d'hypertendus non sélectionnés, elle peut atteindre 15 % à 30 % (voire 50 %) dans une population sélectionnée de sujets avec des signes cliniques en faveur d'HRV (5,6) ;
- dans l'étude de Rihal *et al.* (7) menée en 1998, une artériographie abdominale a été associée au cathétérisme cardiaque programmée chez 297 sujets hypertendus coronariens. La prévalence des sténoses de plus de 50 % a été de 19,2 % et celle de plus de 70 %, de 7 %. La prévalence de sténose rénale a également été retrouvée plus élevée dans des circonstances cliniques à haut risque vasculaire (8) (*tableau 1* d'après Rossignol *et al.* (6)).

**Tableau 1.** Prévalence de sténose artérielle rénale suivant des circonstances cliniques à haut risque vasculaire d'après Rossignol *et al.* (6).

Circonstances cliniques	Nombre de patients	Degré de sténose %	Prévalence des sténoses	Prévalence de l'hypertension en cas de sténose
Autopsies après AVC	346	> 75	10,4	-
Autopsies après IDM	297	> 75	12,0	-
Cathétérisme cardiaque	1235	> 50	15,2	53,2
Artériopathie périphérique	127	> 50	27,2	61,4
Patients âgés ayant une insuffisance cardiaque	86	> 50	34,0	35,0

AVC : accident vasculaire cérébral ; IDM : infarctus du myocarde.

### III. HISTOLOGIE

Deux formes histopathologiques sont principalement répertoriées (9) :

- la forme athéroscléreuse est la plus fréquente (90 % des cas). Elle affecte le plus souvent les sujets ayant un risque cardiovasculaire élevé (sujet âgé de plus de 50 ans, de sexe masculin, fumeur ou ancien fumeur, diabétique (un cas sur cinq), ayant un niveau de cholestérol élevé (un cas sur deux) (10)) et porteur d'atteintes vasculaires athéroscléreuses multiples. Le siège de la sténose est le plus souvent proximal ;
- la dysplasie fibromusculaire ne représente que moins de 10 % des cas de sténose. Les causes ne sont pas connues. On évoque une prédisposition génétique à transmission autosomiale dominante, à pénétrance variable. Le rôle de facteurs favorisants comme le tabac et les facteurs hormonaux sont également cités. Elle affecte le sujet jeune avec une prédominance féminine. Les atteintes des deux tiers distales de l'artère rénale ou des branches intrarénales sont les plus fréquentes, mais le tronc de l'artère rénale peut aussi être concerné. L'atteinte médiale, la plus fréquente (90 % des cas) est bilatérale dans deux cas sur trois.

Les autres lésions sont plus rares comme les artérites inflammatoires (maladie de Takayasu) ou les dissections aortiques étendues aux artères rénales.

## IV. PHYSIOPATHOLOGIE DE LA MALADIE RENOVASCULAIRE

### IV.1. Hypertension artérielle rénovasculaire

Deux modèles animaux décrits en 1934 par Goldblatt chez l'animal sont applicables chez l'homme et illustrent les mécanismes physiopathologiques mis en jeu dans le cas de sténose de l'artère rénale.

*Modèle deux reins et un clip* (correspond à la sténose unilatérale chez l'homme). Trois phases sont individualisées :

- dans un premier temps, la sténose vasculaire est responsable d'une ischémie rénale conduisant à une élévation de sécrétion de rénine du côté du rein lésé, puis à une production d'angiotensine II responsable de la vasoconstriction de l'artéριοle efférente. Ce mécanisme de compensation permet de maintenir la filtration glomérulaire, mais au prix d'une augmentation de la pression artérielle par le biais de la vasoconstriction périphérique et de l'augmentation de production d'aldostérone, également associées à la sécrétion d'angiotensine II. L'hypertension artérielle est réninodépendante et le retrait du clamp, l'ablation du rein ischémié, l'administration d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion de l'angiotensine (IEC) normalisent tous les paramètres ;
- dans un deuxième temps, la pression artérielle reste élevée, mais l'activité rénine plasmatique et le taux d'angiotensine II commencent à baisser. L'ablation du rein ischémié entraîne encore la normalisation de la pression artérielle, mais les IEC améliorent, mais ne normalisent pas cette hypertension artérielle devenue volodépendante (rétention d'eau et de sel secondaire à l'hyperaldostéronisme, mais aussi à l'hypoperfusion du rein sténosé) ;
- dans un troisième temps, au stade chronique, l'hypertension artérielle persiste en l'absence d'élévation notable d'activité rénine plasmatique et d'angiotensine II. La levée de sténose, l'ablation du rein, les IEC sont sans effet. La levée de la sténose associée à l'ablation du rein controlatéral peut faire disparaître l'hypertension artérielle : ce sont les lésions artériolaires, conséquence d'une exposition prolongée de ce rein controlatéral à des chiffres élevés de pression artérielle et à des taux élevés d'angiotensine II, qui sont à l'origine de la persistance de l'HTA. Alors qu'à la phase initiale, le rein controlatéral contrebalançait la rétention de sel au niveau du rein ischémié, cette capacité d'excréter plus de sodium va disparaître du fait des lésions ischémiqes. L'hypertension artérielle est à ce stade surtout volume dépendant.

*Modèle un rein et un clip* (correspond à la sténose bilatérale ou sténose sur rein unique chez l'homme). La séquence initiale est identique, mais comme il n'y a pas de rein controlatéral capable d'équilibrer par sa natriurèse augmentée la chute de l'excrétion sodée du côté sténosé, la rétention de sodium intervient à un stade plus précoce. L'activité rénine plasmatique est normalisée, et la rétention d'eau et de sel devient le facteur essentiel de l'hypertension artérielle. Les IEC sont non seulement inefficaces, mais dangereux, car l'activité résiduelle du système rénine-angiotensine est nécessaire au maintien d'une pression de filtration glomérulaire.

### IV.2. Néphropathie ischémiqie

Le mécanisme lésionnel est plus complexe que la simple réduction du calibre vasculaire entraînant une atrophie rénale du fait de l'hypoperfusion chronique. La néphropathie ischémiqie est observée dans le cas de sténose unilatérale sur rein unique fonctionnel ou dans le cas de sténoses bilatérales. Dans le contexte de sténose artérielle athéromateuse, la mise en jeu du système rénine-angiotensine par l'ischémie rénale est également associée à d'autres processus physiopathologiques.

Les examens histologiques montrent en effet des lésions complexes associant une fibrose interstitielle, une atrophie tubulaire, des lésions de néphroangiosclérose, des embolies de cholestérol et les lésions distales athéromateuses, suggérant que l'atteinte rénale n'est pas seulement due à la diminution du calibre artériel et à l'ischémie. Dans le mécanisme de fibrose, on suspecte le rôle de l'augmentation de la production intrarénale de rénine et d'angiotensine II qui favorisent la production d'endothéline et des cytokines fibrosantes (TGF- $\beta$  et PDGF) (11-13). Au-delà d'un certain degré d'atrophie, schématiquement déterminé par une taille de rein inférieure à 8 cm, la revascularisation n'est plus capable de rétablir une fonction rénale utile.

## V. HISTOIRE NATURELLE

### V.1. Sténoses athéroscléreuses

#### — *Évolution de la sténose :*

L'évolution des sténoses est marquée par la progression des lésions jusqu'à une possible occlusion de l'artère rénale. Des calcifications et la survenue de complications (dissections ou thromboses) sont également observées. Les données de suivi prospectif par échographie Doppler d'une cohorte de 170 patients hypertendus et présentant des signes cliniques évocateurs d'HRV (14,15) ont permis d'évaluer le risque de progression des sténoses et d'apporter des informations moins biaisées que les précédentes études rétrospectives, réalisées à partir de suivi par artériographies et sur des populations très sélectionnées. À trois ans, l'incidence cumulée de progression de sténose était globalement de 35 % à trois ans et 51 % à cinq ans. Neuf occlusions ont été observées (3,1 %) après trois ans de suivi. Le taux de progression à trois ans était de 18 %, 28 % et 49 % chez les patients évalués au début de l'étude comme normaux, ayant une sténose de moins de 60 % et ayant une sténose de plus de 60 % respectivement. Les facteurs de risque d'aggravation étaient une pression artérielle systolique d'au moins 160 mm Hg, la présence de diabète, l'atteinte bilatérale (16).

La progression vers l'occlusion est aussi marquée par une réduction de la taille des reins. Une diminution en moyenne de 1,8 cm a été observée dans le cas d'une évolution vers une occlusion de l'artère rénale (17). Après deux ans de suivi, l'incidence cumulée d'atrophie rénale définie comme une réduction d'au moins 1 cm de la taille du rein était de 11,7 % et 20,8 % dans le cas de sténose de moins de 60 % et de plus de 60 % respectivement (15).

#### — *Évolution de l'hypertension rénovasculaire*

Les modèles physiopathologiques mettent en évidence une phase transitoire de réversibilité de l'hypertension rénovasculaire correspondant à la phase rénine dépendante. Dans le cas de sténoses athéroscléreuses, une hypertension essentielle est fréquemment associée à la composante vasculaire de l'hypertension artérielle observée. Sur le plan clinique, une aggravation avec survenue d'une hypertension artérielle réfractaire et de complications cardiovasculaires (infarctus du myocarde, accidents vasculaires), de même que d'œdème pulmonaire « flash » est possible. Une augmentation de la mortalité toute cause et de la mortalité de cause cardiovasculaire a également été mise en évidence. Dans l'étude de Johansson *et al.* (18), cohorte de 169 patients ayant une sténose de l'artère rénale athéroscléreuse, le risque relatif de mortalité toute cause, par comparaison à une population appariée par l'âge et le sexe, était de 3,3 IC 95 % [2,4-4,4] après 7,1 ans de suivi ; le risque de mortalité de cause cardio-vasculaire était de 5,7 IC 95 % [3,9-8,0]. Cette étude montrait que 71 % des patients mourraient d'infarctus du myocarde, d'accident vasculaire cérébral ou d'insuffisance cardiaque.

— *Évolution de la néphropathie vasculaire*

Dans une série prospective d'effectif limité menée au moment de la prise en dialyse (19), la réalisation quasi systématique d'une angiographie a permis d'identifier une sténose d'une artère rénale chez 14 % des sujets (10 cas) des insuffisances rénales de sujets de plus de 50 ans. Dans une autre étude (20), une prévalence similaire (16,5 %) était notée parmi les 185 nouvelles prises en charge en dialyse au début des années 1980. De la même manière, une sténose de l'artère rénale est retrouvée chez 16 % des 530 nouveaux cas d'insuffisance rénale aiguë ou chronique (21). Dans l'étude de cohorte de Johansson *et al.* (18) référencée plus haut, 5 % des patients évoluaient vers l'hémodialyse. Ainsi, la néphropathie ischémique est une cause d'insuffisance rénale chronique conduisant à terme à la mise sous dialyse et qui peut dans certains cas être partiellement ou complètement réversible. La phase de réversibilité des lésions après revascularisation (fenêtre thérapeutique) est mal définie et reste discutée.

**V.2. Sténoses fibrodysplasiques**

Contrairement aux formes athéroscléreuses, l'évolution des sténoses fibrodysplasiques ne se fait que rarement vers l'occlusion. Le potentiel évolutif des formes fibrodysplasiques avec une atteinte médiale est moindre que celui des sténoses athéromateuses. L'accentuation de la sténose n'est ainsi notée que dans 30 % des cas et le retentissement rénal est négligeable (9). Les cas de fibrose intimale, avec atteinte de limitante élastique interne, exposent aux risques de complications par anévrisme disséquant et de thromboses. Les cas d'atteintes péri-médiales, caractérisées par des dépôts de collagène denses sur le versant externe de la média, ont un potentiel évolutif plus sévère pouvant conduire à une occlusion.

**VI. TRAITEMENTS**

— *Sténoses athéroscléreuses*

L'objectif de la prise en charge est de corriger la sténose, contrôler ou normaliser la pression artérielle, prévenir à terme la survenue des complications cardiovasculaires et de l'insuffisance rénale chronique.

**Le traitement médical** est un élément essentiel et indispensable de la prise en charge de patients atteints de maladie rénovasculaire athéroscléreuse. Il doit toujours être utilisé en première intention. Il consiste à la prévention du risque cardiovasculaire (contrôle de la pression artérielle, du diabète s'il y a lieu, prévention coronaire et encéphalique par antiagrégants, contrôle des dyslipidémies). L'utilisation des IEC pose un problème spécifique de sécurité rénale. Après revascularisation rénale, le traitement médical reste nécessaire et doit être poursuivi, éventuellement allégé suivant les résultats observés (22).

**Le traitement de revascularisation** comporte deux options, la dilatation avec ou sans endo-prothèse et la chirurgie reconstructrice. La dilatation est le traitement de première intention, la technique étant plus simple, moins risquée et aussi efficace que la chirurgie suivant les résultats d'une étude randomisée comparative (23). La chirurgie est réservée aux échecs de la dilatation ou aux cas d'association à une pathologie aorto-iliaque. La dilatation peut s'effectuer avec la pose d'endo-prothèse, l'endo-prothèse réduisant le risque de resténose (24). Une méta-analyse (25) portant sur les trois essais thérapeutiques réalisés (26-28), a été publiée en 2003. L'efficacité du traitement de revascularisation comparé au traitement conventionnel médicamenteux apparaît limité à la réduction du score de traitement antihypertenseur (nombre de traitements prescrits) ainsi qu'à une réduction de la pression artérielle de -

7 mm Hg IC 95 % [-12 à -1 mm Hg] pour la pression systolique et de -3 mm Hg IC 95 % [-6 à -1 mm Hg] pour la pression diastolique (25). Le manque de puissance et de recul de ces études représente des limites importantes en particulier pour évaluer l'impact de la revascularisation sur l'amélioration ou la préservation de la fonction rénale. Trois essais contrôlés européens sont en cours, avec l'objectif de ralentir la progression de l'insuffisance rénale, les résultats ne seront pas disponibles avant 2004 (29). Le bénéfice attendu de la revascularisation doit être évalué et mis en balance avec le risque de resténose et de survenue de complications associées aux techniques de revascularisation (22,29-31).

En 2004, certaines indications du traitement de revascularisation sont identifiées avec principalement l'hypertension artérielle réfractaire non contrôlée, les œdèmes pulmonaires à répétition, l'angor déstabilisé, l'insuffisance rénale évolutive documentée, les sténoses de l'artère rénale menaçantes sur le plan anatomique (22,30).

Définir les indications de traitement de revascularisation consiste pour Textor (30) à apporter des réponses aux deux questions suivantes :

- Qui (quels sont les patients qui peuvent bénéficier de traitement de revascularisation, quels sont les critères de sélection de ces populations, comment les sélectionner) ?
- Quand (quels sont les risques de retarder la revascularisation, comment repérer le stade où l'insuffisance rénale et/ou l'hypertension artérielle n'est plus réversible après restitution du flux de perfusion) ?

— *Sténoses fibrodysplasiques*

L'angioplastie percutanée est le traitement de choix des sténoses fibrodysplasiques. L'objectif est la correction de l'hypertension artérielle. L'efficacité des techniques de revascularisation est démontrée, le risque de resténose est faible (32).

## **OBJECTIFS**

---

L'objectif principal de ce travail d'évaluation technologique a été d'évaluer l'efficacité des différentes méthodes utilisées pour faire le diagnostic de sténose de l'artère rénale. L'évaluation a été limitée aux techniques pour lesquelles des données de la littérature étaient disponibles, c'est-à-dire les techniques d'imagerie (échographie-Doppler, scintigraphie rénale, angioscanner, angio-RM) et bien que moins utilisée et plus ancienne, l'épreuve de stimulation au captopril avec dosages de rénine active plasmatique.

Les objectifs associés à ce travail ont été :

- de définir le minimum technique requis pour chaque technique ;
- de déterminer à partir des avantages et risques de chaque technique leur place respective dans le processus diagnostique.

## METHODE

---

### I. METHODE GENERALE

L'évaluation de la performance diagnostique des différentes techniques a été réalisée à partir d'une recherche de la littérature de langue française et anglaise sur ce sujet. L'analyse critique de la littérature a été ensuite revue et discutée par un groupe de travail constitué de 11 experts (5 radiologues, 1 médecin nucléaire, 4 néphrologues, 1 cardiologue), proposés par les sociétés savantes concernées. Le document final a été alors confronté à l'avis d'un groupe de lecture constitué de 9 experts.

### II. PARTICULARITES METHODOLOGIQUES

#### II.1. Recherche de littérature

La recherche de la littérature publiée a été réalisée (cf. Stratégie de la recherche documentaire).

La sélection de la littérature s'est principalement fondée sur celle réalisée par les auteurs de la dernière méta-analyse publiée en 2001 concernant l'évaluation et la comparaison de l'efficacité des tests utilisés dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale (1). Lors de cette méta-analyse, un total de 1 135 études avait été identifié dans la littérature et il est apparu non envisageable de revoir toutes ces études. Les critères de sélections définis dans la méta-analyse ayant été considérés comme satisfaisants, la qualité méthodologique de la méta-analyse également, il a été jugé possible d'utiliser la sélection déjà effectuée et de retenir pour ce travail les études sélectionnées dans la méta-analyse. Une actualisation des données par la recherche de littérature publiée après la méta-analyse (littérature publiée après août 2000) a également été effectuée. La sélection des études a été réalisée en utilisant les mêmes critères que ceux de la méta-analyse.

#### II.2. Critères de sélection des articles

Quatre critères de sélection des études ont été définis par Boudewijn *et al.* (1) :

- population de patients adressés pour suspicion d'hypertension artérielle rénovasculaire ;
- test de comparaison par artériographie et artériographie réalisée sur tous les patients inclus dans l'étude ;
- critères utilisés pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale explicites et degré de sténose pris en compte pour évaluer la sensibilité et la spécificité du test précisé ;
- nombre de faux positifs, faux négatifs, vrais positifs et vrais négatifs disponibles ou pouvant être facilement retrouvés.

Avec ces critères, seules 55 études évaluant 65 modalités de tests parmi les 1 135 études recensées dans la littérature ont été retenues. Lors de l'actualisation des données, 43 études ont été recensées dans la littérature et 11 ont été retenues avec ces mêmes critères.

Les deux principales raisons d'exclusion des études ont été :

- l'absence de spécificité de la population incluse (patients adressés pour recherche d'anomalies vasculaires, recherche d'anomalies vasculaires chez des donneurs potentiels de reins) ;

- la présence de biais de vérification (ou le doute sur l'existence d'un tel biais), responsable de l'augmentation artificielle de la sensibilité et réduction de la spécificité (tous les patients inclus ne reçoivent pas le test de référence, mais seulement ceux ayant un test positif ou douteux).

### **II.3. Évaluation de la performance diagnostique des examens d'imagerie**

La valeur d'un examen diagnostique est appréciée sur sa performance intrinsèque et son efficacité diagnostique.

#### **II.3.1. Performance intrinsèque des méthodes de diagnostic des sténoses de l'artère rénale**

Pour chaque technique, la performance intrinsèque a été évaluée dans les études analysées sur sa reproductibilité intra- et interobservateurs. La reproductibilité intra-observateurs représente la capacité d'un examen diagnostique à donner le même résultat lorsqu'il est réalisé et/ou interprété plusieurs fois par le même observateur. La reproductibilité interobservateurs (ou concordance interobservateurs) représente la capacité du test à donner le même résultat lorsqu'il est réalisé et/ou interprété plusieurs fois par différents observateurs.

Lorsque le résultat de l'examen était exprimé par une valeur quantitative (valeur numérique du degré de sténose), la reproductibilité intra- ou interobservateurs de la mesure était exprimée dans la plupart des études analysées par un coefficient de régression « r » ou par un coefficient de corrélation intraclass variant de -1 (désaccord total) à +1 (accord total). La valeur 0 correspondant à un accord obtenu par le hasard. Des valeurs inférieures à 0,40 indiquent une faible concordance et des valeurs supérieures à 0,80 une concordance élevée.

Lorsque, le plus fréquemment d'ailleurs, le résultat de l'examen était exprimé par un classement (degré de sténose classé en catégorie), la reproductibilité ou la concordance étaient exprimées à l'aide du coefficient Kappa. Par convention, on considère que la concordance est :

- mauvaise pour un indice kappa compris entre 0 et 0,20 ;
- faible pour un indice kappa compris entre 0,21 et 0,40 ;
- moyenne pour un indice kappa compris entre 0,41 et 0,60 ;
- bonne pour un indice kappa compris entre 0,61 et 0,80 ;
- excellente pour un indice kappa compris entre 0,81 et 1.

#### **II.3.2. Efficacité diagnostique des méthodes de diagnostic des sténoses de l'artère rénale**

Les études retenues pour évaluer la performance de chacun des tests à faire le diagnostic de sténose de l'artère rénale comportaient une comparaison aux résultats obtenus par artériographie. La sensibilité et la spécificité des examens des techniques à déterminer un seuil de sténose défini par rapport au diagnostic de l'examen de référence étaient les critères d'efficacité pris en compte.

### **II.4. Minimum requis pour chaque technique**

Un paragraphe succinct a proposé un minimum requis pour chaque technique d'exploration étudiée. Les informations contenues dans ces paragraphes ne sont pas issues d'une analyse critique de la littérature. Elles se sont appuyées sur des pratiques communément admises ou sur l'avis des experts du groupe de travail.

### **II.5. Positionnement de la technique**

Les experts du groupe de travail ont souhaité proposer la place et le positionnement de chacune des techniques étudiées. Les informations contenues dans ces paragraphes ne sont pas issues d'une analyse critique de la littérature. Elles se sont appuyées sur l'avis des experts du groupe de travail.



## STRATEGIE DE LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

---

### III. SOURCES D'INFORMATIONS

#### III.1. Bases de données bibliographiques automatisées

- *Medline* (*National library of medicine*, États-Unis);
- *Embase* (*Elsevier*, Pays-Bas) ;
- *Pascal* (CNRS-INIST, France).

#### III.2. Autres sources

- *Cochrane library* (Grande-Bretagne) ;
- *National guideline clearinghouse* (États-Unis) ;
- *HTA Database* (*International network of agencies for health technology assessment - INAHTA*) ;
- Sociétés savantes compétentes dans le domaine étudié ;
- BDSP (Banque de données en santé publique, Rennes) ;
- Internet : moteurs de recherche.

La recherche a été limitée à 1998.

### IV. STRATEGIE DE RECHERCHE

La stratégie d'interrogation de *Medline* et *Pascal* précise les termes de recherche utilisés pour chaque sujet ou types d'étude et la période de recherche.

Les termes de recherche sont soit des termes issus d'un thesaurus (descripteurs du MESH pour *Medline*), soit des termes du titre ou du résumé (mots libres).

Ils sont combinés en autant d'étapes que nécessaire à l'aide des opérateurs « ET » « OU » « SAUF ».

Une présentation synthétique (*tableau 2*) reprend les étapes successives et souligne les résultats en terme de :

- nombre total de références obtenues ;
- nombre d'articles analysés ;
- nombre d'articles cités dans la bibliographie finale.

**Tableau 2. Stratégie de recherche documentaire.**

Type d'étude/Sujet	Termes utilisés	Période de recherche	Nombre de références
<b>Recommandations</b>		1998-2003	M : 10
Étape 1 ET	<i>renal artery obstruction OU hypertension, renovascular</i>		
Étape 2	<i>Guideline* OU Practice guideline OU Health planning guidelines OU Recommendation [titre] OU Consensus development conference OU Consensus development conference, NIH OU Consensus conference[titre] OU Consensus statement[titre]</i>		
<b>Méta analyses, Revues de littérature</b>		1998-2003	M : 20
Étape 1 ET			
Étape 3	<i>Meta analysis OU Review literature OU Systematic review</i>		
<b>Études contrôlées</b>		1998-2003	M : 34
Étape 1 ET			
Étape 4	<i>Controlled clinical trial OU Randomized controlled trial* OU Single blind method OU Double blind procedure OU Random allocation OU Randomization OU Random*[titre] OU Versus [titre] OU Controlled study OU Comparative study OU Comparison[titre]</i>		
<b>Études cas-témoin, études de cohorte</b>		1998-2003	M : 243
Étape 1 ET			
Étape 5	<i>Angiography! OU ultrasonography,Doppler! OU magnetic resonance imaging! OU tomography, emission-computed!OU radiographic image interpretation, computer-assisted OU tomography, x-ray computed OU angioplasty!</i>		
ET			
Étape 6	<i>Clinical Trial OU Case-Control Study(ies) OU Retrospectives Study(ies) OU Cross-Over Studies OU Crossover Procedure OU Cross-Sectional Studies OU Cohort Studies OU Cohort Analysis OU Longitudinal Study(ies) OU Follow-Up Studies OU Follow Up OU Prospective Study(ies) OU Comparative Study</i>		
<b>Littérature francophone</b>		1998	P : 117
Étape 8	<i>Artère rénale OU hypertension rénovasculaire</i>		
(M = Medline, P = Pascal)			
<b>Nombre total de références obtenues</b>			<b>424</b>
<b>Nombre total d'articles analysés</b>			<b>205</b>
<b>Nombre d'articles cités</b>			<b>137</b>

## SELECTION DE LA POPULATION A DIAGNOSTIQUER

---

### I. JUSTIFICATION DE LA SELECTION

Si la très grande majorité des cas d'hypertension artérielle est essentielle, la recherche d'une cause curable permet d'éviter aux patients diagnostiqués un traitement symptomatique au long cours. L'hypertension artérielle rénovasculaire représente une des causes les plus fréquentes des hypertensions artérielles secondaires, mais sa prévalence reste faible (cf. Généralités - II Épidémiologie) et il ne saurait être question d'envisager chez tous les hypertendus des explorations radiologiques invasives et coûteuses, à la recherche d'une sténose de l'artère rénale. Une sélection clinique rigoureuse s'impose pour un rendement raisonnable. Une augmentation de la prévalence des cas est en effet observée dans le cas de sélection de population sur des critères cliniques et a un impact favorable sur la valeur prédictive positive des tests, sensiblement améliorée. Ainsi, un test de sensibilité et spécificité de 90 % aura une valeur prédictive de 30 % dans une population non sélectionnée ayant une prévalence de 5 %, et une valeur prédictive de 90 % dans une population sélectionnée à prévalence élevée de 50 %.

### II. MODALITES DE SELECTION DE LA POPULATION

La sélection de la population pour laquelle la recherche de sténose de l'artère rénale est justifiée se fait par la recherche de signes cliniques et biologiques, marqueurs de la maladie, ou par l'utilisation de règle de décision clinique.

#### II.1. Recherche des signes cliniques et biologiques associés à la présence de sténose de l'artère rénale

Les éléments de l'interrogatoire et de l'examen clinique faisant suspecter une sténose de l'artère rénale identifiés dans la littérature sont (5,32-36) :

- âge de début d'hypertension artérielle à moins de 30 ans ou à plus de 50 ans chez un homme ou à plus de 60 ans chez une femme ;
- début brutal d'une hypertension artérielle ;
- aggravation d'une hypertension artérielle précédemment bien contrôlée ;
- hypertension artérielle réfractaire à un traitement bien suivi comportant 3 antihypertenseurs ;
- hypertension artérielle accélérée ou maligne ;
- rétinopathie hypertensive stade III ou IV ;
- présence d'un souffle systolodiastolique abdominal (ou lombaire) ;
- œdème pulmonaire récurrent (« flash ») ;
- association à d'autres localisations athéromateuses ;
- insuffisance rénale aiguë et absence de baisse de la pression artérielle sous antihypertenseur *a fortiori* sous IEC ou antagonistes des récepteurs de l'angiotensine II ;
- syndrome néphrotique du sujet âgé ;
- HTA avec hypokaliémie et hyperuricémie.

## II.2. Utilisation de règle de prédiction

La combinaison des critères permet de définir des règles cliniques de prédiction (appelées aussi règles de décision clinique, algorithme décisionnel). Elles sont obtenues par analyse multivariée de signes anamnestiques, physiques, biologiques facilement accessibles et offrent une probabilité de maladie ou d'évolution ou proposent un diagnostic ou une procédure thérapeutique. Une règle clinique de prédiction de la détection d'une sténose artérielle rénale a été mise au point par Krijnen *et al.* (37). L'analyse des données de l'étude DRASTIC par Krijnen *et al.* (37) avait pour objectif de mettre au point une règle clinique de prédiction de la détection de sténose de l'artère rénale, par le calcul d'un score clinique prédictif « prétest ». La population étudiée concernait des sujets hypertendus résistants à une bithérapie ou dont la créatinémie s'était élevée après administration d'inhibiteurs de l'enzyme de conversion (IEC). La prévalence de sténose de l'artère rénale de plus de 50 %, contrôlée par angiographie, était de 20 %. Parmi les facteurs analysés, la présence d'un souffle abdominal, d'une créatinémie élevée, d'une obésité, d'un tabagisme et l'âge avancé du patient se sont révélés être les mieux corrélés à la sténose de l'artère rénale.

Pour utiliser cette règle de décision clinique, neuf variables cliniques et biologiques (créatininémie, cholestérolémie) doivent être connues (*tableau 3*). Le calcul du score total permet d'estimer la probabilité « prétest » de sténose de l'artère rénale (*figure 1*) (37,38). Une règle de décision peut être établie pour sélectionner la population à diagnostiquer en fixant un seuil de probabilité. Les valeurs de sensibilité et spécificité de la règle de décision correspondant aux probabilités « prétest » sont présentées en *annexe 1*. Par exemple, pour le seuil de probabilité de 30 %, la sensibilité de la règle est de 68 % et la spécificité de 87 % conduisant sur 100 patients à ne réaliser le test diagnostique qu'à 25 d'entre eux (au lieu des 100 en l'absence d'utilisation de la règle). La valeur prédictive est meilleure pour la forme athéroscléreuse, mais elle reste valable dans les cas de dysplasie fibromusculaire.

Une validation de cette règle a été réalisée par Marquand *et al.* (39) sur une population d'hypertendus non contrôlés par une bithérapie antihypertensive, à haute prévalence de sténose de l'artère rénale (prévalence de 50 %). La probabilité de diagnostiquer une sténose artérielle rénale a été calculée à partir de l'équation proposée par la règle de prédiction clinique de Krijnen pour les 102 patients de l'étude et confrontée ensuite aux résultats de la recherche de sténose effectuée chez tous les patients. Les résultats montrent que sur cette population sélectionnée à risque élevé, une probabilité « prétest » de 50 % permet d'affirmer la présence de sténose artérielle rénale chez plus de 90 % des sujets.

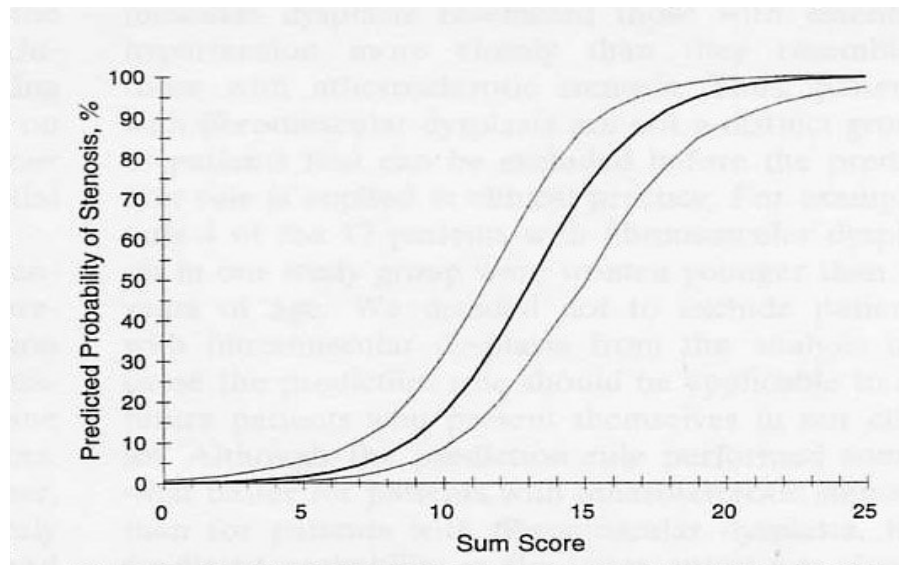
Ces résultats devraient être complétés par une autre étude de validation de la règle sur une population de prévalence moins élevée et de l'ordre de 10 % correspondant davantage à la prévalence de sténose artérielle rénale dans une population d'hypertendus résistants à une bithérapie.

Ce travail permet de définir des valeurs de probabilité prétest compatibles avec l'affirmation ou l'élimination du diagnostic de sténose artérielle rénale. Le choix de la probabilité doit être modulé suivant les pratiques, ainsi le spécialiste privilégiant la nécessité de ne pas passer à côté (peu de faux négatifs) choisira une probabilité basse de 15 %.

**Tableau 3.** Variables cliniques et biologiques et calcul du score de prédiction de sténose de l'artère rénale d'après Krijnen *et al.* (37)

Variables	Score	
	Non-fumeur	Fumeur ou ancien fumeur
Âge (année)		
20	0	3
30	1	4
40	2	4
50	3	5
60	4	5
70	5	6
Femme	2	2
Signes d'athérosclérose**	1	1
HTA depuis 2 ans	1	1
IMC < 25 kg/m <sup>2</sup>	2	2
Souffle abdominal ***	3	3
Créatinémie (µmol/L)***		
40	0	0
60	1	1
80	2	2
100	3	3
150	6	6
200	9	9
Cholestérol > 6,5 mmol/L ou traitement hypolipémiant	1	1

- \* le score global est obtenu à partir de la somme de chacun des scores. Le score global est ensuite utilisé pour obtenir la probabilité de sténose de l'artère rénale suivant l'équation du modèle de Krijnen *et al.* (37) ;
- \*\* souffle fémoral ou carotidien, angor, claudication intermittente, infarctus du myocarde, AVC, antécédent de chirurgie vasculaire ;
- \*\*\* pour les valeurs intermédiaires, le score est calculé par interpolation linéaire.

Figure 1. Probabilité de sténose suivant le score global suivant Krijnen *et al.* (37)

## TECHNIQUE DE REFERENCE : ARTERIOGRAPHIE RENALE

---

L'artériographie conventionnelle ou numérisée est la technique de référence pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale et pour l'évaluation de la performance diagnostique des autres méthodes. Son principal inconvénient est d'être une technique invasive : elle nécessite une ponction artérielle avec cathétérisme et une injection de produit de contraste iodé. Elle requiert un équipement spécifique, associant des conditions stériles strictes, le respect des normes de radioprotection. Dans les cas où elle est réalisée uniquement à titre diagnostique, elle peut être pratiquée dans le cadre d'une hospitalisation de jour (voie fémorale), voire en ambulatoire (voie brachiale). L'amélioration des performances des autres techniques de diagnostic des sténoses de l'artère rénale fait qu'aujourd'hui l'artériographie rénale diagnostique n'est réalisée qu'à titre exceptionnel. Elle est actuellement, dans la très grande majorité des cas, le premier temps d'un traitement endovasculaire des sténoses de l'artère rénale.

### I. TECHNIQUE

#### — *Description de la technique*

Elle est réalisée après cathétérisme percutané de l'artère fémorale ou de l'artère humérale, voire brachiale. Une injection aortique abdominale de face est complétée si nécessaire par des obliques dégageant les ostia et éventuellement par des injections sélectives précisant l'état du tronc de l'artère rénale et de ses branches de division lorsqu'une sténose distale est suspectée. Il est possible de déterminer le nombre d'artères rénales et le nombre d'artères accessoires, le siège et la longueur de la ou des sténoses, l'état du parenchyme rénal homo et controlatéral et d'évoquer une étiologie (sténose athéroscléreuse ou dysplasie fibromusculaire). Le cathétérisme permet aussi une approche quantitative par la recherche de signes indirects comme la dilatation poststénotique, l'existence de circulations collatérales, la mesure des diamètres et le calcul de la réduction du diamètre luminal. L'artériographie rénale permet enfin d'évaluer la taille des reins et la vascularisation intrarénale.

Elle peut être complétée dans le même temps par une évaluation hémodynamique de la sténose de l'artère rénale et de son retentissement, par simple mesure du gradient de pression transsténotique et/ou Doppler endovasculaire en particulier dans les sténoses de l'artère rénale aux alentours de 50-60 %, dont le caractère hémodynamiquement significatif est douteux.

La réalisation d'une opacification des artères rénales au cours d'une coronarographie est devenue une pratique de plus en plus fréquente. Elle doit répondre aux mêmes exigences techniques : injection globale intra-aortique avec un cathéter adapté de type « pig tail », visualisation conjointe des artères rénales, de la vascularisation d'aval et du néphrogramme.

#### — *Limites*

Les images en deux dimensions constituent une limite pour apprécier le degré de sténose dans le cas de plaques calcifiées d'origine athéromateuses ou d'artères tortueuses. L'autre inconvénient de la technique est de ne pas étudier l'état de la paroi vasculaire ainsi que le retentissement hémodynamique des lésions sauf si des techniques complémentaires sont réalisées (manométrie).

Une autre limite est représentée par l'absence de vision axiale qui ne permet pas une évaluation en trois dimensions de l'artère à l'instar des techniques d'imagerie en coupes. Ainsi une sténose de l'artère rénale excentrée peut être méconnue ou sous-

estimée. De même, l'évaluation du degré de sténose de certaines dysplasies fibromusculaires peut être difficile.

— *Reproductibilité*

Suivant les résultats des deux études répertoriées (40,41), la concordance interobservateurs de l'artériographie n'est pas toujours satisfaisante. Dans l'étude de van Jaarsveld *et al.* (41), la concordance interobservateurs était moyenne pour déterminer le nombre d'artères accessoires ( $\kappa = 0,50-0,72$ ) et bonne pour détecter les sténoses de plus de 50 % ( $\kappa = 0,60-0,77$ ), mais une mauvaise concordance des avis a été observée ( $\kappa < 0,40$ ) pour différencier les degrés de sténoses de 50 ou 60 % ou de 60 et 70 %. Dans l'étude de Paul *et al.* (40), la concordance moyenne entre observateurs était modérée ( $\kappa = 0,48$ ). Les problèmes de lectures sont liés à la faible opacification des artères, aux repérages du diamètre minimal et du diamètre de référence qui varient d'un opérateur à l'autre. Le développement de système de quantification automatique du degré de sténose a donné des résultats encourageants, mais reste en cours de validation (42). La variabilité des mesures est plus forte chez la femme où les artères sont plus fines. La variabilité entre observateurs peut être considérée comme équivalente à celle observée dans l'exploration de la carotide.

— *Performance diagnostique*

Une étude ancienne a comparé les résultats de l'artériographie aux résultats de l'autopsie (2). Une sténose, non identifiée à l'angiographie, a été repérée lors de l'autopsie dans 5 cas sur 51 conduisant à une sensibilité de l'artériographie dans cette étude de 90 % seulement. Cette étude ne peut toutefois être le reflet de la pratique actuelle étant donné son ancienneté.

## II. RISQUES

L'artériographie expose classiquement à plusieurs complications médicales :

- locales : hématomes, dissections, embolies ;
- générales : néphrotoxicité, accidents allergiques, embolies de cholestérol.

Ces complications sont d'autant plus problématiques qu'elles surviennent chez des malades le plus souvent polyvasculaires, diabétiques, insuffisants rénaux et/ou sous anticoagulants, antiagrégants.

Chez ces patients, les risques néphrotoxiques des produits de contraste iodés nécessitent de réaliser une protection néphronique en instaurant une hydratation avec du sérum salé isotonique associé à la prise de N acétyl cystéine (600 mg deux fois par jour *per os* à débiter la veille de l'examen) pendant la période de l'examen (43). Un contrôle glycémique approprié doit être vérifié chez le patient diabétique.

En fait aujourd'hui, l'amélioration des techniques de cathétérisme (miniaturisation), les techniques de numérisation (permettant une réduction importante du produit de contraste iodé utilisé) ont notoirement limité les risques de l'artériographie rénale réalisée à titre diagnostique.

Les chiffres proposés par l'étude coopérative américaine de Reiss *et al.* (44), réalisée en 1972, (3,9 % de complication dont 1,2 % de complication majeure et 0,1 % de complications mortelles) doivent être considérés comme totalement non représentatifs de la pratique actuelle.

## DIFFERENTES TECHNIQUES

---

### I. DOSAGES DE RENINE ACTIVE PLASMATIQUE ET TEST AU CAPTOPRIL

Ce chapitre a pour but d'évaluer la performance de l'étude des variations de concentration de rénine plasmatique périphérique après administration de captopril pour faire le diagnostic de sténose de l'artère rénale. Il s'agit d'un test de nature fonctionnelle qui occupe en 2004 une place restreinte dans la stratégie diagnostique, mais qu'il est apparu nécessaire de mentionner pour être exhaustif dans le cadre de ce travail. Seules les études évaluant la performance diagnostique du test ont fait l'objet d'une recherche de la littérature.

#### I.1. Technique

##### I.1.1. Description de la technique

Préparation du patient : un régime normosodé doit être respecté et une vérification de la natriurèse avant le test est préconisée ( $> 50$  mmol/j). Les traitements bêtabloquants, IEC, sartans doivent être interrompus une semaine avant le test, les diurétiques six semaines avant le test. Les inhibiteurs calciques, centraux et alphabloquant peuvent être maintenus si nécessaire. La natriurèse doit être vérifiée sur un recueil urinaire de 24 heures.

Conditions de réalisation du test : le patient est assis ou allongé depuis au moins 30 minutes. La pression artérielle est mesurée régulièrement. Le premier prélèvement veineux sanguin est effectué afin de mesurer l'activité rénine plasmatique (ARP) avant le test. Une dose de 50 mg de captopril est ensuite administrée par voie orale. De nouveaux prélèvements et dosages de ARP sont réalisés à 60 minutes, et parfois aussi 120 minutes (au minimum, un prélèvement à 60 minutes doit être réalisé). Il est impératif que le patient ne se lève pas pendant la durée du test.

##### I.1.2. Critères diagnostiques

Les valeurs de rénine active plasmatique avant et après stimulation par le captopril sont utilisées. Une valeur initiale avant test élevée et/ou une augmentation de la rénine après administration de captopril sont des signes de positivité du test. Les critères définis par Müller *et al.* (45) servent de référence, les trois critères doivent être remplis pour considérer le test comme positif :

- ARP maximale  $\geq 12$  ng/mL/heure ;
- (ARP maximale – ARP basale)  $\geq 10$  ng/mL/heure ;
- (ARP maximale – ARP basale)/ ARP basale  $\geq 150$  % ou  $\geq 400$  % dans le cas où l'ARP basale était  $< 3$  ng/mL/heure.

Les seuils identifiés correspondent à une population à fonction rénale normale (créatinémie  $< 20$  mg/L).

##### I.1.3. Limites de la méthode

L'âge, la présence d'insuffisance rénale, l'ancienneté d'évolution de la sténose (stade où l'hypertension est rénine dépendante ou non) influencent la production de rénine et la réponse au test. La nécessité d'un arrêt préalable des médicaments susceptibles d'interférer avec la sécrétion de rénine est une limite supplémentaire. Il faut aussi noter la nécessité de faire réaliser la technique de mesure de l'ARP par un laboratoire expérimenté.



**I.2. Avantages et risques**

Les dosages de rénine et d'aldostérone font partie du bilan étiologique habituel d'une hypertension artérielle lorsque ce bilan est indiqué. La réponse au captopril de la sécrétion de rénine s'intègre facilement dans ce bilan réalisé en particulier dans le cadre d'un hôpital de jour et permet de disposer dans le même temps de la réponse de l'aldostérone à la freination par le captopril. Cet examen ne comporte aucun danger et son coût reste modeste.

**I.3. Valeur des dosages en rénine plasmatique et test au captopril dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale**

Quatre études avaient été sélectionnées dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), aucune étude n'a été publiée ultérieurement. Les principales caractéristiques méthodologiques de ces études et leurs résultats sont présentés dans le *tableau 4* (46). Les résultats sont variables, mais les valeurs de sensibilité restent très médiocres. Les résultats les plus favorables sont observés dans l'étude de Stephan *et al.* (46). Cette étude a utilisé des critères de sévérité de la sténose plus exigeants (> 75 %). En cas d'insuffisance rénale, le risque de faux négatifs augmente et la performance diagnostique du test est réduite (45). Ce test étant par nature fonctionnel, n'a pas pour vocation de dépister les sténoses de l'artère rénale, mais l'hyperréactivité de la rénine dans le cadre de l'hypertension rénovasculaire.

**I.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique**

Cet examen est faisable chez tous les patients sans risque particulier, mais occupe un positionnement restreint qui reste discuté :

- il est plus particulièrement utile dans le diagnostic des sténoses artérielles rénales au stade rénine dépendante dont l'essentiel des cas est représenté par les formes dysplasiques dont l'hypertension est récente ;
- sa nature fonctionnelle peut en faire un complément utile des autres examens ;
- il permet aussi de réaliser le bilan fonctionnel des petits reins en aval de sténose artérielle rénale pour discuter de leur prise en charge thérapeutique.

**Tableau 4.** Performance du test au captopril et de l'étude des variations de rénine active plasmatique pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale (SAR).

Auteur, Année	N patients	Population	Critère de référence	Prévalence de SAR % (patients)	Critères diagnostiques	Résultats	
						Sensibilité %	Spécificité %
Postma <i>et al.</i> , 1990 (47)	149	Hypertendus avec signes d'HRV	Sténose $\geq$ 50 %	29,5	Critère de Müller <i>et al.</i> (45) Augmentation de l'ARP d'au moins 100 %	34	93
						52	74
Svetkey <i>et al.</i> , 1991 (48)	130	Hypertendus avec signes d'HRV	Sténose $\geq$ 50 %	22	ARP > 4 ng/mL/h	58	76
Stephan <i>et al.</i> , 1993 (46)	88	Hypertendus suspects de SAR	Sténose $\geq$ 75 %	21,6	Association de 2 ou 3 critères*	68	88
Schrej <i>et al.</i> , 1995 (49)	46	Hypertendus avec signes d'HRV	Sténose $\geq$ 50 %	43,4	Augmentation de l'ARP d'au moins 100 %	15	77

ARP : activité rénine plasmatique ;

\* association des 3 critères suivants : rénine active plasmatique basale  $\geq$  70 ng/L, augmentation en valeur absolue de la rénine plasmatique d'au moins 50 ng/L et augmentation en % de la rénine d'au moins 165 % ; ou association des 2 critères suivants : rénine active basale et valeur maximale de rénine plasmatique supérieures à 30 fois la valeur moyenne observée dans le cas de l'absence de sténose ou de sténose de moins de 30 %.

## II. SCINTIGRAPHIE RENALE

Ce chapitre a pour but d'évaluer la reproductibilité et la performance de la scintigraphie rénale dans le diagnostic des sténoses de l'artère rénale. En réalité, l'examen scintigraphique, qui comporte la plupart du temps une stimulation pharmacologique, est plutôt utilisé dans le diagnostic d'imputabilité d'une sténose de l'artère rénale dans l'hypertension artérielle, c'est-à-dire dans le diagnostic d'hypertension rénovasculaire et non de sténose de l'artère rénale. La stimulation pharmacologique habituellement employée est le captopril.

### II.1. Technique

#### II.1.1. Description de la technique

La procédure de réalisation de scintigraphie rénale est décrite suivant les dernières recommandations élaborées par la *Society of Nuclear Medicine* (50,51).

##### — *Protocole*

Le protocole comporte deux tests, un examen basal et un examen de sensibilisation, le test au captopril, réalisé soit le jour même (au moins deux heures après), soit le lendemain.

Pour éviter un test, certains auteurs préconisent de commencer par le test captopril. Si l'examen est normal, la probabilité pour qu'existe une HRV étant faible, il est admis qu'il n'y a pas lieu de poursuivre l'examen de base le lendemain.

##### — *Préparation du patient*

Le patient doit être à jeun depuis 4 heures et bien hydraté (7 ml/kg d'eau ou 0,5 l d'eau, 1 heure avant le début du test). Les diurétiques doivent être arrêtés 4 jours avant le test. Les antihypertenseurs à base d'IEC doivent être suspendus trois à cinq demi-vies d'élimination de l'IEC et plus si la fonction rénale est altérée.

##### — *Choix du traceur*

Trois isotopes peuvent être théoriquement utilisés, l'ortho-iodo-hippurate (OIH) marqué à l'iode 131, le DTPA et le MAG3 marqués au technétium 99 m. L'OIH subit une filtration glomérulaire et une excrétion tubulaire, mais les images obtenues seraient de moins bonne qualité et la dose de radiation par patient plus élevée qu'avec les autres marqueurs de sorte qu'il est peu utilisé (52,53). Le DTPA est un marqueur de filtration glomérulaire exclusif, il a une excrétion rénale limitée et les images sont de qualité médiocre dans l'insuffisance rénale où le MAG3 est alors recommandé (51,54).

— *Intervention*

Le test de sensibilisation le plus couramment utilisé est le captopril (IEC). Il peut être administré par voie orale à la dose de 0,7 mg/kg (25 à 50 mg). L'injection intraveineuse de l'isotope est ensuite réalisée après 60 à 90 minutes, au moment du pic de concentration sanguine qui survient 60 à 90 minutes après l'absorption de captopril. Avec l'énalapril, la dose habituellement recommandée est de 40 µg/kg sans dépasser 2,5 mg. L'administration intraveineuse se fait en 3 à 5 minutes.

Le délai d'administration de l'isotope de 15 minutes est plus court. L'administration de furosémide est une option possible, augmentant la performance du test, mais augmentant aussi le risque d'hypotension.

Plus récemment, l'aspirine a été utilisée comme test de sensibilisation (55-58). La production rénale de prostaglandines est augmentée du côté sténosé (la vasodilatation créée permet de maintenir le flux de perfusion rénale et augmente la sécrétion de rénine). La suppression de l'effet des prostaglandines obtenue après administration d'aspirine permet d'apprécier la baisse de filtration glomérulaire et le degré de sténose. L'aspirine n'entraînant pas d'effet hypotenseur, ne nécessite pas l'arrêt des IEC avant le test et représente donc un avantage par rapport au test de stimulation au captopril.

— *Appareils, positionnement, acquisition des images*

La gammacamera étant positionnée en face postérieure, patient allongé sur le dos, permet la visualisation minimale des reins et de la vessie (vide). La durée totale d'acquisition des images est de 20 à 30 minutes. Les courbes activité-temps sont enregistrées et permettent la mesure et le calcul des différents indicateurs (temps de pic d'activité (Tmax), activité au pic (Amax), activité résiduelle à 20 minutes, calcul du ratio : activité à 20 minutes/activité au pic, temps de transit rénal parenchymateux, calcul de l'index de captation rénale exprimé par l'index de répartition relative de la captation des deux reins). Ces indicateurs sont déterminés lors du test de base et comparés aux mêmes indicateurs après administration de captopril.

— *Précautions*

Une voie d'abord devrait être posée comme garde veine chez les sujets à risque élevé (antécédents cardio-vasculaires) ou dans le cas d'injection d'énalapril. La pression artérielle doit faire l'objet d'une surveillance régulière toutes les 10-15 minutes. Un retour de la pression artérielle à 70 % de la valeur de base et l'absence d'hypotension orthostatique doivent être observés pour libérer le patient.

II.1.2. Critères diagnostiques

La captation du DTPA diminuée après administration de captopril reflète la diminution du flux glomérulaire rénal alors que la rétention corticale observée avec les agents tubulaires (MAG3 et OIH) reflète à la fois une diminution du flux et une captation continue de l'isotope du capillaire péri-tubulaire dans les cellules tubulaires proximales associées à une absence de wash out dans la lumière tubulaire.

Ces phénomènes se traduisent principalement sur les tracés par une réduction relative de l'activité du côté sténosé, un retard du pic d'activité et une augmentation de l'activité résiduelle en fin d'examen.

L'analyse et l'interprétation du test reposent sur l'appréciation visuelle du néphrogramme et les mesures réalisées sur les courbes activité-temps. Les paramètres semi-quantitatifs habituellement retenus sont les suivants :

- captation rénale relative entre la deuxième et la troisième minute après injection ;
- temps de pic d'activité (Tmax) ;

- activité résiduelle à 20 minutes en % de l'activité maximale ;
- parfois le temps de transit parenchymateux (TTP).

La série rétrospective consécutive de van Jaarsveld *et al.* (54) portant sur 505 patients ayant eu une scintigraphie rénale entre 1978 et 1992, est la seule étude identifiée, de grande ampleur, comportant une analyse des seuils des différents critères mesurés (test de référence artériographie, sténose définie à plus de 50 %).

Les résultats concernant le sous-groupe de patients ayant eu une scintigraphie avec test au captopril sont présentés dans le *tableau 5*. Ils ne permettent pas d'individualiser nettement ni un seuil ni un critère précis (sauf pour la scintigraphie au MAG3 pour laquelle les mesures de Tmax et TTP (délai de détection d'activité au niveau de la région pyélique) sont meilleures que l'index de captation rénale). L'association de plusieurs paramètres améliore de manière modeste la performance diagnostique.

**Tableau 5.** Valeur diagnostique des critères étudiés lors d'examens scintigraphiques au DTPA ou au MAG3 et avec stimulation au captopril d'après van Jaarsveld *et al.* (54)

Critère	Scintigraphie au DTPA (n = 230)		Scintigraphie au MAG3 (n = 93)	
	Sensibilité	Spécificité	Sensibilité	Spécificité
Rein de petite taille	0,55	0,76	0,50	0,71
Index de captation rénale				
44 %	0,79	0,54	0,63	0,65
42 %	0,68	0,70	0,50	0,73
40 %	0,63	0,85	0,47	0,76
38 %	0,61	0,87	0,45	0,82
36 %	0,53	0,93	0,42	0,89
TTP <sup>*</sup>				
≥ 5 mn	0,79	0,58	0,74	0,75
≥ 6 mn	0,68	0,86	0,53	0,89
≥ 7 mn	0,68	0,96	0,50	0,98
Différence entre les deux reins ≥ 2 mn	0,61	0,98	0,47	0,96
Tmax				
≥ 5 mn	0,76	0,53	0,79	0,44
≥ 6 mn	0,68	0,78	0,66	0,67
≥ 7 mn	0,66	0,80	0,63	0,84
Différence entre les deux reins ≥ 2 mn	0,61	0,87	0,55	0,86
TTP ≥ 6 mn ou différence de Tmax	0,71	0,76	0,63	0,80
entre les deux reins ≥ 2 mn <sup>**</sup>				
Rénogramme de classe ≥ 2 <sup>**</sup>	0,66	0,91	0,53	0,89
Conclusion du radiologue	0,66	0,93	0,61	0,96

\*TTP : délai de détection d'activité au niveau de la région pyélique ; \*\* classification d'après Fommei *et al.* (59)

Les seuils habituellement retrouvés dans la littérature pour définir l'anormalité des différents critères sont les suivants (51,60) :

- Tmax supérieur à 11 mn ou inférieur à 2 mn ;
- rapport : activité à 20 mn/ activité au pic, supérieur à 0,3 ou augmentation de 0,15 après administration de captopril ;
- index de captation relative de moins de 40 ou 35 % ou différence supérieure à 5 % ou à 10 % entre le test de base et le test au captopril.

Le choix des critères actuels, des seuils utilisés et des modes d'interprétations reposent en fait aujourd'hui essentiellement sur des consensus d'experts. Suivant l'aspect du néphrogramme, six catégories ont été définies dans les dernières recommandations de la *Society of Nuclear Medicine* (50,51).

Cette classification est très largement inspirée des précédents critères de Nally *et al.* (61) et des critères adoptés par le *European Multicentre Study Group* (EMSG) (59) :

- 0 : normal ;
- 1 : modifications mineures avec pour les traceurs tubulaires (OIH ou MAG3) retard du Tmax de plus de 5 minutes et rapport activité 20 mn/pic activité supérieur à 0,3 ;
- 2 : retard d'excrétion avec maintien de la phase d'élimination ;
- 3 : retard d'excrétion avec accumulation ;
- 4 : modèle d'insuffisance rénale avec raccourcissement du Tmax, diminution de la captation du traceur, celle-ci restant mesurable ;
- 5 : modèle d'insuffisance rénale avec diminution de la captation du traceur, celle-ci n'étant plus mesurable.

L'interprétation finale du test se fait par l'estimation d'une probabilité *posttest* d'hypertension artérielle rénovasculaire :

- faible probabilité d'HRV (< 10 %) : néphrogramme normal ou présence d'anomalies corrigées après administration de captopril ;
- probabilité intermédiaire : présence d'anomalies non modifiées après administration de captopril ;
- haute probabilité (> 90 %) : anomalies majorées après administration de captopril ; pour le DTPA, augmentation de la différence de captation relative entre les deux reins, pour le MAG3, augmentation du retard du pic d'activité ou du rapport activité à 20 mn/ activité au pic (une augmentation de plus de 0,15 avant-après captopril (ou de 0,3 à 0,45) est jugée significative).

### II.1.3. Limites de la méthode

La scintigraphie rénale n'est pas adaptée aux cas d'atrophie ischémique ou d'insuffisance rénale sévère (cf. II.3.2 Performance diagnostique).

### II.1.4. Minimum requis de la scintigraphie rénale avec test au captopril

L'examen scintigraphique doit comporter pour le test de base et pour le test au captopril :

- le nom du traceur et la dose administrée ;
- des images séquentielles sur 20 minutes ou 30 minutes ;
- les courbes des néphrogrammes droit et gauche ;
- la mesure des paramètres semi-quantitatifs pour chaque rein (index relatif de captation, Tmax, Amax, activité résiduelle à 20 minutes, TTP).

## II.2. Avantages et risques

La grossesse reste une contre-indication classique ; il existe des précautions à prendre en cas d'allaitement. La sténose de l'artère rénale sur rein unique et les sténoses bilatérales sont une contre-indication relative au test au captopril.

De même, en cas d'insuffisance rénale sévère sur le test de base, le test au captopril est inutile. Le test sera en effet ininterprétable puisque l'on ne pourra pas déterminer la probabilité d'imputabilité de la sténose dans l'hypertension artérielle (cf. stade 4 et 5 des néphrogrammes).

## II.3. Valeur de la scintigraphie rénale avec test au captopril dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale

### II.3.1. Performance intrinsèque

#### — *Variabilité des résultats et des pratiques*

La nature essentiellement fonctionnelle de l'examen ne permet pas d'identifier les artères accessoires.

La technique ne semble pas poser de difficultés de réalisation et le taux d'échec peut être considéré comme nul.

#### — *Reproductibilité*

Une seule étude récente concernant la reproductibilité des méthodes scintigraphiques a été identifiée (62). Il s'agit d'une étude ancillaire de l'étude multicentrique DRASTIC portant sur 503 patients et au cours de laquelle 658 rénogrammes ont été revus par 3 spécialistes de médecine nucléaire exerçant dans des hôpitaux différents. Le Tmax et l'index de captation rénale n'ont pas été étudiés car ils étaient calculés automatiquement. Le coefficient de corrélation intraclasse pour le délai d'excrétion (délai d'obtention d'activité rénale pelvienne) a été de 0,90 (IC 95 % 0,89-0,91) indiquant une concordance élevée. Les coefficients kappa poolés retrouvés pour les autres paramètres étudiés sont globalement satisfaisants en dehors de la rétention corticale (*tableau 6*). On note aussi une variation importante entre la concordance des conclusions portées suivant que l'unité évaluée soit le rein (kappa = 0,16, valeur la plus faible) ou le patient (kappa = 0,70, valeur la plus élevée).

**Tableau 6.** Concordance interobservateurs des paramètres étudiés dans la scintigraphie rénale d'après Krijnen *et al.* (62)

Paramètre	Kappa poolé	IC 95 %
Absence de captation (n = 1306)	0,65	0,51-0,80
Réduction de la taille du rein (n = 1271)	0,70	0,66-0,74
Délai d'excrétion rénale	0,90	0,89-0,91
Rétention corticale (n = 1238)	0,46	0,42-0,51
Rétention pelvienne	0,52	0,47-0,56
Classement du rénogramme (n = 1274)	0,65	0,62-0,68
Conclusion sur la présence de sténose		
Évaluation par rein	0,16	0,13-0,18
Évaluation par patient	0,70	0,64-0,74

### II.3.2. Performance diagnostique

Au total, 18 études ont été sélectionnées (13 incluses dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), et cinq études publiées ultérieurement, correspondant aux mêmes critères de sélection). Les principales caractéristiques méthodologiques et les résultats sont présentés dans le *tableau 9* (48,52,53,56,57,59,63-74).

Toutes les études ont été réalisées avec test au captopril et ont été publiées à partir de 1990. Les résultats diffèrent entre études : la sensibilité varie de 41 % (74) à 94 % (64) et la spécificité de 44 % (48) à 100 % (56).

Plusieurs facteurs contribuent à ces disparités :

#### — sélection de la population d'étude

Les patients hypertendus présentant un contexte clinique évocateur d'HRV et adressés pour recherche de sténose de l'artère rénale sont les critères retenus pour sélectionner la population dans la quasi-totalité des études. La prévalence de sténose de l'artère rénale (en patients) varie toutefois de 21 % (68) à 76 % (74). Certaines études, comme celle de Pedersen *et al.* (68), ont exclu les patients avec insuffisance rénale, alors que dans l'étude de Kaplan-Pavlovic et Nadja (69), 36 % des patients avaient une créatinémie  $\geq 120$   $\mu\text{mol/L}$ . L'étude de Tremel *et al.* (53) n'a retenu que les patients avec atteinte unilatérale ;

#### — définition du degré de sténose

Le degré de sténose pris en compte varie de 50 % (10 études), 60 % (1 étude), 70 % (3 études) jusqu'à 75 % (2 études) et semble surtout influencer la sensibilité du test. Deux études (68,74) reportent les valeurs diagnostiques observées pour 50 % et 70 % : une amélioration nette de la sensibilité est retrouvée (64 % et 84 % (68), 41 % et 56 % (74) pour les deux degrés de sténose respectivement), sans réelle modification de la spécificité : 97 % et 93 % (68), 82 % et 79 % (74) pour les deux degrés de sténose respectivement. L'étude de Kaplan-Pavlovic et Nadja (69) a également montré qu'aucune sténose de moins de 60 % n'avait été détectée par la scintigraphie, les auteurs concluent que le test n'est performant que pour révéler des sténoses ayant un retentissement hémodynamique (sténose de plus de 60 %). Dans l'étude de Fommei *et al.* (59), les valeurs moyennes du degré de sténose ont aussi été retrouvées significativement plus faibles chez les faux négatifs (78 % +/- 7 %) que chez les vrais positifs (86 % +/- 11 %),  $p < 0,05$  ;

#### — choix du traceur

Le recours au MAG3 augmente dans les dernières années, ainsi parmi les huit études publiées à partir de 1998, deux seulement ont utilisé le DTPA. L'étude de Tremel *et al.* (53) avait comparé l'efficacité des deux traceurs et n'a pas montré de différences. Dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), la comparaison des études avec MAG3 et avec DTPA n'a également pas montré de différences. Ces résultats sont conformes à ceux observés dans l'analyse de la série rétrospective de van Jaarsveld *et al.* (54).



Le traceur OIH a été comparé au DTPA dans deux études (48,64), les résultats sont comparables, sensiblement meilleurs avec DTPA (cf. *tableau 9*) ;

— *choix du test de sensibilisation*

Deux études ont comparé l'aspirine au captopril comme agent de sensibilisation de la scintigraphie (56,57). Aucune différence n'a été mise en évidence ;

— *choix des critères diagnostiques*

Dans le cas où les auteurs ont utilisé les critères habituels, les seuils choisis ont été différents : les valeurs définies pour l'index de captation rénale varient de 30 % à 40 %, celles concernant la différence de captation entre les deux reins de 5 % à 10 %, les seuils du Tmax varient aussi de 5 mn à 11 mn. Certains auteurs ont utilisé des critères basés sur la comparaison avant-après captopril (69,70), justifiés dans le cas de Kaplan-Pavlovic et Nadja par la trop grande complexité des critères de Nally *et al.*, difficiles à utiliser en pratique. Dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), aucune différence n'a pu être mise en évidence entre les deux modes d'analyses : avant-après captopril et après captopril. En utilisant les critères de Nally *et al.* (61), Kahn *et al.* (52) ont évalué l'influence du regroupement des cas à probabilité intermédiaire aux cas à probabilité élevée sur la performance diagnostique et montré une augmentation de la sensibilité de 50 % à 76 % associée à une baisse de la spécificité de 100 % à 71 %.

Un certain nombre de facteurs ont aussi été identifiés comme influençant la performance du test :

— *insuffisance rénale*

Trois études (59,65,71) ont réalisé des analyses par sous-groupes et montré une baisse de la performance diagnostique dans le cas d'insuffisance rénale (*tableau 7*). Ses analyses par sous-groupes n'ayant pas été programmées *a priori*, les résultats devraient être vérifiés par d'autres études. L'augmentation de faux positifs est particulièrement nette et à l'origine d'une spécificité médiocre ;

**Tableau 7.** Sensibilité et spécificité de la scintigraphie rénale selon la présence d'une insuffisance rénale.

Étude, année	Définition de l'insuffisance rénale	Sensibilité		Spécificité	
		IR+	IR-	IR+	IR-
Setaro <i>et al.</i> , 1991 (65)	Créatinémie > 1,5 mg/dl (133 µmol/L)	86 %	97 %	82 %	89 %
Fommei <i>et al.</i> , 1993 (59)	Créatinémie > 123 µmol/L	88 %	86 %	55 %	93 %
Bongers <i>et al.</i> , 2000 (71)	Créatinémie > 130 µmol/L	86 %	83 %	44 %	100 %

IR+ : sujets avec insuffisance rénale ;  
IR- : sujets sans insuffisance rénale.

— *atteinte bilatérale*

La présence d'anomalies bilatérales est source de faux positifs car ces anomalies sont observées dans d'autres situations pathologiques que les sténoses bilatérales (artérite de Takayasu's, syndrome de Bartter's) (73). La sensibilité du test, pour identifier les sténoses bilatérales, est également mauvaise (29 % dans l'étude de van de Ven *et al.* (57), 46 % dans l'étude de Balink *et al.* (73), 50 % dans l'étude de Mittal *et al.* (67)) ;

— *traitement chronique*

L'influence des traitements antihypertenseurs, diurétiques seuls ou associés a été analysée dans l'étude de Setaro *et al.* (65). Une meilleure performance du test est retrouvée chez les patients non traités par antihypertenseurs (sensibilité de 98 % sans traitement et 75 % avec traitement, spécificité de 83 % et 94 % respectivement). Suivant cette étude, la prise de diurétiques ne modifie pas les résultats ;

— *test de référence*

La comparaison des résultats de la scintigraphie à ceux de l'artériographie choisie comme test de référence n'est pas considérée comme réellement pertinente, les deux tests ne conduisent pas au même diagnostic, et la scintigraphie est pénalisée. L'artériographie est l'examen de référence pour le diagnostic anatomique des sténoses, la scintigraphie utilise les modifications liées au retentissement hémodynamique des sténoses pour les imputer dans l'HRV. La stimulation au captopril peut être considérée comme un test d'évaluation de la réponse au traitement de revascularisation et de prédiction d'HRV. La réponse au traitement de revascularisation apparaît en conséquence plus justifiée pour évaluer la performance du test. Un certain nombre d'études (59,64,65,67) comportent le suivi des patients traités et ont analysé la valeur prédictive d'HRV du test (*tableau 8*). Si ces résultats restent parcellaires et notoirement insuffisants pour permettre de conclure, il faut surtout souligner les nombreuses sources de biais (problèmes d'évaluation des échecs techniques, objectivité des mesures de pression artérielle, efficacité des traitements médicaux prescrits, absence de suivi des patients non traités par revascularisation, effectifs limités, pertinence des critères de réponse au traitement) ne permettant pas d'envisager à ce jour d'estimer de manière fiable l'efficacité du test suivant cette approche.

**Tableau 8.** Sensibilité et spécificité de la scintigraphie rénale pour prédire la réponse au traitement de revascularisation.

Étude, année	Effectif initial	Nombre de patients traités techniquement avec succès par revascularisation	Sensibilité	Spécificité
Mann <i>et al.</i> , 1991 (64)	55	25	58 %	17 %
Setaro <i>et al.</i> , 1991 (65)	113	40	80 %	85 %
Fommei <i>et al.</i> , 1993 (59)	272	54	95 %	82 %
Mittal <i>et al.</i> , 1996 (67)	86	25	95 %	100 %

#### II.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique

La scintigraphie rénale avec sensibilisation au captopril est une méthode non invasive, reproductible, pour rechercher l'imputabilité éventuelle d'une sténose artérielle rénale dans l'hypertension artérielle, ne présentant pas de contre-indication, mais limitée par une performance diagnostique insuffisante chez les sujets ayant une insuffisance rénale ou une atteinte bilatérale, ou traités par antihypertenseurs.

La place exacte de l'examen scintigraphique (avec ou sans stimulation au captopril) dans une stratégie diagnostique reste à définir et ne fait pas l'objet d'un consensus. Pour certains experts, en cas de suspicion d'hypertension rénovasculaire, la scintigraphie avec le test au captopril pourrait intervenir après un test radiologique de sténose artérielle rénale, pour préciser l'imputabilité éventuelle de la sténose dans l'hypertension artérielle, essayer de prédire l'évolution après traitement, orienter la décision thérapeutique lorsque la décision de revascularisation n'est pas formelle au vu des données cliniques et biologiques, évaluer la fonction rénale résiduelle d'un rein de moins de 8 cm, là encore pour guider la décision thérapeutique. Pour d'autres, le test pourrait intervenir en première intention à la fois dans l'hypertension rénovasculaire et dans la néphropathie associée, avant les examens morphologiques. Enfin, certains n'utilisent pas la scintigraphie au captopril, mais recommandent, après la mise en évidence non invasive de la sténose (par écho-Doppler, angiographie par résonance magnétique ou angioscanner), la scintigraphie rénale au DTPA ou au MAG3 (sans test au captopril) pour déterminer la valeur fonctionnelle totale et séparée de chaque rein. Cette dernière stratégie permet de dépister la progression éventuelle vers l'insuffisance rénale et de la traiter rapidement.



## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 9.** Performance de la scintigraphie rénale avec test au captopril pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale (SAR).

Auteur, année	N pat [artères]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Dondi <i>et al.</i> , 1990 (63)	132 [261]	Hypertendus, protéinurie +/- réduction taille rein	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc DTPA	Aspect du rénogramme, Tmax > 5 mn + rétention d'activité Différence de captation rénale > 5 %	Sensibilité 92 % Spécificité 98 %	NC	39 % (patients) 26 % (artères)
Mann <i>et al.</i> , 1991 (64)	55	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 70 %	99mTc DTPA et 99mTc OIH	Tmax > 5 mn Ratio activité 15 mn/activité au pic > 0,2 Index de captation rénale < 40 %	Avec DTPA : Sensibilité 94 % Spécificité 95 % Avec OIH : Sensibilité 83 % Spécificité 85 %	NC	64 % (patients)
Setaro <i>et al.</i> , 1991 (65)	113	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 75 %	99mTc DTPA	Tmax > 11 mn Rapport d'index de captation rénale > 1,5 (équivalent index de captation rénale < 40 %)	Sensibilité 91 % Spécificité 87 %	NC	51 % (patients)
Svetkey <i>et al.</i> , 1991 (48)	140	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc DTPA et 99mTc OIH	Différence activité rénale > 10 %	Avec DTPA : Sensibilité 77 % Spécificité 44 % Avec OIH : Sensibilité 71 % Spécificité 41 %	NC	22 % (patients)
Dondi <i>et al.</i> , 1992 (66)	63 [125]	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	Index de captation rénale < 30 % Augmentation du temps de transit parenchymateux (> 300s)	Sensibilité 90 % Spécificité 94 %	NC	32 % (artères)
Fommei <i>et al.</i> , 1993 (59)	272	Hypertendus, indication angiographie	Indep	Sténose $\geq$ 70 %	99mTc DTPA	Aspect du rénogramme, Tmax < 2mn ou > 10 mn Index de captation rénale < 40 %	Sensibilité 86 % Spécificité 82 %	NC	33 % (patients)

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 9** (suite). Performance de la scintigraphie rénale avec test au captopril pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale (SAR).

Auteur, année	N pat [artères]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Kahn <i>et al.</i> , 1994 (52)	27	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	Critères de Nally <i>et al.</i> (61)	Probabilité élevée ou intermédiaire: Sensibilité 76 % Spécificité 71 % Probabilité élevée : Sensibilité 50 % Spécificité 100 %	NC	48 % (patients)
Mittal <i>et al.</i> , 1996 (67)	86	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc DTPA	Critères de Nally <i>et al.</i> (61)	Sensibilité 82 % Spécificité 90 %	NC	52 % (patients)
Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)	131	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 % Sténose $\geq$ 70 %	99mTc DTPA	Critères de l'EMSG (59)	Sténose $\geq$ 50 % Sensibilité : 64 % Spécificité : 83 % Sténose $\geq$ 70 % Sensibilité : 84 % Spécificité : 83 %	NC	21 % (patients)
Tremel <i>et al.</i> , 1996 (53)	45	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 70 %	99mTc DTPA 99mTc MAG3	Aspect du rénogramme Evaluation de la taille des reins, Différence d'index de captation rénale > 10 % Tmax (normal 3 à 6mn) Ratio activité 20 mn/ activité au pic	MAG3 : Sensibilité 57 % Spécificité 97 % DTPA = Sensibilité 57 % Spécificité 93 %	NC	31 % (patients)
Kaplan-Pavlovic et Nadja, 1998 (69)	28 [45]	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 60 %	99mTc MAG3	Comparaison avant-après captopril : - augmentation du temps de transit parenchymateux (> 300s) - réduction de la captation du traceur de plus de 5 % côté sténosé	Sensibilité 78 % Spécificité 81 %	Exclus	43 % (artères)

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 9** (suite). Performance de la scintigraphie rénale avec test au captopril pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale (SAR).

Auteur, année	N pat [artères]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Gezici <i>et al.</i> , 1999 (70)	45 [73]	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	Différence entre les ratios activité à 20 mn/ pic activité avant après captopril > 5 %	Sensibilité 72 % Spécificité 73 %	NC	51 % (patients)
Ergün <i>et al.</i> , 2000 (56)	25	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 75 %	99mTc DTPA (captopril et aspirine)	Différence d'index de captation rénale > 10 % Augmentation du Tmax après sensibilisation $\geq$ 2 mn Rétention d'activité unilatérale	Captopril = Sensibilité 75 % Spécificité 100 % Aspirine = Sensibilité 75 % Spécificité 100 %	NC	48 % (patients)
Bongers <i>et al.</i> , 2000 (71)	43	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	Critères de Nally <i>et al.</i> (61)	Sensibilité 90 % Spécificité 79 %	NC	67 % (patients)
Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)	98	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc DTPA	Recommandations de la <i>Society of Nuclear Medicine</i> (51)	Sensibilité 68 % Spécificité 92 %	NC	19 % (patients)
Van de Ven <i>et al.</i> , 2000 (57)	75	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	Interprétation du rénogramme suivant les critères de Nally <i>et al.</i> (61) Tmax $\geq$ 6 mn Index de captation rénale < 40 %	Sensibilisation avec captopril Sensibilité 88 % Spécificité 75 % Sensibilisation avec aspirine Sensibilité 86 % Spécificité 83 %		68 % (patients)
Balink <i>et al.</i> , 2001 (73)	158	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 50 %	99mTc MAG3	T max $\geq$ 6 mn Index de captation rénale < 40 %	Sensibilité 83 % Spécificité 75 %	NC	63 % (patients)
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	41	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep	Sténose $\geq$ 50 % Sténose $\geq$ 70 %	99mTc MAG3	Recommandations de la <i>Society of Nuclear Medicine</i> (51)	Sténose $\geq$ 50 % Sensibilité 41 % Spécificité 82 % Sténose $\geq$ 70 % Sensibilité 56 % Spécificité 79 %	NC	76 % (patients) 52 % (reins)

### III. ÉCHOGRAPHIE-DOPPLER (E-D)

Ce chapitre a pour but d'évaluer la reproductibilité et la performance de l'échographie Doppler (E-D) dans le diagnostic de sténose et occlusion de l'artère rénale.

#### III.1. Technique

##### III.1.1. Description de la technique

— *Différentes techniques*

L'E-D est un procédé d'imagerie par ultra-sons (US) associant à travers une même sonde posée sur la peau en regard de la région où passe l'axe artériel à explorer (75-79) :

- *l'imagerie échographique classique (mode B)* permettant la vision des axes vasculaires et apportant des renseignements morphologiques sur l'état des parois en fournissant en temps réel une image de coupe, dynamique, en noir et blanc. La paroi de l'artère apparaît comme un liseré fin et régulier qui la délimite des tissus environnants. La présence de sténose modifie cet aspect. La lumière d'une artère est normalement vide d'écho et apparaît en noir sur l'écran. Toutefois, la profondeur des artères rénales fait que cette analyse, possible sur de gros vaisseaux superficiels, est le plus souvent impossible ou insuffisante, sauf chez des patients très minces ;
- *le Doppler spectral* pulsé fournissant des renseignements hémodynamiques sur le profil de l'écoulement et sur la vélocimétrie sanguine. La vitesse de circulation de sang est mesurée en amont et en aval d'une sténose, à différents temps du cycle cardiaque. Les valeurs enregistrées varient suivant le degré de sténose ;
- *le Doppler couleur* qualifiant la colonne de sang circulant dans l'artère suivant une échelle de couleurs liée à la vitesse et à la direction du flux sanguin et permettant d'obtenir une cartographie des flux circulants se superposant à l'image échographique. Cette cartographie permet de repérer la zone d'accélération ou de turbulences générées par la sténose et aide à positionner la fenêtre du Doppler pulsé sur la zone d'accélération maximale. Le Doppler couleur permet aussi d'obtenir un luminogramme de l'artère car seul le sang circulant est coloré.

La majorité des appareils sont équipés de la fonction *puissance* qui code également la lumière de l'artère sans fournir d'indications sur la direction et sur la vitesse circulatoire.

Il est possible de *rehausser* le signal Doppler à l'aide de produit de contraste ultrasonore, fait de microbulles de gaz stabilisées, et injecté par voie veineuse. Ce procédé améliore l'analyse fonctionnelle du rein et permet une analyse fine de la vascularisation corticale. Comme le montre l'étude de Claudon *et al.* (80), la visualisation des artères accessoires est améliorée et le taux d'échec réduit, en particulier chez le sujet obèse ou en cas d'insuffisance rénale (cf. *tableau 10*). La durée de l'examen devrait aussi être réduite du fait de l'augmentation du signal Doppler (1,78,79), mais des résultats inverses ont été observés, avec une augmentation de 15 mn sans rehaussement à 25 mn avec rehaussement dans l'étude de Claudon *et al.* (80), et une réduction de 25 mn sans rehaussement à 13 mn avec rehaussement dans l'étude de Lees (81). Si l'échec de la technique est suivi de la réalisation d'angiographie, le gain en faisabilité lié à l'injection de produit de contraste devrait s'accompagner d'une réduction du nombre d'angiographies, ce qui, compte tenu des risques et du coût de cet examen, représente un avantage certain.

La sensibilisation de l'examen par *administration d'IEC* (captopril) est possible, mais a peu été évaluée (82). Le captopril crée une vasodilatation artériolaire susceptible de



majorer les signes indirects intrarénaux et serait indiqué pour démasquer les signes indirects de sténose en cas d'échec de détection de signes proximaux.

— *Déroulement de l'examen*

L'examen est réalisé après un jeûne de 4 à 12 heures instauré dans le but de réduire le météorisme abdominal, principale cause d'échec de l'examen. On peut aussi proposer 24 heures avant l'examen un régime alimentaire sans résidus (protocole en *annexe 3*)

Deux voies d'abord sont possibles. La plus ancienne est la voie épigastrique antérieure, le patient est en décubitus dorsal strict. Elle présente l'inconvénient de ne pas toujours bien visualiser l'artère rénale gauche, plus profonde que la droite, et dont l'approche peut être gênée par des interpositions gazeuses. L'artère rénale droite comporte, quant à elle, un segment proximal, siège fréquent de lésions, souvent perpendiculaire au faisceau d'US, de même qu'un segment rétrocave difficile à différencier de la veine cave inférieure. Pour Grenier *et al.* (75), à cette voie devrait se substituer aujourd'hui la voie latérale, réalisée chez le patient en décubitus latéral opposé, le bras homolatéral relevé derrière la tête. L'avantage est d'obtenir un angle Doppler très favorable sur le tronc des artères. Un autre avantage est de mieux visualiser les artères accessoires. Cette approche permet d'améliorer la faisabilité de l'examen.

L'exploration, d'une durée moyenne de 25 minutes (83) pouvant aller jusqu'à 45-60 minutes en particulier dans le cas d'analyse spectrale (66,84-86), comporte quatre temps :

- l'analyse morphologique (mode B, Doppler couleur, Doppler puissance) ;
- l'analyse spectrale (Doppler pulsé) du flux intrarénal, avec recherche des critères indirects et enregistrement des artères intrarénales du parenchyme ;
- l'analyse spectrale (Doppler pulsé) du flux extrarénal, avec recherche des critères directs au niveau de la sténose et enregistrement des tronculaires extrarénales ;
- la recherche d'artères supplémentaires ou accessoires (Doppler couleur). La fréquence de ces artères peut atteindre 20 % (dans les études sélectionnées pour l'évaluation de la performance diagnostique la fréquence variait suivant les études de 9 à 18,4 % (66,68,69,72,74,80,82-100) (*tableau 10*)).

### III.1.2. Critères diagnostiques

Le diagnostic et la quantification d'une sténose ou d'une occlusion en E-D combine l'analyse morphométrique de l'image (évaluation qualitative) et l'enregistrement des vitesses (évaluation quantitative). Plusieurs critères et plusieurs seuils sont utilisés pour définir une sténose. Il n'existe pas de(s) critère(s) de référence(s) standardisé(s), ni pour le diagnostic, ni pour l'évaluation du degré de sténose comme en témoignent les disparités des critères diagnostiques et des seuils utilisés dans les études de performance diagnostique (66,68,69,72,74,80,82-100) (*annexe 2*).

La littérature concernant les critères E-D utilisés pour le diagnostic de sténose est abondante, entretenue par les développements de nouvelles techniques. Les études sont très hétérogènes (populations incluses, critères évalués) et correspondent d'avantage à des études d'évaluation de la performance diagnostique qu'à des études de recherche de critères. Compte tenu de la forte variabilité entre opérateurs, entre machines, il n'existe pas non plus de critères universels pour un degré de sténose défini, applicable dans tous les centres. De ce fait, l'utilisation de critères et de seuils publiés doit se faire avec précaution. L'étude multicentrique de Claudon *et al.* (80) a pris en compte cette disparité, les seuils diagnostiques étaient définis par chaque centre. En conséquence, une validation des critères, par centre et même par opérateur, devrait toujours être réalisée par confrontation des résultats obtenus par E-D avec ceux obtenus par artériographie. Un objectif fixé pourrait être d'obtenir une valeur prédictive négative de 90 % (76).

Dans ce contexte, il n'a pas été jugé utile de réaliser une l'analyse spécifique de la littérature sur ce sujet.

Les critères et les seuils habituellement utilisés pour reconnaître une sténose et apprécier le degré de sténose sont les suivants (101) :

— *analyse morphologique*

Elle consiste en l'examen de la paroi artérielle à partir d'images de bonne qualité en mode B, couleur ou puissance. Le segment artériel sténosé se traduit en Doppler couleur par un aspect hétérogène avec aliasing. L'analyse comporte aussi la mesure de la taille des reins et la recherche d'asymétrie. La détection de ces anomalies ne suffit pas au diagnostic, mais sert surtout à guider l'échantillonnage spectral ;

— *analyse vélocimétrique ou spectrale*

Le diagnostic de sténose repose tout d'abord sur des critères qualitatifs de perturbation du profil de l'écoulement, responsable d'une dispersion spectrale visible sur l'écran et audible. Toutefois, ce signe diagnostique majeur pour toutes les applications du Doppler est quantifiable et sa reproductibilité n'a, à notre connaissance, jamais été évaluée. Sur le plan quantitatif, deux types de critères sont différenciés suivant le lieu de mesure.

*Les critères directs, repérés au niveau de la partie tronculaire extrarénale de l'artère rénale :*

- *pic de vélocité systolique, maximale (V<sub>systmax</sub>)* augmenté : seuil supérieur ou égal à 150 ou 180 cm/s pour des sténoses d'au moins 50 % et supérieur ou égal à 180 ou 200 cm/s pour les sténoses d'au moins 60 % ;
- *vélocité en fin de diastole, minimale (V<sub>diastmin</sub>)* : seuil  $\geq 50$  cm/s ;
- *ratio rénoaortique* (rapport pic systolique de vélocité de l'artère rénale/pic systolique de vélocité de l'aorte) augmenté : seuil définissant un degré de sténose d'au moins 60 % de 3,5.

*Les critères indirects, repérés au niveau du parenchyme et du cortex rénal (Doppler intrarénal, enregistrement des artères segmentaires et interlobaires) :*

- *index de résistance ou index de Pourcelot*  $[V_{\text{syst max}} - V_{\text{diast min}} / V_{\text{syst max}}]$  diminué, indiquant un phénomène de *parvus*. Les seuils varient de 0,45 à 0,50 (sténose de 70 %). L'index est parfois plus simplement calculé en ratio d/s ( $V_{\text{diast min}} / V_{\text{syst max}}$ ), la valeur seuil est alors de 0,3. La différence d'index de résistance entre les deux reins est aussi utilisée, sauf dans le cas d'atteinte bilatérale. Une différence d'au moins 5 % correspond à une sténose d'au moins 50 % ou 60 % et une différence de 8 % à une sténose d'au moins 70 %. L'index de résistance est altéré dans d'autres circonstances cliniques comme la néphroangiosclérose diabétique ou hypertensive ;
- *index de pulsatilité ou index de Gosling*  $[(V_{\text{syst max}} - V_{\text{diast min}}) / V_{\text{moyenne}}]$ . La différence d'index entre les deux reins est augmentée : seuil  $> 0,12$  (89),  $> 0,20$  (72) ;
- *temps d'accélération ou temps de montée systolique* augmenté indiquant un phénomène de *tardus* : seuil  $\geq 70$  ms pour une sténose d'au moins 50 % ou 70 % ;
- *index d'accélération* (Index de Handa) diminué (seuil variant de 3 à 3,78 m/s<sup>2</sup>) ou rapport des deux index côté sténosé et non sténosé augmenté (seuil  $> 1,8$ ). Ces mesures indiquent un phénomène de *tardus* ;
- disparition ou retard du pic systolique précoce.

Les critères habituellement utilisés pour définir une occlusion sont l'absence de recueil de signal Doppler et une diminution de la taille du rein (moins de 8 cm) (94).

### III.1.3. Limites de la méthode

Le taux d'échec important, l'absence de visualisation des artères accessoires, la durée de l'examen sont les principaux inconvénients de la méthode.

Les causes des échecs les plus fréquentes sont les suivantes : morphologie des artères rénales, obésité, météorisme abdominal, position en décubitus dorsal, défaut de coopération du patient. Le développement de l'exploration de la partie distale et des vaisseaux intrarénaux a permis d'améliorer la faisabilité de l'examen (66,68,69,72,74,80,82-100) (*tableau 10*).

### III.1.4. Minimum requis de l'échographie-Doppler

L'examen écho-Doppler doit comprendre dans tous les cas :

- un examen morphologique précis des deux reins, comprenant l'aspect échographique et la mensuration de leur grand axe ;
- au moins deux enregistrements du flux artériel intrarénal (au niveau du pôle supérieur, du pôle inférieur et, éventuellement du moyen), à l'étage des artères interlobaires (ou des artères segmentaires si la qualité des enregistrements est insuffisante) ;
- une recherche des artères rénales principales et accessoires par des coupes axiales et longitudinales ;
- un enregistrement de chaque artère rénale détectée au niveau de leur ostium, de leur tronc (l'enregistrement des branches de bifurcation peut être réalisé en dynamique, sans documenter obligatoirement les tracés) avec mesure des vitesses systoliques maximales, après correction de l'angle Doppler ;
- la recherche d'un anévrysme de l'aorte ;
- un enregistrement au niveau de l'aorte, à l'étage rénal, avec mesure de la vitesse systolique maximale ne se justifie qu'en cas de mesure du rapport rénoaortique.

## III.2. Avantages et risques

L'exploration par E-D des artères rénales est atraumatique et peut être répétée sans préjudice pour le patient. Cette innocuité, son faible coût par rapport aux autres techniques ainsi que la disponibilité des appareillages en constituent les principaux avantages. Il n'existe pas de contre-indication. L'injection de produit de contraste ne s'accompagne pas d'effets secondaires et est considérée sans risque. En revanche, cet examen nécessite :

- une formation spécifique ainsi qu'une pratique suffisante car il s'agit d'un examen difficile ;
- de bons appareillages, avec une bonne sensibilité en profondeur, au risque de voir la faisabilité décroître.

## III.3. Valeur de l'E-D dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale

### III.3.1. Performance intrinsèque

#### — *Variabilité des résultats et des pratiques*

La faisabilité de l'E-D est variable suivant les études (cf. *tableau 10*) (66,68,69,72,74,80,82-100) et les opérateurs comme l'a montré l'étude multicentrique européenne randomisée de Claudon *et al.* (80), portant sur 191 patients et ayant mis en évidence un effet centre sur le taux de faisabilité. Avec la technique sans injection de produit de contraste, un taux élevé de faisabilité a été observé dans 6 centres (variant de 75 % à 100 %) et faible dans 4 centres (25 %, 28 %, 31 %, 41 %). L'effet centre était aussi noté, mais de moindre ampleur avec la technique avec injection de

produit de contraste : taux élevé de faisabilité dans 12 centres (variant de 69 % à 100 %) et faible dans 2 centres (56 %, 52 %). Cette variabilité des pratiques se traduit aussi par une difficulté à la détermination et à la standardisation des seuils diagnostiques. Ainsi, dans cette étude il n'a pas été possible d'identifier de seuil pour la  $V_{\text{systemax}}$ . Dans l'étude de Haan *et al.* (84), une sous-estimation systématique de la  $V_{\text{systemax}}$  est également reportée.

Ces résultats renforcent l'intérêt d'une validation des critères, par centre et même par opérateur, qui devrait être donc toujours réalisée par confrontation des résultats obtenus par E-D avec ceux obtenus par artériographie.

**Tableau 10.** Taux de faisabilité de l'E-D et % de visualisation des artères accessoires.

Auteur, année	Taux de faisabilité	% de visualisation des artères accessoires par E-D (prévalence d'artères accessoires repérées par l'angiographie)
Handa <i>et al.</i> , 1988 (87)	100 %	NP
Zoller <i>et al.</i> , 1990 (88)	92 %	NP
Bardelli <i>et al.</i> , 1992 (89)	NP	NP
Dondi <i>et al.</i> , 1992 (66)	95 %	NP
Postma <i>et al.</i> , 1992 (86)	76 %	0 % (11 %)
Kliewer <i>et al.</i> , 1993 (85)	100 %	0 % (15,6 %)
Miralles <i>et al.</i> , 1993 (90)	NP	0 % (10,9 %)
Strotzer <i>et al.</i> , 1995 (91)	87 %	0 % (13,4 %)
Olin <i>et al.</i> , 1995 (92)	90 %	NP (9 %)
Spies <i>et al.</i> , 1995 (93)	67 % (artères)	20 %
Miralles <i>et al.</i> , 1996 (94)	92 %	0 % (11,5 %)
Baxter <i>et al.</i> , 1996 (83)	84 % (artères)	0 % (14 %)
Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)	94 %	NP (13 %)
Postma <i>et al.</i> , 1996 (96)	91 %	NP
Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)	100 %	NP
Kaplan-Pavlovcic et Nadja, 1998 (69)	72 %	NP
Vigna <i>et al.</i> , 1998 (97)	94 %	NP
Oliva <i>et al.</i> , 1998 (82)	NP	NP
Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)	92 %	0 % (4,6 %)
Claudon <i>et al.</i> , 2000 (80)	64 % sans RH 84 % avec RH	28,6 % sans RH 40,8 % avec RH (prévalence d'artères repérées à l'angiographie non reportée)
Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)	100 %	NP
De Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)	96 %	(13 %)
Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)	88 %	66,6 % (11,7 %)
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	81 %	NP
De Haan <i>et al.</i> , 2002 (84)	93 %	0 % (18,4 %)

RH : rehaussement ; NP: non précisé.

— *Reproductibilité*

*Analyse de la variabilité inter et intraindividuelle :*

l'analyse en composantes de variance pour les mesures de l'index d'accélération, du temps d'accélération et du pic systolique de vélocité a été étudiée par Kliewer *et al.* (102). Cette étude réalisée auprès de 66 sujets sains, donneurs potentiels de rein, a montré que 55 à 66 % des variations observées entre les mesures réalisées chez le même sujet étaient liées à la variabilité intrinsèque de l'échantillon (c'est-à-dire la variabilité résiduelle) et non pas à des facteurs fixes tels que la localisation des mesures (rein droit ou gauche, topographie vasculaire, l'âge du sujet). En conséquence, dans le cas du suivi de patients, de faibles variations doivent être interprétées avec prudence et dans le cas du diagnostic, les auteurs préconisent l'utilisation de seuils plus élevés (120 ms au lieu de 70 ms pour le temps d'accélération). Au cours de cette même étude, les mesures d'index de résistance ont été réalisées sur 60 sujets (103). Des valeurs plus basses ont été obtenues au niveau du rein gauche ainsi qu'au niveau des artères accessoires ou suivant la topographie vasculaire explorée. L'influence de ces facteurs semble être modeste et selon les auteurs, non cliniquement significative. Une augmentation significative de l'index de résistance avec l'âge a cependant été clairement mise en évidence : augmentation de 0,2 +/- 0,1 par année d'âge,  $p < 0,0001$  ; valeurs moyennes à 25, 45 et 65 ans de 56 +/- 0,9 ; 61 +/- 0,5 et 66 +/- 1,0 respectivement.

*Analyse de la reproductibilité inter et intraobservateurs :*

une seule étude évaluant la reproductibilité interobservateurs et intraobservateurs a été identifiée (104). Cette étude portait sur 21 sujets volontaires sains et impliquait trois examinateurs. Les examens avaient été effectués le même jour et de manière indépendante (opérateurs en aveugle).

Pour évaluer la reproductibilité intraobservateur, le test avait été répété trois fois par le même examinateur en respectant un délai minimal entre les tests de 24 heures. Les paramètres mesurés étaient la  $V_{\text{systemax}}$  et le ratio rénoaortique. Les résultats plutôt satisfaisants sont les suivants :

- reproductibilité intraobservateur : pour la  $V_{\text{systemax}}$ , coefficients de corrélation « r » variant de 0,64 à 0,82 et coefficients de variation (CV) variant de 7,8 à 10,1 % ; pour le ratio rénoaortique, « r » variant de 0,75 à 0,82 et CV variant de 9,9 à 13,8 % ;
- reproductibilité interobservateurs : pour la  $V_{\text{systemax}}$ , « r » variant de 0,79 à 0,80 et CV de 7,7 à 12,5 % ; pour le ratio rénoaortique, « r » variant de 0,65 à 0,78 et CV variant de 9,5 à 12,3 %.

Aucune conclusion ne peut être portée à partir des résultats de cette seule étude portant sur des volontaires sains. L'E-D est par ailleurs reconnue comme très opérateur et machine dépendant.

### III.3.2. Performance diagnostique

Au total, 25 études ont été sélectionnées (21 incluses dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), et 4 études publiées ultérieurement, correspondant aux mêmes critères de sélection). Les principales caractéristiques méthodologiques et les résultats sont présentés dans le *tableau 11* (66,68,69,72,74,80,82-100).

Toutes les études ont été publiées à partir de 1988. Elles ont été réalisées en mode Doppler couleur ou le plus souvent couleur, pulsé. Une étude a comparé la performance du test avec et sans injection de produit de contraste (80) et une étude a évalué l'intérêt de la sensibilisation au captopril (82). Les résultats diffèrent entre études : la sensibilité varie de 22 % (95) à 100 % (82,87) et la spécificité de 20 % (85) à 100 % (82).

Plusieurs facteurs contribuent à cette forte hétérogénéité :

— *sélection de la population d'étude*

Les patients hypertendus présentant un contexte clinique évocateur d'HRV et adressés pour recherche de sténose de l'artère rénale sont les critères retenus pour sélectionner la population dans la quasi-totalité des études (trois études (87,89,91) ne précisent pas le contexte clinique de l'hypertension). La prévalence de sténose de l'artère rénale exprimée en patients varie toutefois de 20 % (72) à 76 % (74) et de 13 % (88) à 55 % (98) lorsque l'unité analysée est l'artère. Les différences observées de la performance du test ne semblent cependant pas dépendre du niveau de risque des populations sélectionnées ;

— *définition du degré de sténose*

Le degré de sténose le plus fréquemment utilisé pour définir la sténose était de 50 % (15 études), 7 études ont choisi 60 %, 2 études ont évalué les deux degrés 50 % et 70 % et une étude a retenu 70 %. L'efficacité diagnostique n'apparaît que peu modifiée par ce facteur : la sensibilité varie de 68 à 98 % dans les études ayant retenu 60 %, et de 47 % à 100 % dans les études ayant retenu 50 % ; la spécificité de 78 à 98 % et 76 à 100 % respectivement ;

— *choix des critères diagnostiques*

Les différences de critères utilisés pour définir la présence de sténose représentent la principale source de variations des résultats (*tableau 11*). On note en effet, dans les études ayant analysé plusieurs critères (72,82,85,95), que la performance de l'E-D varie nettement suivant le critère pris en compte. À titre d'exemple, dans l'étude de Kliever *et al.* (85), la sensibilité et la spécificité du test sont respectivement de 28 % et 81 % pour la  $V_{\text{systemax}} > 100$  cm/s et de 79 % et 35 % pour un index d'accélération  $< 3,5$  m/s<sup>2</sup>. Sur les 25 études retenues, aucune n'a utilisé les mêmes critères avec les mêmes seuils (*annexe II*). La  $V_{\text{systemax}}$  est le critère le plus fréquemment mesuré (analysé dans 13 études), mais les seuils diffèrent largement (de 100 cm/s à 300 cm/s), le temps d'accélération a été analysé dans 8 études suivant 3 seuils différents, le ratio rénoaortique et l'index d'accélération ont chacun été analysés dans 6 études avec respectivement 3 et 4 seuils différents, l'index de résistance (ou la différence entre index) et l'index de pulsatilité ont été également analysés dans 3 études avec 1 et 3 seuils.

L'association de plusieurs anomalies améliore la performance du test, les études ont d'ailleurs le plus souvent utilisé plusieurs critères pour définir la présence de sténose (8 études sur les 25 sélectionnées n'ont utilisé qu'un seul critère). Les mesures quantitatives sont aussi supérieures aux appréciations qualitatives. Suivant la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), la performance de l'E-D évaluée à partir de critères directs extraréniaux ou indirects intraréniaux est équivalente.

L'hétérogénéité des résultats ne permet pas d'identifier un critère ou une combinaison de critères plus performants pour définir la présence de sténose ;

— *test de référence*

À l'exception de l'étude de Jo Hansson *et al.* (72), aucune des études sélectionnées n'a évalué la valeur pronostique de la réponse au traitement de revascularisation de l'E-D. Les difficultés méthodologiques et le manque de fiabilité des résultats de ce type d'étude ont été mentionnés dans le chapitre précédent (cf. III.3.2. Performance diagnostique).

Les résultats de trois études (105) ayant évalué la valeur pronostique de l'index de résistance dans la réponse au traitement de revascularisation sont cependant rapportés, bien que dans le cadre de ce travail, ces études concernent davantage la question du choix des indications de traitement. L'étude de Cohn *et al.* (105) est une série rétrospective de 23 patients porteurs de sténose de l'artère rénale et ayant subi un traitement de revascularisation. Les patients ayant eu un ratio d/s avant traitement supérieur ou égal à 0,3 (ce qui correspond à un index de résistance inférieur ou égal à 0,7) ont eu une probabilité de réponse au traitement plus élevée que ceux ayant un ratio d/s inférieur à 0,3 ( $p = 0,006$ ), que la réponse au traitement ait été définie à partir d'une baisse de la pression artérielle ou à partir d'une amélioration de la fonction rénale. L'étude de Frauchiger *et al.* (106) est aussi une série rétrospective de 32 patients et montre des résultats concordants pour le même seuil ( $d/s < 0,3$ ). Enfin, l'étude de Radermacher *et al.* (107) est une série prospective de 138 patients, traités par angioplastie puis suivis tous les 3 mois pendant 1 an. Les résultats montrent qu'un index de résistance inférieur à 80 a une bonne sensibilité (96 %), mais une spécificité médiocre (53 %) pour prédire une amélioration de la fonction rénale après revascularisation et qu'un index de résistance supérieur ou égal à 80 a une sensibilité et une spécificité de 90 et 93 % respectivement pour prédire une dégradation de la fonction rénale. L'index n'a pas de valeur pronostique sur le risque de resténose.

L'index de résistance associé à la mesure d'autres critères intrarénaux est utile pour le diagnostic des sténoses de l'artère rénale, les résultats de ces études renforcent l'intérêt de son utilisation ;

— *prise en compte des données manquantes (échecs)*

La non prise en compte des échecs de réalisation de l'E-D dans la plupart des études constitue une source de biais relativement important en augmentant la sensibilité, les échecs nécessitant le recours à l'artériographie, pouvant être assimilés à des faux négatifs. La faisabilité de l'examen a en effet varié de 64 à 100 %. Spies *et al.* (93) montrent aussi dans leur étude que 21,9 % des artères non évaluées par E-D présentaient une sténose de plus de 50 % à l'artériographie.

En conclusion, la très forte hétérogénéité des études rend difficile la comparaison des résultats des études d'évaluation de la performance diagnostique de l'E-D et l'origine des variations semble être essentiellement le reflet de la variabilité des pratiques et de la nature opérateur et centre dépendant de la technique. Si l'on évoque actuellement une amélioration des performances de l'E-D justifiée par le développement de la technique avec l'utilisation de sondes mieux adaptées, de voies d'abord latérales, et l'analyse des critères extrarénaux (75), la généralisation de résultats favorables n'est pas licite et il apparaît nécessaire de vérifier l'efficacité de la méthode au niveau de chaque centre et de chaque opérateur pour recommander son utilisation.

#### **III.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique**

En ce qui concerne le diagnostic de sténose artérielle rénale, l'E-D, du fait de son innocuité, de sa disponibilité et de son coût, vient naturellement se positionner en première intention dans beaucoup de centres. Comme cela a été souligné, ce choix nécessite, de la part de ces centres, une évaluation de la pratique qui dépend de



l'opérateur, de la qualité de la machine utilisée et des critères retenus. Même si la faisabilité est moins bonne que pour les autres tests, la forte proportion d'examens contributifs permet ainsi de diminuer le recours à d'autres tests plus coûteux ou plus invasifs. Le recours aux produits de contraste ne s'est pas encore concrétisé en pratique, vraisemblablement à cause du coût de ce dernier et des difficultés de logistique induites : la plupart des équipes préfèrent choisir une autre méthode d'investigation que de mettre en place cette procédure. Un examen considéré comme complet et négatif conduit ces équipes à éliminer le diagnostic de sténose. Les centres qui n'utilisent pas cet examen en première intention n'ont généralement pas recours à lui en cas d'insuffisance des autres méthodes non invasives comme l'angioscanner ou l'angio-RM.

En ce qui concerne la valeur pronostique dans la réponse au traitement, l'E-D peut aussi être utilisé en deuxième intention, pour mesurer l'index de résistance avant une décision de revascularisation.

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 11.** Performance de l'E-D pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [reins]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Handa <i>et al.</i> , 1988 (87)	20 [40]	Hypertendus	NP	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé	Index d'accélération < 3,78m/s <sup>2</sup>  Temps d'accélération > 70 ms	Sensibilité : 100 % Spécificité : 93 % Concordance globale 95 % Sensibilité : 100 % Spécificité : 83 %	NC	25 % (artères)
Zoller <i>et al.</i> , 1990 (88)	86	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	B-scan et Doppler pulsé	Vsystmax > 300 cm/s et appréciation visuelle des modifications spectrales	Sensibilité : 84 % Spécificité : 99 %	NP	13 % (artères)
Dondi <i>et al.</i> , 1992 (66)	63 [125]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	B-scan et Doppler pulsé ou Doppler couleur	IR > 70 (Doppler pulsé) > 4000 Hz (Doppler couleur)	Sensibilité : 85 % Spécificité : 78 %	Inclus	32 % (artères)
Bardelli <i>et al.</i> , 1992 (89)	49	Hypertendus	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé, couleur	$\Delta IP > 0,12$	Sensibilité : 79 % Spécificité : 94 %	NP	67 %
Postma <i>et al.</i> , 1992 (86)	61 [122]	Hypertendus, indication angiographie	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé, couleur	Critères de Dubbins et Robertson	Sensibilité : 63 % Spécificité : 86 % Concordance globale 74 %	Excluses	52 %
Kliwer <i>et al.</i> , 1993 (85)	46 [96]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé, couleur	Vsystmax > 100 cm/s  Temps d'accélération > 70 ms  Temps d'accélération > 120 ms  Index d'accélération < 3,5 m/s <sup>2</sup>  Index d'accélération < 3,0 m/s <sup>2</sup>	Sensibilité : 28 % Spécificité : 81 %  Sensibilité : 82 % Spécificité : 20 %  Sensibilité : 57 % Spécificité : 69 %  Sensibilité : 79 % Spécificité : 35 %  Sensibilité : 71 % Spécificité : 48 %	NC	50 %
Miralles <i>et al.</i> , 1993 (90)	46 [92]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 60$ %	Doppler pulsé	Vsystmax > 210 cm/s et RAR > 3,5	Sensibilité : 90 % Spécificité : 91 %	NP	50 % (patients)
Strotzer <i>et al.</i> , 1995 (91)	55 [110]	Hypertendus	NP	Sténose $\geq 60$ %	Doppler couleur	Vsystmax > 180 cm/s	Sensibilité 89 % Spécificité 78 %	Inclus	33 % (artères)
Olin <i>et al.</i> , 1995 (92)	102 [187]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 60$ %	Doppler pulsé, couleur	Vsystmax > 200 cm/s et/ou RAR > 3,5	Sensibilité 98 % Spécificité 98 %	Excluses	50 % (artères)

**Tableau 11 (suite).** Performance de l'E-D pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [reins]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Spies <i>et al.</i> , 1995 (93)	135 [268]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler couleur (color coded duplex sonography)	Classification propre à l'auteur, validée à partir d'une étude pilote, basée sur des critères semi-quantitatifs	Sensibilité 93 % Spécificité 92 %	Exclues	22 % (artères)
Miralles <i>et al.</i> , 1996 (94)	78 [149]	Hypertendus	NP	Sténose $\geq 60$ %	Doppler pulsé	Etude de plusieurs critères recherche de seuil optimal: V <sub>systemax</sub> , V <sub>diasmin</sub> , RAR, IR, temps d'accélération, index d'accélération	Meilleurs critères V <sub>systemax</sub> > 198cm/s Sensibilité : 87 % Spécificité : 92 %  RAR $\geq 3,3$ Sensibilité : 76 % Spécificité : 92 %	Exclues	56 % (patients)
Baxter <i>et al.</i> , 1996 (83)	73 [143]	Hypertendus ou avec insuffisance rénale	NP	Sténose $\geq 70$ %	Doppler pulsé, couleur	Temps d'accélération > 70 ms	Sensibilité : 89 % Spécificité : 97 %	NP	49 % (patients)
Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)	53 [104]	Hypertendus, indication angiographie	Indép.	Sténose $\geq 60$ %	Doppler pulsé, couleur	Temps d'accélération > 70 ms E <sub>t</sub> index d' accélération < 3,0 m/s <sup>2</sup> + disparition du pic systolique précoce  $\Delta IR \geq 5$ %  $\Delta IR \geq 10$ %	Sensibilité : 68 % Spécificité : 91 %  Sensibilité : 61 % Spécificité : 54 %  Sensibilité : 22 % Spécificité : 86 %	Inclues	21 % (artères)

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 11 (suite).** Performance de l'E-D pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [reins]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Postma <i>et al.</i> , 1996 (68)	57	Hypertendus, indication angiographie	Indép	Sténose $\geq$ 50 %	Doppler pulsé, couleur	Appréciation visuelle des modifications spectrales	Sensibilité : 47 % Spécificité : 97 %	Exclues	3 7 9
Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)	131	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 50 % Sténose $\geq$ 70 %	Doppler pulsé	$\Delta$ IP > 0,1 Différence de taille de reins > 1 cm	Sténose $\geq$ 50 % Sensibilité : 75 % Spécificité : 76 % Sténose $\geq$ 70 % Sensibilité : 84 % Spécificité : 73 %	NC	21 % (patients)
Kaplan-Pavlovic et Nadja, 1998 (69)	28 [45]	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq$ 60 %	Doppler pulsé, couleur	Vsystmax > 180 cm/s et RAR > 3,5	Sensibilité : 83 % Spécificité : 81 %	Exclues	43 % (artères)
Vigna <i>et al.</i> , 1998 (97)	104 [196]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq$ 50 %	Doppler couleur pulsé et continu couleur	Vsystmax > 200 cm/s et turbulences	Sensibilité : 89 % Spécificité : 97 %	Exclues	39 % (patients) 23 % (artères)

**Tableau 11 (suite).** Performance de l'E-D pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [reins]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Oliva <i>et al.</i> , 1998 (82)	71 [135]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq$ 50 %	Doppler pulsé, couleur	Critères qualitatifs (classification en trois types)	Avant captopril Sensibilité 81 % Spécificité 98 % Après captopril Sensibilité 100 % Spécificité 100 %	NP	36 % (artères)
						Recherche de seuil optimal pour le temps d'accélération	Avant captopril : > 65 ms Sensibilité 77 % Spécificité 97 % Après captopril > 95 ms Sensibilité 81 % Spécificité 97 %		
						Recherche de seuil optimal pour l'index d'accélération	Avant captopril < 3,9 m/s <sup>2</sup> Sensibilité 77 % Spécificité 97 % Après captopril < 4,4 m/s <sup>2</sup> Sensibilité 81 % Spécificité 97 %		
Equine <i>et al.</i> 1999 (80)	113	Hypertendus, indication angiographie	53	Sténose $\geq$ 50 %	Doppler pulsé, couleur	Vsystmax > 150 cm/s, turbulences poststénotiques ou temps d'accélération > 70 ms	Sensibilité : 75 % Spécificité : 86 %	Exclues	55 % (artères)
Claudon <i>et al.</i> , 2000 (80)	191 [382]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq$ 50 %	Doppler pulsé, couleur et rehaussement SHU508A	ou modifications visuelles Vsystmax et ratio rénoaortique Seuils définis par les centres	Avec SHU508A : Sensibilité : 84 % Spécificité : 81 %  Sans SHU508A : Sensibilité : 84 % Spécificité : 84 %	Exclues	37 % (patients)

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 11 (suite).** Performance de l'E-D pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [reins]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)	121 [242]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé, couleur	$\Delta IP > 0,2$  index d'accélération $< 2,3m/s^2$  $\Delta IP > 0,2$ et index d'accélération $< 2,3m/s^2$	Sensibilité 65 % Spécificité 95 %  Sensibilité 83 % Spécificité 95 %  Sensibilité 87 % Spécificité 92 %	NC	19 % (patients)
De Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)	45 [103]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler couleur et puissance	Vsystemax $> 200$ cm/s ou temps d'accélération $> 70$ ms et tardus parvus	Sensibilité 79 % Spécificité 93 %	Excluded	31 % (artères)
Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)	36 [77]	Hypertendus, indication angiographie	Indép.	Sténose $\geq 60$ %	Doppler pulsé, couleur	Vsystemax $> 200$ cm/s et/ou $\Delta IR > 5$ %	Sensibilité 96 % Spécificité 90 %	Inclus	58 % (patients) 36 % (artères)
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	41	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ % Sténose $\geq 70$ %	Doppler pulsé, couleur Stimulation au captopril	Étude morphologique (3 classes) et mesures quantitatives avant captopril : index d'accélération $< 3,9m/s^2$ Temps d'accélération $> 60$ ms après captopril : index d'accélération $< 4,4m/s^2$ Temps d'accélération $> 90$ ms	Sténose $\geq 50$ % Sensibilité 69 % Spécificité 82 %  Sténose $\geq 70$ % Sensibilité 88 % Spécificité 67 %	Exclues	76 % (patients) 52 % (reins)
De Haan <i>et al.</i> , 2002 (84)	71 [141]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indép.	Sténose $\geq 50$ %	Doppler pulsé, couleur	Vsystemax $> 180$ cm/s et RAR $> 3,5$  Vsystemax $> 110$ cm/s et RAR $> 1,7$	Sensibilité 50 % Spécificité 91 %  Sensibilité 81 % Spécificité 64 %	Exclues	20 % (patients)

Pat : patients ; NP : non précisé ; HRV : hypertension artérielle rénovasculaire ; Vsystemax : pic de vélocité systolique ; Vdiastmin : vitesse télédiastolique ; RAR : ratio rénoaortique ;  $\Delta IP$  : différence relative des deux index de pulsatilité ; IR : index de résistance ;  $\Delta IR$  : différence des index de résistivité entre les deux reins ; NC : non concerné (pas de données manquantes)

#### IV. ANGIOSCANNER HELICOÏDAL

Ce chapitre a pour but d'évaluer la reproductibilité et la performance de l'angioscanner hélicoïdal dans le diagnostic des sténoses et occlusion de l'artère rénale.

##### IV.1. Technique

###### IV.1.1. Description de la technique

###### — *Acquisition des images (108)*

Le volume d'acquisition est déterminé sur un mode radio du diaphragme au carrefour iliaque (afin de repérer des artères polaires inférieures dont l'ostium se situe au niveau de l'aorte abdominale ou des artères iliaques). Une série sans injection facultative est d'abord réalisée en coupes de 5 mm d'épaisseur ou en acquisition hélicoïdale. Cette série a pour but de mettre en évidence les calcifications aortiques et les artères rénales.

Les paramètres de l'acquisition volumique en apnée sont :

- volume d'acquisition : 200 mm ;
- temps d'acquisition : 15 à 25 –sec ;
- mA : 400 ;
- kV : 120 ;
- rotation du tube : 0,4 à 0,5 sec ;
- pitch : 1 ;
- vitesse mm/rot : 10 mm/rotation ;
- DFOV : 250 mm ;
- épaisseur de coupe/incrément : 1,25 mm ou 0,6 mm/0,6 mm.

Les critères d'injection sont :

injection intraveineuse (veines du bras) de 80 à 100 cc de produit de contraste iodé à un débit de 3-5 ml/s. La détermination du délai entre le début de l'injection et celui de l'acquisition est essentielle soit par une injection test ou plutôt par des logiciels de détection automatique du bolus iodé dans l'aorte.

Un protocole d'acquisition rigoureux et une bonne synchronisation injection/acquisition sont nécessaires pour une étude parfaite des artères rénales qui sont des structures de petite taille, orientées perpendiculaires à l'axe de la table.

Des améliorations technologiques ont été apportées avec la mise à disposition des scanners multibarrettes comme :

- la réduction de l'épaisseur de coupe ;
- l'amélioration de la résolution spatiale ;
- l'augmentation du volume d'acquisition ;
- la réduction de la quantité de produit de contraste ;
- réduction du temps d'apnée à 10 secondes ;
- la réduction du temps d'acquisition : de l'ordre de 20 minutes avec les scanners monobarrettes (109,110), le temps d'acquisition a été réduit à une dizaine de minutes.

###### — *Reconstruction des images (108)*

L'interprétation, grâce à l'acquisition volumique en haute résolution se fait sur console en imagerie 3D et 2D avec des logiciels spécifiques de traitement d'image. Cette procédure est indispensable pour extraire l'information diagnostique.

L'imagerie 3D en MIP (*maximum intensity projection*) ou en VR (*volume rendering*) donne une véritable cartographie des artères rénales comparable à l'angiographie, mais analysable dans n'importe quel plan de l'espace.

L'imagerie 2D curviligne dans le grand et petit axe du vaisseau permet une étude précise non seulement de la lumière, mais aussi de la paroi (plaque molle, calcifications) des artères rénales. Il est possible de mesurer et de quantifier les sténoses.

Avec la technique monobarrette le temps consacré à la reconstruction, à l'analyse et à l'interprétation des images était estimé en moyenne à 40 minutes (109,111). Le recours aux multibarrettes, les consoles et logiciels utilisés en 2004 ont réduit cette durée à dix à quinze minutes pour un opérateur entraîné.

#### IV.1.2. Critères diagnostiques

Comme l'artériographie, l'angioscanner permet de faire une étude morphologique de la lésion et de quantifier le degré de sténose en diamètre. La quantification en mesure surfacique est aussi possible et plus précise dans le cas de sténoses excentrées. La plupart des lésions des artères rénales sont parfaitement analysables : occlusion, sténose, dysplasie, dissection ou anévrisme. L'angioscanner permet de préciser le nombre, la topographie, la longueur, le diamètre de la lésion. De plus, il permet une étude fine de la paroi et du type de la plaque, ses rapports avec les parois de l'aorte pour les sténoses ostiales. Le recours à la technique multibarrette a permis d'améliorer la visualisation des artères polaires, des atteintes distales des formes avec dysplasie fibromusculaire.

Des modifications morphologiques du parenchyme rénal sont aussi recherchées. Ces modifications témoignent d'altération fonctionnelle du rein, en rapport avec l'ancienneté d'évolution de la maladie rénovasculaire. Ainsi, la réduction de la taille du rein est un marqueur tardif d'athérosclérose rénale. Les valeurs normales sont estimées à 11 cm + 2 cm. Un rein est considéré de petite taille à partir de 8 cm (112). L'évolution technologique des appareils, l'amélioration de la qualité des images permettent maintenant de rechercher des marqueurs morphologiques d'atteinte rénale survenant à un stade plus précoce. Ces lésions sont repérées au niveau de la région corticale :

- deux études japonaises ont montré que des modifications de la circulation sanguine corticale associées à la présence de lésions de néphroangiosclérose étaient repérables. Au cours des deux études portant sur 125 patients (113) et 84 patients (114), l'index d'hétérogénéité de circulation rénale était significativement plus élevé dans les groupes de patients hypertendus que dans les groupes des patients non hypertendus. Une augmentation de l'index a aussi été retrouvée significativement reliée à une augmentation de la créatininémie ( $r = 0,367$ ,  $p < 0,0001$ ) (113) ;
- un amincissement significatif de la corticale et une réduction significative de la surface corticale ont été observés chez les 26 patients hypertendus porteurs de sténoses athéroscléreuses en comparaison aux 23 patients hypertendus sans sténose du groupe contrôle (112). Dans cette étude, l'analyse des courbes ROC a permis d'identifier les seuils de 80 mm pour l'épaisseur corticale et de 800 mm<sup>2</sup> pour la surface corticale comme meilleurs seuils pour la détection de sténose athéroscléreuse. Ces résultats ont été retrouvés chez des patients porteurs de sténose avec dysplasie fibromusculaire (115).

Toutes ses données ont une valeur diagnostique, mais sont aussi des critères importants dans le choix thérapeutique.

#### IV.1.3. Limites de la méthode

La reconstruction des images et leur interprétation nécessitent une courbe d'apprentissage. En dehors de la tolérance du produit iodé, les limites de cet examen sont l'absence de collaboration du patient (absence d'apnée) et parfois l'étude chez le grand obèse responsable d'un rapport signal/bruit insuffisant gênant la lecture et l'interprétation. Les taux d'échec sont extrêmement faibles.



## IV.1.4. Minimum requis de l'angioscanner

Réalisé en pratique dans le cadre d'un bilan d'HTA, l'angioscanner doit étudier en une même acquisition les surrénales, les artères rénales et le parenchyme rénal. Cette acquisition doit se faire en haute résolution pour une résolution spatiale optimale avec des coupes d'au moins 1,25 mm. Ce type d'examen pour obtenir la meilleure qualité d'image nécessaire à un diagnostic fiable doit se faire avec un scanner multibarrette d'au moins 4 au mieux 16 barrettes, voire plus.

## IV.2. Avantages et risques

Les risques sont liés à la néphrotoxicité et aux accidents allergiques du produit de contraste iodé. Le test est d'ailleurs contre-indiqué dans le cas d'allergie à l'iode. Les autres contre-indications sont l'insuffisance rénale sévère, la femme enceinte, les dysglobulinémies. L'injection de produit de contraste iodé nécessite des précautions d'usage avec une hydratation et la prescription de N acétyl cystéine chez le sujet à risque. L'examen est aussi irradiant ce qui constitue un inconvénient, en particulier chez le sujet jeune souffrant d'une pathologie de type dysplasie fibromusculaire.

## IV.3. Valeur de l'angioscanner dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale

## IV.3.1. Performance intrinsèque

## — Variabilité des résultats et des pratiques

Suivant les études (98,109-111,116,117), la technique ne pose pas de problème de faisabilité (*tableau 12*). L'angioscanner est une technique reconnue pour permettre de bien visualiser les artères accessoires. Les résultats de l'étude de Wittenberg *et al.* (117) ont une moindre signification dans la mesure où la lecture n'était pas réalisée en aveugle, le radiologue réalisant l'artériographie connaissant le nombre d'artères accessoires détectées par angioscanner.

**Tableau 12.** Taux de faisabilité de l'angioscanner spiralé et % de visualisation des artères accessoires.

Auteur, année	Taux de faisabilité	% de visualisation des artères accessoires par angioscanner (prévalence d'artères accessoires repérées par l'angiographie)
Olbricht <i>et al.</i> , 1995 (109)	100 %	100 % (4 %)
Elkohen <i>et al.</i> 1995 (111)	100 %	100 % (24 %)
Beregi <i>et al.</i> 1996 (110)	100 %	78 % (24 %)
Kaatee <i>et al.</i> , 1997 (116)	100 %	100 % (14 %)
Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)	92 %	0 % (11,3 %) ??
Wittenberg <i>et al.</i> , 1999 (117)*	100 %	97 % (17 %)*

\* Le nombre d'artères détectées par angioscanner était connu du radiologue réalisant l'artériographie

## — Reproductibilité

Une seule étude a été identifiée (116). La concordance entre les deux radiologues impliqués dans la lecture des images était très satisfaisante ( $\kappa = 0,9$  (IC 95 % 0,83-0,96)).

## IV.3.2. Performance diagnostique

Quatre études ont été sélectionnées dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1). L'absence de biais de vérification ne peut être cependant exclue dans l'étude d'Olbricht *et al.* (109), certains patients inclus ayant eu au préalable un examen positif

par E-D ou par scintigraphie. Deux études réalisées par des équipes françaises (110,111), publiées au cours de la période de recherche de la méta-analyse, et correspondant aux critères de sélection, ont également été prises en compte. Aucune étude publiée après la méta-analyse ne correspondait aux critères définis. Au total, l'évaluation de la performance diagnostique porte sur six études. Les résultats sont présentés dans le *tableau 13*. La dernière étude ayant été publiée en 1999, les techniques évaluées concernent les scanners monobarrettes. Les valeurs de sensibilité et spécificité retrouvées sont concordantes et élevées (sensibilité variant de 88 % à 99 %, spécificité variant de 94 % à 100 % (98,109-111,116,117). La présence de patients ayant eu un examen positif a pu contribuer à augmenter la sensibilité de l'étude d'Olbricht *et al.* (109). La valeur diagnostique respective des différentes techniques de posttraitement (reformatage 2D multiplanaire, reconstruction par algorithme MIP surfacique ou MPVR) par rapport aux coupes axiales 2D natives reste à préciser (116).

L'analyse des faux positifs et faux négatifs de l'étude d'Olbricht *et al.* 1995 (109) montre que 50 % de ces patients avaient une créatinémie supérieure à 200  $\mu\text{mol/L}$ , indiquant une mauvaise performance du test dans le cas d'insuffisance rénale. Ces résultats n'ont pas été retrouvés dans l'étude de Kaatee *et al.* (116).

#### **IV.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique**

Le scanner spiralé est un examen facile à réaliser et largement accessible. Cette technique non invasive a également une efficacité diagnostique très satisfaisante. En dehors des situations contre-indiquées que sont l'insuffisance rénale, les dysglobulinémies et la femme enceinte, l'angioscanner peut être proposé comme examen de première intention dans le dépistage des sténoses de l'artère rénale.

## Méthodes diagnostiques de sténose de l'artère rénale

**Tableau 13.** Performance de l'angioscanner spiralé pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N pat [artères]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Technique	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Olbricht <i>et al.</i> , 1995 (109)	62 [155]	Hypertendus avec signes d'HRV et E-D positif ou scintigraphie positive	Indep.	Sténose $\geq$ 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Mesure des diamètres	Sensibilité 98 % Spécificité 94 %	Exclus	61 % (artères)
Elkohen <i>et al.</i> , 1995 (111)	44 [114]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose > 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Mesure des diamètres	Sensibilité 100 % Spécificité 98 %	Inclus	25 % (patients)
Beregi <i>et al.</i> , 1996 (110)	50 [131]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose > 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Mesure des diamètres (appréciation visuelle)	Sensibilité 88 % Spécificité 98 %	Inclus	28 % (patients)
Kaatee <i>et al.</i> , 1997 (116)	71 [166]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq$ 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Appréciation visuelle qualitative	Sensibilité 95 % Spécificité 97 %	NC	58 % (artères)
Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)	50	Hypertendus, indication angiographie	NP	Sténose $\geq$ 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Mesure des diamètres	Sensibilité 94 % Spécificité 95 %	Exclus	53 % (artères)
Wittenberg <i>et al.</i> , 1999 (117)	82 [197]	Hypertendus avec signes d'HRV	non	Sténose $\geq$ 50 %	Angioscanner hélicoïdal	Mesure des diamètres	Sensibilité 96 % Spécificité 99 %	NC	12 % (artères)

\* série rétrospective. NP : non précisé ; HRV : hypertension artérielle rénovasculaire ; NC : non concerné (pas de données manquantes).

## V. ANGIOGRAPHIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE

Ce chapitre a pour but d'évaluer la reproductibilité et la performance de l'angiographie par résonance magnétique (angio-RM) dans le diagnostic des sténoses et occlusion de l'artère rénale, en se limitant à la technique la plus utilisée en 2004 : l'angio-RM en 3D avec rehaussement (avec injection de gadolinium).

### V.1. Technique

#### V.1.1. Description de la technique

La visualisation des vaisseaux peut être effectuée principalement selon trois principes (118-121) :

- *le contraste de phase*, qui permet d'étudier le flux dans les artères rénales par l'analyse des vitesses sanguines à l'intérieur des artères et de quantifier le degré de sténose. Cette technique en deux dimensions (2D), monocoupe avec synchronisation cardiaque ne permet pas une investigation rapide d'un volume important. La durée d'acquisition est longue et ne peut être réalisée en une seule apnée. Cette technique reste difficilement réalisable en pratique aujourd'hui. Elle peut être utilisée pour l'évaluation des vitesses intra-artérielle rénale ;
- *le temps de vol (time of flight)*, réalisé en 2D ou 3D et sans injection de produit de contraste, mais ayant pour inconvénient un temps d'acquisition très long qui oblige, dans le cas des artères rénales, à une synchronisation respiratoire difficile à obtenir des patients ;
- *le rehaussement* ou augmentation de contraste par présence de produit de relaxation (chélate de Gadolinium) permettant de réduire les temps des séquences à la durée d'une seule apnée. Le produit de contraste est injecté par voie veineuse et les images sont obtenues à l'aide d'une séquence en écho de gradient 3D pendant le passage du contraste dans le territoire vasculaire exploré. Cette technique offre une meilleure visibilité des artères distales intraparenchymateuses ou des artères polaires.

Compte tenu de leurs inconvénients liés au temps d'acquisition très long (6 à 8 minutes) et à l'origine de taux d'échec important, les techniques de temps de vol et de contraste de phase ont été progressivement remplacées par la technique avec rehaussement, plus rapide d'exécution, réalisée en une seule apnée. Seule la technique avec rehaussement a été retenue dans l'évaluation.

#### — Acquisition des images (118-121)

Le patient est installé les pieds en premier dans la machine avec une voie veineuse brachiale (technique avec injection de produit de contraste). Les bras sont positionnés en dehors du champ de vue au-dessus de la tête, sur la poitrine ou surélevé par des coussins. L'examen est réalisé en antenne corps ou mieux avec une antenne en réseau phasé.

L'acquisition se fait dans un volume placé en coronal avec le codage en fréquence dans le sens craniocaudal et une durée compatible avec l'apnée (inférieure à 20 secondes), si possible avec suppression des tissus adipeux.

Dans le cas d'angio-RM avec rehaussement, le volume d'injection du produit de contraste recommandé est de 1 à 2 mL (118), mais il ne semble pas exister de réel consensus (121).

La synchronisation de l'arrivée du produit de contraste avec l'acquisition de la séquence d'angio-RM nécessite une grande précision. Plusieurs méthodes existent :

- la méthode empirique de déclenchement de l'acquisition basée sur l'âge du patient ;
- la méthode du « bolus test » qui présente l'inconvénient de l'accumulation de produit de contraste dans le parenchyme et dans les cavités, responsable de superposition avec les structures vasculaires ;
- l'obtention d'une coupe axiale, en amont de la zone d'intérêt, permettant de déclencher l'acquisition lors du pic de rehaussement du signal (Smartprep) ;
- la réalisation de séquences rapides de 6 à 8 secondes déclenchées 10 secondes après injection et répétées dans le temps pour couvrir tous les temps : passage artériel, parenchymateux et veineux.

— *Reconstruction des images (118-121)*

Les reconstructions en mode volumique multiplanaire MIP sont les plus couramment utilisées.

La durée de l'examen précisée dans deux études est de 20 à 30 minutes (99,100).

V.1.2. Critères diagnostiques

L'interprétation des images consiste d'abord au repérage des artères sténosées ainsi qu'à leur orientation dans l'espace. Le nombre d'artères et la présence de sténose sont évalués visuellement. Le degré de sténose est ensuite évalué soit à partir de mesures des diamètres suivant le mode de calcul utilisé dans l'angiographie artérielle, soit plus grossièrement de manière visuelle :

- mesures du plus petit diamètre situé au niveau de la sténose (A) et du diamètre de la portion d'artère saine la plus proche du segment sténosé (B) ;
- calcul :  $100 \times (1-A/B)$ .

Les sténoses hémodynamiquement significatives sont définies à partir de la diminution ou de la perte de signal au niveau de la sténose. L'appréciation du retentissement fonctionnel est possible avec la technique en contraste de phase (à partir de l'évaluation des courbes de flux sanguin) ou par la technique en 3D avec rehaussement (à partir de l'étude de la fonction rénale glomérulaire et du temps de transit intrarénal du produit de contraste, celui-ci étant éliminé à plus de 90 % par filtration glomérulaire). Une sensibilisation du test par administration de captopril peut également être réalisée. La diminution de la pression de perfusion rénale consécutive à la présence de sténose artérielle rénale, est à l'origine d'un retard voire une disparition de la phase tubulaire après IEC. Cette méthode reste cependant encore au stade d'expérimentation. Le retentissement d'une sténose de l'artère rénale peut être évalué en angio-RM par la taille des reins, mais aussi par l'épaisseur corticale rénale.

V.1.3. Limites de la méthode

Les points négatifs rapportés sont la présence d'artefacts d'origine respiratoire lorsque la durée de l'apnée est longue et/ou la superposition et l'interposition d'images veineuses qui gênent la lecture et l'interprétation des images. La visualisation des artères rénales est plus difficile que celle des artères carotidiennes où le volume étudié est plus petit et l'apnée non indispensable. La détection des sténoses au niveau de la partie distale des artères ou de ses branches de division et notamment en cas de dysplasie fibromusculaire, reste également difficile. La technique requiert aussi une bonne coopération du patient

avec en particulier le maintien d'une apnée de 20 à 30 secondes qui ne peut toujours être obtenue. Les reconstructions d'image nécessitent une courbe d'apprentissage.

#### V.1.4. Minimum requis de l'angio-RM

L'angiographie par résonance magnétique des artères rénales doit comprendre dans tous les cas :

- une acquisition par la technique actuelle d'angiographie par injection de gadolinium, sur une IRM 1,5T ou 1T. L'utilisation d'une antenne corps est recommandée ; la technique en apnée est indispensable et il faut optimiser la résolution spatiale et temporelle. Il existe des disparités de qualité en fonction des appareils utilisés ;
- un examen morphologique précis des deux reins, comprenant l'aspect du parenchyme rénal sur les coupes natives et la mensuration de leur taille en grand axe ; l'analyse de l'épaisseur corticale doit être systématique ; la recherche du retentissement de lésions ischémiques doit être faite. La recherche d'autres lésions rénales est indispensable, éventuellement avec des séquences spécifiques complémentaires ;
- une recherche des artères rénales principales et accessoires sur les reconstructions MIP, mais aussi à partir de coupes MPR axiales ;
- l'analyse de l'ostium et de la partie tronculaire des artères rénales ; les branches de division des artères rénales sont d'analyse plus difficile actuellement. Des signes morphologiques de lésion athéromateuse ou dysplasique doivent être recherchés ; l'analyse de la sténose est faite morphologiquement avec une comparaison par rapport au diamètre d'aval ;
- l'analyse des vitesses intrarénales ou la sensibilisation par des tests n'est pas obligatoire ; les séquences spécifiques peuvent être réalisées en complément de l'acquisition de l'angiographie avec injection de gadolinium ;
- la recherche d'un anévrisme de l'aorte ou d'autres lésions vasculaire (digestives, iliaques, ...) dans le champ de vue est à préconiser ;
- l'analyse complémentaire des surrénales est suggérée pour évaluer leur taille ; les protocoles spécifiques de caractérisation ne sont pas nécessaires au cours du même examen ;
- L'injection de produit de contraste est à surveiller ainsi que de possible, mais rares effets indésirables.

La présence de faux positifs ou de faux négatifs est inévitable et doit conduire à interpréter l'examen dans le contexte de la demande ; une formation spécifique des radiologues à l'imagerie cardiovasculaire est recommandée. La connaissance des conduites à tenir diagnostique et thérapeutique est indispensable.

## V.2. Avantages et risques

L'angio-RM est contre-indiquée dans les cas d'implant métallique (pacemaker, corps étrangers intraoculaires...), et limité en cas de claustrophobie ou d'obésité (dans le cas où le patient ne rentre pas dans l'appareil).

La tolérance est généralement admise comme satisfaisante (122,123). Aucun incident n'a été reporté dans les études sélectionnées pour l'évaluation de la performance diagnostique.

Le grand avantage de l'angio-RM est de permettre cet examen chez des patients insuffisants rénaux, chez des patients allergiques à l'iode vrais, chez des patients jeunes chez qui l'on veut éviter à tout prix une irradiation.

### V.3. Valeur de l'angio-RM dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale

#### V.3.1. Performance intrinsèque

##### — Variabilité des résultats et des pratiques

Le taux de faisabilité est très satisfaisant : sur les 10 études sélectionnées, un taux de 100 % a été obtenu dans 7 études (71,74,99,100,124-129) (*tableau 14*).

**Tableau 14.** Taux de faisabilité de l'angio-RM (3D+gado) et % de visualisation des artères accessoires.

Auteur, année	Taux de faisabilité	% de visualisation des artères accessoires par angio-RM (prévalence d'artères accessoires repérées par l'angiographie)
Rieumont <i>et al.</i> , 1997 (124)	100 %	64 % (15,5 %)
Leung <i>et al.</i> , 1998 (125)	100 %	NP
Thornton <i>et al.</i> , 1999 (126)	100 %	50 % (14 %)
Bongers <i>et al.</i> , 2000 (71)	100 %	89 % (NP)
De Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)	100 %	92 % (13 %)
Korst <i>et al.</i> , 2000 (127)	100 %	76 % (18 %)
Völk <i>et al.</i> , 2000 (128)	98 %	89,5 % (19 %)
Mittal <i>et al.</i> , 2001 (129)	100 %	100 % (12 %)
Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)	91 %	55,5 % (12 %)
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	98 %	67 % (10 %)

##### — Reproductibilité

Sept études (74,127,128,130-133) ayant évalué la reproductibilité interobservateurs de l'angio-RM ont été identifiées, trois évaluaient aussi la performance diagnostique de l'examen (*tableau 15*).

- La concordance peut être considérée comme globalement bonne, moyenne pour la valeur la plus basse de kappa observée dans l'étude de Schoenberg *et al.* (131) (0,43) et excellente pour la valeur la plus élevée de 0,91 retrouvée dans l'étude de Korst *et al.* (127). Dans les études ayant comparé la reproductibilité des deux techniques angio-RM et artériographie, les résultats sont partagés : plus favorables à l'angio-RM dans deux études (74,133), comparables dans deux études (127,132) et plus favorables à l'artériographie dans deux études (128,130).

Une tendance à la surestimation du degré de sténose est fréquemment souligné par les auteurs et a été mise en évidence dans l'étude de Qanadli *et al.* (74) avec dans le sous-groupe des sténoses supérieures à 50 % une moyenne de degré de sténose de 78 % +/- 22 % pour l'angio-RM et de 69 % +/- 14 % pour l'artériographie.

**Tableau 15.** Etudes de la reproductibilité interobservateurs de l'angio-RM.

Étude, année	Méthode	Technique	Nombre de patients	Nombre de radiologues	Résultats
Gilfeather <i>et al.</i> , 1999 (130)	Série rétrospective	3D+Gado	98	4	Kappa angio-RM 0,463-0,533 Kappa artério 0,528-0,615 Kappa = 0,89
Schoenberg <i>et al.</i> , 1999 (131)	Série prospective	3D+Gado	63	2	
Leung <i>et al.</i> , 1999 (132)	Série prospective	3D+Gado	60	2	Kappa angio-RM = 0,87 Kappa artério = 0,88
Völk <i>et al.</i> , 2000 (128)	Série prospective	3D+Gado	40	4	Kappa angio-RM = 0,494 Kappa artério = 0,641 P < 0,03
Korst <i>et al.</i> , 2000 (127)	Série prospective	3D+Gado	38	2	Kappa angio-RM = 0,91 Kappa artério = 0,90
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	Série prospective	3D+Gado	41	2	Coefficient de corrélation intraclasse = 0,88 Kappa angio-RM = 0,829 Kappa artério = 0,729
Schoenberg <i>et al.</i> , 2002 (133)	Série rétrospective	3D+Gado+CP	23	7	Kappa médian avec CP = 0,75 Kappa médian sans CP = 0,70 Kappa médian artério = 0,64
	Série prospective		60	3	Kappa médian avec CP = 0,67 Kappa médian sans CP = 0,43 P < 0,01

CP : contraste de phase; 3D : trois dimensions ; Gado : gadolinium

### V.3.2. Performance diagnostique

Au total, 10 études ont été sélectionnées (6 incluses dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1), et 4 études publiées ultérieurement, correspondant aux mêmes critères de sélection). Les principales caractéristiques méthodologiques et les résultats sont présentés dans le *tableau 16* (71,74,99,100,124-129). La performance diagnostique de l'angio-RM varie peu suivant les études et les résultats sont globalement très favorables. La sensibilité est très satisfaisante variant de 82 % à 100 %. L'absence de faux négatifs (sensibilité de 100 %) a été retrouvée dans la moitié des études. La surestimation du degré de sténose par comparaison aux mesures de l'artériographie (cf. V.3.1 Reproductibilité) contribue à réduire le nombre de faux négatifs, mais augmente en contrepartie les faux positifs. La spécificité variant de 63 % à 100 % reste cependant satisfaisante. Les causes de faux positifs sont liées à la présence de turbulences et d'artefacts. Les difficultés de visualisation des parties distales peuvent être la cause de faux négatifs.

Les principaux facteurs d'hétérogénéité entre études sont les suivants :

#### — sélection de la population d'étude

Les patients hypertendus présentant un contexte clinique évocateur d'HRV (7 études) ou adressés pour artériographie et recherche de sténose de l'artère rénale (3 études) sont les critères retenus pour sélectionner la population. La population sélectionnée présente ainsi un risque élevé dans la plupart des études, la prévalence de sténose de l'artère rénale exprimée en patients varie de 28 % (127) à 76 % (74) et de 19 % (126) à 70 % (124) lorsque l'unité analysée est l'artère. Les différences observées de la performance du test ne semblent cependant pas être liées au niveau de risque des populations sélectionnées ;



— *définition du degré de sténose*

Le degré de sténose le plus fréquemment utilisé pour définir la sténose était de 50 %, pris en compte dans 7 études (71,74,99,100,124-129), 2 études (100,125) ont choisi 60 %, et une étude (74) a évalué les deux degrés 50 % et 70 %. Il est difficile de reconnaître l'influence de ce facteur sur les résultats ;

— *choix des critères diagnostiques*

Un regroupement catégoriel suivant le degré de sténose était effectué dans toutes les études et représentait le critère de diagnostic. La mesure des diamètres pour le calcul du degré de sténose n'était cependant pas précisée (donc réalisée) dans toutes les études. La disparition du signal évoquait l'occlusion de l'artère. Les problèmes concernant la multiplicité des critères et leur choix, rencontrés avec l'E-D ou la scintigraphie, ne se posent pas dans le cas de l'angio-RM ;

— *test de référence*

Aucune des études sélectionnées n'a évalué la valeur pronostique de réponse au traitement de revascularisation de l'angio-RM. Les difficultés méthodologiques et le manque de fiabilité des résultats de ce type d'étude ont été mentionnées dans les chapitres précédents.

Les résultats de l'étude de Binkert *et al.* (134) ayant évalué la valeur pronostique de paramètres évaluant le retentissement hémodynamique de sténose et mesurés par la technique avec contraste de phase, dans la réponse au traitement de revascularisation de 23 patients porteurs de sténose sont cependant rapportés, bien que dans le cadre de ce travail, cette étude concerne davantage la question du choix des indications :

- volume rénal normal : sensibilité de 91 %, spécificité de 33 % ;
- index de flux rénal < 1,5 ml/mn/cm<sup>3</sup> : sensibilité de 100 %, spécificité 33 % ;
- association volume rénal et index de flux rénal < 1,5 ml/mn/cm<sup>3</sup> : sensibilité 91 % ; spécificité 67 % ;

— *techniques*

L'abandon de la pratique des techniques en temps de vol ou avec contraste de phase a conduit à ne retenir dans ce travail que les études réalisées avec rehaussement. L'amélioration de la performance diagnostique de cette dernière technique a cependant bien été mise en évidence dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1). La comparaison des résultats des études avec rehaussement et sans rehaussement a révélé une différence significative en faveur de la technique avec rehaussement ( $p < 0,05$ ). Une méta-analyse des études de performance diagnostique de l'angio-RM a aussi été réalisée par Tan *et al.* (135). Les critères de sélection des 25 études retenues étaient différents et moins stricts que ceux définis par Boudewijn *et al.* (1). En particulier, les critères utilisés par Tan *et al.* ne permettent pas de vérifier l'absence de biais de vérification. Les populations étudiées n'étaient pas non plus spécifiques (c'est-à-dire correspondant à une population de patients adressés pour recherche de sténose de l'artère rénale). Au total la méta-analyse a porté sur 923 patients et la prévalence globale de patients chez qui une sténose de l'artère rénale d'au moins 50 % avait été détectée était de 25,1 %. Une analyse par sous-groupe a été réalisée en fonction de la technique utilisée, avec ou sans gadolinium. La performance diagnostique était améliorée par la technique avec injection de gadolinium : sensibilité globale de 94 % IC 95 % [90-97 %], spécificité de 85 % IC 95 % [82-87 %] dans le groupe d'études sans gadolinium et sensibilité de 97 % IC 95 % [93-98 %], spécificité de 93 % IC 95 % [91-95 %] dans le groupe d'études avec gadolinium.

#### **V.4. Place et positionnement de la technique dans le processus diagnostique**

La réalisation d'une angio-RM est souvent conditionnée par un faisceau d'arguments cliniques poussant à la recherche d'une sténose de l'artère rénale. Compte tenu de la faible disponibilité actuelle, du coût de l'examen, de sa moindre résolution spatiale par rapport à l'angioscanographie, de l'absence d'évaluation des calcifications et des faux positifs rencontrés, cet examen est souvent réalisé en dépistage après un autre examen tel l'échographie Doppler ou l'angioscanographie hélicoïdale. La quantification des lésions est souvent majorée, le bilan pré-interventionnel est incomplet par l'absence d'évaluation des lésions calcifiantes; le suivi des gestes de revascularisation est gêné par la présence d'endoprothèse. Cependant la reproductibilité et la bonne tolérance de cet examen impliquent une utilisation large en cas de contre-indication à l'iode ou aux rayons X et de non-disponibilité des autres techniques.

Les pathologies athéromateuses bénéficient de cet examen contrairement aux dysplasies où les lésions demandent une résolution spatiale supérieure. L'insuffisant rénal pose le problème de la progression du contraste dans les reins compte tenu de l'augmentation des résistances intrarénales.

L'évaluation de la morphologie rénale, de l'aorte voire des membres inférieurs ou de l'ensemble de l'arbre vasculaire représente un potentiel important de cette technique où l'étude des artères rénales sera intégrée dans l'étude globale de la pathologie vasculaire.

**Tableau 16.** Performance de l'angio-RM (3D+Gado) pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N patient [artère]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Rieumont <i>et al.</i> , 1997 (124)	30 [66]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Degré de sténose : 5 classes + occlusion	Sensibilité 100 % Spécificité 71 %	NC	70 % (artères)
Leung <i>et al.</i> , 1998 (125)	20 [66]	Hypertendus avec signes d'HRV	NP	Sténose $\geq 60$ %	Degré de sténose : 3 classes + occlusion	Sensibilité 100 % Spécificité 97 %	NC	30 % (patients) 20 % (artères)
Thornton <i>et al.</i> , 1999 (126)	62 [129]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Appréciation visuelle du degré de sténose en 2 classes + occlusion	Sensibilité 88 % Spécificité 98 %	NC	19 % (artères)
Bongers <i>et al.</i> , 2000 (71)	43	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Appréciation du degré de sténose suivant un score	Sensibilité 100 % Spécificité 100 %	NC	67 % (patients)
De Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)	45 [103]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Degré de sténose : 2 classes + occlusion	Sensibilité 100 % Spécificité 93 %	NC	31 % (artères)
Korst <i>et al.</i> , 2000 (127)	38 [92]	Hypertendus, indication angiographie	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Degré de sténose : 5 classes + occlusion	Sensibilité 100 % Spécificité 92 %	Exclus	28 % (artères)
Völk <i>et al.</i> , 2000 (128)	40 [78]	Hypertendus, indication angiographie	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Degré de sténose : 5 classes + occlusion	Sensibilité 93 % Spécificité 83 %	Exclus	27 % (artères)

**Tableau 16(suite).** Performance de l'angio-RM (3D+Gado) pour le diagnostic de sténose de l'artère rénale.

Auteur, année	N patient [artère]	Population	Mode de lecture	Critère de référence	Critères diagnostiques	Résultats	Données manquantes	Prévalence de SAR
Mittal <i>et al.</i> , 2001 (129)	26 [59]	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ %	Degré de sténose : 3 classes + occlusion	Sensibilité 96 % Spécificité 92 %	NC	50 % (artères)
Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)	36 [77]	Hypertendus, indication angiographie	Indep.	Sténose $\geq 60$ %	Mesure des diamètres	Sensibilité 89 % Spécificité 88 %	Inclus	58 % (patients) 36 % (reins)
Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	41	Hypertendus avec signes d'HRV	Indep.	Sténose $\geq 50$ % Sténose $\geq 70$ %	Mesure des diamètres	Sténose $\geq 50$ % Sensibilité 97 % Spécificité 64 % Sténose $\geq 70$ % Sensibilité 94 % Spécificité 63 %	Exclus	76 % (patients) 52 % (artères)

NP : non précisé ; HRV : hypertension artérielle rénovasculaire ; NC : non concerné (pas de données manquantes) ; 3DMR : angio-RM ; Gado: gadolinium ; CP : contraste de phase

---

## COMPARAISON DES DIFFERENTES TECHNIQUES

---

L'objectif de ce chapitre est de comparer les différentes techniques principalement sur le critère d'efficacité diagnostique, mais aussi de faire intervenir la préférence des patients, l'acceptabilité des différents examens et l'ensemble des avantages et inconvénients de ces méthodes.

### I. COMPARAISON DE L'EFFICACITE DIAGNOSTIQUE DES DIFFERENTES TECHNIQUES

La comparaison de la performance diagnostique des différentes techniques d'exploration de l'artère rénale s'appuie principalement sur deux types de résultats : les résultats des études de comparaison directe de deux ou plusieurs techniques et les résultats de méta-analyses, en particulier la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1).

#### I.1. Études de comparaisons directes de la performance diagnostique

Parmi les études sélectionnées, dix ont comparé l'efficacité de plusieurs méthodes, la méthode de référence était l'artériographie. La technique la plus fréquemment comparée est l'E-D.

- quatre études ont comparé l'angio-RM et l'E-D (74,91,99,100), les résultats montrent que l'angio-RM a une meilleure sensibilité que l'E-D et permet également de détecter plus facilement la présence d'artères accessoires ;
- deux études ont comparé l'angio-RM et la scintigraphie rénale (71,74). L'angio-RM est la technique la plus sensible, mais les résultats concernant la spécificité ne sont pas différents ;
- la comparaison de l'angioscanner et de l'E-D ne repose que sur une étude (98), les résultats sont plus favorables à l'angioscanner ;
- cinq études ont comparé la scintigraphie et l'E-D (66,68,69,72,74). L'efficacité diagnostique des deux techniques est assez proche, la sensibilité plutôt meilleure avec l'E-D et la spécificité plutôt moins bonne.

Les résultats des différentes études sont présentés dans le *tableau 17*.

**Tableau 17.** Études de comparaisons de la performance diagnostique.

Comparaison	Étude, année	Résultats	N patients
Angio-RM vs E-D	Strotzer <i>et al.</i> , 1995 (91)	Sensibilité : E-D = 89 %, Angio-RM = 100 % Spécificité : E-D = 85 %, Angio-RM = 90 % Meilleure détection des artères accessoires par angioscanner	55
	De Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)	Sensibilité : E-D = 79 %, Angio-RM = 100 % (p = 0,02) Spécificité : E-D = 93 %, Angio-RM = 93 % (NS) Meilleure détection des artères accessoires par angioscanner	45
	Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	Sensibilité : E-D = 69 %, Angio-RM = 97 % (p = 0,005) Spécificité : E-D = 82 %, Angio-RM = 64 % (NS)	41
	Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)	Sensibilité : E-D = 96 %, Angio-RM = 89 % Spécificité : E-D = 90 %, Angio-RM = 88 % Identification des artères accessoires comparables	37
Angio-RM vs Scintigraphie	Bongers <i>et al.</i> , 2000 (71)	Sensibilité : scintigraphie = 90 %, Angio-RM = 100 % Spécificité : scintigraphie = 79 %, Angio-RM = 100 % Concordance globale significativement supérieure de l'angio-RM (p = 0,02)	43
	Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	Sensibilité : scintigraphie = 41 %, Angio-RM = 97 % (p = 0,001) Spécificité : scintigraphie = 82 %, Angio-RM = 64 % (NS)	41
Angioscanner vs E-D	Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)	Sensibilité : E-D = 75 %, Angioscanner = 94 % Spécificité : E-D = 86 %, Angioscanner = 95 %	50
Scintigraphie vs E-D	Dondi <i>et al.</i> , 1992 (66)	Sensibilité : E-D = 85 %, scintigraphie = 90 % Spécificité : E-D = 78 %, scintigraphie = 94 %	63
	Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)	Sensibilité : E-D = 75 %, scintigraphie = 64 % Spécificité : E-D = 76 %, scintigraphie = 83 % Identification des artères accessoires comparables	131
	Kaplan-Pavlovic et Nadja, 1998 (69)	Sensibilité : E-D = 83 %, scintigraphie = 78 % Spécificité : E-D = 81 %, scintigraphie = 81 % Identification des artères accessoires comparables	28
	Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)	Sensibilité : E-D = 84 %, scintigraphie = 68 % (NS) Spécificité : E-D = 94 %, scintigraphie = 92 % (NS) Identification des artères accessoires comparables	98
	Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)	Sensibilité : E-D = 69 %, scintigraphie = 41 % (p = 0,005) Spécificité : E-D = 82 %, scintigraphie = 82 % (NS) Identification des artères accessoires comparables	41

\* Sensibilité et spécificité des techniques évaluées par rapport à l'artériographie

Une comparaison de la performance des différents tests (angioscanner, E-D et angio-RM) pour la détection des artères accessoires a été réalisée par Halpern *et al.* en 1999 (136). L'angioscanner s'est révélé être le test le plus performant détectant 92 % des artères accessoires visualisées par l'artériographie, supérieur à l'angio-RM ne détectant que 73 % de celles-ci (différence non significative). Les deux tests étaient significativement supérieurs à l'E-D qui n'a retrouvé que 21 % des artères accessoires.

## **I.2. Méta-analyse de Boudewijn *et al.***

### **I.2.1. Méthode**

Les critères de sélection des études retenues dans la méta-analyse de Boudewijn *et al.* (1) ont été décrits dans le chapitre concernant la méthode.

### **I.2.2. Résultats**

Pour faire le diagnostic de sténose de l'artère rénale, les deux modes d'exploration par angio-RM avec rehaussement ou par angioscanner avaient une efficacité comparable. Ces deux techniques étaient aussi significativement supérieures à toutes les autres techniques (angio-RM sans rehaussement, E-D, scintigraphie rénale, et test au captopril,  $p < 0,05$ ). L'angio-RM sans rehaussement avait une performance significativement supérieure à la scintigraphie ( $p = 0,022$ ) et au test au captopril. La scintigraphie et l'E-D avaient une efficacité comparable, supérieure à celle du test au captopril.

Le rôle de différents facteurs d'hétérogénéité a été analysé. L'effectif de l'étude (supérieur à 50) influence le résultat (une meilleure performance est retrouvée dans le cas où l'étude porte sur plus de 50 patients, une explication possible est la meilleure maîtrise des techniques évaluées dans les grandes séries). En revanche, le degré de sténose ( $> 50\%$  ou  $> 60\%$  ou  $70\%$ ), la prise en compte des données manquantes, l'année de publication ne modifient pas significativement les résultats.

## **II. COMPARAISON DE L'ACCEPTABILITE DES TESTS PAR LES PATIENTS ET DE LEURS PREFERENCES**

Une étude a été identifiée ayant comporté une évaluation de la préférence des patients pour les différentes alternatives de test diagnostique, angio-RM, angioscanner et artériographie (137). Cette étude n'avait pas été retenue pour l'évaluation des performances diagnostiques des deux tests angio-RM au gadolinium et angioscanner, la population d'étude n'étant pas spécifique, mais incluant aussi des patients adressés pour recherche d'anomalies vasculaires autres que des sténoses de l'artère rénale. Des données concernant l'acceptabilité des examens et la préférence des patients ont néanmoins été recueillies. Une échelle visuelle analogique avait été utilisée pour permettre aux patients de renseigner le niveau d'inconfort ressenti au cours de l'examen. Les patients devaient également préciser le facteur le plus désagréable (confinement, maintien de l'immobilité, bruit, ponction, autre). L'angioscanner est l'examen le moins redouté par les patients (moyenne d'inconfort de 15,5 mm +/- 19,8mm) suivi de l'angio-RM (moyenne de 27,9 mm +/- 25,7mm) puis de l'artériographie (moyenne de 41,0 mm +/- 33,0 mm). Des différences significatives sont ainsi observées entre l'angioscanner et l'artériographie, l'angioscanner et l'angio-RM. La différence entre l'artériographie et l'angio-RM n'est pas significative. Pour l'artériographie la ponction et pour l'angio-RM, le bruit et le maintien de l'immobilité ont été mentionnés comme principales causes d'inconfort.

### III. PRINCIPAUX AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTS TESTS

Le *tableau 18* résume les avantages et les inconvénients des différents tests. Le classement des techniques concernant les critères pour lesquels la littérature était insuffisante ou non recherchée (accessibilité) repose sur les avis des experts du groupe de travail.

En dehors de ses contre-indications, l'angioscanner apparaît être la technique la mieux classée.

**Tableau 18.** Classement des cinq principales techniques utilisées dans le diagnostic de sténose de l'artère rénale suivant les principaux critères de choix.

Critères	Angio-RM	Angioscanner	Écho-doppler	Scintigraphie	Test captopril
Reproductibilité	1	1	5	4	1
Visualisation des artères accessoires	2	1	3	-	-
Performance dg	1	1	3	3	5
Risques	1	5	1	4	1
	sans risque	néphrotoxicité, allergie iode, irradiation	sans risque	irradiation	sans risque
Contre-indications absolues	3	5	1	4	1
	Implant métallique	Femme enceinte, allergie à l'iode, insuffisance rénale sévère, dysglobulinémie	non	Femme enceinte	non
Faisabilité	3	1	5	4	2
Durée	2	1	3	5	4
Préférence patient	5	3	1	4	2
Accessibilité/ disponibilité	5	3	1	4	1

Reproductibilité : 1 = test le plus reproductible, 5 = test le moins reproductible ;

Visualisation des artères accessoires : 1 = meilleure visualisation, 3 = moins bonne visualisation (-) = test non concerné ;

Performance diagnostique : 1 = test le plus performant, 5 = test le moins performant ;

Risques : 1 = test comportant le risque moindre, 5 = test comportant le risque le plus élevé ;

Contre-indications : 1 = test présentant le moins de contre-indications, 4 = tests présentant le plus de contre-indications ;

Faisabilité : 1 = test le plus facilement réalisable, 5 = test le moins facilement réalisable ;

Durée : 1 = test le plus rapidement réalisé, 5 = test le plus long à réaliser ;

Préférence patient : 1 = test le mieux accepté par les patients, 5 = test le moins accepté par les patients ;

Accessibilité : 1 = test le plus disponible, 5 = test le moins disponible.



## CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

---

Le but de ce travail était d'évaluer la performance des cinq méthodes utilisées pour faire le diagnostic de sténose de l'artère rénale (scintigraphie rénale, échographie-Doppler, angioscanner, angio-RM et dosages en rénine plasmatique avant après stimulation au captopril), au côté de l'artériographie, examen de référence, proposée aujourd'hui qu'en vue d'une revascularisation endoluminale. Des propositions concernant le minimum requis et la place respective de chacune des techniques dans la démarche diagnostique ont également été définies par le groupe de travail puis confrontées à l'avis des experts du groupe de lecture. L'aspect économique de cette évaluation n'a pas été pris en compte.

Le recours à ces techniques ne peut être envisagé qu'après sélection des patients. Cette sélection s'effectue à partir de critères cliniques et/ou biologiques ou en utilisant une règle de prédiction. L'angioscanner hélicoïdal et l'angiographie par résonance magnétique sont des techniques reproductibles. Les critères diagnostiques, proches de ceux de l'artériographie sont simples, reposant principalement sur la mesure des diamètres. Le diagnostic est de nature anatomique. La recherche de marqueurs morphologiques indirectement reliés à l'activité fonctionnelle du rein et permettant d'orienter la décision thérapeutique, constitue un axe de développement de ces techniques. L'échographie-Doppler, la scintigraphie rénale sont caractérisées par une moindre reproductibilité et une efficacité diagnostique plus variable en particulier l'échographie-Doppler. Les critères diagnostiques sont nombreux et complexes. Ils font l'objet de modifications régulières sans validation réelle préalable. Ces techniques sont difficiles à utiliser. Elles offrent la possibilité d'évaluer le retentissement hémodynamique de la sténose artérielle rénale et ses répercussions sur le fonctionnement rénal. Les études de comparaisons directes des différentes techniques et la dernière méta-analyse montrent que l'angioscanner et l'angio-RM ont une efficacité diagnostique comparable, supérieure à celles de l'échographie-Doppler, de la scintigraphie et des dosages de rénine plasmatique après stimulation au captopril. En comparaison à l'angio-RM, la détection d'artères accessoires est meilleure avec l'angioscanner. L'évaluation de la performance diagnostique ayant été établie en comparaison avec l'examen de référence l'artériographie, cette comparaison a cependant conduit à favoriser les tests anatomiques au détriment des tests fonctionnels. Ce travail repose sur des données de la littérature, mais représente une photographie à un instant précis des performances techniques des appareils et de la connaissance médicale. L'évolution de ces technologies nous amène à rester prudent quant à l'évolution dans le temps de ces données.

Si le positionnement de chaque technique a été défini par les experts du groupe de travail en tenant compte des avantages et risques de chacun d'eux, ce travail n'a pas fait l'objet de proposition d'algorithme de la prise en charge du diagnostic. L'organisation locale (disponibilité des techniques, compétences des équipes), le profil du patient sont des données difficiles à prendre en compte dans des algorithmes. Les objectifs recherchés (recherche d'une sténose, évaluation du retentissement fonctionnel, du caractère significatif, ou du pronostic de réponse après correction de la sténose) sont des éléments également nécessaires à prendre en considération. Cette question ne peut être discutée sans aborder la prise en charge thérapeutique. Il est alors apparu nécessaire d'intégrer cette réflexion au prochain travail concernant les techniques de revascularisation et leurs indications.

**ANNEXE I.**

Spécificité et sensibilité et nombre de tests à pratiquer suivant le seuil de probabilité prédite par la règle de Krijnen choisi, d'après Krijnen *et al.* (37).

Probabilité de sténose de l'artère rénale prédite par le score	Sensibilité	Spécificité	Nombre de tests à pratiquer
$\geq 0$ %	100	0	100
$\geq 10$ %	90	47	61
$\geq 20$ %	81	73	40
$\geq 30$ %	68	87	25
$\geq 40$ %	59	92	20
$\geq 50$ %	44	96	14
$\geq 60$ %	33	98	9
$\geq 70$ %	24	99	6
$\geq 80$ %	17	99	4
$\geq 90$ %	7	100	2

**ANNEXE II.**

Critères analysés et valeurs seuils utilisées dans les études d'évaluation de la performance diagnostique de l'E-D

<b>Critère</b>	<b>Seuils</b>	<b>Études</b>
V <sub>systemax</sub>	> 300 cm/s	Zoller <i>et al.</i> , 1990 (88)
	> 210 cm/s	Miralles <i>et al.</i> , 1993 (90)
	> 200 cm/s	Olin <i>et al.</i> , 1995 (92)
		de Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)
	> 198 cm/s	Voiculescu <i>et al.</i> , 2001(100)
	> 180 cm/s	Vigna <i>et al.</i> , 1998 (97)
		Miralles <i>et al.</i> , 1996(94)
	> 150 cm/s	Strotzer <i>et al.</i> , 1995(91)
	> 100 cm/s	de Haan <i>et al.</i> , 2002(84)
		Equine <i>et al.</i> , 1999(98)
	seuil défini par les centres	Kaplan-Pavlovic et Nadja, 1998(69)
		Kliewer <i>et al.</i> , 1993 (85)
		Claudon <i>et al.</i> , 2000(80)
Ratio rénoaortique	> 3,3	Miralles <i>et al.</i> , 1996 (94)
	> 3,5	Miralles <i>et al.</i> , 1993 (90)
		Kaplan-Pavlovic et Nadja, 1998 (69)
		Olin <i>et al.</i> , 1995 (92)
		de Haan <i>et al.</i> , 2002 (84)
	seuil défini par les centres	Claudon <i>et al.</i> , 2000 (80)
Index d'accélération	< 3,9 m/s <sup>2</sup>	Oliva <i>et al.</i> , 1998 (82)
	< 3,78 m/s <sup>2</sup>	Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)
	< 3,0 m/s <sup>2</sup>	Handa <i>et al.</i> , 1988 (87)
		Kliewer <i>et al.</i> , 1993 (85)
	< 2,3 m/s <sup>2</sup>	Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)
	Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)	
Temps d'accélération	> 60 ms	Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)
	> 65 ms	Oliva <i>et al.</i> , 1998 (82)
	> 70 ms	Handa <i>et al.</i> , 1988 (87)
		Kliewer <i>et al.</i> , 1993 (85)
		Baxter <i>et al.</i> , 1996 (83)
		Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)
		Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)
		de Cobelli <i>et al.</i> , 2000 (99)
Index de résistance (IR)	> 0,7	Dondi <i>et al.</i> , 1992 (66)
Différence d'index ( $\Delta$ IR)	$\geq 5$ %	Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)
		Voiculescu <i>et al.</i> , 2001 (100)
Différence des index de pulsatilité ( $\Delta$ IP)	> 0,20	Johansson <i>et al.</i> , 2000 (72)
	> 0,12	Bardelli <i>et al.</i> , 1992 (89)
	> 0,10	Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)
Disparition du pic systolique précoce	-	Lucas <i>et al.</i> , 1996 (95)
Modifications visuelles	-	Zoller <i>et al.</i> , 1990 (88)
		Postma <i>et al.</i> , 1996 (96)
		Equine <i>et al.</i> , 1999 (98)
		Qanadli <i>et al.</i> , 2001 (74)
Différence de taille des reins	> 1 cm	Pedersen <i>et al.</i> , 1996 (68)
Critères de Dubbins et Robertson Classification propre à l'auteur	-	Postma <i>et al.</i> , 1992 (86)
	-	Spies <i>et al.</i> , 1995 (93)

---

## **ANNEXE III.**

---

CONSIGNES ALIMENTAIRES EN VUE DE L'EXAMEN EFFECTUÉ (Écho-Doppler des Artères Rénales, Écho-Doppler des membres inférieurs et de l'aorte)

**24 heures avant l'hospitalisation**, vous pouvez manger (régime pauvre en fibres) :

### **Petit Déjeuner**

- Un bol de lait ou un verre de jus de fruit sans pulpe (raisin ou pomme) ou une tisane (pas de thé, ni parfum vanille ou banane)
- Biscottes
- Beurre, miel ou gelée (pas de confiture)

### **Midi et soir**

Cuisinez sans graisse, ajoutez un peu de beurre cru ou margarine crue ou huile

### **IV. BOUILLON DE LEGUMES (SANS LES LEGUMES)**

- Viandes pauvres en graisse  
Ou poisson  
Ou œuf
- Riz ou pâtes ou semoule
- Fromage cuit type gruyère, comté, hollandaise, gouda...
- Biscottes
- Jus de fruit sans pulpe

---

**RÉFÉRENCE**

---

- (1) Boudewijn G, Vasbinder C, Nelemans PJ, Kessels AGH, Kroon AA, de Leeuw PW *et al.* Diagnostic tests for renal artery stenosis in patients suspected of having renovascular hypertension: a meta-analysis. *Ann Intern Med* 2001;135(6):401-11.
- (2) Holley KE, Hunt JC, Brown AL, Kincaid OW, Sheps SG. Renal artery stenosis. A clinical-pathologic study in normotensive and hypertensive patients. *Am J Med* 1964;37:14-22.
- (3) Zoccali C, Mallamaci F, Finocchiaro P. Atherosclerotic renal artery stenosis: epidemiology, cardiovascular outcomes, and clinical prediction rules. *J Am Soc Nephrol* 2002;13(Suppl 3):S179-83.
- (4) Hansen KJ, Edwards MS, Craven TE, Cherr GS, Jackson SA, Appel RG *et al.* Prevalence of renovascular disease in the elderly: a population-based study. *J Vasc Surg* 2002;36(3):443-51.
- (5) Mann SJ, Pickering TG. Detection of renovascular hypertension. State of the art: 1992. *Eur Radiol* 1992;117(10):845-53.
- (6) Rossignol P, la Batide-Alanore A, Roueff S, Bobrie G, Plouin PF. Prise en charge des sténoses athéroscléreuses des artères rénales. *J Mal Vasc* 2002;27(1):7-11.
- (7) Rihal CS, Textor SC, Breen JF, McKusick MA, Grill DE, Hallett JW *et al.* Incidental renal artery stenosis among a prospective cohort of hypertensive patients undergoing coronary angiography. *Mayo Clin Proc* 2002;77(4):309-16.
- (8) Guéry B, Launay-Mignot P, Picard C, Coupaye M, Plouin PF. Revascularisation des sténoses athéroscléreuses de l'artère rénale: Indications et résultats. *Presse Med* 2001;30(29):1456-61.
- (9) Safian RD, Textor SC. Renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 2001;344(6):431-42.
- (10) Conlon PJ, Little MA, Pieper K, Mark DB. Severity of renal vascular disease predicts mortality in patients undergoing coronary angiography. *Kidney Int* 2001;60(4):1490-7.
- (11) Preston RA, Epstein M. Ischemic renal disease: an emerging cause of chronic renal failure and end-stage renal disease. *J Hypertens* 1997;15(12 Pt 1):1365-77.
- (12) Murphy TP, Rundback JH, Cooper C, Kiernan MS. Chronic renal ischemia: implications for cardiovascular disease risk. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13(12):1187-98.
- (13) Meyrier A, Hill GS, Simon P. Ischemic renal diseases: new insights into old entities. *Kidney Int* 1998;54(1):2-13.
- (14) Caps MT, Perissinotto C, Zierler RE, Polissar NL, Bergelin RO, Tullis MJ *et al.* Prospective study of atherosclerotic disease progression in the renal artery. *Circulation* 1998;98(25):2866-72.
- (15) Caps MT, Zierler RE, Polissar NL, Bergelin RO, Beach KW, Cantwell-Gab K *et al.* Risk of atrophy in kidneys with atherosclerotic renal artery stenosis. *Kidney Int* 1998;53(3):735-42.
- (16) Zierler RE. Screening for renal artery stenosis: is it justified? *Mayo Clin Proc* 2002;77(4):307-8.
- (17) Zierler RE, Bergelin RO, Isaacson JA, Strandness DE. Natural history of atherosclerotic renal artery stenosis: a prospective study with duplex ultrasonography. *J Vasc Surg* 1994;19(2):250-8.

- (18) Johansson M, Herlitz H, Jensen G, Rundqvist B, Friberg P. Increased cardiovascular mortality in hypertensive patients with renal artery stenosis. Relation to sympathetic activation, renal function and treatment regimens. *J Hypertens* 1999;17(12 Pt 1):1743-50.
- (19) Scoble JE, Maher ER, Hamilton G, Dick R, Sweny P, Moorhead JF. Atherosclerotic renovascular disease causing renal impairment -a case for treatment. *Clin Nephrol* 1989;31 (3):119-22.
- (20) Mailloux LU, Bellucci AG, Mossey RT, Napolitano B, Moore T, Wilkes BM *et al.* Predictors of survival in patients undergoing dialysis. *Am J Med* 1988;84(5):855-62.
- (21) Kalra PA, Mamtora H, Holmes AM, Waldek S. Renovascular disease and renal complications of angiotensin-converting enzyme inhibitor therapy. *Q J Med* 1990;77(282):1013-8.
- (22) Plouin PF. Stable patients with atherosclerotic renal artery stenosis should be treated first with medical management. *Am J Kidney Dis* 2003;42(5):851-7.
- (23) Weibull H, Bergqvist D, Bergentz SE, Jonsson K, Hulthén L, Manhem P. Percutaneous transluminal renal angioplasty *versus* surgical reconstruction of atherosclerotic renal artery stenosis: a prospective randomized study. *J Vasc Surg* 1993; 18(5):841-52.
- (24) Van de Ven PJG, Kaatee R, Beutler JJ, Beek FJA, Woittiez AJJ, Buskens E *et al.* Arterial stenting and balloon angioplasty in ostial atherosclerotic renovascular disease: a randomised trial. *Lancet* 1999;353(9149):282-6.
- (25) Nordmann AJ, Woo K, Parkes R, Logan AG. Balloon angioplasty or medical therapy for hypertensive patients with atherosclerotic renal artery stenosis? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Med* 2003;114 (1):44-50.
- (26) Webster J, Marshall F, Abdalla M, Dominiczak A, Edwards R, Isles CG *et al.* Randomised comparison of percutaneous angioplasty vs continued medical therapy for hypertensive patients with atheromatous renal artery stenosis. *J Hum Hypertens* 1998;12(5):329-35.
- (27) Plouin PF, Chatellier G, Darné B, Raynaud A. Blood pressure outcome of angioplasty in atherosclerotic renal artery stenosis: a randomized trial. *Hypertension* 1998;31(3):823-29.
- (28) Van Jaarsveld BC, Krijnen P, Pieterman H, Derkx FHM, Deinum J, Postma CT *et al.* The effect of balloon angioplasty on hypertension in atherosclerotic renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 2000;342(14):1007-14.
- (29) Plouin PF, Guéry B, Launay-Mignot P, la Batide-Alanore A. Données récentes sur le traitement des sténoses athérosclérotiques de l'artère rénale: effets de la dilatation avec ou sans endoprothèse sur la pression artérielle et la fonction rénale. *Sang Thromb Vaiss* 2001;13(3):141-7.
- (30) Textor SC. Stable patients with atherosclerotic renal artery stenosis should be treated first with medical management. *Am J Kidney Dis* 2003;42(5):858-63.
- (31) Morganti A, Bencini C, del Vecchio C, Strata M. Treatment of atherosclerotic renal artery stenosis. *J Am Soc Nephrol* 2002;13(Suppl 3):S187-9.
- (32) Mounier-Vehier C, Haulon S, Jaboureck O, Lions C, Dequiedt P, Carré A *et al.* Quand faut-il réaliser une angioplastie de l'artère rénale chez un patient hypertendu? *Sang Thromb Vaiss* 2001;13(3):162-72.
- (33) Textor SC. Epidemiology and clinical presentation. *Semin Nephrol* 2000;20(5):426-31.
- (34) Krzesinski JM, Turatzinze L. Comment j'explore...une suspicion de sténose d'artère rénale. *Rev Med Liège* 1999;54(8):702-4.
- (35) Zarnke KB, Levine M, McAlister FA, Campbell NRC, Myers MG, McKay DW *et*

- al.* The 2000 Canadian recommendations for the management of hypertension: part two- diagnosis and assessment of people with high blood pressure. *Can J Cardiol* 2001;17 (12):1249-63.
- (36) Jaboureck O, Mounier-Véhier C, Devos P, Lions C, Dequiedt P, Beregi JP *et al.* Les caractéristiques démographiques des hypertendus sont-elles différentes en présence d'une sténose artérielle athéromateuse rénale ? *Arch Mal Coeur Vaiss* 2001;94(8):828-33.
- (37) Krijnen P, van Jaarsveld BC, Steyerberg EW, Man in't Veld AJ, Schalekamp MADH, Habbema JD. A clinical prediction rule for renal artery stenosis. *Eur Radiol* 1998;129(9):705-11.
- (38) van Jaarsveld BC, Krijnen P. Prospective studies of diagnosis and intervention: the Dutch experience. *Semin Nephrol* 2000;20(5):463-73.
- (39) Marquand A, Hanon O, Fauvel JP, Mounier-Vehier C, Equine O, Girerd X. Validation d'une règle clinique de prédiction pour le diagnostic d'une sténose artérielle rénale chez des patients hypertendus résistants aux traitements. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2000;93(8):1041-5.
- (40) Paul JF, Cherrak I, Jaulent MC, Chatellier G, Plouin PF, Degoulet P *et al.* Interobserver variability in the interpretation of renal digital subtraction angiography. *Am J Roentgenol* 1999;173(5):1285-8.
- (41) Van Jaarsveld BC, Pieterman H, van Dijk LC, van Seijen AJ, Krijnen P, Derkx FHM *et al.* Interobserver variability in the angiographic assessment of renal artery stenosis. *J Hypertens* 1999;17(12 Pt 1):1731-6.
- (42) Cherrak I, Jaulent MC, Azizi M, Plouin PF, Degoulet P, Chatellier G. Peut-on quantifier automatiquement le degré de sténose des artères rénales? *Arch Mal Coeur Vaiss* 2000;93(8):1047-52.
- (43) Birck R, Krzossok S, Markowitz F, Schnulle P, van der Woude FJ, Braun C. Acetylcysteine for prevention of contrast nephropathy: meta-analysis. *Lancet* 2003;362(9384):598-603.
- (44) Reiss MD, Bookstein JJ, Bleifer KH. Radiologic aspects of renovascular hypertension. Part 4. Arteriographic complications. *JAMA* 1972;221(4):374-8.
- (45) Muller FB, Sealey JE, Case DB, Atlas SA, Pickering TG, Pecker MS *et al.* The captopril test for identifying renovascular disease in hypertensive patients. *Am J Med* 1986;80(4):633-44.
- (46) Stephan D, Welsch M, Decker N, Brulé JM, Jahn C, Grima M *et al.* Test au captopril en vue de la détection d'une sténose de l'artère rénale: variations de la concentration en rénine plasmatique. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1993;86(8):1249-52.
- (47) Postma CT, van der Steen PHM, Hoefnagels WHL, de Boo T, Thien T. The captopril test in the detection of renovascular disease in hypertensive patients. *Arch Intern Med* 1990;150(3):625-8.
- (48) Svetkey LP, Wilkinson R, Dunnick NR, Smith SR, Dunham CB, Lambert M *et al.* Captopril renography in the diagnosis of renovascular disease. *Am J Hypertens* 1991;4(12 Pt 2):711S-5S.
- (49) Schreij G, van Es PN, Schiffers PMH, Lavrijssen ATJ, de Leeuw PW. 'Captopril test', with blood pressure and peripheral renin as response variables in hypertensive patients with suspected renal artery stenosis. *J Hum Hypertens* 1995;9(9):741-6.
- (50) . Taylor AT, Fletcher JW, Nally JV, Blaufox MD, Dubovsky EV, Fine EJ *et al.* Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline Diagnosis of Renovascular Hypertension, 2.0. 1999. < <http://www.snm.org/pdf/renal2.pdf> > [consulté le 13-6-0003].
- (51) Taylor AT, Fletcher JW, Nally JV, Blaufox MD, Dubovsky EV, Fine EJ *et al.* Procedure guideline for diagnosis of renovascular

- hypertension. *J Nucl Med* 1998;39(7):1297-302.
- (52) Kahn D, Ben-Haim S, Bushnell DL, Madsen MT, Kirchner PT. Captopril-enhanced  $^{99m}\text{Tc}$ -MAG3 renal scintigraphy in subjects with suspected renovascular hypertension. *Nucl Med Commun* 1994;15(7):515-28.
- (53) Tremel F, Caravel JP, Siché JP, Chevallier M, Mallion JM. Valeur diagnostique des scintigraphies au DTPA et au MAG 3 dans le dépistage des sténoses rénales. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1996;89(8):1035-9.
- (54) van Jaarsveld BC, Krijnen P, Derkx FHM, Oei HY, Postma CT, Schalekamp MADH. The place of renal scintigraphy in the diagnosis of renal artery stenosis. Fifteen years of clinical experience. *Arch Intern Med* 1997;157(11):1226-34.
- (55) Imanishi M, Yano M, Okumura M, Kimura G, Kawano Y, Oda J *et al.* Aspirin renography in diagnosis of unilateral renovascular hypertension. *Hypertens Res* 1998;21(3):209-13.
- (56) Ergün EL, Çağlar M, Erdem Y, Usalan C, Uğur Ö, Duranay M. Tc-99m DTPA acetylsalicylic acid (aspirin) renography in the detection of renovascular hypertension. *Clin Nucl Med* 2000;25(9):682-90.
- (57) Van de Ven PJG, de Klerk JMH, Mertens IJR, Koomans HA, Beutler JJ. Aspirin renography and captopril renography in the diagnosis of renal artery stenosis. *J Nucl Med* 2000;41(8):1337-42.
- (58) Maini A, Gambhir S, Singhal M, Kher V. Aspirin renography in the diagnosis of renovascular hypertension: a comparative study with captopril renography. *Nucl Med Commun* 2000;21(4):325-31.
- (59) Fommei E, Ghione S, Hilson AJW, Mezzasalma L, Oei HY, Piepsz A *et al.* Captopril radionuclide test in renovascular hypertension: a european multicentre study. *Eur J Nucl Med* 1993;20(7):617-23.
- (60) Taylor A. Functional testing: ACEI renography. *Semin Nephrol* 2000;20(5):437-44.
- (61) Nally JV, Chen C, Fine E, Fommei E, Ghione S, Geyskes GG *et al.* Diagnostic criteria of renovascular hypertension with captopril renography. A consensus statement. *Am J Hypertens* 1991;4(12 Pt 2):749S-52S.
- (62) Krijnen P, Oei HY, Claessens RAMJ, Roos JC, van Jaarsveld BC, Habbema JDF. Interobserver agreement on captopril renography for assessing renal vascular disease. *J Nucl Med* 2002;43(3):330-7.
- (63) Dondi M, Levorato M, Corbelli C, Zagni P, Zuccalà A, Gaggi R *et al.* Detection of renal artery stenosis by means of captopril renography with  $^{99m}\text{Tc}$ -DTPA. *Contrib Nephrol* 1990;79:181-5.
- (64) Mann SJ, Pickering TG, Sos TA, Uzzo RG, Sarkar S, Friend K *et al.* Captopril renography in the diagnosis of renal artery stenosis: accuracy and limitations. *Am J Med* 1991;90(1):30-40.
- (65) Setaro JF, Chen CC, Hoffer PB, Black HR. Captopril renography in the diagnosis of renal artery stenosis and the prediction of improvement with revascularization. The Yale Vascular Center experience. *Am J Hypertens* 1991;4(12 Pt 2):698S-705S.
- (66) Dondi M, Fanti S, Barozzi L, de Fabritiis A, Losinno F, Pavlica P *et al.* Evaluation by captopril renal scintigraphy and echo-Doppler flowmetry of hypertensive patients at high risk for renal artery stenosis. *J Nucl Biol Med* 1992;36(4):309-14.
- (67) Mittal BR, Kumar P, Arora P, Kher V, Singhal MK, Maini A *et al.* Role of captopril renography in the diagnosis of renovascular hypertension. *Am J Kidney Dis* 1996;28(2):209-13.
- (68) Pedersen EB, Egeblad M, Jørgensen J, Nielsen SS, Spencer ES, Rehling M. Diagnosing renal artery stenosis: a comparison between conventional renography, captopril renography and ultrasound Doppler in a large



consecutive series of patients with arterial hypertension. *Blood Press* 1996;5(6):342-8.

- (69) Kaplan-Pavlovčič S, Nadja C. Captopril renography and duplex Doppler sonography in the diagnosis of renovascular hypertension. *Nephrol Dial Transplant* 1998;13(2):313-7.
- (70) Gezici A, Ersay A, Antevska E, Heidental GK, Schreij G, Demirtas OC. Quantitative residual cortical activity measurement: appropriate test for diagnosis of renal artery stenosis? *Urol Int* 1999;62(1):1-7.
- (71) Bongers V, Bakker J, Beutler JJ, Beek FJA, de Klerk JMH. Assessment of renal artery stenosis: comparison of captopril renography and gadolinium-enhanced breath-hold MR angiography. *Clin Radiol* 2000;55(5):346-52.
- (72) Johansson M, Jensen G, Aurell M, Friberg P, Herlitz H, Klingenstierna H *et al.* Evaluation of duplex ultrasound and captopril renography for detection of renovascular hypertension. *Kidney Int* 2000;58(2):774-82.
- (73) Balink H, Mertens IJR, Stevens H, van Rijk PP, Beutler JJ, de Klerk JMH. Captopril renography and the relevance of abnormal but bilateral identical curves in the diagnosis of renal artery stenosis. *Nucl Med Commun* 2001;22(9):971-4.
- (74) Qanadli SD, Soulez G, Therasse E, Nicolet V, Turpin S, Froment D *et al.* Detection of renal artery stenosis: prospective comparison of captopril-enhanced Doppler sonography, captopril-enhanced scintigraphy, and MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177(5):1123-9.
- (75) Grenier N, Trillaud H, Pavy S, Saint-Amon A. Echo-doppler des artères rénales: technique d'examen et interprétation des résultats. *Feuill Radiol* 2000;40(3):163-75.
- (76) Grenier N, Trillaud H. Méthodes actuelles de diagnostic des sténoses artérielles rénales. *Rev Med Interne* 2001;22(6):549-59.
- (77) Claudon M, Grenier N, Helenon O. Doppler et sténoses des artères rénales. *J Echographie Méd Ultra Sonore* 1999;20(2 3):195-8.
- (78) Claudon M, Lefèvre F, Martin-Bréchaux A, Lercher MN, Régent D. Produits de contraste et exploration échographique du rein et de ses vaisseaux. *J Echographie Méd Ultra Sonore* 1998;19(6):434-9.
- (79) Hélénon O, Correas JM, Melki P, Chabriaux J, Attlan E, Moreau JF. L'échographie-Doppler dans le diagnostic d'une HTA rénovasculaire. *Concours Méd* 1999;121(32):2473-8.
- (80) Claudon M, Plouin PF, Baxter GM, Rohban T, Maniez Devos D. Renal arteries in patients at risk of renal arterial stenosis: multicenter evaluation of the echo-enhancer SH U 508A at color and spectral Doppler US. *Radiology* 2000;214(3):739-46.
- (81) Lees WR. Echo-enhanced renal ultrasound imaging with Levovist (SHU508A). *Angiology* 1996;47(7pt2):S31-5.
- (82) Oliva VL, Soulez G, Lesage D, Nicolet V, Roy MC, Courteau M *et al.* Detection of renal artery stenosis with Doppler sonography before and after administration of captopril: value of early systolic rise. *Am J Roentgenol* 1998;170(1):169-75.
- (83) Baxter GM, Aitchison F, Sheppard D, Moss JG, McLeod MJ, Harden PN *et al.* Colour Doppler ultrasound in renal artery stenosis: intrarenal waveform analysis. *Br J Radiol* 1996;69(825):810-5.
- (84) De Haan MW, Kroon AA, Flobbe K, Kessels AGH, Tordoir JH, van Engelshoven JMA *et al.* Renovascular disease in patients with hypertension: detection with duplex ultrasound. *J Hum Hypertens* 2002;16(7):501-7.
- (85) Kliewer MA, Tupler RH, Carroll BA, Paine SS, Kriegshauser JS, Hertzberg BS *et al.* Renal artery stenosis: analysis of Doppler waveform parameters and tardus-parvus pattern. *Radiology* 1993;189(3):779-87.

- (86) Postma CT, van Aalen J, de Boo T, Rosenbusch G, Thien T. Doppler ultrasound scanning in the detection of renal artery stenosis in hypertensive patients. *Br J Radiol* 1992;65(778):857-60.
- (87) Handa N, Fukanaga R, Ogawa S, Matsumoto M, Kimura K, Kamada T. A new accurate and non-invasive screening method for renovascular hypertension: the renal artery Doppler technique. *J Hypertens* 1988;6(Suppl 4):S458-60.
- (88) Zoller WG, Hermans H, Bogner JR, Hahn D, Middeke M. Duplex sonography in the diagnosis of renovascular hypertension. *Klin Wochenschr* 1990;68(16):830-4.
- (89) Bardelli M, Jensen G, Volkmann R, Aurell M. Non-invasive ultrasound assessment of renal artery stenosis by means of the Gosling pulsatility index. *J Hypertens* 1992;10(9):985-9.
- (90) Miralles M, Santiso A, Gimenez A, Riambau V, Saez A, Daumal J *et al.* Renal duplex scanning: correlation with angiography and isotopic renography. *Eur J Vasc Surg* 1993;7(2):188-94.
- (91) Strotzer M, Fellner CM, Geissler A, Gmeinwieser J, Kohler SM, Krämer BK *et al.* Noninvasive assessment of renal artery stenosis. A comparison of MR angiography, color Doppler sonography, and intraarterial angiography. *Acta Radiol* 1995;36(3):243-7.
- (92) Olin JW, Piedmonte MR, Young JR, DeAnna S, Grubb M, Childs MB. The utility of duplex ultrasound scanning of the renal arteries for diagnosing significant renal artery stenosis. *Ann Intern Med* 1995;122(11):833-8.
- (93) Spies KP, Fobbe F, El Bedewi M, Wolf KJ, Distler A, Schulte KL. Color-coded duplex sonography for noninvasive diagnosis and grading of renal artery stenosis. *Am J Hypertens* 1995;8(12 Pt 1):1222-31.
- (94) Miralles M, Cairols M, Cotillas J, Giménez A, Santiso A. Value of Doppler parameters in the diagnosis of renal artery stenosis. *J Vasc Surg* 1996;23(3):428-35.
- (95) Lucas P, Blome S, Roche J. Intrarenal Doppler wave-form analysis as a screening test for renal artery stenosis. *Australas Radiol* 1996;40(3):276-82.
- (96) Postma CT, Bijlstra PJ, Rosenbusch G, Thien T. Pattern recognition of loss of early systolic peak by Doppler ultrasound has a low sensitivity for the detection of renal artery stenosis. *J Hum Hypertens* 1996;10(3):181-4.
- (97) Vigna C, Pacilli MA, Testa M, Langialonga T, Salvatori MP, Lanna P *et al.* Comparison of steerable continuous-wave versus pulsed-wave Doppler ultrasonography to renal artery angiography in diagnosing renal artery stenosis. *Am J Cardiol* 1998;81(3):365-7.
- (98) Equine O, Bérégi JP, Mounier-Véhier C, Gautier C, Desmoucelles F, Carré A. Intérêt de l'angioscanner hélicoïdal et de l'écho-Doppler des artères rénales dans la prise en charge des pathologies vasculo-rénales. Résultats à partir d'une étude rétrospective chez 113 patients. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1999;92(8):1043-5.
- (99) De Cobelli F, Venturini M, Vanzulli A, Sironi S, Salvioni M, Angeli E *et al.* Renal arterial stenosis: prospective comparison of color Doppler US and breath-hold, three-dimensional, dynamic, gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology* 2000;214(2):373-80.
- (100) Voiculescu A, Hofer M, Hetzel GR, Malms J, Mödder U, Grabensee B *et al.* Noninvasive investigation for renal artery stenosis: contrast-enhanced magnetic resonance angiography and color Doppler sonography as compared to digital subtraction angiography. *Clin exp Hypertens* 2001;23(7):521-31.
- (101) Radermacher J. Echo-Doppler to predict the outcome for renal artery stenosis. *J Nephrol* 2002;15(Suppl 6):S69-76.
- (102) Kliewer MA, Hertzberg BS, Keogan MT, Paulson EK, Freed KS, DeLong DM *et al.* Early systole in the healthy kidney:

- variability of Doppler US waveform parameters. *Radiology* 1997;205(1):109-13.
- (103) Keogan MT, Kliever MA, Hertzberg BS, DeLong DM, Tupler RH, Carroll BA. Renal resistive indexes: variability in Doppler US measurement in a healthy population. *Radiology* 1996;199(1):165-9.
- (104) Baumgartner I, Behrendt P, Rohner P, Baumgartner RW. A validation study on the intraobserver and interobserver reproducibility of renal artery duplex ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 1999;25(2):225-31.
- (105) Cohn EJ, Benjamin ME, Sandager GP, Lilly MP, Killewich LA, Flinn WR. Can intrarenal duplex waveform analysis predict successful renal artery revascularization? *J Vasc Surg* 1998;28(3):471-81.
- (106) Frauchiger B, Zierler R, Bergelin RO, Isaacson JA, Strandness DE. Prognostic significance of intrarenal resistance indices in patients with renal artery interventions: a preliminary duplex sonographic study. *Cardiovasc Surg* 1996;4(3):324-30.
- (107) Radermacher J, Chavan A, Bleck J, Vitzthum A, Stoess B, Gebel MJ *et al.* Use of Doppler ultrasonography to predict the outcome of therapy for renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 2001;344(6):410-7.
- (108) Roy C, Tuchmann C, Guth S, Lang H, Saussine C, Jacqmin D. Scanner hélicoïdal de l'appareil urinaire : principales applications. *J Radiol* 2000;81(9 Suppl):1071-81.
- (109) Olbricht CJ, Paul K, Prokop M, Chavan A, Schaefer-Prokop CM, Jandeleit K *et al.* Minimally invasive diagnosis of renal artery stenosis by spiral computed tomography angiography. *Kidney Int* 1995;48(4):1332-7.
- (110) Beregi JP, Elkohen M, Deklunder G, Artaud D, Coulet JM, Wattinne L. Helical CT angiography compared with arteriography in the detection of renal artery stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 1996;167(2):495-501.
- (111) Elkohen M, Béregi JP, Deklunder G, Artaud D, Mounier-Vehier C, Carré A. Evaluation du scanner spiralé des artères rénales seul ou couplé à l'écho-Doppler dans le dépistage de sténoses rénales. Etudes prospective sur 114 artères rénales. *Arch Mal Coeur Vaiss* 1995;88(8):1159-64.
- (112) Mounier-Vehier C, Lions C, Devos P, Jaboureck O, Willoteaux S, Carre A *et al.* Cortical thickness: an early morphological marker of atherosclerotic renal disease. *Kidney Int* 2002;61(2):591-8.
- (113) Kojima S, Yoshitomi Y, Yano M, Saotome M, Tanaka K, Endo M *et al.* Heterogeneity of renal cortical circulation in hypertension assessed by dynamic computed tomography. *Am J Hypertens* 2000;13(4 Pt 1):346-52.
- (114) Kojima S, Shida M, Tanaka K, Takano H, Yokoyama H, Kuramochi M. Renal macrostructure and cortical circulation in hypertension assessed by dynamic computed tomography. *Am J Hypertens* 2001;14(6 Pt 1):516-23.
- (115) Mounier-Vehier C, Lions C, Jaboureck O, Devos P, Haulon S, Wibaux M *et al.* Parenchymal consequences of fibromuscular dysplasia renal artery stenosis. *Am J Kidney Dis* 2002;40(6):1138-45.
- (116) Kaatee R, Beek FJA, de Lange EE, van Leeuwen MS, Smits HFM, van der Ven PJG *et al.* Renal artery stenosis: detection and quantification with spiral CT angiography versus optimized digital subtraction angiography. *Radiology* 1997;205(1):121-7.
- (117) Wittenberg G, Kenn W, Tschammler A, Sandstede J, Hahn D. Spiral CT angiography of renal arteries: comparison with angiography. *Eur Radiol* 1999;9(3):546-51.
- (118) Beregi JP, Lions C, Nicol L, Mounier-Vehier C, Carré A. Comment je fais une angio-RM des artères rénales ? *Feuill Radiol* 1999;39(6):467-74.

- (119) Boudghène F, Tassart M, Bazot M, Farres MT, Faintuch JM, Gouny P *et al.* Angiographie par résonance magnétique (ARM) de l'aorte abdominale et de ses branches. *J Radiol* 1999;80(9 Pt 2):1011-25.
- (120) Trillaud H, Saint-Amon A, Grenier N. L'IRM de perfusion rénale dans le diagnostic des sténoses de l'artère rénale. *Sang Thromb Vaiss* 1998;10(7):423-30.
- (121) Trillaud H, Kerioui N, Gomez C, Rey MC. Comment nous faisons une angio-RM de l'aorte abdominale et de ses branches. *Feuill Radiol* 2002;42(1):54-62.
- (122) Nelson KL, Gifford LM, Lauber-Huber C, Gross CA, Lasser TA. Clinical safety of gadopentetate dimeglumine. *Radiology* 1995;196:439-43.
- (123) Prince MR, Arnoldus C, Frisoli JK. Nephrotoxicity of high dose gadolinium compared with iodinated contrast. *J Magn Reson Imaging* 1996;5(6):162-6.
- (124) Rieumont MJ, Kaufman JA, Geller SC, Yucel EK, Cambria RP, Fang LS *et al.* Evaluation of renal artery stenosis with dynamic gadolinium-enhanced MR angiography. *AJR Am J Roentgenol* 1997;169(1):39-44.
- (125) Leung DA, Pelkonen P, Hany TF, Zimmermann G, Pfammatter T, Debatin JF. Value of image subtraction in 3D gadolinium-enhanced MR angiography of the renal arteries. *J Magn Reson Imaging* 1998;8(3):598-602.
- (126) Thornton J, O'Callaghan J, Walshe J, O'Brien E, Varghese JC, Lee MJ. Comparison of digital subtraction angiography with gadolinium-enhanced magnetic resonance angiography in the diagnosis of renal artery stenosis. *Eur Radiol* 1999;9(5):930-4.
- (127) Korst M, Joosten FBM, Postma CT, Jager GJ, Krabbe JK, Barentsz JO. Accuracy of normal-dose contrast-enhanced MR angiography in assessing renal artery stenosis and accessory renal arteries. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174(3):629-34.
- (128) Völk M, Strotzer M, Lenhart M, Manke C, Nitz WR, Seitz J *et al.* Time-resolved contrast-enhanced MR angiography of renal artery stenosis: diagnostic accuracy and interobserver variability. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174(6):1583-8.
- (129) Mittal TK, Evans C, Perkins T, Wood AM. Renal arteriography using gadolinium enhanced 3D MR angiography--clinical experience with the technique, its limitations and pitfalls. *Br J Radiol* 2001;74(882):495-502.
- (130) Gilfeather M, Yoon HC, Siegelman ES, Axel L, Stolpen AH, Shlansky-Goldberg RD *et al.* Renal artery stenosis: evaluation with conventional angiography versus gadolinium-enhanced MR angiography. *Radiology* 1999;210(2):367-72.
- (131) Schoenberg SO, Bock M, Knopp MV, Essig M, Laub G, Hawighorst H *et al.* Renal arteries: optimization of three-dimensional gadolinium-enhanced MR angiography with bolus-timing-independent fast multiphase acquisition in a single breath hold. *Radiology* 1999;211(3):667-79.
- (132) Leung DA, Hoffmann U, Pfammatter T, Hany TF, Rainoni L, Hilfiker P *et al.* Magnetic resonance angiography versus duplex sonography for diagnosing renovascular disease. *Hypertension* 1999;33(2):726-31.
- (133) Schoenberg SO, Knopp MV, Londy F, Krishnan S, Zuna I, Lang N *et al.* Morphologic and functional magnetic resonance imaging of renal artery stenosis: a multireader tricenter study. *J Am Soc Nephrol* 2002;13(1):158-69.
- (134) Binkert CA, Debatin JF, Schneider E, Hodler J, Ruehm SG, Schmidt M *et al.* Can MR measurement of renal artery flow and renal volume predict the outcome of percutaneous transluminal renal angioplasty? *Cardiovasc Intervent Radiol* 2001;24(4):233-9.

- (135) Tan KT, van Beek EJR, Brown PWG, van Delden OM, Tijssen J, Ramsay LE. Magnetic resonance angiography for the diagnosis of renal artery stenosis: a meta-analysis. *Clin Radiol* 2002;57(7):617-24.
- (136) Halpern EJ, Nazarian LN, Wechsler RJ, Mitchell DG, Outwater EK, Levin DC *et al.* US, CT, and MR evaluation of accessory renal arteries and proximal renal arterial branches. *Acad Radiol* 1999;6(5):299-304.
- (137) Willmann JK, Wildermuth S, Pfammatter T, Roos JE, Seifert B, Hilfiker PR *et al.* Aortoiliac and renal arteries: prospective intraindividual comparison of contrast-enhanced three-dimensional MR angiography and multi-detector row CT angiography. *Radiology* 2003;226(3):798-811.