



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

# **THÈSE**

pour obtenir le grade de

## **DOCTEUR EN MÉDECINE**

Présentée et soutenue publiquement  
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée  
en Radiologie et Imagerie Médicale

par

**Sarah Smahel LELOUP**

le 7 juillet 2015

## **INTERETS DE LA DESCRIPTION DES VARIANTES VASCULAIRES AVANT CHIRURGIE HEPATIQUE PANCREATIQUE ET RENALE**

Examineurs de la thèse :

Mme le Professeur Valérie LAURENT

Présidente du jury

M. le Professeur A. CLAUDON

Juge

M. le Professeur M. AYAV

Juge

M. le Docteur D. MANDRY

Juge



UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



FACULTÉ de MÉDECINE  
NANCY

Doyen de

Président de l'Université de Lorraine  
:  
Professeur Pierre MUTZENHARDT  
  
la Faculté de Médecine  
Professeur Marc BRAUN

**Vice-doyens**

Pr Karine ANGIOI-DUPREZ, Vice-Doyen  
Pr Marc DEBOUVERIE, Vice-Doyen

**Assesseeurs :**

**Premier cycle :** Dr Guillaume GAUCHOTTE

**Deuxième cycle :** Pr Marie-Reine LOSSER

**Troisième cycle :** Pr Marc DEBOUVERIE

*Innovations pédagogiques :* Pr Bruno CHENUUEL

*Formation à la recherche :* Dr Nelly AGRINIER

*Animation de la recherche clinique :* Pr François ALLA

*Affaires juridiques et Relations extérieures :* Dr Frédérique CLAUDOT

*Vie Facultaire et SIDES :* Dr Laure JOLY

*Relations Grande Région :* Pr Thomas FUCHS-BUDER

*Etudiant :* M. Lucas SALVATI

**Chargés de mission**

*Bureau de docimologie :* Dr Guillaume GAUCHOTTE

*Commission de prospective facultaire :* Pr Pierre-Edouard BOLLAERT

*Universitarisation des professions paramédicales :* Pr Annick BARBAUD

*Orthophonie :* Pr Cécile PARIETTI-WINKLER

*PACES :* Dr Chantal KOHLER

*Plan Campus :* Pr Bruno LEHEUP

*International :* Pr Jacques HUBERT

=====

**DOYENS HONORAIRES**

Professeur Jean-Bernard DUREUX - Professeur Jacques ROLAND - Professeur Patrick NETTER

Professeur Henry COUDANE

=====

**PROFESSEURS HONORAIRES**

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY  
Marc-André BIGARD - Patrick BOISSEL - Pierre BORDIGONI - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE  
Jean-Louis BOUTROY - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET - Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - François  
CHERRIER Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre  
DESCHAMPS

Jean-Bernard DUREUX - Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER  
Hubert GERARD - Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Claude HURIET  
Christian JANOT - Michèle KESSLER - François KOHLER - Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES  
Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS  
Jean-Pierre MALLIÉ - Michel MANCIAUX - Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Denise MONERET-  
VAUTRIN Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert  
PERCEBOIS

Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - François PLENAT - Jean-Marie POLU - Jacques  
POUREL Jean PREVOT - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Denis REGENT - Michel RENARD - Jacques  
ROLAND

René-Jean ROYER - Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Daniel SIBERTIN-BLANC - Claude  
SIMON Danièle SOMMELET - Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Hubert UFFHOLTZ -  
Gérard VAILLANT Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Jean-Pierre VILLEMOT - Michel WAYOFF -  
Michel WEBER

=====

## PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Pierre BEY - Professeur Marc-André BIGARD – Professeur Jean-Pierre CRANCE Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE – Professeure Michèle KESSLER - Professeur Jacques LECLERE  
Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS - Professeur Luc PICARD – Professeur François PLENAT  
Professeur Jacques POUREL - Professeur Michel SCHMITT – Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC  
Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT - Professeure Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET Professeur Michel WAYOFF

---

## PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

(Disciplines du Conseil National des Universités)

### 42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anatomie*)

Professeur Gilles GROSDIDIER - Professeur Marc BRAUN

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Cytologie et histologie*)

Professeur Bernard FOLIGUET – Professeur Christo CHRISTOV

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Anatomie et cytologie pathologiques*)

Professeur Jean-Michel VIGNAUD

### 43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biophysique et médecine nucléaire*)

Professeur Gilles KARCHER – Professeur Pierre-Yves MARIE – Professeur Pierre OLIVIER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Radiologie et imagerie médecine*)

Professeur Michel CLAUDON – Professeure Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER - Professeur René ANXIONNAT

### 44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Biochimie et biologie moléculaire*)

Professeur Jean-Louis GUÉANT – Professeur Jean-Luc OLIVIER – Professeur Bernard NAMOUR

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Physiologie*)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUÉL – Professeur Christian BEYAERT

#### 4<sup>ème</sup> sous-section : (*Nutrition*)

Professeur Olivier ZIEGLER – Professeur Didier QUILLIOT - Professeure Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

### 45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière*)

Professeur Alain LE FAOU - Professeur Alain LOZNIEWSKI – Professeure Evelyne SCHVOERER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Parasitologie et Mycologie*)

Professeure Marie MACHOUART

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Maladies infectieuses ; maladies tropicales*)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD – Professeure Céline PULCINI

### 46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Épidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON - Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine et santé au travail*)

Professeur Christophe PARIS

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine légale et droit de la santé*)

Professeur Henry COUDANE

#### 4<sup>ème</sup> sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Professeure Eliane ALBUISSON – Professeur Nicolas JAY

### 47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

#### 1<sup>ère</sup> sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Professeur Pierre FEUGIER

#### 2<sup>ème</sup> sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie*)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY - Professeur Didier PEIFFERT

Professeur Frédéric MARCHAL

#### 3<sup>ème</sup> sous-section : (*Immunologie*)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marcelo DE CARVALHO-BITTENCOURT

#### 4<sup>ème</sup> sous-section : (*Génétique*)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence*)**

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ - Professeur Gérard AUDIBERT

Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeure Marie-Reine LOSSER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Réanimation ; médecine d'urgence*)**

Professeur Alain GERARD - Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT - Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie*)**

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET – Professeur J.Y. JOUZEAU (*pharmacien*)

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie*)**

Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD - Professeur Patrick ROSSIGNOL

**49<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP ET RÉÉDUCATION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Neurologie*)**

Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE

Professeur Luc TAILLANDIER - Professeur Louis MAILLARD – Professeure Louise TYVAERT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Neurochirurgie*)**

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN

Professeur Thierry CIVIT - Professeure Sophie COLNAT-COULBOIS

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Psychiatrie d'adultes ; addictologie*)**

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Pédopsychiatrie ; addictologie*)**

Professeur Bernard KABUTH

**5<sup>ème</sup> sous-section : (*Médecine physique et de réadaptation*)**

Professeur Jean PAYSANT

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Rhumatologie*)**

Professeure Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie orthopédique et traumatologique*)**

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD - Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Dermato-vénéréologie*)**

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeure Annick BARBAUD

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie*)**

Professeur François DAP - Professeur Gilles DAUTEL - Professeur Etienne SIMON

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Pneumologie ; addictologie*)**

Professeur Yves MARTINET – Professeur Jean-François CHABOT – Professeur Ari CHAOUAT

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Cardiologie*)**

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE

Professeur Nicolas SADOUL - Professeur Christian de CHILLOU DE CHURET

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie thoracique et cardiovasculaire*)**

Professeur Thierry FOLLIGUET

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire*)**

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie*)**

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

**3<sup>ème</sup> sous-section : (*Néphrologie*)**

Professeure Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

**4<sup>ème</sup> sous-section : (*Urologie*)**

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE ET CHIRURGIE GÉNÉRALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (*Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie*)**

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN - Professeur Athanase BENETOS

Professeure Gisèle KANNY – Professeure Christine PERRET-GUILLAUME

**2<sup>ème</sup> sous-section : (*Chirurgie générale*)**

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

**54<sup>ème</sup> Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Pédiatrie)**

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER - Professeur François FEILLET  
Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO – Professeure Rachel VIEUX

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie infantile)**

Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)**

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Olivier MOREL

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)**

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

**55<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)**

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeure Cécile PARIETTI-WINKLER

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Ophtalmologie)**

Professeur Jean-Luc GEORGE – Professeur Jean-Paul BERROD – Professeure Karine ANGIOI

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)**

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeure Muriel BRIX

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS**

**61<sup>ème</sup> Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Professeur Walter BLONDEL

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Professeure Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeur Jean-Marc BOIVIN

**PROFESSEUR ASSOCIÉ DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Professeur associé Paolo DI PATRIZIO

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS**

**42<sup>ème</sup> Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Anatomie)**

Docteur Bruno GRIGNON – Docteure Manuela PEREZ

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cytologie et histologie)**

Docteur Edouard BARRAT - Docteure Françoise TOUATI – Docteure Chantal KOHLER

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)**

Docteure Aude MARCHAL – Docteur Guillaume GAUCHOTTE

**43<sup>ème</sup> Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDECINE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)**

Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Radiologie et imagerie médecine)**

Docteur Damien MANDRY – Docteur Pedro TEIXEIRA (stagiaire)

**44<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)**

Docteure Sophie FREMONT - Docteure Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN

Docteure Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteure Shyue-Fang BATTAGLIA – Docteur Abderrahim OUSSALAH (stagiaire)

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Physiologie)**

Docteur Mathias POUSSEL – Docteure Silvia VARECHOVA

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Biologie Cellulaire)**

Docteure Véronique DECOT-MAILLERET

**45<sup>ème</sup> Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière)**

Docteure Véronique VENARD – Docteure Hélène JEULIN – Docteure Corentine ALAUZET

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Parasitologie et mycologie (type mixte : biologique))**

Docteure Anne DEBOURGOGNE (sciences)

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales)**

Docteure Sandrine HENARD

**46<sup>ème</sup> Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Epidémiologie, économie de la santé et prévention)**

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteure Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN –

Docteure Nelly AGRINIER (stagiaire)

**2<sup>ème</sup> sous-section (Médecine et Santé au Travail)**

Docteure Isabelle THAON

**3<sup>ème</sup> sous-section (Médecine légale et droit de la santé)**

Docteur Laurent MARTRILLE

**47<sup>ème</sup> Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Hématologie ; transfusion : option hématologique (type mixte : clinique))**

Docteur Aurore PERROT (stagiaire)

**2<sup>ème</sup> sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique))**

Docteure Lina BOLOTINE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Génétique)**

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteure Céline BONNET

**48<sup>ème</sup> Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE, PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)**

Docteure Françoise LAPICQUE – Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

**50<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE ET CHIRURGIE PLASTIQUE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Rhumatologie)**

Docteure Anne-Christine RAT

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Dermato-vénéréologie)**

Docteure Anne-Claire BURSZTEJN

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie)**

Docteure Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

**51<sup>ème</sup> Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE**

**3<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire)**

Docteur Fabrice VANHUYSE

**4<sup>ème</sup> sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)**

Docteur Stéphane ZUILY

**52<sup>ème</sup> Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF ET URINAIRE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie)**

Docteur Jean-Baptiste CHEVAUX (stagiaire)

**53<sup>ème</sup> Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE**

**1<sup>ère</sup> sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)**

Docteure Laure JOLY

=====

**MAÎTRE DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE**

Docteure Elisabeth STEYER

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES**

**5<sup>ème</sup> Section : SCIENCES ÉCONOMIQUES**

Monsieur Vincent LHUILLIER

**19<sup>ème</sup> Section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE**

Madame Joëlle KIVITS

**60<sup>ème</sup> Section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE, GÉNIE CIVIL**

Monsieur Alain DURAND

**61<sup>ème</sup> Section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL**

Monsieur Jean REBSTOCK

**64<sup>ème</sup> Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE**

Madame Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Monsieur Nick RAMALANJAONA

**65<sup>ème</sup> Section : BIOLOGIE CELLULAIRE**

Monsieur Jean-Louis GELLY - Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE

Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA - Madame Nathalie MERCIER – Madame Céline HUSELSTEIN

**66<sup>ème</sup> Section : PHYSIOLOGIE**

Monsieur Nguyen TRAN

=====

**MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS**

**Médecine Générale**

Docteure Sophie SIEGRIST - Docteur Arnaud MASSON - Docteur Pascal BOUCHE

=====

**DOCTEURS HONORIS CAUSA**

Professeur Charles A. BERRY (1982)  
*Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)*  
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)  
*Brown University, Providence (U.S.A)*  
Professeure Mildred T. STAHLMAN (1982)  
*Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)*  
Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)  
*Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)*  
*Université de Pennsylvanie (U.S.A)*  
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)  
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)*

Professeure Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)  
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)  
*Université d'Helsinki (FINLANDE)*  
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)  
*Université d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)*  
Professeur Daniel G. BICHET (2001)  
*Université de Montréal (Canada)*  
Professeur Marc LEVENSTON (2005)  
*Institute of Technology, Atlanta (USA)*

Professeur Brian BURCHELL (2007)  
*Université de Dundee (Royaume-Uni)*  
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)  
*Université de Wuhan (CHINE)*  
Professeur David ALPERS (2011)  
*Université de Washington (U.S.A)*  
Professeur Martin EXNER (2012)  
*Université de Bonn (ALLEMAGNE)*



## **Remerciements**

*A ma directrice de thèse, Mme le Professeur Valérie LAURENT*

*Professeur de radiologie et Imagerie médicale*

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail et pour le temps que tu m'as accordé malgré ton planning chargé. Merci pour ton aide et tes conseils précieux, pour ton soutien. Tes qualités professionnelles et ta rigueur sont pour moi des exemples à suivre. Merci pour tout ce que tu m'as apporté durant ces deux semestres à tes côtés. Reçois mes plus sincères remerciements et le témoignage de ma profonde reconnaissance.

***Aux membres du jury,***  
***Mr le Professeur CLAUDON,***  
*Professeur de radiologie,*

Pour l'honneur que vous me faites de siéger parmi les membres du jury et d'apporter vos connaissances à la critique de ce travail veuillez trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et de mon profond respect.

***Mr le Professeur AYAV,***  
*Professeur de chirurgie générale,*

Pour l'honneur que vous me faites de siéger parmi les membres du jury et l'intérêt que avez porté à ce travail veuillez trouver ici l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

***Mr le Docteur MANDRY,***  
*Docteur en Radiologie et Imagerie médicale*

Pour l'honneur que tu me fais de siéger parmi les membres du jury, pour ta pédagogie et ta gentillesse reçois ici l'expression de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

## **Mes remerciements s'adressent également**

***A tous les assistants et praticiens hospitaliers,***

Qui ont contribué à ma formation durant de longues années. Votre pédagogie et votre savoir m'ont guidée au fil des semestres, me permettant de développer mes connaissances, d'améliorer mon sens de la réflexion et d'aiguiser mon œil de radiologue.

Vous resterez toujours des exemples pour moi...

***A mes co-internes,***

Pour les soutiens mutuels dans les moments difficiles.

***Aux manipulateurs,***

Qui ont su m'épauler et me guider.

***A mes confrères des cabinets de Talange et Clouange, de Nancy, de Majorelle, d'Essey-lès-Nancy, et des centres hospitaliers de Metz, Toul et d'Epinal,***

Qui m'ont permis de découvrir la diversité de la radiologie et de sa pratique.

## **Je dédie cette thèse :**

### ***A mon fiancé,***

Pour ton amour, ta présence. Merci pour ton soutien dans cette épreuve et ton aide technique. J'espère ne jamais te décevoir. Merci d'être là pour moi, de me supporter tous les jours et pour le reste de notre vie...

### ***A mes parents bien-aimés,***

Que j'aspire à rendre fiers chaque jour.

***A ma mère,*** qui m'a baignée dans la médecine depuis toute petite, faisant de cette vocation une évidence. Merci pour ta confiance. Ton dévouement pour tes patients et tes grandes qualités intellectuelles et humaines seront toujours une référence pour moi. Ta libellule qui t'aime...

***A mon père,*** pour ton soutien, ton encouragement et ton grand cœur. Merci pour ton éducation qui m'a aidé à grandir et m'a construite.

### ***A mon frère, mes tantes, mes oncles, mes cousines, mes cousins, mes grands-mères,***

Pour votre affection et votre bienveillance. Vous qui avez toujours été là pour moi et qui comptez énormément pour moi.

### ***A Nadia, Lucien et Fadel,***

Qui veillent sur nous depuis les cieux.

### ***A mes amies et amis,***

Qui m'ont soutenue dans tous les moments importants de ma vie. Votre soutien et vos encouragements ont été une grande motivation.

Merci pour ces apéros et barbecues pour se changer les idées.

Merci morue pour avoir subi mes états d'âme et mes coups de blues sans rechigner.

## ***SERMENT D'HIPPOCRATE***

« **A**u moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité. J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire. Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément. Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés. J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque ».

# **TABLE DES MATIERES**

|                                                                                                      |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>INTRODUCTION .....</b>                                                                            | <b>14</b> |
| <b>CHIRURGIE HEPATO BILIO PANCREATIQUE .....</b>                                                     | <b>15</b> |
| <b>I. Intérêts chirurgicaux de la cartographie vasculaire pré-opératoire .....</b>                   | <b>15</b> |
| a. Place de l'imagerie.....                                                                          | 15        |
| b. Intérêts pour le chirurgien .....                                                                 | 16        |
| c. Fréquence modérée de l'anatomie modale .....                                                      | 16        |
| <b>II. Chirurgie hépatique .....</b>                                                                 | <b>17</b> |
| a. Intérêts dans l'hépatectomie et la transplantation hépatique.....                                 | 17        |
| b. Protocole scanner et IRM.....                                                                     | 19        |
| c. Variantes artérielles .....                                                                       | 21        |
| d. Voies de suppléance .....                                                                         | 26        |
| e. Variantes portales .....                                                                          | 27        |
| f. Variantes veineuses .....                                                                         | 30        |
| g. Mésentère commun.....                                                                             | 31        |
| <b>III. Chirurgie pancréatique .....</b>                                                             | <b>32</b> |
| a. Intérêts dans la Duodéno-pancréatectomie céphalique et la chirurgie de<br>cholangiocarcinome..... | 32        |
| b. Protocole scanner.....                                                                            | 33        |
| c. Variantes artérielles .....                                                                       | 33        |
| d. Exemples de complications post-opératoires .....                                                  | 34        |
| i. Observation 1.....                                                                                | 34        |
| ii. Observation 2 .....                                                                              | 35        |
| <b>CHIRURGIE UROLOGIQUE .....</b>                                                                    | <b>37</b> |
| <b>I. Intérêts chirurgicaux de la cartographie vasculaire pré-opératoire .....</b>                   | <b>37</b> |
| a. Place de l'imagerie.....                                                                          | 37        |
| b. Intérêts pour le chirurgien .....                                                                 | 38        |
| c. Fréquence modérée de l'anatomie modale .....                                                      | 38        |
| <b>II. Protocole scanner .....</b>                                                                   | <b>38</b> |
| <b>III. Néphrectomie et greffe rénale .....</b>                                                      | <b>40</b> |
| <b>IV. Variantes artérielles .....</b>                                                               | <b>41</b> |
| <b>V. Variantes veineuses .....</b>                                                                  | <b>43</b> |
| <b>CONCLUSION .....</b>                                                                              | <b>47</b> |
| <b>DECLARATION D'INTERETS.....</b>                                                                   | <b>47</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>                                                                            | <b>48</b> |

## **INTRODUCTION**

Dans la stratégie thérapeutique en chirurgie hépatique, pancréatique et uro-néphrologique, l'imagerie pré-opératoire a une place de plus en plus importante, parallèlement à l'évolution de la collaboration radio-chirurgicale. Avant toute chirurgie pour carcinome hépato-cellulaire, métastasectomie hépatique, transplantation hépatique, duodéno-pancréatectomie céphalique et avant toute greffe rénale, un bilan d'imagerie complet doit être réalisé. Il n'a plus seulement pour but de fournir des éléments de caractérisation lésionnelle, il devient à la base du bilan de résécabilité des lésions et d'opérabilité des patients. Il fait partie intégrante de la planification chirurgicale avec une concertation entre le radiologue et le chirurgien. Tout patient doit pouvoir bénéficier en pré-opératoire d'une imagerie complète associant au moins un scanner et une IRM. Le radiologue doit dans la mesure du possible réaliser un post-traitement adapté avec des reformations multiplanaires et des images tridimensionnelles. Il est également possible de mettre à disposition du chirurgien des images avec fusion des différents volumes vasculaires biliaires et parenchymateux, dont il pourra se servir en per-opératoire pour guider ses gestes opératoires. Les objectifs initiaux du bilan pré-opératoire sont de décrire les caractéristiques lésionnelles et de préciser ses rapports avec son environnement parenchymateux, vasculaire et biliaire, en recherchant les contre-indications carcinologiques à l'exérèse. Le rôle du radiologue doit également être de rechercher avec minutie les éventuelles contraintes vasculaires, dans le but de pouvoir anticiper et d'éviter les manœuvres chirurgicales iatrogènes, dans un souci d'épargne parenchymateuse. Il va décrire les éventuelles variantes vasculaires rencontrées chez le patient, en précisant leur trajet, leur nombre et leur calibre, dont certaines sont retrouvées de façon assez fréquente. Il est essentiel de fournir une cartographie vasculaire exhaustive et précise. L'intérêt est surtout de signaler les variantes qui peuvent être piégeantes pour le chirurgien, de part leur position ou leur caractère dominant par rapport aux vaisseaux habituels. Il va mentionner les artères multiples, les variantes d'origine, de trajet, les artères absentes ou accessoires, et déceler le développement d'éventuelles arcades de suppléance très fonctionnelles.

Concernant la greffe rénale, d'autant plus à partir d'un donneur vivant, le rôle du radiologue va être de décrire avec précision l'axe aorto-iliaque avec l'abondance et l'emplacement des calcifications artérielles, permettant au chirurgien de prévoir son schéma anastomotique, voire de récuser un patient pour une greffe en raison d'un état vasculaire trop précaire.

Le rôle du radiologue devient précieux pour le choix de la technique chirurgicale et de la voie d'abord. Il permet au chirurgien de planifier sa technique opératoire et son schéma anastomotique ainsi que de prévoir la durée d'intervention, afin de limiter la iatrogénie, la morbidité et la mortalité post-opératoires.

# **CHIRURGIE HEPATO-BILIO-PANCREATIQUE**

## **I. Intérêts chirurgicaux de la cartographie vasculaire pré-opératoire**

### **a. Place de l'imagerie**

Une imagerie est réalisée de façon systématique en pré-opératoire et est devenue indispensable, afin de fournir une cartographie vasculaire exhaustive et de réaliser le bilan de résecabilité. Le plus souvent, il s'agit d'un scanner multi-phasique avec injection de produit de contraste en raison de sa disponibilité, de sa rapidité et de sa précision. Elle permet d'apporter des éléments de caractérisation lésionnelle ainsi qu'un bilan exhaustif des variantes vasculaires à la fois artérielles, veineuses et portales. Elle décrit les calcifications athéromateuses et recherche les éventuelles voies de dérivation porto-systémique. La recherche de vaisseaux de suppléance artériels est orientée par les antécédents du patient (multiples facteurs de risque cardiovasculaire), notamment en cas de sténose athéromateuse calcifiée de l'origine du tronc cœliaque, parfois associée à un tableau d'ischémie mésentérique chronique. Il est essentiel de proposer au chirurgien des images tridimensionnelles de qualité, des reformations multiplanaires (en MPR) ainsi que des images avec fusion des volumes (Fig. 1). Dans le cadre de la stratégie thérapeutique, une IRM est également réalisée avec notamment une cholangio-IRM.

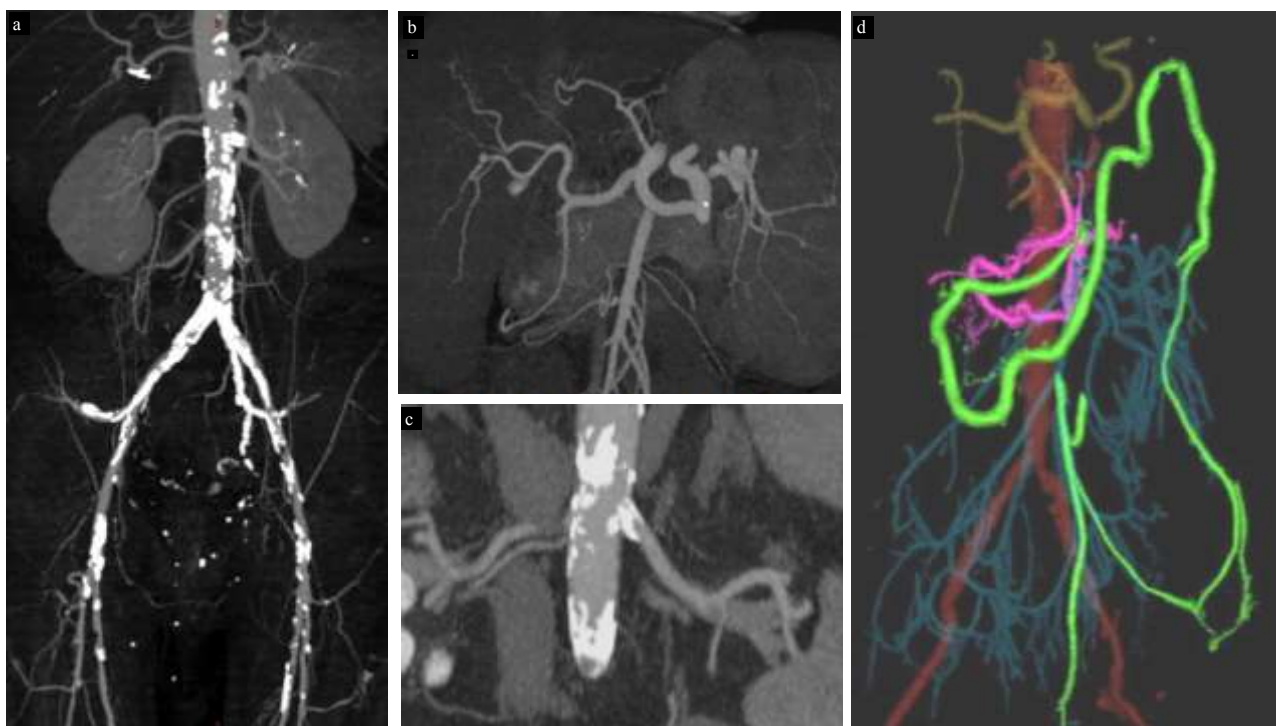


Figure 1. Images tridimensionnelles permettant de bien visualiser les calcifications athéromateuses (a et c). Reformations MPR du tronc cœliaque (b). MPR avec fusion des volumes (d).



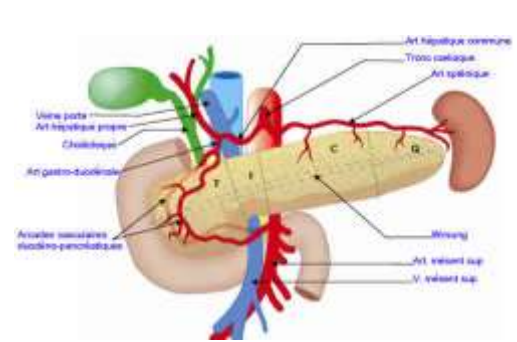
## **b. Intérêts pour le chirurgien**

La cartographie vasculaire pré-opératoire est une aide précieuse pour le chirurgien à différents niveaux (1, 2):

- Elle a un rôle central dans le bilan de résecabilité des lésions et dans la stratégie thérapeutique.
- Elle oriente le chirurgien vers le choix de sa technique opératoire. Il peut davantage anticiper ses gestes techniques, ce qui peut être un gain de temps précieux et contribue à réduire la durée d'intervention.
- La connaissance de la présence et de l'étendue des calcifications athéromateuses notamment ostiales permet au chirurgien de prévoir les modalités de ses différents clampages artériels, sur ces vaisseaux fragilisés à risque hémorragique accru. Il s'agit d'un critère essentiel de l'évaluation de l'opérabilité d'un patient et du choix de l'emplacement de ses anastomoses. Un patient peut être récusé pour une chirurgie, même dans le cadre d'un don ou d'une greffe d'organe, en cas de calcifications ostiales trop importantes.
- Elle contribue au choix de la voie d'abord. La présence de vaisseaux accessoires ou présentant des variantes dans leur trajet peut gêner le chirurgien lors de l'ouverture de la cavité péritonéale. C'est particulièrement le cas en présence de multiples voies de dérivation porto-systémique, pouvant former des amas de vaisseaux. Le risque de plaie vasculaire est alors majoré lors de l'incision.
- Elle permet d'éviter les surprises per-opératoires, sur la présence de vaisseaux inattendus comme les réseaux de suppléance. Il est nécessaire de préciser l'importance du développement de ces réseaux, leur trajet et leur calibre pour les axes les plus significatifs, d'apprécier leur fonctionnalité et les territoires qu'ils vascularisent. La réalisation d'images en 3D avec reformations en MPR donne un meilleur aperçu du développement vasculaire et est une aide visuelle appréciable (1).
- Elle a par ailleurs comme objectif principal d'éviter les déperditions sanguines per-opératoires en permettant l'anticipation de manœuvres chirurgicales iatrogènes.
- La planification de la procédure opératoire et des schémas anastomotiques qu'elle favorise a pour but fondamental la préservation parenchymateuse. Elle permet d'éviter de sacrifier des arcades duodéno-pancréatiques très fonctionnelles.
- Elle a une place essentielle pour limiter les morbidités post-opératoires secondaires aux hémorragies per ou post-opératoires et aux complications nécrotiques parenchymateuses éventuelles.

## **c. Fréquence modérée de l'anatomie modale**

La disposition « modale » des artères hépatiques se retrouve chez 66 à 75% de la population selon les études (3) (Fig. 2). La division modale de la veine porte (VP) en veine droite (VPD) et veine gauche (VPG) est retrouvée dans 76% des cas (type 1).



AHC : artère hépatique commune  
AGG : artère gastrique gauche  
AS : artère splénique  
BHG : branche hépatique gauche  
BHD : branche hépatique droite  
AHP : artère hépatique propre  
AGD : artère gastro-duodénale

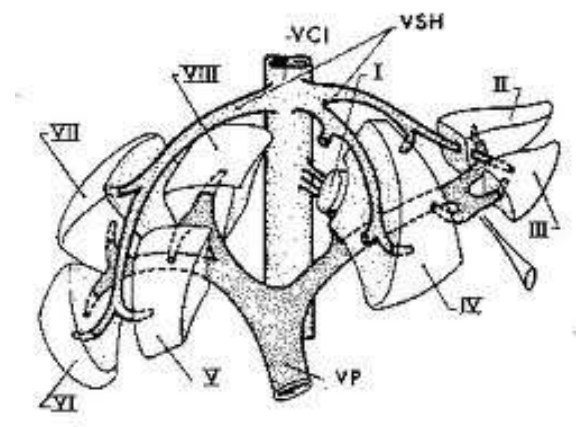


Figure 2. Vascularisation modale artérielle et portale hépato-pancréatique.

manœuvres chirurgicales et les modifications potentielles de la stratégie du geste chirurgical ainsi que de réduire le risque hémorragique.

L'élément le plus essentiel à fournir au chirurgien en pré-opératoire est la description précise de l'artère gastro-duodénale (AGD). Il doit connaître son point d'origine, son trajet, son calibre et sa fonctionnalité, notamment en cas de vascularisation à contre-courant de l'artère hépatique commune secondaire à une sténose du tronc cœliaque (TC). En cas d'hépatectomie droite, la ligature d'une artère hépatique droite (AHD) vascularisant le foie total compromet la vascularisation artérielle du foie gauche et est responsable de sa nécrose avec une morbidité post-opératoire majeure.

Lors de la transplantation hépatique, l'ischémie froide est l'élément le plus important. Plus ce temps est court, meilleurs sont les résultats de la transplantation, et au-delà de 13 heures d'ischémie froide sur un foie entier, le risque de non-fonction devient important. Le greffon doit être prélevé avec les pédicules vasculaires et les voies biliaires nécessaires à son implantation chez le receveur sans pour autant compromettre la vascularisation ni le drainage biliaire du foie restant chez le donneur. La présence d'une AHD sur foie droit impose de prélever cette AHD naissant de l'artère mésentérique supérieure (AMS) avant l'hépatectomie droite. Les variations anatomiques peuvent imposer la réalisation de plusieurs anastomoses artérielles afin de vasculariser l'ensemble du greffon.

Dans le cas du prélèvement de foie en vue d'une greffe, la présence de variantes portales n'exclut pas nécessairement un candidat potentiel au don, mais peut impliquer la réalisation de plusieurs anastomoses au lieu d'une seule chez le receveur. Cependant, un donneur vivant est récusé s'il ne possède pas de branche portale droite. Une trifurcation portale entraîne des difficultés notables d'anastomose chez le receveur. Les conséquences chirurgicales des variantes portales de type 2 sont principalement sources d'un allongement de la durée d'intervention et peuvent être responsables d'un surcroît de difficultés techniques pour le chirurgien (5). Chez le donneur, il peut exister un clampage plus difficile de la veine porte (6). Chez le receveur, il peut être nécessaire de réaliser une double anastomose portale. Dans le type 3, les conséquences chirurgicales sont responsables de modifications du planning opératoire mais réfutent rarement l'intervention. Chez le receveur, il peut être nécessaire de réaliser une double anastomose, une anastomose en U ou un greffon veineux en Y. On note également un risque accru de thrombose portale secondaire (4). Il est observé une majoration du risque hémorragique lors d'une hépatectomie partielle, particulièrement en cas de branche segmentaire antérieure droite (BSAD) naissant de la veine portale gauche VPG. Le type 4 représente une contre-indication à l'embolisation de la VP, à l'hépatectomie partielle ou à la bipartition du foie en vue d'une transplantation (Tableau 1).

Le risque de mortalité chez le donneur est de 0,4% en Europe et aux Etats-Unis. En cas d'hépatectomie droite (le plus fréquent) chez le donneur, le drainage veineux chez le receveur est assuré par la veine sus-hépatique droite qui est prélevée avec le foie droit, alors que la veine médiane est généralement laissée en place chez le donneur. S'il existe d'autres veines de taille significative (> 5 mm) drainant le foie droit, elles doivent être réimplantées, et donc connues avant l'intervention. C'est le cas surtout des veines se drainant directement dans la veine cave inférieure, et notamment la veine accessoire inférieure droite.

| Type | Radiologie interventionnelle                                                | Chirurgie                                                                      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Favorable                                                                   | Favorable                                                                      |
| 2    | Nécessité de cathétérismes et d'injections multiples                        | Double anastomose portale                                                      |
|      | Inadéquation de diamètre entre le ballon d'occlusion et la branche veineuse | Difficulté de clampage de la veine porte                                       |
|      | TIPS plus difficiles à poser et plus exposés aux thromboses                 | Nécessité de disséquer le parenchyme pour exposer toutes les branches portales |
| 3    | Difficultés de cathétérisme des branches segmentaires V et VI               | Double anastomose portale ou utilisation d'un greffon veineux en Y             |
|      | Risque important de dévasculariser des segments non cibles                  | Risque de thrombose portale                                                    |
|      |                                                                             | Risque de nécrose parenchymateuse                                              |
|      |                                                                             | Risque hémorragique                                                            |
| 4    | Contre-indiqué                                                              | Contre-indiqué                                                                 |

Tableau 1. Conséquences des variations portales en radiologie interventionnelle et en chirurgie selon le type de variation.

## b. Protocole scanner et IRM

Avant hépatectomie, l'imagerie à réaliser doit être exhaustive afin d'obtenir des éléments de caractérisation lésionnelle, un bilan de résecabilité ainsi qu'une cartographie vasculaire précise. On réalise d'abord une acquisition sans injection de produit de contraste. Les images obtenues en contraste spontané permettent principalement d'étudier les calcifications athéromateuses artérielles. Puis plusieurs acquisitions successives sont réalisées à différents temps après l'injection de produit de contraste. Il est habituellement réalisé une injection de produit de contraste iodé avec un bolus de 1,5 ml/kg à un débit de 3-4 ml/seconde. La première acquisition réalisée est un temps « artériel » avec une acquisition entre 10 et 20 secondes. On visualise le nombre d'artères, leur trajet, leur calibre, leur territoire de vascularisation, nécessaires à la recherche des différentes variantes anatomiques artérielles (3) et à la mise en évidence des éventuels réseaux de suppléance. On peut réaliser des reformations multiplanaires (MPR), des images tridimensionnelles et en « Volume Rendering » afin d'objectiver de façon précise les sténoses ostiales comme la sténose du TC. Puis, on réalise une nouvelle spirale avec un temps « portal ». L'acquisition est lancée à 70-80 secondes après le bolus d'injection. Ce temps permet le rehaussement du tronc porte et de ses branches, et de moindre importance du réseau veineux mésentérique, et ainsi déceler une thrombose porte ou les éventuelles voies de dérivation porto-systémiques. Enfin, une phase dite « tardive » est réalisée avec une acquisition à 2 ou 3 minutes selon les équipes et qui permet essentiellement de fournir des éléments de caractérisation tumorale (Tableau 2). Un post-traitement adapté des images est alors primordial, avec réalisation de fusion des différents volumes vasculaires et biliaires et intégration des segments hépatiques. Une fusion avec une cholangio-IRM permet d'obtenir des images davantage informatives et complètes (Fig. 3).

| Acquisition sans injection: des coupes diaphragmatiques aux reins en apnée |           |            |     |            |               |             |          |       |             |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----|------------|---------------|-------------|----------|-------|-------------|
| collimation                                                                | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai         | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                 | 2.5       | 2          | 100 | 250/700    | -             | 20          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |
| Injection bolus 1.5 ml/kg à 3-4 ml/sec                                     |           |            |     |            |               |             |          |       |             |
| Foie après injection: spirale artérielle                                   |           |            |     |            |               |             |          |       |             |
| collimation                                                                | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai         | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                 | 1.25      | 0.5        | 120 | 200/700    | SP + 10 ou 20 | 28          | 0.6      | 0.984 | Std ou soft |
| Foie après injection: spirale portale                                      |           |            |     |            |               |             |          |       |             |
| Collimation                                                                | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai         | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                 | 1.25      | 0.9        | 120 | 200/700    | 70 sec        | 20          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |
| Foie après injection: spirale tardive                                      |           |            |     |            |               |             |          |       |             |
| collimation                                                                | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai         | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                 | 2.5       | 2          | 100 | 200/700    | 120 sec       | 20          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |

Tableau 2. Protocole d'acquisition d'un scanner multi-phasique abdomino-pelvien avec injection de produit de contraste, réalisé en pré-opératoire.

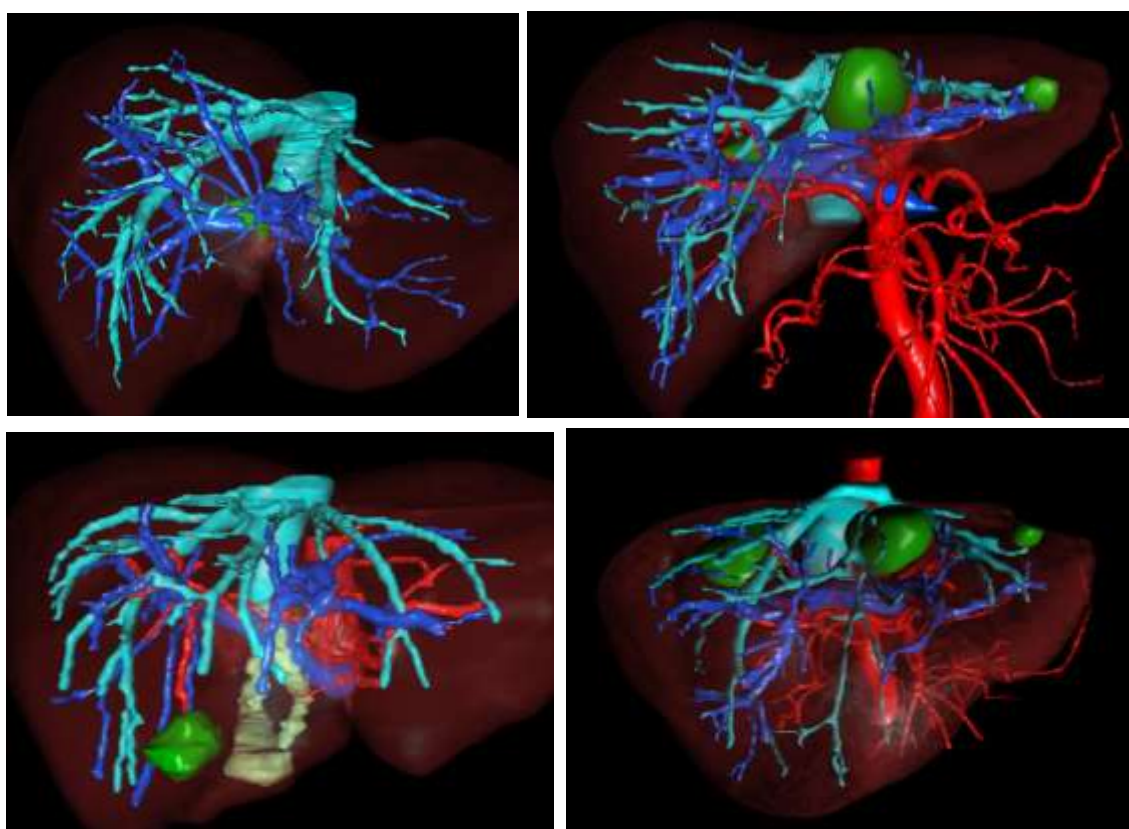


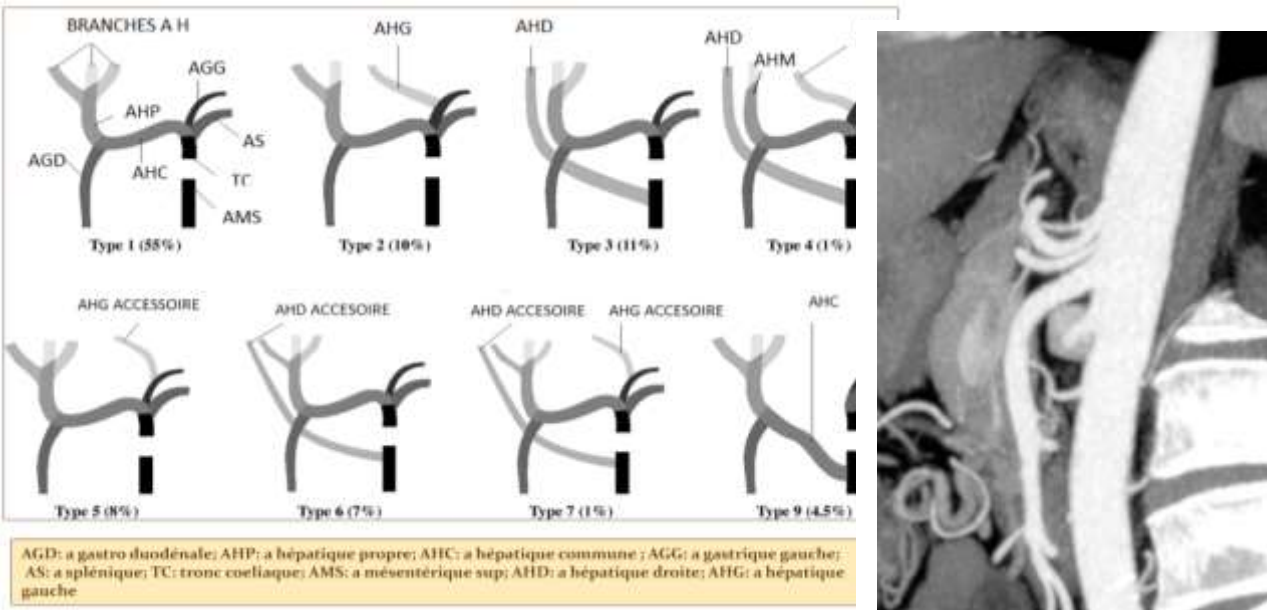
Figure 3. Cartographie des axes vasculaires avec fusion des images. IRCAD-Pr Luc Soler, PhD



Les séquences indispensables en IRM pour le bilan de résecabilité et la cartographie vasculaire et biliaire comprennent des séquences en FSE T2, en imagerie de diffusion, en IP-OP, du 3D FSE T2 (cholangioIRM) visualisant l'arbre biliaire en 3D ainsi que des acquisitions à différents temps d'injection en coupes fines.

### c. Variantes artérielles

Elles sont nombreuses et assez fréquentes, mais il existe quelques variantes prédominantes que le radiologue doit mentionner (7)(Tableau 3, Fig. 9). Les variantes d'origine sont souvent dues à la non régression d'artères existant chez le fœtus (Fig. 4).



| Anatomic Variation                                  | No. of Cases in Michels Study (n = 200) | No. of Cases in Current Study (n = 600) |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| Michels classification*                             |                                         |                                         |
| I: standard anatomy <sup>†</sup>                    | 110 (55.0)                              | 368 (61.3)                              |
| II: replaced LHA <sup>‡</sup>                       | 20 (10.0)                               | 23 (3.8)                                |
| III: replaced RHA <sup>‡</sup>                      | 22 (11.0)                               | 52 (8.7)                                |
| IV: replaced RHA and LHA                            | 2 (1.0)                                 | 3 (0.5)                                 |
| V: accessory LHA from LGA <sup>‡</sup>              | 16 (8.0)                                | 64 (10.7)                               |
| VI: accessory RHA from SMA <sup>‡</sup>             | 14 (7.0)                                | 9 (1.5)                                 |
| VII: accessory RHA and LHA                          | 2 (1.0)                                 | 6 (1.0)                                 |
| VIII: accessory RHA and LHA and replaced LHA or RHA | 4 (2.0)                                 | 18 (3.0)                                |
| IX: CHA replaced to SMA                             | 9 (4.5)                                 | 12 (2.0)                                |
| X: CHA replaced to LGA                              | 1 (0.5)                                 | 0                                       |
| CHA separate origin from aorta                      | NA                                      | 12 (2.0)                                |
| Double hepatic artery <sup>§</sup>                  | NA                                      | 22 (3.7)                                |
| PHA replaced to SMA; GDA origin from aorta          | NA                                      | 2 (0.3)                                 |
| Other <sup>  </sup>                                 | NA                                      | 9 (1.5)                                 |

Tableau 3. Classification et fréquence des variantes anatomiques artérielles hépatiques.

- L'artère hépatique gauche (AHG) est observée chez environ 10% des patients, et est seule dans moins d'1% des cas. Elle naît de la face latérale droite de l'artère gastrique gauche, sans emprunter le pédicule hépatique (Fig. 5). Elle peut vasculariser uniquement le lobe gauche, le foie gauche ou plus rarement l'ensemble du foie.
- L'artère hépatique droite (AHD) est retrouvée dans 15 à 20% des cas. Elle est seule chez 3 % des patients. Elle naît de l'AMS et a un trajet sous et rétro-portal (Fig. 6). Elle vascularise le foie droit.
- Il existe quelques cas où l'artère hépatique droite naît directement de l'aorte, souvent juste en dessous de l'émergence du TC (Fig. 7).
- La présence simultanée des 3 artères : artère hépatique commune (AHC), AHG et AHD est observée chez environ 2% des patients (Fig. 8).

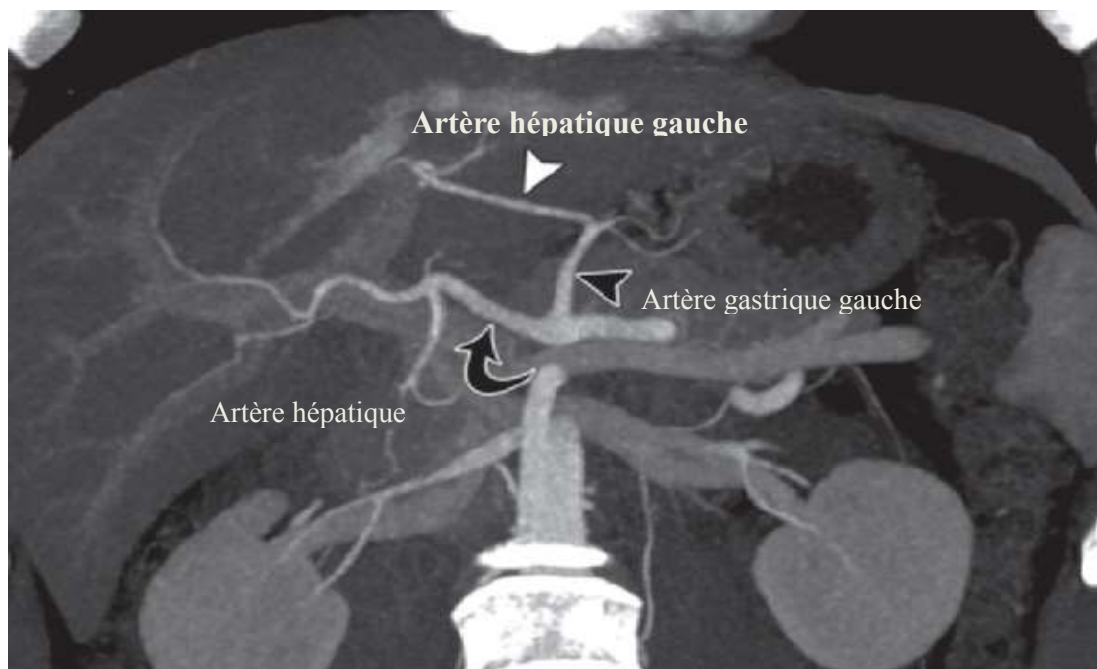


Figure 5. Présence d'une artère hépatique gauche en plus de l'artère hépatique commune.

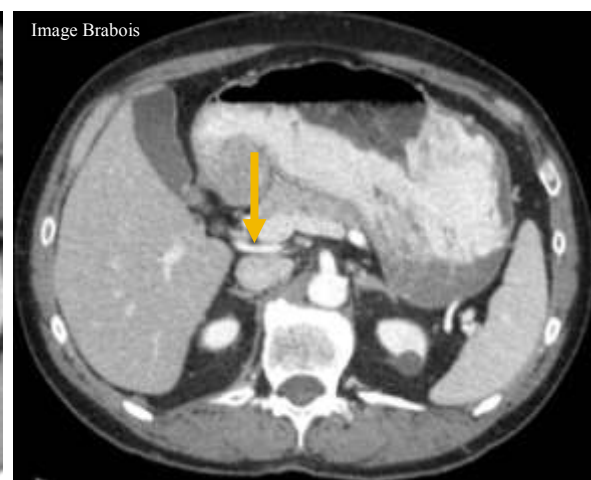
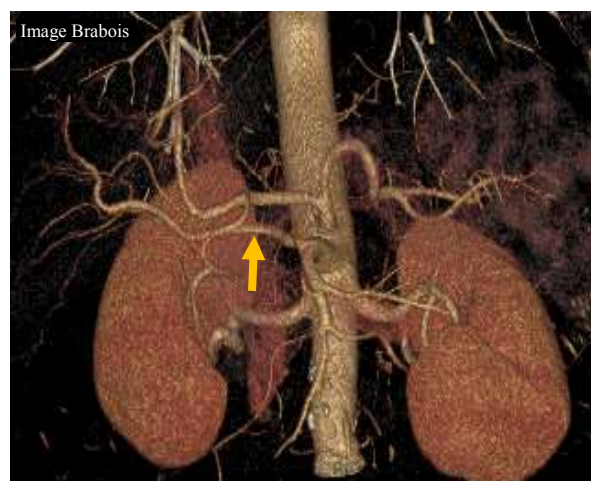


Figure 6. Présence d'une artère hépatique droite en plus de l'artère hépatique commune.

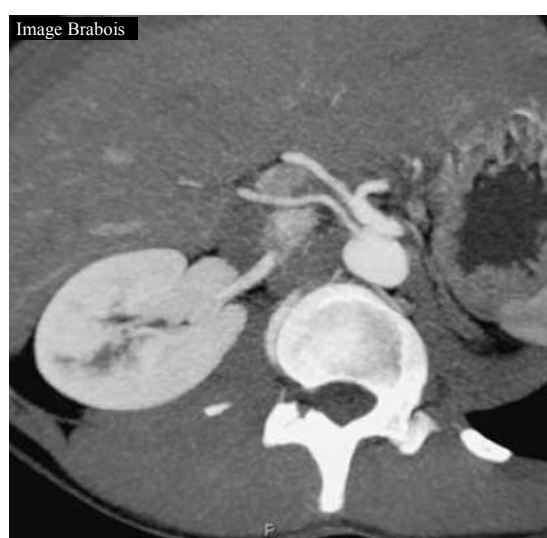


Figure 7. AHD naissant de l'aorte.





Figure 8. Association d'une AHC, d'une AHG et d'une AHD.

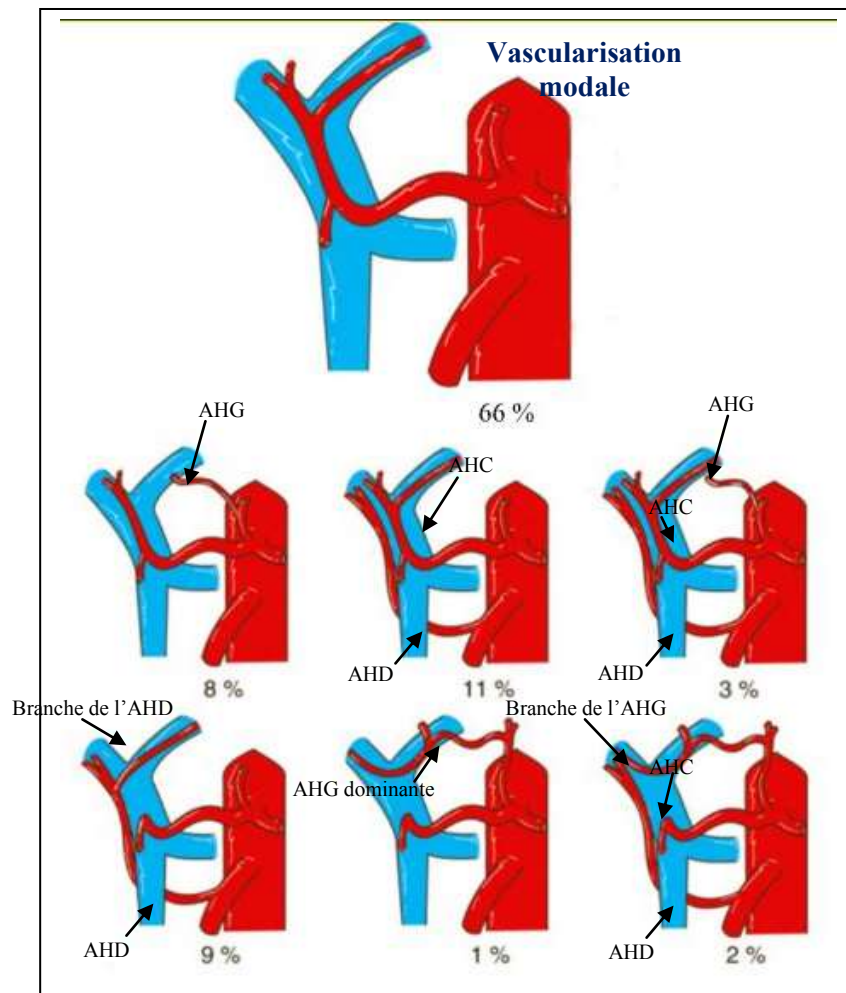


Figure 9. Variations anatomiques artérielles hépatiques.

- Le tronc commun coelio-mésentérique naît de la face antérieure de l'aorte et regroupe le TC et l'AMS qui se séparent au bout de 2-3 cm. L'artère gastrique gauche naît alors souvent de l'aorte, juste en amont de l'émergence du tronc commun (Fig. 10).



Figure 10. Tronc commun coelio-mésentérique (a et c). Artère gastrique gauche (b).

- La trifurcation est caractérisée par la naissance de l'artère gastro-duodénale (AGD) à partir de la branche hépatique droite (BHD) (Fig. 11).

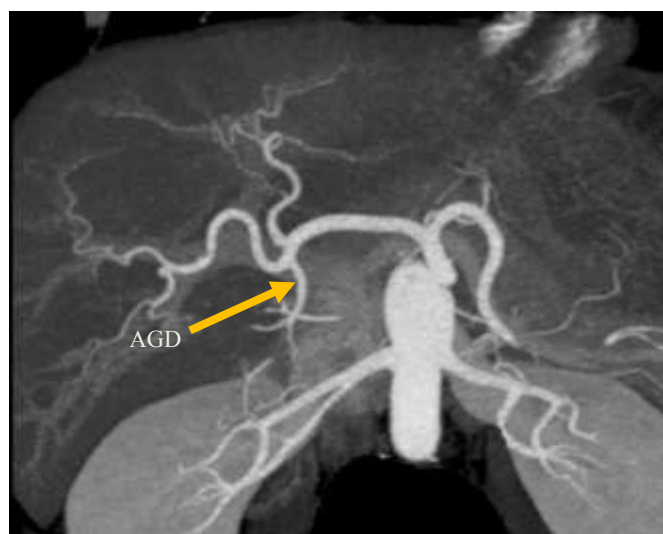
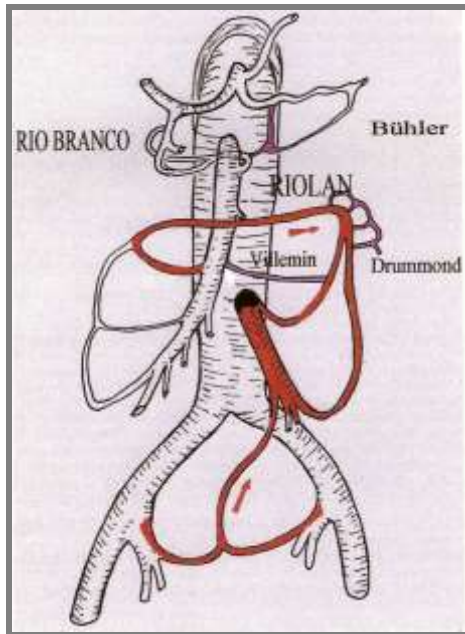


Figure 11. Trifurcation: AGD naissant de la BHD.

#### d. Voies de suppléance

Elles forment des anastomoses entre les territoires mésentériques et hépatiques en cas de sténose du TC (ligament arqué, sténose athéromateuse, post-chirurgical...). Il peut ainsi se former plusieurs arcades pancréatico-duodénales (Fig. 12).



##### Entre tronc cœliaque et AMS :

- Arcade de Rio Branco
- Arcade de Bühler
- Arcade de Tandler

##### Entre AMS et AMI :

- Arcade de Riolan
- Arcade de Villemain
- Arcade de Drummond

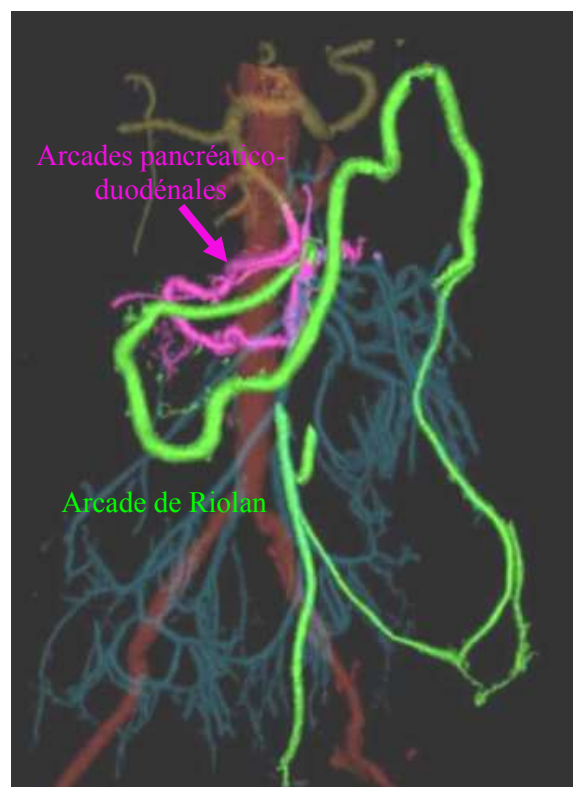
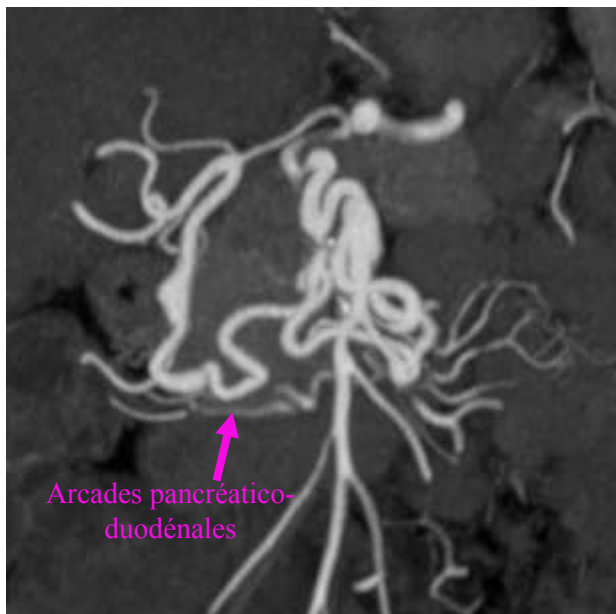


Figure 12. Voies de suppléance. Importante arcade pancréatico-duodénale.

En cas d'obstruction isolée du TC, l'irrigation des viscères sus-mésocoliques est reprise par l'AMS par l'intermédiaire des arcades céphaliques du pancréas à droite (arcades pancréatico-duodénales) et de l'arcade pancréatique dorsale à gauche (branche collatérale de l'artère splénique). En cas d'obstruction isolée de l'origine de l'AMI, la vascularisation du colon gauche est assurée par l'AMS par l'intermédiaire de l'arcade de Riolan.

### e. Variantes portales

Les variantes portales existent chez 10 à 20 % des patients selon les études (5, 6). Parmi les plus fréquentes, on peut citer : une branche droite courte, une division précoce, la présence de branches accessoires notamment avant la bifurcation branche droite/branche gauche avec notamment une branche accessoire droite qui peut être dominante sur la branche droite, une trifurcation des branches au niveau du hile en branches gauche droite antérieure et droite postérieure, une branche droite naissant de la branche gauche, une absence de branche droite (Fig. 13). Il peut exister également une veine gastrique gauche aberrante se drainant dans la branche porte gauche.

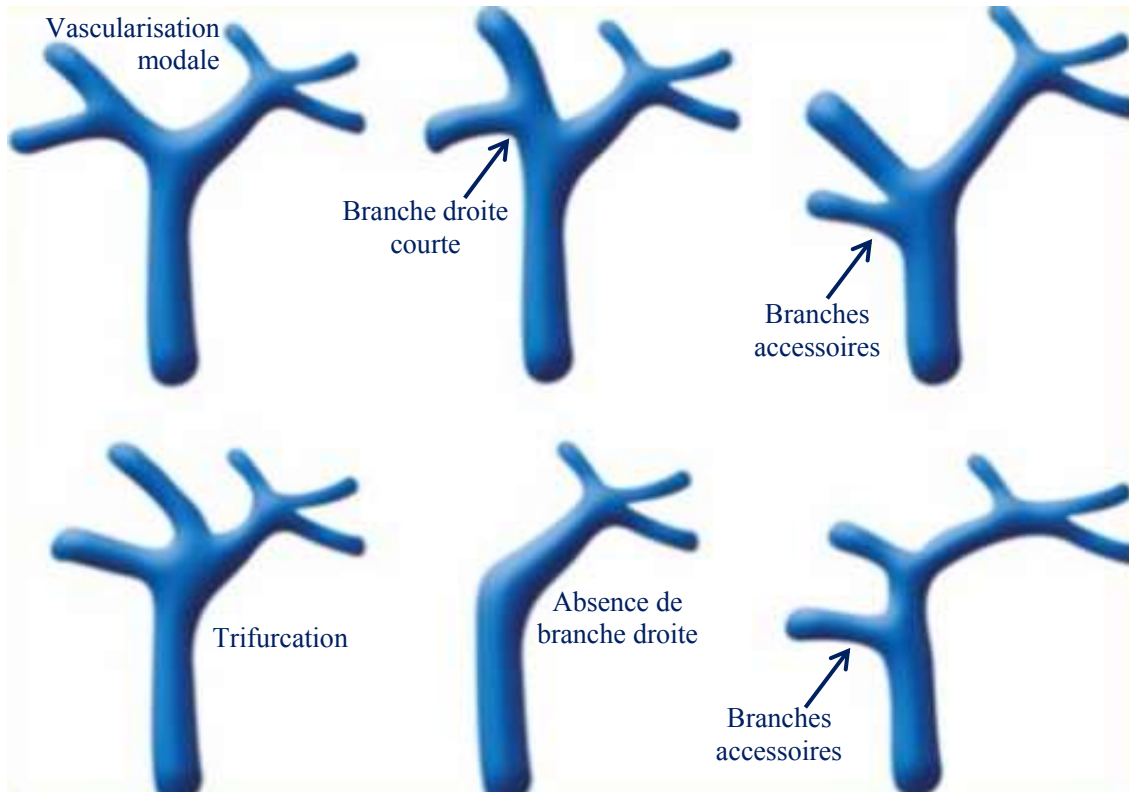


Figure 13. Variantes portales

- La trifurcation de la veine porte (VP) en branches sectorielles droites antérieure (BSDA) et postérieure (BSDP) et en veine porte gauche (VPG) est observée chez 6 à 10% des patients (type 2) (Fig. 14a).
- La quadrifurcation de la VP en VPG, une branche sectorielle droite et deux branches segmentaires représente 1.5 % des cas (type 2) (Fig. 14b).
- Le type 3 est caractérisé par la naissance de la BSPD du tronc de la veine porte (8% des patients) (Fig. 14c).
- Le type 3 comprend également la naissance de la BSAD de la veine porte gauche (7% des cas) (Fig. 14d).
- Les cas rares d'absence de division de la veine porte (type 4) ne sont retrouvés que chez 1% des patients.
- Il peut exister le passage d'une branche portale au travers du plan scissural médian (<1% des cas) (Fig. 14e et 14f).



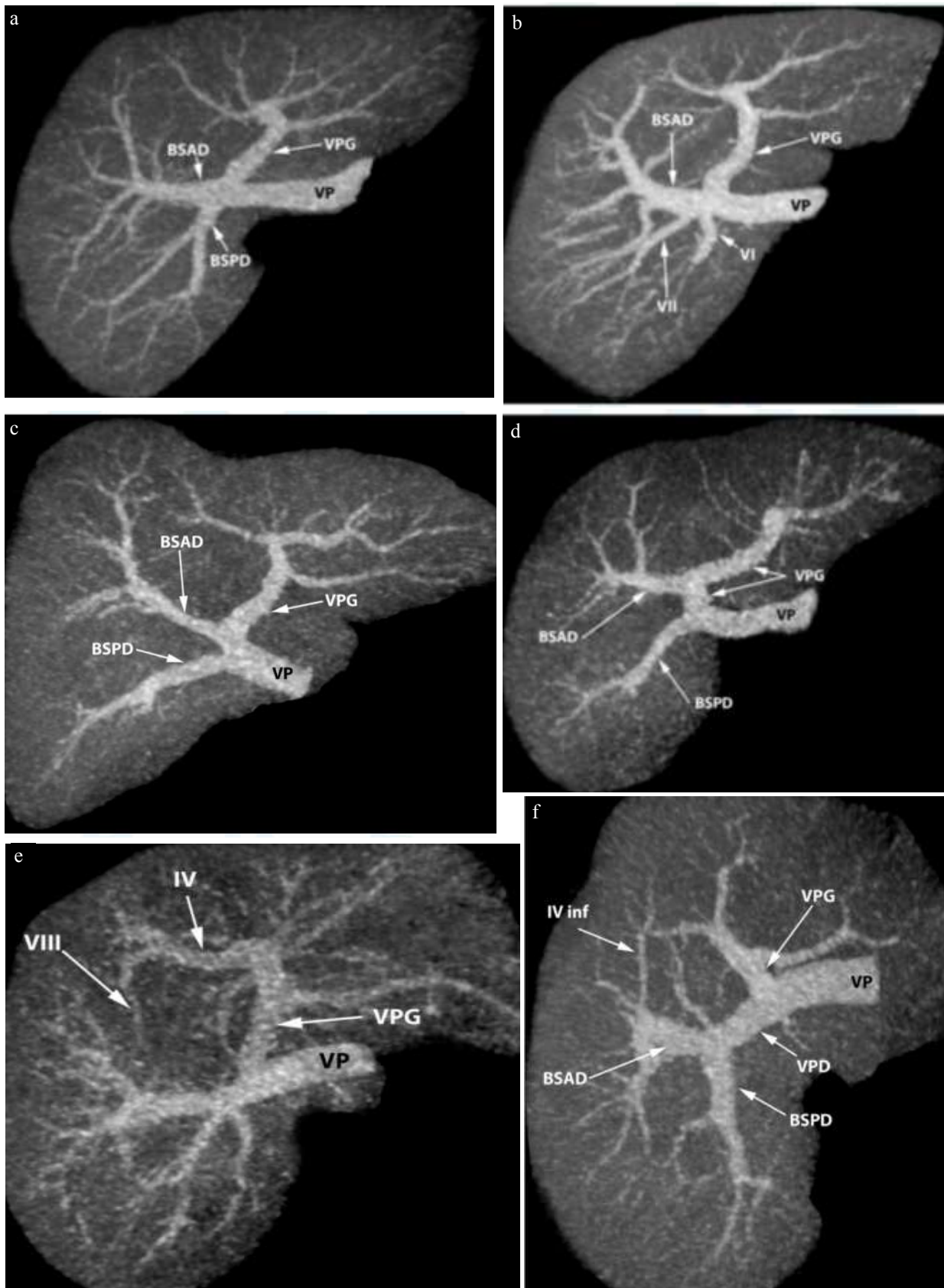


Figure 14. Trifurcation portale (a). Quadrifurcation portale (b). Naissance de la BSPD de la VP (c). Naissance de la BSAD de la VPG (d). Passage d'une branche portale au travers du plan scissural médian (e et f).

- Il peut exister d'autres variantes à type de circulation collatérale porto-systémique comme le cavernome portal (Fig. 15), d'aspect pseudo-tumoral du fait de son développement rapide et extensif. Il s'y associe différents lacis veineux de suppléance (Fig. 16).

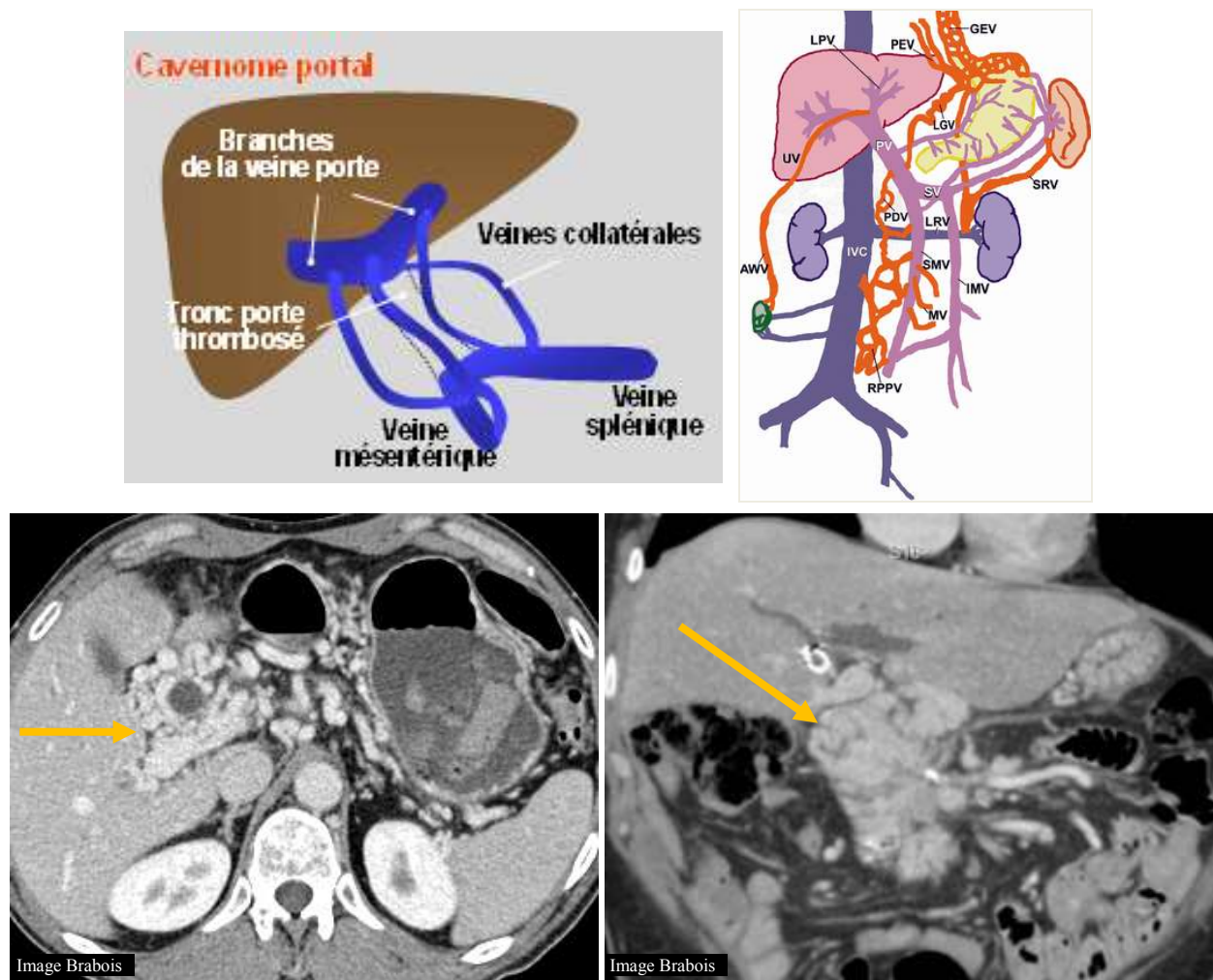


Figure 15. Circulation veineuse collatérale. Volumineux cavernome d'aspect pseudo-tumoral du hile hépatique.

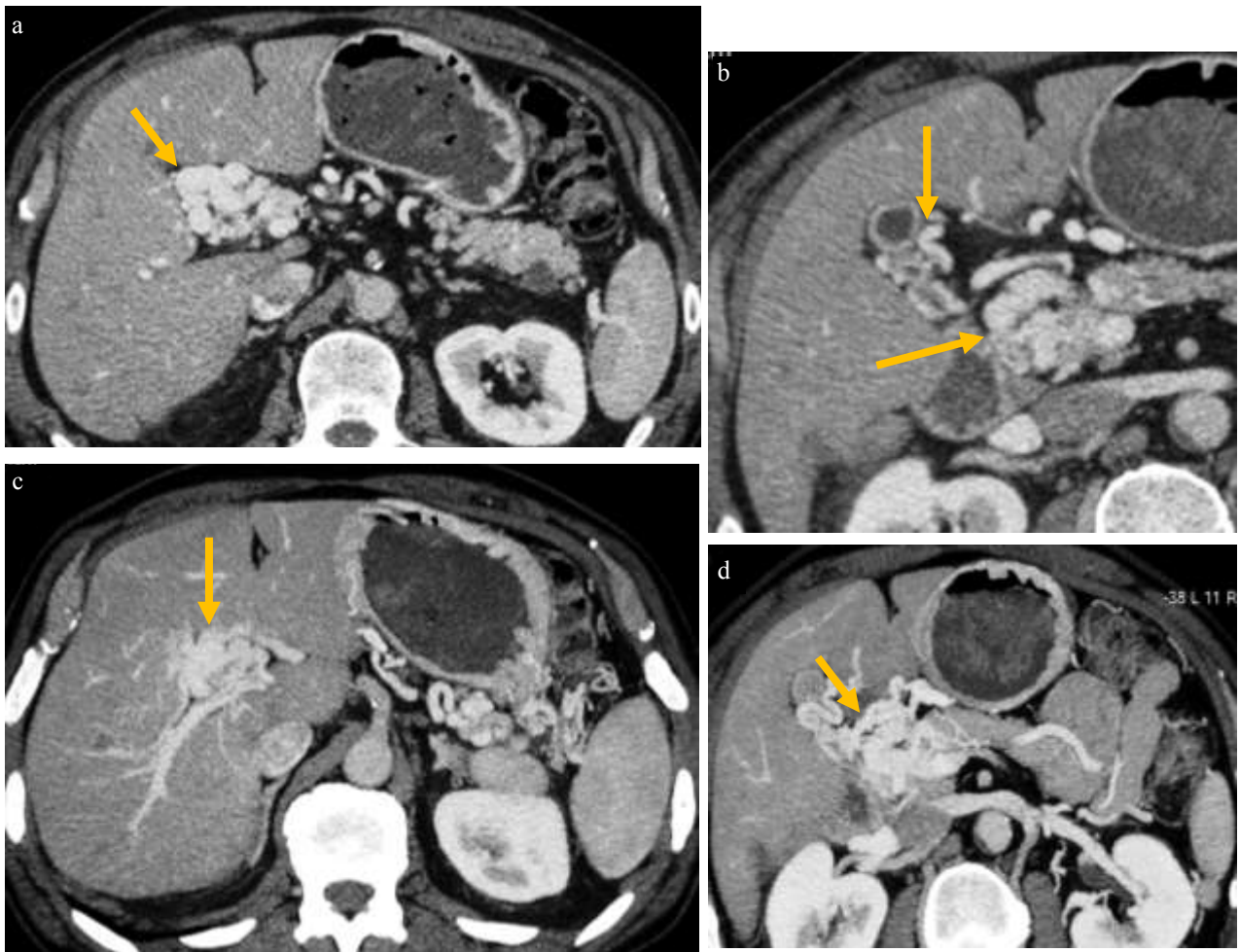


Figure 16. Plexus veineux épicholédocien (a). Veines cystiques dilatées (b, flèche du haut) et plexus veineux paracholédocien (b, flèche du bas). Varices péri-spléniques et péri-gastriques (c). Lacis veineux péri-portal (d).

## f. Variantes veineuses

Très rarement recherchées, elles ont peu d'intérêt en pratique chirurgicale en dehors de la présence d'une veine inférieure droite accessoire qui se jette directement à la face postéro-latérale droite de la veine cave inférieure, et qui draine le segment VI (chez 6 à 10% des patients). Elle est significative lorsqu'elle mesure au moins 5 mm de diamètre. Il peut exister une convergence tardive des veines moyenne et gauche ou une dominance de la veine moyenne sur la veine droite (Fig 17).



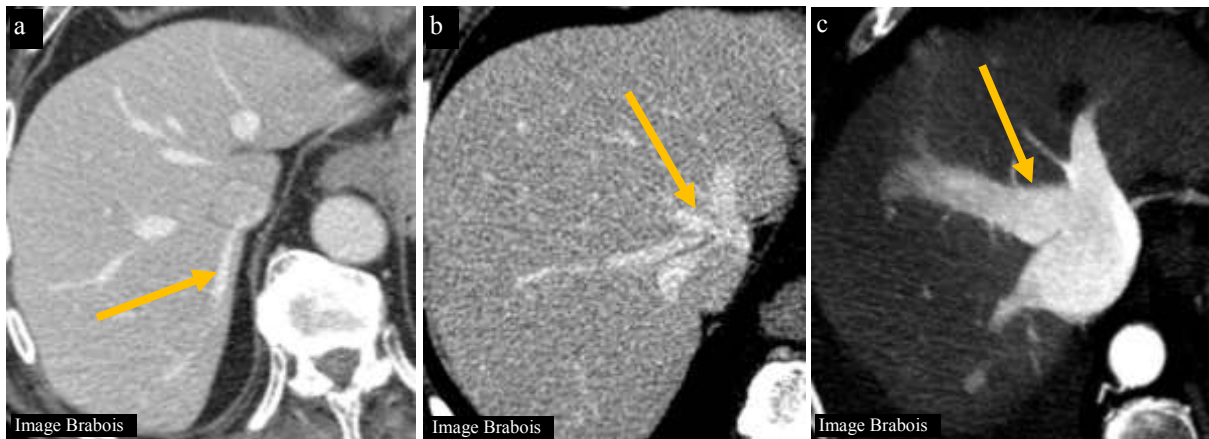


Figure 17. Veine inférieure droite accessoire (a). Convergence tardive (b). Veine moyenne dominante (c).

### g. Mésentère commun

Il peut exister des anomalies de rotation de l'anse intestinale primitive à l'origine d'un mésentère commun complet ou incomplet (Fig. 18). Cette malrotation entraîne une racine du mésentère courte et un mésentère pédiculé dans les formes incomplètes.

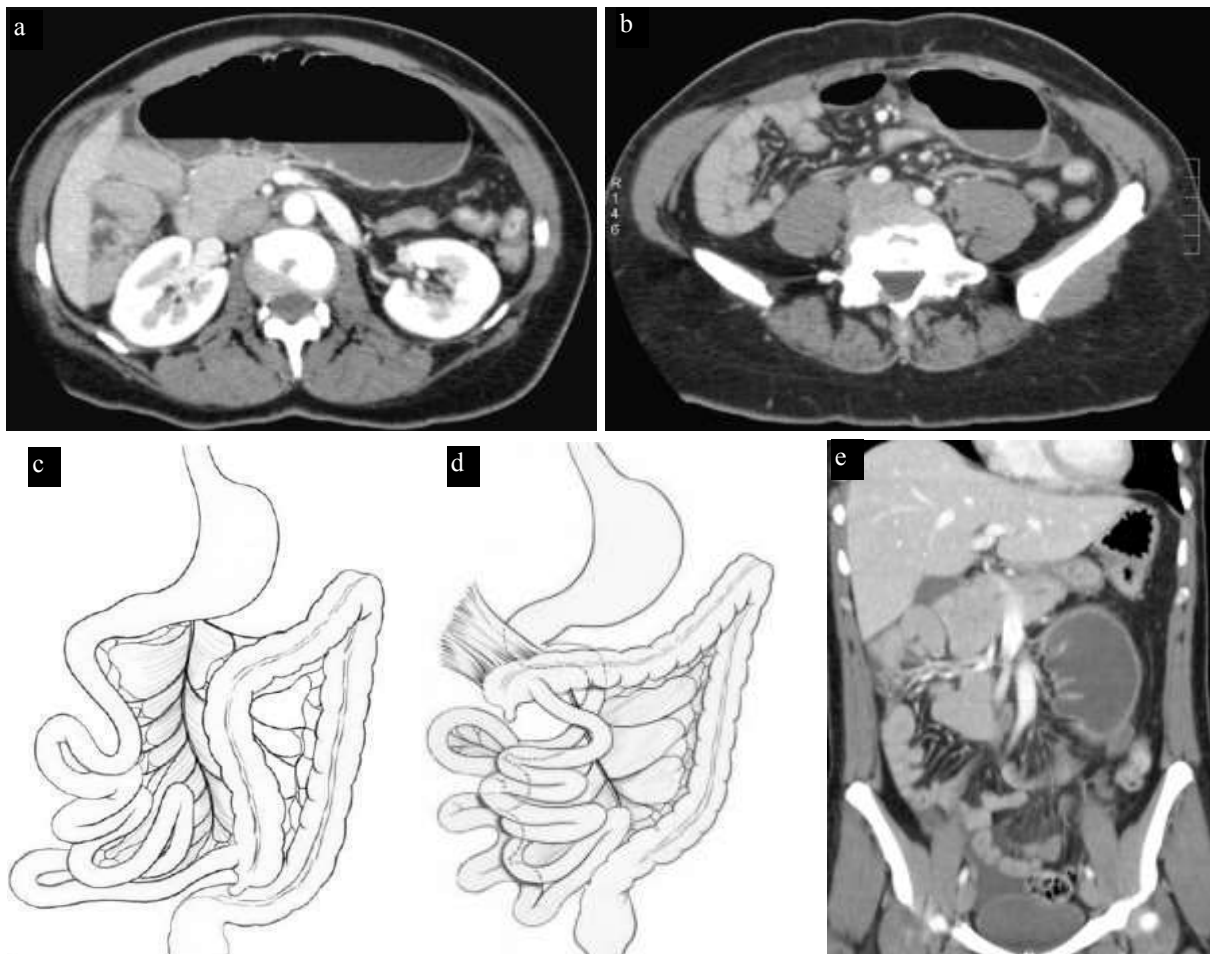


Figure 18. Mésentère commun complet (b, c) et incomplet (d). VMS en avant de l'AMS (a, e). Caecum dans le flanc gauche, colons gauche transverse et droit en fosse iliaque gauche (b).



## **Chirurgie pancréatique**

### **a. Intérêts dans la duodéno-pancréatectomie céphalique et la chirurgie de cholangiocarcinome**

Le bilan d'imagerie pré-opératoire d'une chirurgie pancréatique pour cancer du pancréas ou cholangiocarcinome ne permet pas seulement la caractérisation lésionnelle tumorale, il a un rôle essentiel dans le bilan de résecabilité, en recherchant les contre-indications carcinologiques à l'exérèse et les contraintes vasculaires. Il réalise un bilan d'extension local. De plus la cartographie vasculaire pré-opératoire permet un gain de temps considérable et évite les surprises per-opératoires, l'objectif prédominant restant l'épargne parenchymateuse. Elle doit notamment vérifier tous les axes vasculaires situés à droite de l'AMS. L'anatomie vasculaire précise au niveau du hile hépatique est à fournir au chirurgien, notamment en raison des particularités du cholangiocarcinome hilaire présentant un envahissement du pédicule hépatique (surtout veine porte au niveau de sa bifurcation et branche droite de l'artère hépatique). Cette description va favoriser la planification chirurgicale, anticiper les contraintes techniques per-opératoires, afin d'obtenir des marges de résection R0 tout en limitant la morbidité. L'élément le plus important est le détail de l'AGD, en précisant son origine, son trajet, son calibre et sa fonctionnalité. La présence d'une sténose du TC, par un ligament arqué notamment, doit être recherchée et décrite, pouvant être responsable d'une vascularisation à contre-courant de l'artère hépatique commune par l'AGD, cette dernière devenant de gros calibre. Après exploration du pédicule hépatique, le chirurgien réalise une dissection de l'artère hépatique propre (AHP), de l'artère hépatique commune (AHC) et l'AGD. L'identification de ces trois artères est nécessaire pour éviter de ligaturer une artère hépatique à la place de l'AGD. Le clampage de l'AGD permet de vérifier l'intégrité de la vascularisation hépatique. La mortalité se situe actuellement entre 0 et 9%. Les complications ischémiques intéressent les territoires du TC et/ou de l'AMS et sont en général le résultat de l'interruption de la suppléance empruntant les arcades duodéno-pancréatiques artérielles. Le clampage ou la ligature de la branche hépatique droite (BHD) occasionne une hypoperfusion gastroduodénale si l'AGD naît de cette branche.

La présence de voies de dérivation porto-systémiques peut gêner le chirurgien lors de son abord chirurgical. La connaissance de ces zones richement vascularisées contribue à limiter le risque hémorragique.

## b. Protocole scanner

Dans le cadre d'une chirurgie pancréatique, le protocole d'acquisition du scanner est semblable à celui intéressant la sphère hépatique, hormis que le champ d'acquisition doit être étendu vers le bas afin que les séquences injectées permettent une analyse vasculaire mésentérique complète. Les images obtenues doivent permettre une description précise du hile hépatique avec sa vascularisation. Le post-traitement permet également de réaliser une fusion des images et de fournir des images en 3D utilisables par le chirurgien en per-opératoire (Fig 19).

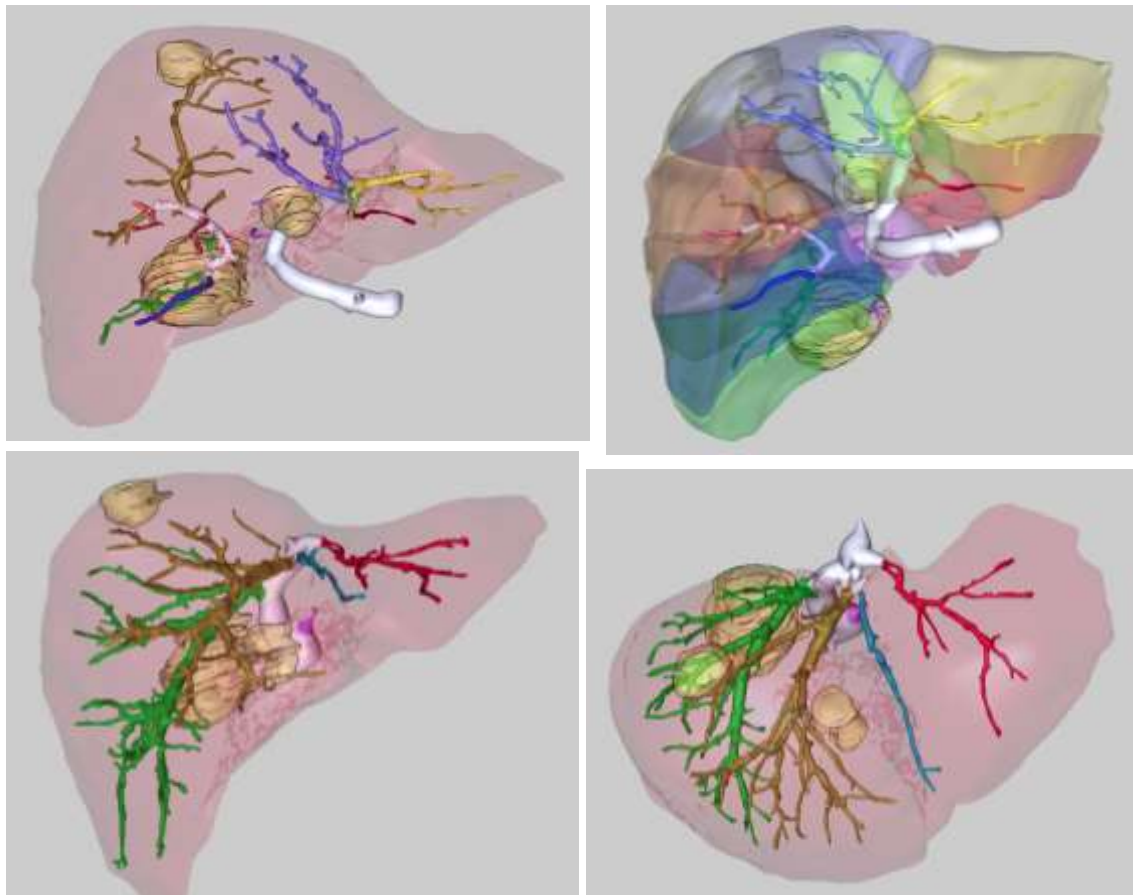


Figure 19. MeVis, surgery planning for tumor resections.

## c. Variantes artérielles

Les variantes artérielles à préciser au chirurgien sont celles situées au niveau du hile hépatique. L'artère principale qui doit être détaillée est l'AGD. Un gros calibre de celle-ci doit attirer l'œil car peut être le témoin d'une vascularisation à contre-courant de l'artère hépatique commune qui n'est plus irriguée en raison d'une sténose de l'ostium du TC par un ligament arqué. En cas de trifurcation de l'artère hépatique commune, l'AGD naît à partir de la branche hépatique droite.

La vascularisation et la fonctionnalité de l'AHC sont à explorer afin de pallier les contraintes vasculaires pouvant être responsables de complications ischémiques. En cas de sténose du TC, elle peut être irriguée à contre-courant par l'AGD, ou par un néo-vaisseau (Fig. 20).

La présence et l'importance des réseaux de suppléance avec des arcades pancréatico-duodénales sont également à préciser.



Figure 20. Naissance à partir du bord droit de l'AMS d'une artère irriguant à contre-courant l'AHC en raison d'une sténose du TC par u ligament arqué.

#### **d. Exemples de complications post-opératoires**

##### **i. Observation 1**

Il s'agit d'un patient de 67 opéré d'une duodéno-pancréatectomie céphalique pour cholangiocarcinome. Les jours qui ont suivi l'intervention ont été marqués par des douleurs abdominales associées à une importante cytolyse hépatique, faisant réaliser un scanner abdomino-pelvien. Si on reprend le scanner pré-opératoire, on retrouve une sténose pré-occlusive du tronc coeliaque, responsable du développement d'une importante arcade duodéno-pancréatique. Lors de la chirurgie, cette arcade a été sacrifiée selon les techniques opératoires habituelles. Pourtant, cette arcade très fonctionnelle permettait la vascularisation de l'artère hépatique et de l'artère splénique avec passage à contre-courant dans l'artère hépatique commune (Fig. 21).

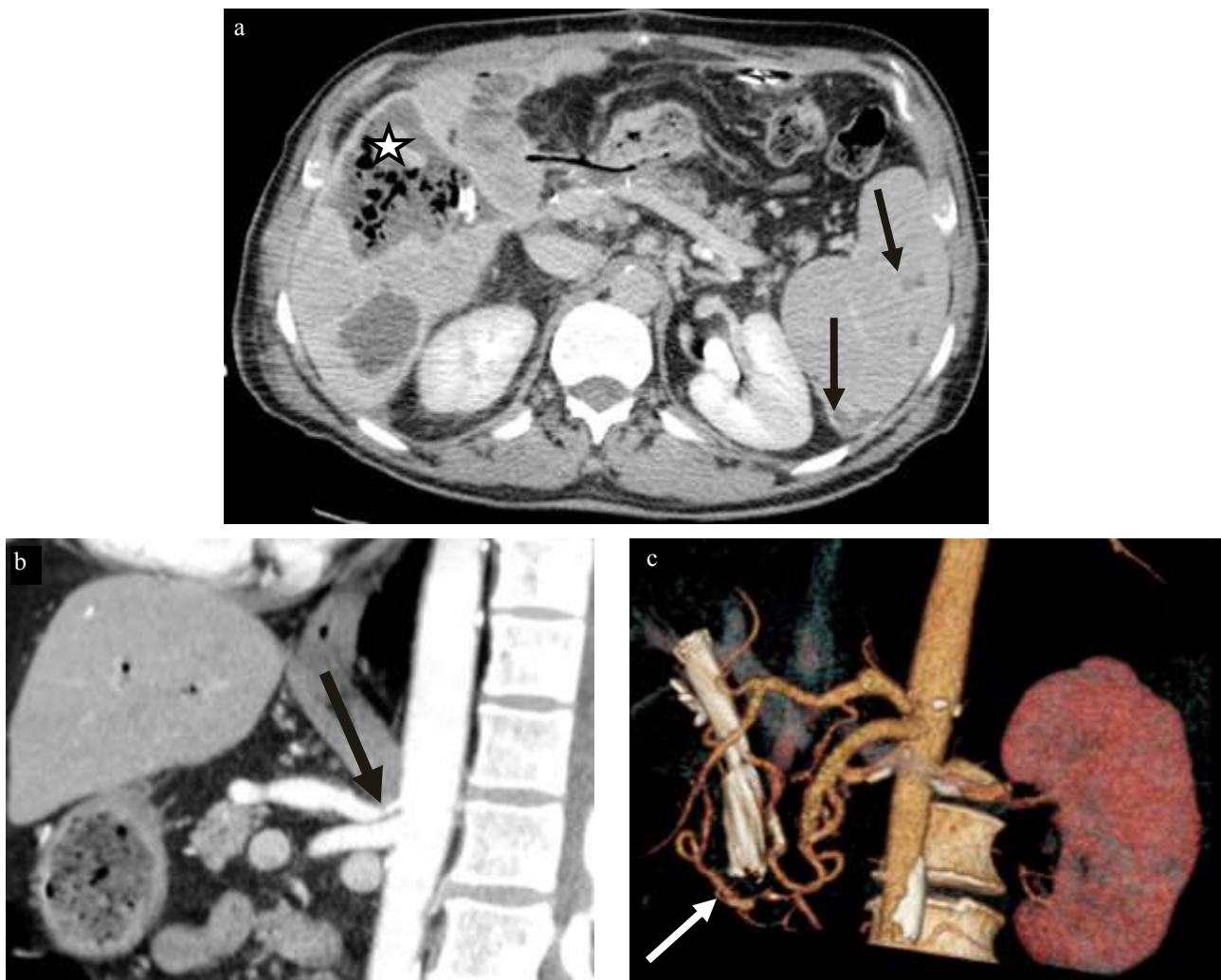


Figure 21. Foyers d'ischémie hépatique (étoile) et spléniques (flèches) (a). sténose pré-occlusive du tronc cœliaque avec développement d'une arcade duodéno-pancréatique très fonctionnelle (flèches) (b et c).

## ii. Observation 2

Le second cas de complications après duodéno-pancréatectomie céphalique concernait une patiente de 55 ans qui présentait une artère hépatique unique destinée au foie total, naissant de l'artère mésentérique supérieure et traversant la tête du pancréas. Il est alors apparu de façon précoce des zones hépatiques hypoperfusées secondaires au sacrifice de cette artère méconnue lors de l'exérèse de la tête pancréatique (Fig. 22).

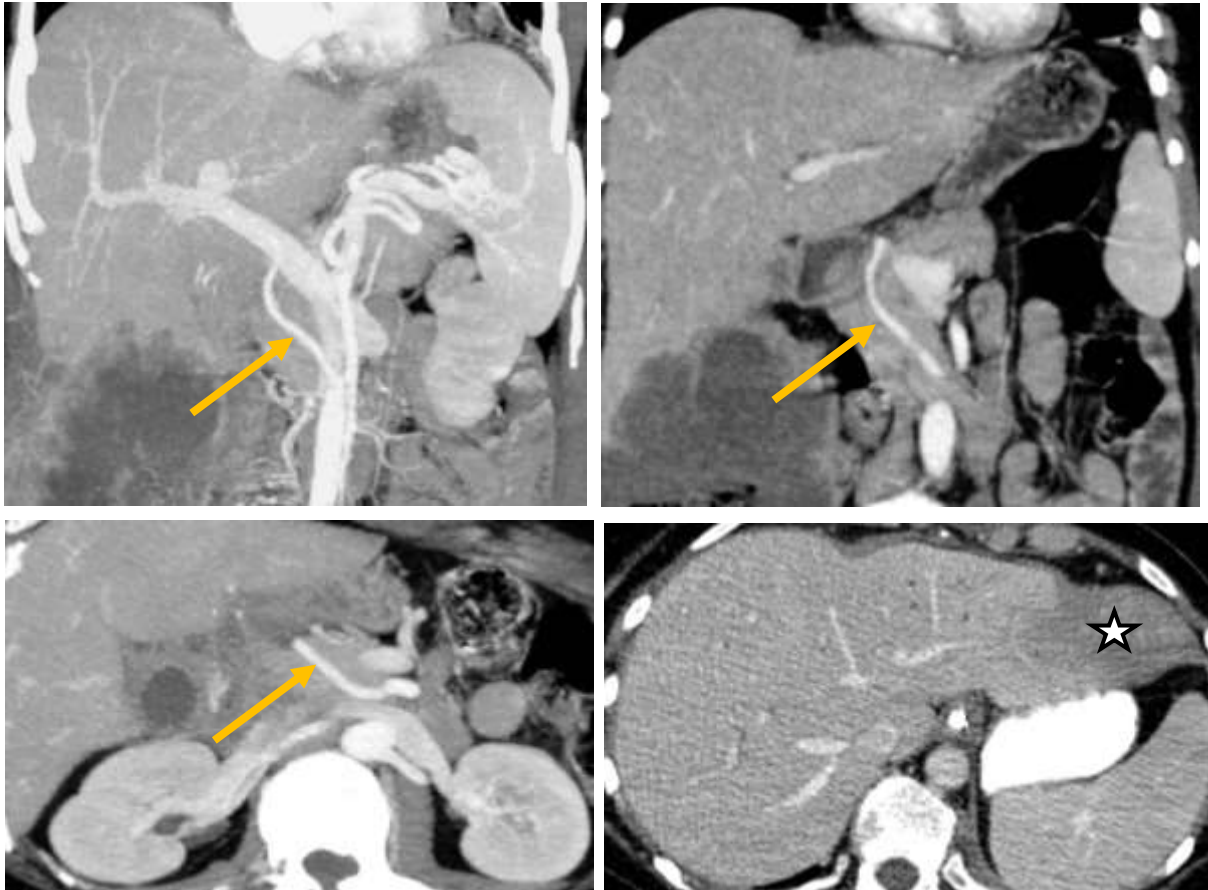


Figure 22. Artère hépatique naissant de l'AMS et vascularisant le foie total (flèches). Apparition progressive et précoce de zones hypoperfusées hépatiques (étoile) évoluant vers la nécrose en l'absence de revascularisation rapide.



# **CHIRURGIE UROLOGIQUE**

## **I. Intérêts chirurgicaux de la cartographie vasculaire pré-opératoire**

### **a. Place de l'imagerie**

Dans la néphrectomie partielle ou élargie pour tumeur ou dans la greffe rénale, une imagerie est réalisée de façon systématique en pré-opératoire, chez le donneur et chez le receveur. Le plus souvent, il s'agit d'un scanner multi-phasique avec injection de produit de contraste en raison de sa disponibilité, de sa rapidité et de sa précision. Elle permet d'apporter des éléments de caractérisation lésionnelle ainsi qu'un bilan exhaustif des variantes vasculaires à la fois artérielles et veineuses. Elle décrit les calcifications athéromateuses et recherche les vaisseaux de suppléance artériels. Une cartographie vasculaire détaillée est fournie en pré-opératoire. Il est également essentiel de proposer au chirurgien des images tridimensionnelles de qualité, des reformations multiplanaires (en MPR) ainsi que des images avec fusion des volumes (Fig 23).

L'angioscanner permet des reconstructions de qualité. Il a une sensibilité de 93% dans la détection des artères accessoires, de 96% des divisions pré-hilaires et de 99% des anomalies veineuses (8). En IRM, les petits vaisseaux accessoires sont fréquemment non visualisés. En cas d'insuffisance rénale, le bilan pré-greffe rénale est possible grâce à un scanner sans injection qui extrait les calcifications artérielles et à une angio-IRM mettant en évidence les sténoses avec réalisation de fusion des images, à destination du chirurgien.

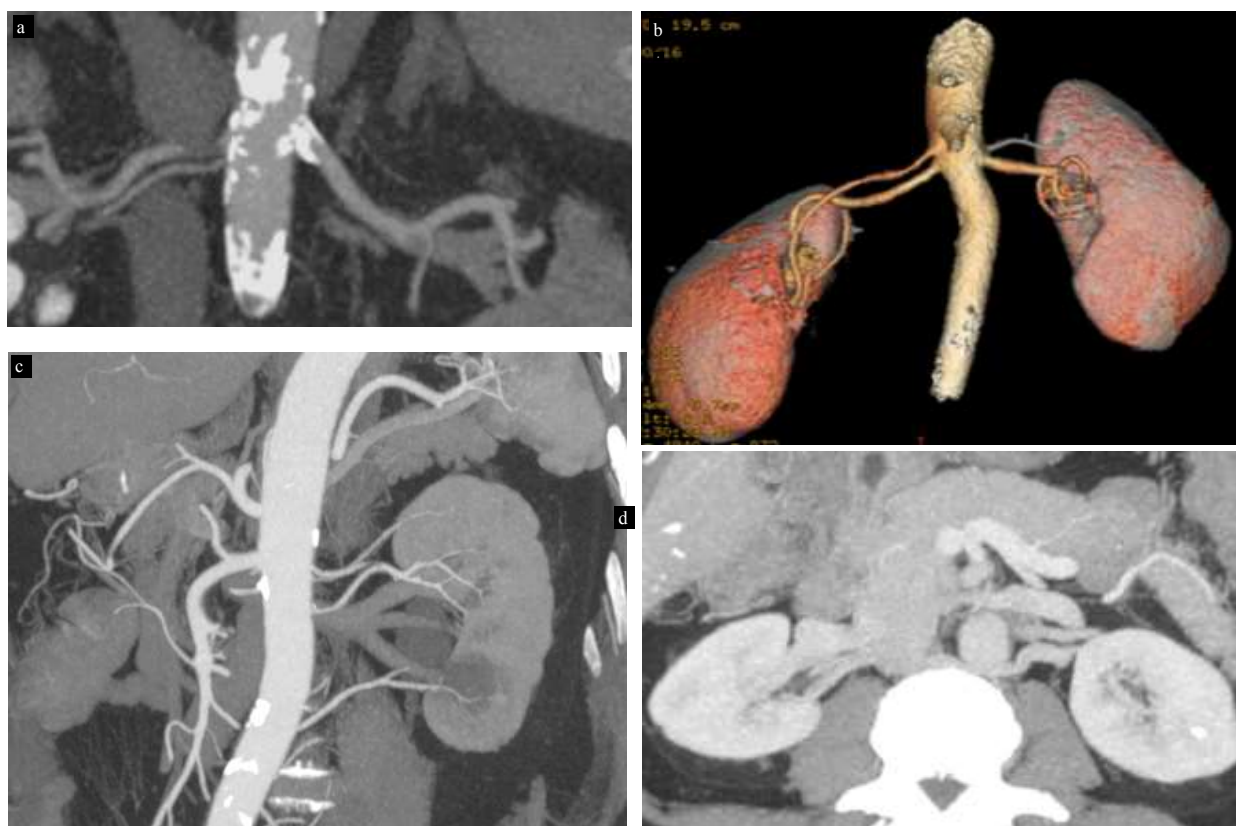


Figure 23. Images tridimensionnelles mettant en évidence les artères polaires supérieures bilatérales (b). Reformations MPR permettant de visualiser les calcifications athéromateuses (a), les artères polaires supérieures et inférieures (c) et le circum aortique (d).



## **b. Intérêts pour le chirurgien**

La cartographie vasculaire pré-opératoire détaillée est une aide précieuse pour le chirurgien à différents niveaux :

- Elle oriente le chirurgien vers le choix de sa technique opératoire. Il peut davantage anticiper ses gestes techniques, ce qui peut être un gain de temps précieux et contribue à réduire la durée d'intervention.
- La connaissance de la présence et de l'étendue des calcifications athéromateuses notamment ostiales permet au chirurgien de prévoir les modalités de ses différents clampages artériels. Il s'agit d'un critère essentiel de l'évaluation de l'opérabilité d'un patient et du choix des vaisseaux d'anastomoses dans la greffe rénale. Un patient peut être récusé pour une chirurgie, même pour un don ou une greffe d'organe, en cas de calcifications ostiales trop importantes.
- Elle contribue au choix de la voie d'abord en cas de vaisseaux accessoires ou de variantes de trajet pouvant gêner le chirurgien lors de l'ouverture de la cavité péritonéale. Le risque de plaie vasculaire est alors majoré lors de l'incision.
- Elle permet d'éviter les surprises per-opératoires, sur la présence de vaisseaux inattendus comme les réseaux de suppléance. La réalisation d'images en 3D avec reformations en MPR donne un meilleur aperçu du développement vasculaire et est une aide visuelle appréciable.
- Elle a par ailleurs comme objectif principal d'éviter les déperditions sanguines per-opératoires en permettant l'anticipation de manœuvres chirurgicales iatrogènes.
- La planification de la procédure opératoire et des schémas anastomotiques qu'elle favorise a pour but fondamental la préservation parenchymateuse. Elle permet d'éviter de sacrifier des artères polaires.
- Elle a une place essentielle pour limiter les morbidités post-opératoires secondaires aux hémorragies per ou post-opératoires et aux complications nécrotiques parenchymateuses éventuelles.

## **c. Fréquence modérée de l'anatomie modale**

La disposition « modale » des artères rénales se retrouve chez 60 à 70% de la population selon les études.

## **II. Protocole scanner**

Concernant la sphère uro-néphrologique, un scanner multiphasique est également réalisé avec différents temps d'acquisition. D'abord, on réalise une acquisition sans injection de produit de contraste, permettant d'étudier les calcifications athéromateuses artérielles. Puis, on réalise une acquisition à un temps artériel précoce. En l'absence de contre-indication à type d'urétéro-hydronephrose sur obstacle (ainsi que les allergies aux produits de contraste iodés et l'insuffisance rénale), on débute par une injection de 20 mg de furosémide en intraveineux direct, suivie par l'injection de 90 ml de produit de contraste iodé à 3-4 ml/seconde. L'acquisition est lancée de façon précoce à 25 secondes. Ce premier passage injecté permet d'étudier les différentes artères rénales, de même que l'aorte et les autres artères à destinée viscérale. On peut analyser le nombre d'artères rénales, leur trajet, leur calibre et rechercher leurs différentes variantes. Cette phase permet également de mettre en évidence les éventuels réseaux de suppléance des territoires mésentériques

qui peuvent coexister. On peut réaliser des reformations multiplanaires, des images tridimensionnelles et en Volume Rendering mises à disposition du chirurgien avant l'intervention (9). Puis une troisième acquisition est réalisée à 70 secondes. Il s'agit d'un temps « cortico-médullaire » qui permet d'étudier le réseau veineux rénal et d'en apprécier ses variantes. Les autres variantes veineuses mésentériques ou portales ainsi que les voies de dérivation porto-systémiques peuvent être mises en évidence. Enfin, une phase tardive à 120 secondes est réalisée après une seconde injection de 40 ml de produit de contraste à 2,5 ml/ seconde, et ce environ 9 à 11 minutes après l'injection de furosémide qui correspond à un temps « tubulo-sécrétoire ». (Tableau 4)

| Acquisition sans injection: des coupes diaphragmatiques au pelvis en apnée                                                      |           |            |     |            |          |             |          |       |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-----|------------|----------|-------------|----------|-------|-------------|
| collimation                                                                                                                     | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai    | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                                                                      | 2.5       | 2          | 100 | 200/750    | -        | 25          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |
| Injection de furosémide 20 mg IVD si pas d'obstacle<br>1 <sup>ère</sup> injection: 90 ml à 3-4 ml/sec<br>Temps précoce 25 sec   |           |            |     |            |          |             |          |       |             |
| collimation                                                                                                                     | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai    | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                                                                      | 0.625     | 0.5        | 120 | 200/750    | SP aorte | 26          | 0.6      | 1     | Std ou soft |
| Temps cortico-médullaire 70 sec                                                                                                 |           |            |     |            |          |             |          |       |             |
| Collimation                                                                                                                     | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai    | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                                                                      | 1.25      | 0.9        | 120 | 200/750    | 70 sec   | 20          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |
| 2 <sup>ème</sup> injection: 40 ml à 2.5 ml/sec, 9 min après l'injection de furosémide<br>Temps tubulo-sécrétoire tardif 120 sec |           |            |     |            |          |             |          |       |             |
| collimation                                                                                                                     | épaisseur | intervalle | kV  | mA max/min | délai    | Index noise | rotation | pitch | filtre      |
| 64 x 0.625                                                                                                                      | 1.25      | 0.9        | 100 | 200/750    | 120 sec  | 25          | 0.6      | 1.375 | Std ou soft |

Tableau 4. Protocole d'acquisition d'un scanner multi-phasique rénal avec injection de produit de contraste, réalisé en pré-opératoire.

En cas d'insuffisance rénale contre-indiquant l'injection de produit de contraste iodé, le bilan pré-transplantation est réalisé à l'aide d'un scanner sans injection mettant essentiellement en évidence les calcifications athéromateuses artérielles ainsi que d'une angio-IRM permettant d'analyser l'axe aorto-iliaque. Le post-traitement des images obtenues permet de réaliser une fusion des images scanner et IRM (Fig. 24) et fournit des reconstructions précises en 3D qui sont une aide précieuse pour le chirurgien.

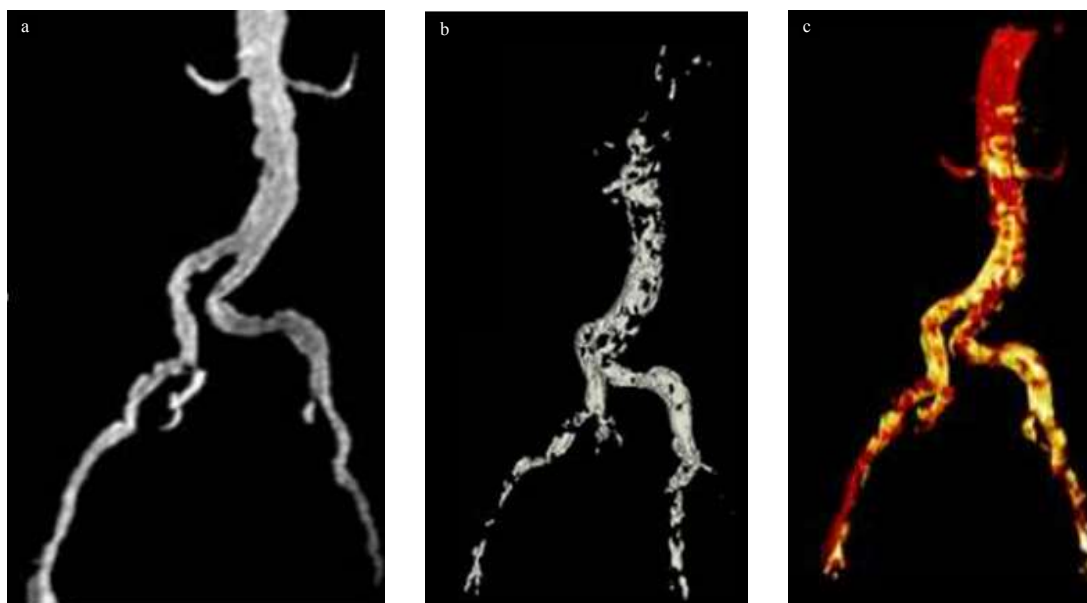


Figure 24. Bilan pré-greffe rénale. Angio-IRM aorto-iliaque (a), scanner sans injection (b), fusion des deux images (c).

### III. Néphrectomie et greffe rénale

En laparoscopie, il existe deux types d'approche : l'approche transpéritonéale et l'approche rétro-péritonéale, dont le choix peut être orienté par la configuration vasculaire et l'abondance des vaisseaux accessoires et de suppléance. La technique classique de greffe consiste en une greffe en fosse iliaque droite, avec une anastomose artérielle termino-latérale de l'artère rénale à l'artère iliaque externe homolatérale, une anastomose veineuse termino-latérale de la veine rénale à une veine iliaque externe et une réimplantation de l'uretère à la vessie. En cas de prélèvement du rein droit en vue d'une greffe, la veine rénale étant courte, elle impose un allongement de celle-ci en utilisant une partie de la veine cave inférieure. Il est choisi en cas de vaisseaux rénaux gauches multiples. Mais dans ce cas, il ne faut pas omettre de rechercher une confluence veineuse tardive, qui peut être un facteur limitant du choix du rein pour le chirurgien.

Un bilan complet avant transplantation est indispensable, tant chez le donneur que chez le receveur. Il recherche les contre-indications au don ou à la greffe comme la présence de tumeurs, et doit fournir une analyse vasculaire précise au chirurgien. La description de l'axe aorto-iliaque du donneur et du receveur doit être détaillée, notamment concernant le nombre et le calibre des vaisseaux, la présence de calcifications artérielles et leur emplacement, la présence d'anévrisme. Cela permet de choisir avec précision le meilleur site d'implantation du transplant rénal.

Chez le donneur vivant, on privilégie le prélèvement du rein qui a le moins d'artère, et de préférence le rein gauche qui a une veine assez longue. Lors d'une néphrectomie réalisée sous coelioscopie, la présence d'artères rénales multiples et notamment de petites artères accessoires est responsable d'un allongement du temps opératoire et d'un risque de saignement plus important. De plus, la présence d'artères accessoires polaires inférieures est associée à un taux plus élevé de complications urétérales (nécrose urétérale post-opératoire). Une division précoce de l'artère rénale en ses branches, notamment en dessous de 2 cm, entraîne des complications techniques opératoires. Il en découle un temps opératoire plus long, une durée d'ischémie plus longue pour la réalisation des anastomoses, un risque accru d'hémorragies per et post-opératoires. Surtout lorsqu'elles sont méconnues par le chirurgien, les plaies per-opératoires des artères polaires peuvent atteindre près de 30 % des patients.

## IV. Variantes artérielles

Les variantes anatomiques des artères rénales font partie des variations anatomiques vasculaires abdominales les plus fréquentes. On les retrouve chez environ 30 % de la population, et dans près de 28 % des cas ces variantes sont présentes au niveau des deux reins (8)(Tableau 5, Fig. 25). Elles sont impérativement à mentionner par le radiologue lors de la cartographie vasculaire pré-opératoire.

|                                           | Donated Kidney* (n = 153) |                | Both Kidneys** (n = 306) |                |
|-------------------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
|                                           | N                         | Percentage (%) | N                        | Percentage (%) |
| <b>Artery</b>                             |                           |                |                          |                |
| Accessory renal artery                    | 47                        | 30.7           | 86                       | 28.1           |
| Early branching of renal artery           | 18                        | 11.8           | 37                       | 12.1           |
| Supradiaphragmatic origin of renal artery | 1                         | 0.7            | 1                        | 0.3            |
| Precaval renal artery                     | 0                         | 0              | 1                        | 0.3            |
| <b>Vein</b>                               |                           |                |                          |                |
| Accessory renal vein                      | 7                         | 4.6            | 48                       | 15.7           |
| Late confluence of renal vein             | 27                        | 17.6           | 33                       | 10.8           |
| Retroaortic renal vein                    | 1                         | 0.7            | 1                        | 0.3            |
| Circumaortic renal vein                   | 2                         | 1.3            | 2                        | 0.7            |
| Bilateral Inferior Vena Cava              | 2                         | 1.3            | 2                        | 0.7            |

Note. — N = Number of Patients, \* data from surgical reports, \*\* data from CT findings

Tableau 5. Incidence des principales variantes vasculaires, retrouvées chez les patients donneurs rénaux.

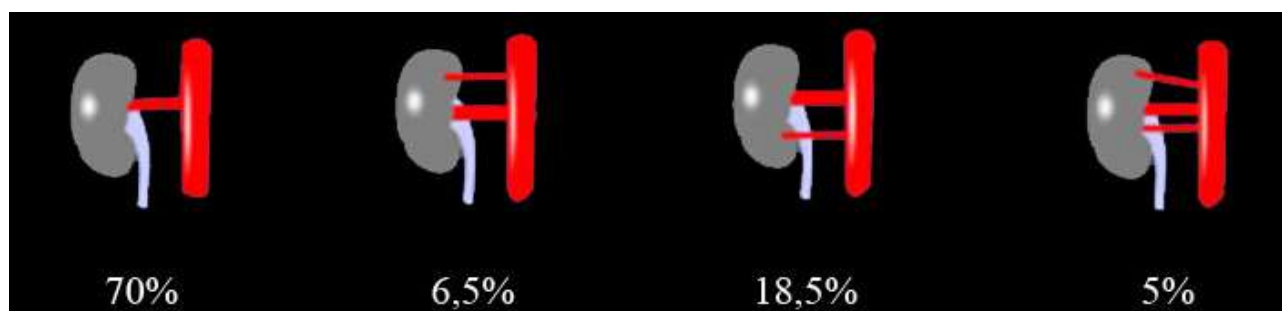


Figure 25. Incidences des principales variantes artérielles.

- Le plus souvent, il s'agit de la présence d'artères multiples. Ces artères multiples sont observées de manière bilatérales chez près de 10 % des patients. On note 2 artères dans 25 % des cas, 3 artères dans 4 % des cas, et 4 artères et plus chez presque 1 % des patients.
- Il peut également exister la présence d'artères accessoires polaires, qui sont de principe et le plus souvent plus petites que l'artère principale.
- Dans 10 à 12 % des cas, on observe une division précoce de l'artère rénale en ses branches segmentaires, définie par une division située moins de 1,5 cm après l'ostium de l'artère rénale (Fig 26 et 27).
- Enfin, il arrive de constater l'artère droite en position pré-cave.



Figure 26. Images tridimensionnelles mettant en évidence des artères polaires supérieures bilatérales (a) et inférieures droites multiples (b).







Figure 27. Reconstructions multiplanaires mettant en évidence des artères polaires inférieures (a, b, c, d, f) et polaires supérieures (b, c, d). Division artérielle précoce (e).

## V. Variantes veineuses

- La plus classique est la veine rénale gauche rétro-aortique : elle passe en arrière de l'aorte et non dans la pince aorto-mésentérique. Cette variante de trajet est observée chez 0.7 à 3 % des patients (10)(Fig 28, Fig 29 et Tableau 6).
- Le circum aortique est l'association d'une veine rénale gauche rétro-aortique en plus de la veine rénale gauche habituelle avec un aspect de cravate autour de l'aorte, chez près de 1.3 % des patients.
- On peut également observer une confluence tardive des veines segmentaires en veine rénale, dans environ 17 % des cas.
- De la même façon que les artères rénales, il peut exister plusieurs veines rénales (8).



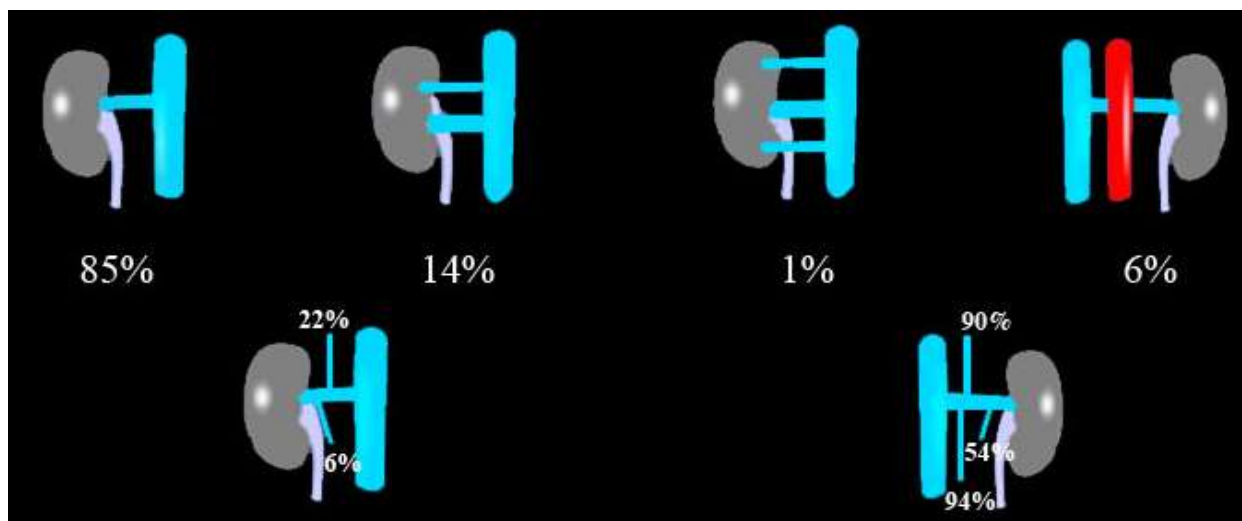


Figure 28. Incidences des principales variantes veineuses.

|                                           | Donated Kidney* (n = 153) |                | Both Kidneys** (n = 306) |                |
|-------------------------------------------|---------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
|                                           | N                         | Percentage (%) | N                        | Percentage (%) |
| <b>Artery</b>                             |                           |                |                          |                |
| Accessory renal artery                    | 47                        | 30.7           | 86                       | 28.1           |
| Early branching of renal artery           | 18                        | 11.8           | 37                       | 12.1           |
| Supradiaphragmatic origin of renal artery | 1                         | 0.7            | 1                        | 0.3            |
| Precaval renal artery                     | 0                         | 0              | 1                        | 0.3            |
| <b>Vein</b>                               |                           |                |                          |                |
| Accessory renal vein                      | 7                         | 4.6            | 48                       | 15.7           |
| Late confluence of renal vein             | 27                        | 17.6           | 33                       | 10.8           |
| Retroaortic renal vein                    | 1                         | 0.7            | 1                        | 0.3            |
| Circumaortic renal vein                   | 2                         | 1.3            | 2                        | 0.7            |
| Bilateral Inferior Vena Cava              | 2                         | 1.3            | 2                        | 0.7            |

Note. — N = Number of Patients, \* data from surgical reports, \*\* data from CT findings

Tableau 6. Incidence des principales variantes vasculaires, retrouvées chez les patients donneurs rénaux.

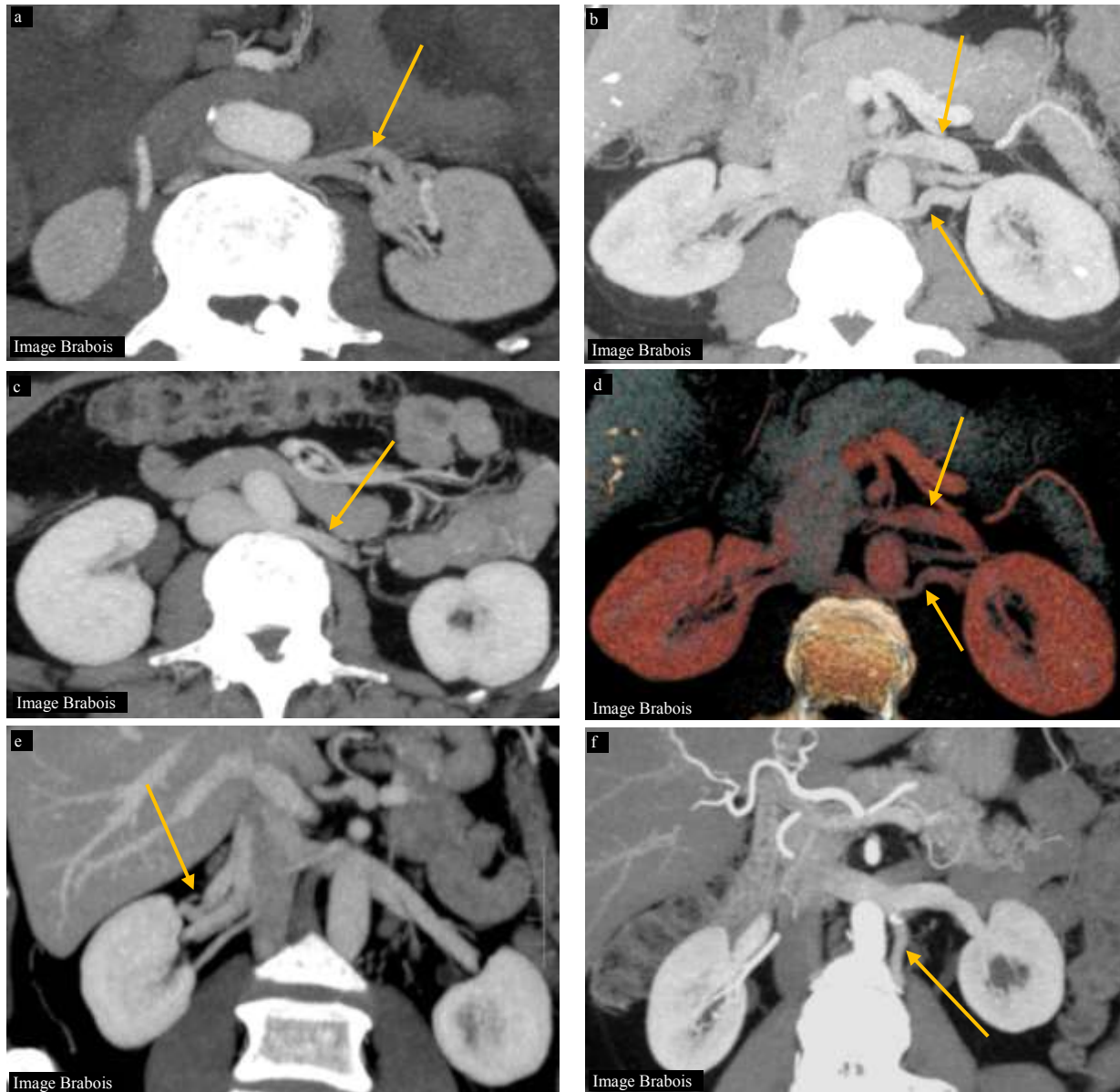


Figure 29. Reconstructions MPR et VR : veine rénale gauche rétro-aortique (a, c), un circum aortique (b, d), des veines rénales multiples (e) et une grosse veine lombaire gauche se jetant dans la veine rénale gauche (f).

- Il existe des variantes anatomiques concernant la veine cave inférieure (VCI) comme une variante de trajet de la VCI qui chemine à gauche de l'aorte dans sa portion initiale, puis repasse à droite de l'aorte une fois que les veines rénales s'y sont abouchées. On peut également observer une veine cave inférieure double en dessous des veines rénales avec une veine cave de part et d'autre de l'aorte. Cette duplicité est observée chez environ 1.3 % des patients (Fig. 30) (8).

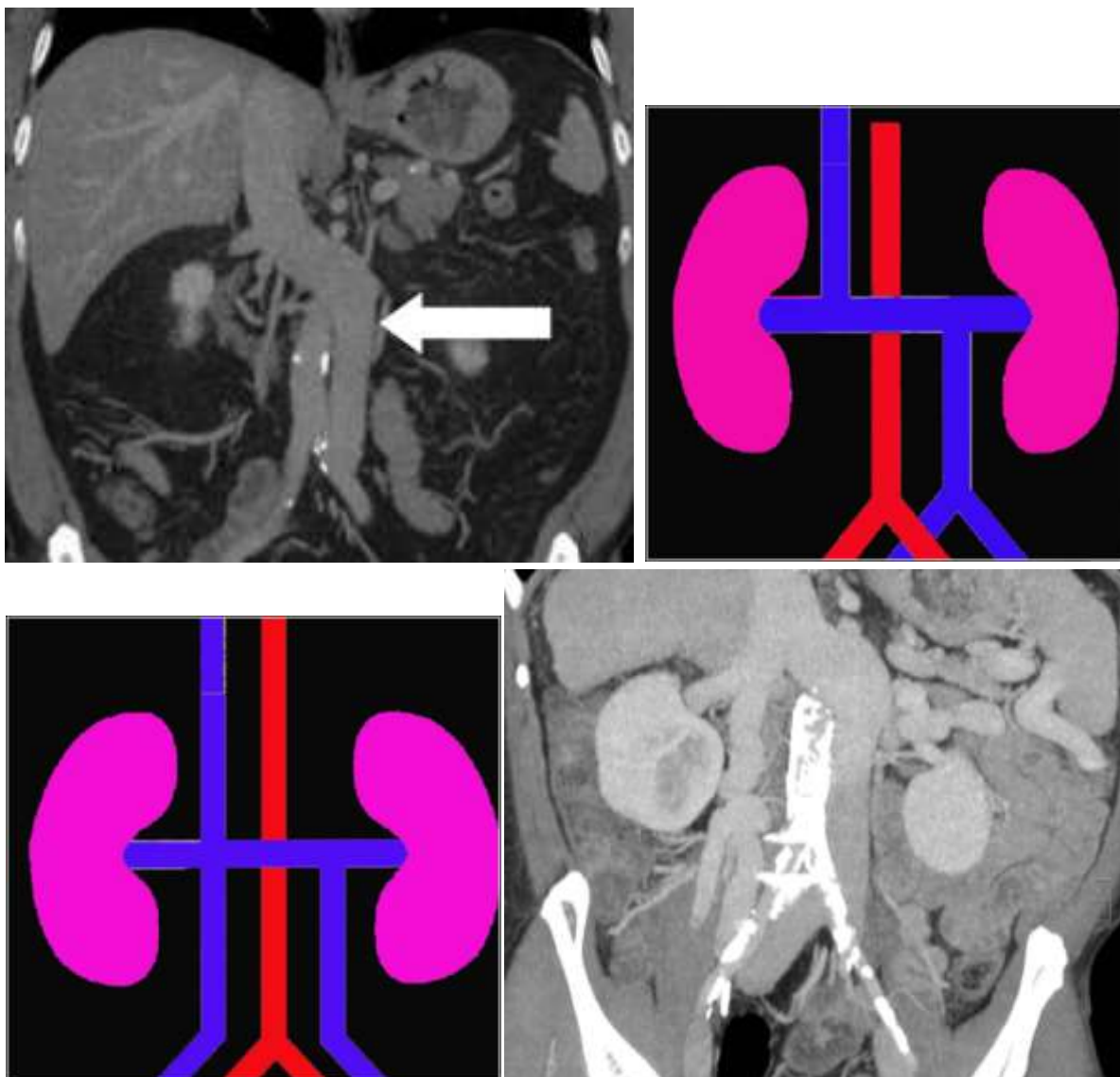


Figure 30. VCI gauche et VCI double.

## **CONCLUSION**

Aussi bien dans la sphère hépato-bilio-pancréatique que uro-néphrologique, le rôle du radiologue a une place essentielle dans le bilan pré-opératoire avec la réalisation d'une cartographie vasculaire exhaustive et précise détaillant les variantes anatomiques vasculaires. Il fournit aux chirurgiens des images 3D de bonne qualité, bénéficiant d'une excellente corrélation avec la vision opératoire, avec des reformations multiplanaires et des fusions de volumes. Les intérêts chirurgicaux sont nombreux, fournissant des critères d'opérabilité, de choix de la voie d'abord, permettant une planification de la procédure chirurgicale et du schéma anastomotique, à l'origine d'une réduction de la durée d'intervention. Cela contribue à donner à l'opérateur la capacité d'anticiper et de surmonter certaines difficultés techniques per-opératoires, de faciliter la dissection des vaisseaux et la réalisation des anastomoses. Il s'agit d'une aide précieuse pour limiter les complications hémorragiques per-opératoires et les déperditions sanguines, éviter l'apparition de nécrose parenchymateuse par sacrifice d'une artère fonctionnelle méconnue, l'objectif principal étant la préservation parenchymateuse.

## **DECLARATION D'INTERETS**

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Catalano OA, Singh AH, Uppot RN, Hahn PF, Ferrone CR, Sahani DV. Vascular and biliary variants in the liver: implications for liver surgery. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2008;28(2):359-78.
- [2] Singh AK, Cronin CG, Verma HA, et al. Imaging of preoperative liver transplantation in adults: what radiologists should know. *Radiographics : a review publication of the Radiological Society of North America, Inc.* 2011;31(4):1017-30.
- [3] Song SY, Chung JW, Yin YH, et al. Celiac axis and common hepatic artery variations in 5002 patients: systematic analysis with spiral CT and DSA. *Radiology.* 2010;255(1):278-88.
- [4] Kamel IR, Kruskal JB, Pomfret EA, Keogan MT, Warmbrand G, Raptopoulos V. Impact of multidetector CT on donor selection and surgical planning before living adult right lobe liver transplantation. *AJR American journal of roentgenology.* 2001;176(1):193-200.
- [5] Covey AM, Brody LA, Getrajdman GI, Sofocleous CT, Brown KT. Incidence, patterns, and clinical relevance of variant portal vein anatomy. *AJR American journal of roentgenology.* 2004;183(4):1055-64.
- [6] Schmidt S, Demartines N, Soler L, Schnyder P, Denys A. Portal vein normal anatomy and variants: implication for liver surgery and portal vein embolization. *Seminars in interventional radiology.* 2008;25(2):86-91.
- [7] Michels NA. Collateral arterial pathways to the liver after ligation of the hepatic artery and removal of the celiac axis. *Cancer.* 1953;6(4):708-24.
- [8] Manea CN, Stanca VD, Precup D, Coman I. Vascular anatomical variants in renal surgery: classic and robotic approach. *Romanian journal of morphology and embryology.* 2011;52(3):855-8.
- [9] Hazirolan T, Oz M, Turkbey B, Karaosmanoglu AD, Oguz BS, Canyigit M. CT angiography of the renal arteries and veins: normal anatomy and variants. *Diagnostic and interventional radiology.* 2011;17(1):67-73.
- [10] Chai JW, Lee W, Yin YH, et al. CT angiography for living kidney donors: accuracy, cause of misinterpretation and prevalence of variation. *Korean journal of radiology.* 2008;9(4):333-9.





---

## **Résumé de la thèse**

Une imagerie complète associant au moins un scanner multi-phasique et une IRM doit être réalisée avant toute chirurgie hépatique (pour carcinome hépato-cellulaire ou métastasectomie hépatique), transplantation hépatique, duodéno-pancréatectomie céphalique, et avant toute greffe rénale. Elle n'a plus seulement pour but de fournir des éléments de caractérisation lésionnelle, elle devient à la base du bilan de résécabilité des lésions et d'opérabilité des patients. Il fait partie intégrante de la planification chirurgicale avec une concertation entre le radiologue et le chirurgien. Le radiologue doit réaliser un post-traitement adapté et fournir des reformations multiplanaires, des images tridimensionnelles et avec fusion des différents volumes vasculaires biliaires et parenchymateux, utiles au chirurgien en per-opératoire. Il doit rechercher les contraintes vasculaires avec une cartographie vasculaire exhaustive, afin de pouvoir anticiper les manœuvres chirurgicales iatrogènes, dans un souci d'épargne parenchymateuse. Avant chirurgie hépatique, l'élément le plus essentiel à fournir au chirurgien est la description précise de l'artère gastro-duodénale, notamment en cas de vascularisation à contre-courant de l'artère hépatique commune secondaire à une sténose du tronc coeliaque. La connaissance de l'anatomie vasculaire du hile hépatique est primordiale avant chirurgie pour cholangiocarcinome. Dans la transplantation hépatique, la présence de variantes portales peut impliquer la réalisation de plusieurs anastomoses. Concernant la greffe rénale, il est essentiel de décrire avec précision l'axe aorto-iliaque et ses calcifications artérielles, permettant au chirurgien de prévoir son schéma anastomotique, ainsi que la présence d'artères polaires rénales.

---

## **Titre en anglais**

Interests of the description of vascular variations before hepatic pancreatic and renal surgery

---

## **Thèse de Radiologie et Imagerie Médicale 2015**

---

### **Mots clés**

Cartographie vasculaire

Post-traitement

Epargne parenchymateuse

Planification chirurgicale

---

### **Adresse de la faculté**

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex

---