



**HAL**  
open science

# Greffe ostéo-cartilagineuse vascularisée d'hémi-hamatum pour reconstruire le pôle proximal du scaphoïde: revue systématique de la littérature, étude anatomique et planification préopératoire d'une nouvelle technique chirurgicale

Marie Witters

## ► To cite this version:

Marie Witters. Greffe ostéo-cartilagineuse vascularisée d'hémi-hamatum pour reconstruire le pôle proximal du scaphoïde: revue systématique de la littérature, étude anatomique et planification préopératoire d'une nouvelle technique chirurgicale. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03708425

**HAL Id: dumas-03708425**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03708425v1>**

Submitted on 29 Jun 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix-Marseille Université

**Grefe ostéo-cartilagineuse vascularisée d'hémi-hamatum pour reconstruire le  
pôle proximal du scaphoïde : revue systématique de la littérature, étude  
anatomique et planification préopératoire d'une nouvelle technique chirurgicale**

# **T H E S E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 28 Juin 2022**

**Par Madame Marie WITTERS**

**Née le 4 février 1995 à Marseille (13)**

**Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine**

**D.E.S. de CHIRURGIE PLASTIQUE RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE**

**FST CHIRURGIE DE LA MAIN**

**Membres du Jury de la Thèse :**

<b>Monsieur le Professeur LEGRÉ Régis</b>	<b>Président</b>
<b>Monsieur le Professeur CASANOVA Dominique</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Monsieur le Professeur CASOLI Vincent</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Madame le Docteur DELGOVE Anaïs</b>	<b>Directeur</b>
<b>Madame le Docteur JALOUX Charlotte</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Monsieur le Docteur CAMUZARD Olivier</b>	<b>Assesseur</b>

## FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES & PARAMÉDICALES

<b>Doyen</b>	:	<b>Pr. Georges LEONETTI</b>
Vice-Doyen aux affaires générales	:	Pr. Patrick DESSI
Vice-Doyen aux professions paramédicales	:	Pr. Philippe BERBIS
Conseiller	:	Pr. Patrick VILLANI

### **Asseseurs :**

➤ aux études	:	Pr. Kathia CHAUMOITRE
➤ à la recherche	:	Pr. Jean-Louis MEGE
➤ à l'unité mixte de formation continue en santé	:	Pr. Justin MICHEL
➤ pour le secteur NORD	:	Pr. Stéphane BERDAH
➤ Groupements Hospitaliers de territoire	:	Pr. Jean-Noël ARGENSON
➤ aux masters	:	Pr. Pascal ADALIAN

### **Chargés de mission :**

➤ sciences humaines et sociales	:	Pr. Pierre LE COZ
➤ relations internationales	:	Pr. Stéphane RANQUE
➤ DU/DIU	:	Pr. Véronique VITTON
➤ DPC, disciplines médicales & biologiques	:	Pr. Frédéric CASTINETTI
➤ DPC, disciplines chirurgicales	:	Dr. Thomas GRAILLON

## ÉCOLE DE MEDECINE

<b>Directeur</b>	:	<b>Pr. Jean-Michel VITON</b>
------------------	---	------------------------------

### **Chargés de mission**

▪ PACES – Post-PACES	:	Pr. Régis GUIEU
▪ DFGSM	:	Pr. Anne-Laure PELISSIER
▪ DFASM	:	Pr. Marie-Aleth RICHARD
▪ DFASM	:	Pr. Marc BARTHET
▪ Préparation aux ECN	:	Dr Aurélie DAUMAS
▪ DES spécialités	:	Pr. Pierre-Edouard FOURNIER
▪ DES stages hospitaliers	:	Pr. Benjamin BLONDEL
▪ DES MG	:	Pr. Christophe BARTOLI
▪ Démographie médicale	:	Dr. Noémie RESSEGUIER
▪ Etudiant	:	Elise DOMINJON

## ÉCOLE DE DE MAIEUTIQUE

**Directrice** : **Madame Carole ZAKARIAN**

**Chargés de mission**

- 1<sup>er</sup> cycle : Madame Estelle BOISSIER
- 2<sup>ème</sup> cycle : Madame Cécile NINA

## ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION

**Directeur** : **Monsieur Philippe SAUVAGEON**

**Chargés de mission**

- Masso- kinésithérapie 1<sup>er</sup> cycle : Madame Béatrice CAORS
- Masso-kinésithérapie 2<sup>ème</sup> cycle : Madame Joannie HENRY
- Mutualisation des enseignements : Madame Géraldine DEPRES

## ÉCOLE DES SCIENCES INFIRMIERES

**Directeur** : **Monsieur Sébastien COLSON**

**Chargés de mission**

- Chargée de mission : Madame Sandrine MAYEN RODRIGUES
- Chargé de mission : Monsieur Christophe ROMAN

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	DEVIN Robert
	ALDIGHERI René		DEVRED Philippe
	ALESSANDRINI Pierre		DJIANE Pierre
	ALLIEZ Bernard		DONNET Vincent
	AQUARON Robert		DUCASSOU Jacques
	ARGEME Maxime		DUFOUR Michel
	ASSADOURIAN Robert		DUMON Henri
	AUFFRAY Jean-Pierre		ENJALBERT Alain
	AUTILLO-TOUATI Amapola		FAUGERE Gérard
	AZORIN Jean-Michel		FAVRE Roger
	BAILLE Yves		FIECHI Marius
	BARDOT Jacques		FARNARIER Georges
	BARDOT André		FIGARELLA Jacques
	BERARD Pierre		FONTES Michel
	BERGOIN Maurice		FRANCES Yves
	BERLAND Yvon		FRANCOIS Georges
	BERNARD Dominique		FUENTES Pierre
	BERNARD Jean-Louis		GABRIEL Bernard
	BERNARD Jean-Paul		GALINIER Louis
	BERNARD Pierre-Marie		GALLAIS Hervé
	BERTRAND Edmond		GAMERRE Marc
	BISSET Jean-Pierre		GARCIN Michel
	BLANC Bernard		GARNIER Jean-Marc
	BLANC Jean-Louis		GAUTHIER André
	BOLLINI Gérard		GERARD Raymond
	BONGRAND Pierre		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BONNEAU Henri		GIUDICELLI Sébastien
	BONNOIT Jean		GOUDARD Alain
	BORY Michel		GOUIN François
	BOTTA Alain		GRILLO Jean-Marie
	BOTTA-FRIDLUND Danielle		GRIMAUD Jean-Charles
	BOUBLI Léon		GRISOLI François
	BOURGADE Augustin		GROULIER Pierre
	BOUVENOT Gilles		GUYS Jean-Michel
	BOUYALA Jean-Marie		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BREMOND Georges		HASSOUN Jacques
	BRICOT René		HEIM Marc
	BRUNET Christian		HOUEL Jean
	BUREAU Henri		HUGUET Jean-François
	CAMBOULIVES Jean		JAQUET Philippe
	CANNONI Maurice		JAMMES Yves
	CARTOUZOU Guy		JOUVE Paulette
	CAU Pierre		JUHAN Claude
	CHABOT Jean-Michel		JUIN Pierre
	CHAMLIAN Albert		KAPHAN Gérard
	CHARPIN Denis		KASBARIAN Michel
	CHARREL Michel		KLEISBAUER Jean-Pierre
	CHAUVEL Patrick		LACHARD Jean
	CHOUX Maurice		LAFFARGUE Pierre
	CIANFARANI François		LAUGIER René
	CLAVERIE Jean-Michel		LE TREUT Yves
	CLEMENT Robert		LEGRE Régis
	COMBALBERT André		LEVY Samuel
	CONTE-DEVOLX Bernard		LOUCHET Edmond
	CORRIOL Jacques		LOUIS René
	COULANGE Christian		LUCIANI Jean-Marie
	CURVALE Georges		MAGALON Guy
	DALMAS Henri		MAGNAN Jacques
	DE MICO Philippe		MALLAN- MANCINI Josette

## PROFESSEURS HONORAIRES

DELPERO Jean-Robert  
DESSEIN Alain  
DELARQUE Alain

MALMEJAC Claude  
MARANINCHI Dominique  
MARTIN Claude

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	MATTEI Jean François	UNAL Daniel
	MERCIER Claude	VAGUE Philippe
	MICHOTEY Georges	VAGUE/JUHAN Irène
	MIRANDA François	VANUXEM Paul
	MONFORT Gérard	VERVLOET Daniel
	MONGES André	VIALETTES Bernard
	MONGIN Maurice	WEILLER Pierre-Jean
	MUNDLER Olivier	
	NAZARIAN Serge	
	NICOLI René	
	NOIRCLERC Michel	
	OLMER Michel	
	OREHEK Jean	
	PAPY Jean-Jacques	
	PAULIN Raymond	
	PELOUX Yves	
	PENAUD Antony	
	PENE Pierre	
	PIANA Lucien	
	PICAUD Robert	
	PIGNOL Fernand	
	POGGI Louis	
	POITOUT Dominique	
	PONCET Michel	
	POUGET Jean	
	PRIVAT Yvan	
	QUILICHINI Francis	
	RANQUE Jacques	
	RANQUE Philippe	
	RAOULT Didier	
	RICHAUD Christian	
	RIDINGS Bernard	
	ROCHAT Hervé	
	ROHNER Jean-Jacques	
	ROUX Hubert	
	ROUX Michel	
	RUFO Marcel	
	SAHEL José	
	SALAMON Georges	
	SALDUCCI Jacques	
	SAMBUC Roland	
	SAN MARCO Jean-Louis	
	SANKALE Marc	
	SARACCO Jacques	
	SARLES Jacques	
	SARLES - PHILIP Nicole	
	SASTRE Bernard	
	SCHIANO Alain	
	SCOTTO Jean-Claude	
	SEBAHOUN Gérard	
	SEITZ Jean-François	
	SERMENT Gérard	
	SOULAYROL René	
	TAMALET Jacques	
	TARANGER-CHARPIN Colette	
	THIRION Xavier	
	THOMASSIN Jean-Marc	

## EMERITAT

### 2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

### 2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

### 2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

### 2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

### 2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

### 2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

### 2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

### 2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

## EMERITAT

### 2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

### 2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

### 2018

M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2021
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2019
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2019
M. le Professeur	RIDINGS Bernard	31/08/2021

### 2019

M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2020
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2020
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2020
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2020
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2020
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2020
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2020

### 2020

M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2021
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2021

## EMERITAT

M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2021
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2021
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2021
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2021

2021

M. le Professeur	BOUBLI Léon	31/08/2024
M. le Professeur	LEGRE Régis	31/08/2024
M. le Professeur	RAOULT Didier	31/08/2024
M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2022
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2022
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2022
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2022
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2022
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2022
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2022

<b>1967</b>	
MM. les Professeurs	DADI (Italie) CID DOS SANTOS (Portugal)
<b>1974</b>	
MM. les Professeurs	MAC ILWAIN (Grande-Bretagne) T.A. LAMBO (Suisse)
<b>1975</b>	
MM. les Professeurs	O. SWENSON (U.S.A.) Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)
<b>1976</b>	
MM. les Professeurs	P. FRANCHIMONT (Belgique) Z.J. BOWERS (U.S.A.)
<b>1977</b>	
MM. les Professeurs	C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.) C.GIBBS (U.S.A.) J. DACIE (Grande-Bretagne)
<b>1978</b>	
M. le Président	F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)
<b>1980</b>	
MM. les Professeurs	A. MARGULIS (U.S.A.) R.D. ADAMS (U.S.A.)
<b>1981</b>	
MM. les Professeurs	H. RAPPAPORT (U.S.A.) M. SCHOU (Danemark) M. AMENT (U.S.A.) Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne) S. REFSUM (Norvège)
<b>1982</b>	
M. le Professeur	W.H. HENDREN (U.S.A.)
<b>1985</b>	
MM. les Professeurs	S. MASSRY (U.S.A.) KLINSMANN (R.D.A.)
<b>1986</b>	
MM. les Professeurs	E. MIHICH (U.S.A.) T. MUNSAT (U.S.A.) LIANA BOLIS (Suisse) L.P. ROWLAND (U.S.A.)
<b>1987</b>	
M. le Professeur	P.J. DYCK (U.S.A.)
<b>1988</b>	
MM. les Professeurs	R. BERGUER (U.S.A.) W.K. ENGEL (U.S.A.) V. ASKANAS (U.S.A.) J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.) A. DAVIGNON (Canada) A. BETTARELLO (Brésil)
<b>1989</b>	
M. le Professeur	P. MUSTACCHI (U.S.A.)

<b>1990</b>	
MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
<b>1991</b>	
MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
<b>1992</b>	
MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
<b>1994</b>	
MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
<b>1995</b>	
MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
<b>1997</b>	
MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
<b>1998</b>	
MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
<b>1999</b>	
MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
<b>2000</b>	
MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
<b>2001</b>	
MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
<b>2002</b>	
MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
<b>2003</b>	
M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
<b>2004</b>	
M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
<b>2005</b>	
M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
<b>2006</b>	
M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

**2007**

M. le Professeur

S. KAUFMANN (Allemagne)

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHIARONI Jacques
<i>ALBANESE Jacques Surnombre</i>	CHINOT Olivier
ALIMI Yves	CHOSSEGROS Cyrille
AMABILE Philippe	COLLART Frédéric
AMBROSI Pierre	COSTELLO Régis
ANDRE Nicolas	COURBIERE Blandine
ARGENSON Jean-Noël	COWEN Didier
ASTOUL Philippe	CRAVELLO Ludovic
ATTARIAN Shahram	CUISSET Thomas
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice
BAILLY Daniel	DAUMAS Aurélie
BARLESI Fabrice	DAVID Thierry
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude
BARLOGIS Vincent	D'JOURNO Xavier
BARTHET Marc	DEHARO Jean-Claude
BARTOLI Christophe	DELAPORTE Emmanuel
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle
BARTOLI Michel	DISDIER Patrick
BARTOLOMEI Fabrice	DODDOLI Christophe
BASTIDE Cyrille	DRANCOURT Michel
BELIARD-LASSERRE Sophie	DUBUS Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DUFFAUD Florence
BERBIS Philippe	DUFOUR Henry
BERBIS Julie	DURAND Jean-Marc
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand
BEROUD Christophe	EBBO Mikaël
BERTRAND Baptiste	EUSEBIO Alexandre
BERTUCCI François	FABRE Alexandre
BEYER-BERJOT Laura	FAKHRY Nicolas
BLAISE Didier	FAURE Alice
BLIN Olivier	FELICIAN Olivier
BLONDEL Benjamin	FENOLLAR Florence
BOISSIER Romain	FIGARELLA/BRANGER Dominique
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FLECHER Xavier
BONELLO Laurent	FOUILLOUX Virginie
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard
BOUFI Mourad	FRANCESCHI Frédéric
BOYER Laurent	FUENTES Stéphane
BREGEON Fabienne	GABERT Jean
BRETELLE Florence	GABORIT Bénédicte
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad
BRUNET Philippe	GAUDART Jean
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine
CHAGNAUD Christophe	GIORGI Roch
CHAMBOST Hervé	GIOVANNI Antoine
CHAMPSAUR Pierre	GIRARD Nadine
CHANEZ Pascal	GIRAUD/CHABROL Brigitte
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GONCALVES Anthony
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte
CHAUMOITRE Kathia	GRANDVAL Philippe
	GREILLIER Laurent

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AMABILE Philippe	COLLART Frédéric	GUIS Sandrine
AMBROSI Pierre	COSTELLO Régis	GUYE Maxime
ANDRE Nicolas	COURBIERE Blandine	GUYOT Laurent
ARGENSON Jean-Noël	COWEN Didier	<i>GUY'S Jean-Michel Retraite le 24/09/2021</i>
ASTOUL Philippe	CRAVELLO Ludovic	HABIB Gilbert
ATTARIAN Shahram	CUISSET Thomas	HARDWIGSEN Jean
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARLE Jean-Robert
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HOUVENAEGHEL Gilles
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	JACQUIER Alexis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	JOURDE-CHICHE Noémie
BAILLY Daniel	DAUMAS Aurélie	JOUVE Jean-Luc
BARLESI Fabrice	DAVID Thierry	KAPLANSKI Gilles
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude	KARSENTY Gilles
BARLOGIS Vincent	D'JOURNO Xavier	<i>KERBAUL François détachement</i>
BARTHET Marc	DEHARO Jean-Claude	KRAHN Martin
BARTOLI Christophe	DELAPORTE Emmanuel	LAFFORGUE Pierre
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	LAGIER Jean-Christophe
BARTOLI Michel	DISDIER Patrick	LAMBAUDIE Eric
BARTOLOMEI Fabrice	DODDOLI Christophe	LANCON Christophe
BASTIDE Cyrille	DRANCOURT Michel	LA SCOLA Bernard
BELIARD-LASSERRE Sophie	DUBUS Jean-Christophe	LAUNAY Franck
BENSOUSSAN Laurent	DUFFAUD Florence	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERBIS Philippe	DUFOUR Henry	LE CORROLLER Thomas
BERBIS Julie	DURAND Jean-Marc	LECHEVALLIER Eric
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BEROUD Christophe	EBBO Mikael	LEONE Marc
BERTRAND Baptiste	EUSEBIO Alexandre	LEONETTI Georges
BERTUCCI François	FABRE Alexandre	LEPIDI Hubert
BEYER-BERJOT Laura	FAKHRY Nicolas	LEVY Nicolas
BLAISE Didier	FAURE Alice	MACE Loïc
BLIN Olivier	FELICIAN Olivier	MAGNAN Pierre-Edouard
BLONDEL Benjamin	FENOLLAR Florence	MANCINI Julien
BOISSIER Romain	FIGARELLA/BRANGER Dominique	MEGE Jean-Louis
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FLECHER Xavier	MERROT Thierry
BONELLO Laurent	FOUILLOUX Virginie	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard	MEYER/DUTOUR Anne
BOUFI Mourad	FRANCESCHI Frédéric	MICCALEF/ROLL Joëlle
BOYER Laurent	FUENTES Stéphane	MICHEL Fabrice
BREGEON Fabienne	GABERT Jean	MICHEL Gérard
BRETELLE Florence	GABORIT Bénédicte	MICHEL Justin
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MICHELET Pierre
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MILH Mathieu
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MILLION Matthieu
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	MOAL Valérie
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MORANGE Pierre-Emmanuel
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MOULIN Guy
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MOUTARDIER Vincent
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	NAUDIN Jean
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHAGNAUD Christophe	GIORGI Roch	NICOLLAS Richard
CHAMBOST Hervé	GIOVANNI Antoine	NGUYEN Karine
CHAMPSAUR Pierre	GIRARD Nadine	OLIVE Daniel
CHANEZ Pascal	GIRAUD/CHABROL Brigitte	OLLIVIER Matthieu
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GONCALVES Anthony	OUAFIK L'Houcine
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	OVAERT-REGGIO Caroline
CHAUMOITRE Kathia	GRANDVAL Philippe	PAGANELLI Franck
	GREILLIER Laurent	<i>PANUEL Michel Surnombre</i>

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

PAPAZIAN Laurent	ROLL Patrice	VALERO René
PAROLA Philippe	ROSSI Dominique	VAROQUAUX Arthur Damien
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure	ROSSI Pascal	VELLY Lionel
PELLETIER Jean	ROUDIER Jean	VEY Norbert
PERRIN Jeanne	SALAS Sébastien	VIDAL Vincent
PESENTI Sébastien	SARLON-BARTOLI Gabrielle	VIENS Patrice
PETIT Philippe	SCAVARDA Didier	VILLANI Patrick
PHAM Thao	SCHLEINITZ Nicolas	VITON Jean-Michel
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique	SEBAG Frédéric	VITTON Véronique
PIQUET Philippe	SIELEZNEFF Igor	<i>VIEHWEGER Heide Elke détachement</i>
PIRRO Nicolas	SIMON Nicolas	VIVIER Eric
POINSO François	STEIN Andréas	XERRI Luc
RACCAH Denis	SUISSA Laurent	ZIELEZKIEWICZ Laurent
RANQUE Stéphane	TAIEB David	
REGIS Jean	THOMAS Pascal	
REYNAUD/GAUBERT Martine	THUNY Franck	
REYNAUD Rachel	TOSELLO Barthélémy	
RICHARD/LALLEMAND Marie-Alet	TREBUCHON-DA FONSECA Agnès	
RICHERI Raphaëlle	<i>TRIGLIA Jean-Michel Surnombre</i>	
ROCHE Pierre-Hugues	TROPIANO Patrick	
ROCH Antoine	TSIMARATOS Michel	
ROCHWERGER Richard	TURRINI Olivier	

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES**

ADALIAN Pascal  
AGHABABIAN Valérie  
BELIN Pascal  
CHABANNON Christian  
CHABRIERE Eric  
FERON François  
LE COZ Pierre  
LEVASSEUR Anthony  
RANJEVA Jean-Philippe  
SOBOL Hagay

**PROFESSEUR CERTIFIE**

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI-TEMPS**

REVIS Joana

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES MEDECINE GENERALE**

GENTILE Gaëtan

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à TEMPS PLEIN DES DISCIPLINES MEDICALES**

BOUSSUGES Alain

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES**

DUTAU Hervé

# MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AHERFI Sarah	GELSI/BOYER Véronique	ROBERT Thomas
ANGELAKIS Emmanouil ( <i>disponibilité</i> )	GIUSIANO Bernard	ROMANET Pauline
ATLAN Catherine ( <i>disponibilité</i> )	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	SABATIER Renaud
BEGE Thierry	GONZALEZ Jean-Michel	SARI-MINODIER Irène
BENYAMINE Audrey	GOURIET Frédérique	SAVEANU Alexandru
BIRNBAUM David	GRAILLON Thomas	SECQ Véronique
BONINI Francesca	GUERIN Carole	SOLER Raphael
BOUCRAUT Joseph	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	STELLMANN Jan-Patrick
BOULAMERY Audrey	GUIDON Catherine	SUCHON Pierre
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIVARCH Jokthan	TABOURET Emeline
BOUSSEN Salah Michel	HAUTIER Aurélie	TOGA Isabelle
BUFFAT Christophe	HRAIECH Sami	TOMASINI Pascale
CAMILLERI Serge	IBRAHIM KOSTA Manal	TROUDE Lucas
CARRON Romain	JALOUX Charlotte	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	JARROT Pierre-André	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CERMOLACCE Michel	KASPI-PEZZOLI Elise	VELY Frédéric
CHAUDET Hervé	L'OLLIVIER Coralie	VENTON Geoffroy
CHRETIEN Anne-Sophie	LABIT-BOUVIER Corinne	VION-DURY Jean
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	ZATTARA/CANNONI Hélène
CUNY Thomas	LAGARDE Stanislas	
DADOUN Frédéric ( <i>disponibilité</i> )	LAGIER Aude ( <i>disponibilité</i> )	
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	
DARIEL Anne	LAMBERT Isabelle	
DEGEORGES/VITTE Joëlle ( <i>disponibilité</i> )	LENOIR Marien	
DEHARO Pierre	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DELLIAUX Stéphane	LOOSVELD Marie	
DELTEIL Clémence	MAAROUF Adil	
DESPLAT/JEGO Sophie	MACAGNO Nicolas	
DEVILLIER Raynier	MARLINGE Marion	
DUBOURG Grégory	MAUES DE PAULA André	
DUCONSEIL Pauline	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
DUFOUR Jean-Charles	MEGE Diane	
ELDIN Carole	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine	
FRANKEL Diane	PAULMYER/LACROIX Odile	
FROMNOT Julien	RADULESCO Thomas	
GASTALDI Marguerite	RESSEGUIER Noémie	
GAUDRY Marine	ROBERT Philippe	

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BARBACARU/PERLES T. A.	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BERLAND Caroline	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
BOYER Sylvie	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline
COLSON Sébastien	POGGI Marjorie	
DEGIOANNI/SALLE Anna	POUGET Benoît	

## MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic

**MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE  
MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS**

BARGIER Jacques  
FIERLING Thomas  
FORTE Jenny  
JANCZEWSKI Aurélie  
NUSSLI Nicolas  
ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle  
THERY Didier

**MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS**

BOURRIQUEN Maryline  
EVANS-VIALLAT Catherine  
LAZZAROTTO Sébastien  
LUCAS Guillaume  
MATHIEU Marion  
MAYENS-RODRIGUES Sandrine  
MELLINAS Marie  
ROMAN Christophe  
TRINQUET Laure

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES -  
PRATICIENS HOSPITALI PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES  
UNIVERSITES mono-appartenants**

**ANATOMIE 4201**

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)  
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)  
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)  
LAGIER Aude (MCU-PH) *disponibilité*

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

**ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203**

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)  
DANIEL Laurent (PU-PH)  
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)  
GARCIA Stéphane (PU-PH)  
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)  
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)  
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)  
MACAGNO Nicolas (MCU-PH)  
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)  
SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;  
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH) *Surnombre*  
BRUDER Nicolas (PU-PH)  
LEONE Marc (PU-PH)  
MICHEL Fabrice (PU-PH)  
VELLY Lionel (PU-PH)  
ZIELEZKIEWICZ Laurent (PU-PH)

BOUSSEN Salah Michel (MCU-PH)  
GUIDON Catherine (MCU-PH)

**ANGLAIS 11**

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne (PRCE)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT  
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)  
PERRIN Jeanne (PU-PH)

**ANTHROPOLOGIE 20**

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)  
POUGET Benoît (MCF)  
VERNA Emeline (MCF)

**BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501**

CHARREL Rémi (PU PH)  
DRANCOURT Michel (PU-PH)  
FENOLLAR Florence (PU-PH)  
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)  
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)  
LA SCOLA Bernard (PU-PH)

AHERFI Sarah (MCU-PH)  
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) *disponibilité*  
DUBOURG Grégory (MCU-PH)  
GOURIET Frédérique (MCU-PH)  
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)  
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)

LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)  
DESNUES Benoit (MCF) ( 65ème section )  
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

**BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401**

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)  
GABERT Jean (PU-PH)  
GUIEU Régis (PU-PH)  
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)  
FROMNOT Julien (MCU-PH)  
MARLINGE Marion (MCU-PH)  
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)  
ROMANET Pauline (MCU-PH)  
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

**BIOLOGIE CELLULAIRE 4403**

ROLL Patrice (PU-PH)

FRANKEL Diane (MCU-PH)  
GASTALDI Marguerite (MCU-PH)  
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)  
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

**BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301**

GUEDJ Eric (PU-PH)  
 GUYE Maxime (PU-PH)  
 TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)  
 RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)  
 VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

**BIostatistiques, Informatique Médicale  
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

GAUDART Jean (PU-PH)  
 GIORGI Roch (PU-PH)  
 MANCINI Julien (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)  
 DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)  
 GIUSIANO Bernard (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)  
 BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

**CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002**

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)  
 BLONDEL Benjamin (PU-PH)  
 FLECHER Xavier (PU PH)  
 OLLIVIER Matthieu (PU-PH)  
 ROCHWERGER Richard (PU-PH)  
 TROPIANO Patrick (PU-PH)

**CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702**

BERTUCCI François (PU-PH)  
 CHINOT Olivier (PU-PH)  
 COWEN Didier (PU-PH)  
 DUFFAUD Florence (PU-PH)  
 GONCALVES Anthony (PU-PH)  
 HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)  
 LAMBAUDIE Eric (PU-PH)  
 PADOVANI Laetitia (PH-PH)  
 SALAS Sébastien (PU-PH)  
 VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)  
 TABOURET Emeline (MCU-PH)

**CARDIOLOGIE 5102**

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)  
 BONELLO Laurent (PU PH) BONNET Jean-Louis (PU-PH)  
 CUISSET Thomas (PU-PH) DEHARO Jean-Claude (PU-PH)  
 FRANCESCHI Frédéric (PU-PH) HABIB Gilbert (PU-PH)  
 PAGANELLI Franck (PU-PH) THUNY Franck (PU-PH)

DEHARO Pierre (MCU PH)

**CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE 5202**

BERDAH Stéphane (PU-PH)  
 BEYER-BERJOT Laura (PU-PH)  
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)  
 MOUTARDIER Vincent (PU-PH)  
 SEBAG Frédéric (PU-PH)  
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)  
 TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)  
 BIRNBAUM David (MCU-PH)  
 DUCONSEIL Pauline (MCU-PH)  
 GUERIN Carole (MCU PH)  
 MEGE Diane (MCU-PH)

**CHIRURGIE INFANTILE 5402**

*GUYS Jean-Michel (PU-PH) Retraite le 24/09/2021*  
 FAURE Alice (PU PH)  
 JOUVE Jean-Luc (PU-PH)  
 LAUNAY Franck (PU-PH)  
 MERROT Thierry (PU-PH)  
 PESENTI Sébastien (PU-PH)  
 VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH) détachement

DARIEL Anne (MCU-PH)

**CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503**

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)  
 GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

**CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103**

COLLART Frédéric (PU-PH)  
 D'JOURNO Xavier (PU-PH)  
 DODDOLI Christophe (PU-PH)  
 FOUILLOUX Virginie (PU-PH)  
 GARIBOLDI Vlad (PU-PH)  
 MACE Loïc (PU-PH)  
 THOMAS Pascal (PU-PH)

LENOIR Marien (MCU-PH)  
 TROUSSE Delphine (MCU-PH)

**CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004**

BERTRAND Baptiste (PU-PH)  
 CASANOVA Dominique (PU-PH)

HAUTIER Aurélie (MCU-PH)  
 JALOUX Charlotte (MCU PH)

**CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104**

ALIMI Yves (PU-PH)  
 AMABILE Philippe (PU-PH)  
 BARTOLI Michel (PU-PH)  
 BOUFI Mourad (PU-PH)  
 MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)  
 PIQUET Philippe (PU-PH)  
 SARLON-BARTOLI Gabrielle (PU PH)

GAUDRY Marine (MCU PH)  
 SOLER Raphael (MCU-PH)

**GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201**

BARTHET Marc (PU-PH)  
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)  
 GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)  
 GRANDVAL Philippe (PU-PH)  
 VITTON Véronique (PU-PH)

**HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202**

LEPIDI Hubert (PU-PH)

PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

**GENETIQUE 4704****DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

BERBIS Philippe (PU-PH)  
 DELAPORTE Emmanuel (PU-PH)  
 GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)  
 GROB Jean-Jacques (PU-PH)  
 RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

BEROUD Christophe (PU-PH)  
 KRAHN Martin (PU-PH)  
 LEVY Nicolas (PU-PH)  
 NGYUEN Karine (PU-PH)  
  
 ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

**DUSI**

COLSON Sébastien (MCF)

BOURRIQUEN Maryline (MAST)  
 EVANS-VIALLAT Catherine (MAST)  
 LUCAS Guillaume (MAST)  
 MAYEN-RODRIGUES Sandrine (MAST)  
 MELLINAS Marie (MAST)  
 ROMAN Christophe (MAST)  
 TRINQUET Laure (MAST)

**GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**

AGOSTINI Aubert (PU-PH)  
 BRETTELLE Florence (PU-PH)  
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)  
 COURBIERE Blandine (PU-PH)  
 CRAVELLO Ludovic (PU-PH)  
 D'ERCOLE Claude (PU-PH)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)  
 CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

CUNY Thomas (MCU PH)

**EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION**

4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)  
BERBIS Julie (PU-PH)  
BOYER Laurent (PU-PH)  
GENTILE Stéphanie (PU-PH)

LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)  
RESSEGUIER Noémie (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)

**IMMUNOLOGIE 4703I**

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)  
MEGE Jean-Louis (PU-PH)  
OLIVE Daniel (PU-PH)  
VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)  
CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)  
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)  
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)  
JARROT Pierre-André (MCU PH)  
ROBERT Philippe (MCU-PH)  
VELY Frédéric (MCU-PH)

**MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503**

BROUQUI Philippe (PU-PH)  
LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)  
MILLION Matthieu (PU-PH)  
PAROLA Philippe (PU-PH)  
STEIN Andréas (PU-PH)

ELDIN Carole (MCU-PH)

**MEDECINE D'URGENCE 4805**

GERBEAUX Patrick (PU PH)  
*KERBAUL François (PU-PH) détachement*  
MICHELET Pierre (PU-PH)

**MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU  
VIEILLISSEMENT ; ADDICTOLOGIE 5301**

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)      BENYAMINE Audrey (MCU-PH)  
DISDIER Patrick (PU-PH)  
DURAND Jean-Marc (PU-PH)  
EBBO Mikael (PU-PH)  
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)  
HARLE Jean-Robert (PU-PH)  
ROSSI Pascal (PU-PH)  
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

**HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701**

BLAISE Didier (PU-PH)  
COSTELLO Régis (PU-PH)  
CHIARONI Jacques (PU-PH)  
GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)  
MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)  
VEY Norbert (PU-PH)

DEVILLIER Raynier (MCU PH)  
GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)  
IBRAHIM KOSTA Manal (MCU PH)  
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)  
LOOSVELD Marie (MCU-PH)  
SUCHON Pierre (MCU-PH)  
VENTON (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

**MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603**

BARTOLI Christophe (PU-PH)  
LEONETTI Georges (PU-PH)  
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure (PU-PH)  
PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

DELTEIL Clémence (MCU PH)  
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND Caroline (MCF) (1ère section)

**MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905**

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)  
VITON Jean-Michel (PU-PH)

**MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602**

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

**MEDECINE GENERALE 5303**

GENTILE Gaëtan (PR Méd. Gén. Temps plein)

CASANOVA Ludovic (MCF Méd. Gén. Temps plein)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

FIERLING Thomas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

FORTE Jenny (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUSSLI Nicolas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle

(MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

THERY Didier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

(nomination au 1/10/2019)

**NUTRITION 4404**

BELIARD Sophie (PU-PH)

DARMON Patrice (PU-PH)

RACCAH Denis (PU-PH)

VALERO René (PU-PH)

*ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité*

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

**ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)**

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)

SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

**OPHTALMOLOGIE 5502**

DAVID Thierry (PU-PH)

DENIS Danièle (PU-PH)

**OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501**

DESSI Patrick (PU-PH)

FAKHRY Nicolas (PU-PH)

GIOVANNI Antoine (PU-PH)

LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)

MICHEL Justin (PU-PH)

NICOLLAS Richard (PU-PH)

*TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH) Surnombre*

RADULESCO Thomas (MCU-PH)

REVIS Joana (PAST) (Orthophonie) (7ème Section)

**NEPHROLOGIE 5203**

BRUNET Philippe (PU-PH)

BURTEY Stéphanne (PU-PH)

DUSSOL Bertrand (PU-PH)

JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)

MOAL Valérie (PU-PH)

ROBERT Thomas (MCU-PH)

**NEUROCHIRURGIE 4902**

DUFOUR Henry (PU-PH)

FUENTES Stéphane (PU-PH)

REGIS Jean (PU-PH)

ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)

SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)

GRAILLON Thomas (MCU PH)

TROUDE Lucas (MCU-PH)

**NEUROLOGIE 4901**

ATTARIAN Sharham (PU PH)

AUDOIN Bertrand (PU-PH)

AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)

CECCALDI Mathieu (PU-PH)

EUSEBIO Alexandre (PU-PH)

FELICIAN Olivier (PU-PH)

PELLETIER Jean (PU-PH)

SUISSA Laurent (PU-PH)

MAAROUF Adil (MCU-PH)

**PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904**

DA FONSECA David (PU-PH)

POINSO François (PU-PH)

GUIVARCH Jokthan (MCU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -  
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)

MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)

SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

RANQUE Stéphane (PU-PH)

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)

MATHIEU Marion (MAST)

L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)

TOGA Isabelle (MCU-PH)

### PHYSIOLOGIE 4402

### PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)

BARLOGIS Vincent (PU-PH)

BREGEON Fabienne (PU-PH)

CHAMBOST Hervé (PU-PH)

GABORIT Bénédicte (PU-PH)

DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)

MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)

FABRE Alexandre (PU-PH)

TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)

BOUSSUGES Alain (PR associé à temps plein)

MICHEL Gérard (PU-PH)

BONINI Francesca (MCU-PH)

MILH Mathieu (PU-PH)

BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)

OVAERT-REGGIO Caroline (PU-PH)

*DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)*

REYNAUD Rachel (PU-PH)

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)

TOSELLO Barthélémy (PU-PH)

LAGARDE Stanislas (MCU-PH)

TSIMARATOS Michel (PU-PH)

LAMBERT Isabelle (MCU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)

THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

### PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

### PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

BAILLY Daniel (PU-PH)

ASTOUL Philippe (PU-PH)

LANCON Christophe (PU-PH)

BARLESI Fabrice (PU-PH)

NAUDIN Jean (PU-PH)

CHANEZ Pascal (PU-PH)

RICHERI Raphaëlle (PU-PH)

GREILLIER Laurent (PU PH)

CERMOLACCE Michel (MCU-PH)

REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

### PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE

TOMASINI Pascale (MCU-PH)

AGHABABIAN Valérie (PR)

DUTAU Hervé ( Pr Associé des universités à 1/2 temps)

LAZZAROTTO Sébastien (MAST)

### RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

### RHUMATOLOGIE 5001

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)

GUIS Sandrine (PU-PH)

CHAGNAUD Christophe (PU-PH)

LAFFORGUE Pierre (PU-PH)

CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)

PHAM Thao (PU-PH)

GIRARD Nadine (PU-PH)

ROUDIER Jean (PU-PH)

JACQUIER Alexis (PU-PH)

MOULIN Guy (PU-PH)

*PANUEL Michel (PU-PH) surnombre*

PETIT Philippe (PU-PH)

VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)

VIDAL Vincent (PU-PH)

### THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

STELLMANN Jan-Patrick (MCU-PH)

AMBROSI Pierre (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (PU-PH)

VILLANI Patrick (PU-PH)

GAINNIER Marc (PU-PH)  
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)  
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

BASTIDE Cyrille (PU-PH)  
BOISSIER Romain (PU-PH)  
KARSENTY Gilles (PU-PH)  
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)  
ROSSI Dominique (PU-PH)

# REMERCIEMENTS

## A MES MAÎTRES ET JUGES

### ***Notre Maître et Président, Monsieur le Professeur LEGRE***

C'est un véritable honneur que vous présidiez aujourd'hui cette thèse.

Votre accessibilité, votre simplicité, votre bienveillance et le respect que vous témoignez envers tous les membres de votre équipe ont fait de vous un Patron respecté et aimé de tous. L'étendue de vos compétences chirurgicales, votre savoir théorique et votre intuition pratique sont un exemple afin d'atteindre l'excellence, et dans vos mains tout à l'air si facile. Vous savez rendre les choses compliquées simples, et les choses simples intéressantes.

Votre enthousiasme communicatif a suscité ma curiosité et mon admiration, comme personne ne l'avait fait auparavant. Je vous suis profondément reconnaissante de m'avoir ouvert les portes d'une merveilleuse spécialité qui associe créativité et minutie et qui me passionne aujourd'hui. Je ne sais pas encore ce que me réserve l'avenir, mais j'estime déjà avoir été extrêmement chanceuse au "concours de circonstances" en vous rencontrant encore externe et en bénéficiant de votre enseignement jusqu'à aujourd'hui.

Votre patience, votre soutien infaillible, votre regard bienveillant et presque paternel parfois m'ont fait grandir dans la sérénité. Je ne vous remercierai jamais assez de m'avoir fait croire que rien n'était impossible, et de me donner encore aujourd'hui le courage et la confiance en moi pour vouloir tout entreprendre.

Votre confiance m'honore, et ma reconnaissance n'a d'égal que l'immense respect que j'ai pour vous. J'espère être digne de la confiance que vous m'accordez.

### ***Notre maître, Monsieur le Professeur CASANOVA***

Vous me faites l'honneur de siéger dans mon jury.

Malgré le peu de temps passé à vos côtés, j'apprends énormément de votre talent et de vos compétences chirurgicales que vous savez transmettre à vos élèves. Votre polyvalence chirurgicale et votre pouvoir fédérateur, ont permis de façonner l'Ecole de Chirurgie Plastique Marseillaise que beaucoup nous envient. Vous faites partie des personnes qui m'inspirent le plus de respect.

Votre implication dans l'encadrement des étudiants vous honore et vous avez toujours su vous rendre disponible pour que nous échangions ensemble enfin d'améliorer la formation des internes.

Vous m'avez encouragée, soutenue et conseillée dans mon parcours sans jamais remettre en question mes choix. Je vous en suis profondément reconnaissante. J'espère pouvoir continuer à apprendre avec vous dans les années à venir et vous pourrez toujours compter sur moi.

Veillez recevoir l'expression de ma sincère reconnaissance et de ma haute estime.

### ***Notre maître, Monsieur le Professeur CASOLI***

Vous me faites l'honneur d'avoir accepté de venir dans ce jury malgré la distance.

Je vous remercie sincèrement d'avoir rendu possible ce projet de thèse en m'accueillant au sein du laboratoire d'anatomie de Bordeaux, mais également pour le temps que vous m'avez accordé et vos conseils afin de rendre ce travail le plus juste et pertinent possible.

Vos internes et les membres de votre équipe parlent de vous avec admiration tant pour vos talents chirurgicaux, que pour votre enseignement. Votre rigueur et votre honnêteté font de vous un Professeur respecté. Soyez assuré de ma sincère gratitude et de mes respectueux remerciements pour la bienveillance de votre accueil à Bordeaux dans une école riche, humaine et rigoureuse.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde considération et de mes plus sincères remerciements.

### ***Ma Directrice de thèse, Madame le Docteur DELGOVE***

Tu m'as fait l'honneur de diriger ce travail et d'être ici ce soir malgré la distance.

Tu es un exemple de ténacité, de rigueur, d'engagement et d'excellence. J'admire aussi la manière dont tu allies vie professionnelle et vie personnelle. Je suis certaine que tu feras un excellent professeur d'anatomie et j'espère que d'autres internes marseillais auront la chance de bénéficier de l'excellente formation bordelaise.

Quand je t'ai demandé de l'aide pour faire de ce projet ma thèse, tu as tout de suite été enthousiaste. Tu m'as ouvert les portes du laboratoire d'anatomie et guidée dans mon travail. Je te remercie pour le temps que tu m'as consacré, tant pour ce travail de thèse que pour l'apprentissage de mon métier.

Je te remercie de m'avoir accordé ta confiance dans ce travail.

### ***Madame le Docteur JALOUX***

Tu es à la source de ce travail. Si tu ne m'avais pas chuchoté un jour en congrès d'aller fouiller sur PubMed je ne présenterais pas ce travail aujourd'hui.

Tu m'as énormément appris au-delà de la théorie et de la pratique. Je te remercie de m'avoir aidée, aiguillée et soutenue tout au long de ce travail, et d'avoir traversé cette épreuve avec moi, comme tu le fais toujours pour tout ce que j'entreprends. Ta présence et ton accompagnement bienveillant au quotidien sont une aide incontestable. Tu es toujours disponible pour moi, même à la dernière minute au milieu de la nuit quand il faut rendre un dossier de financement le lendemain matin !

Ta rigueur chirurgicale, ton investissement et ton exigence envers toi-même imposent le respect. La disponibilité et le dévouement dont tu fais preuve envers ton service, force le respect. Tu es une passionnée, une personne qui s'investit au sein de l'hôpital comme on en voit peu. Tu ne baisses les bras devant rien.

Je t'admire énormément tant pour ta personnalité que dans les connaissances théoriques et pratiques que tu développes en parallèle de tout le reste. Tes compétences et ton sang-froid au bloc opératoire m'inspirent. Tu m'as énormément aidée et portée tout au long de mon internat, je ne sais comment te remercier pour tout ce que j'ai reçu, et m'efforcerai de suivre cette excellence chirurgicale que tu as su atteindre et maintenant enseigner et transmettre.

Je suis heureuse et fière d'être ton élève et j'espère ne jamais te décevoir.

### ***Monsieur le Docteur CAMUZARD***

Tu me fais l'honneur d'avoir accepté de venir dans ce jury malgré la distance.

Tu as en toi ce don pour susciter la curiosité de tes élèves Tu es d'une bienveillance et d'une gentillesse sans faille. Tu fais tout pour aider les personnes à tes côtés et tu sembles te soucier d'absolument tout le monde. Merci de m'avoir accueillie à Nice, de m'avoir conseillée et guidée dans mes expériences farfelues !

Tes élèves parlent de toi avec une profonde admiration et respect tant pour tes talents chirurgicaux, que pour ta bienveillance et ta pédagogie. Tu feras sans aucun doute un excellent Professeur, tes qualités humaines et ton élégance chirurgicale sont un modèle pour nous tous. J'espère qu'il ne s'agit que d'un début, et que les élèves marseillais pourront continuer à bénéficier de l'excellente école de chirurgie que tu animes.

Tu me fais l'honneur aujourd'hui de juger ce travail. Trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de ma profonde admiration.

## **A TOUTES LES PERSONNES QUI ONT RENDU CE TRAVAIL POSSIBLE**

Au personnel du laboratoire d'anatomie de la faculté de Bordeaux : A Madame le **Professeur LIGUORO** de m'avoir ouvert les portes de son laboratoire, et tout particulièrement à **André** pour avoir toujours été arrangeant, pour m'avoir servi le petit déjeuner quand j'étais de repos de garde au labo ! Mon séjour à Bordeaux restera marqué par ta gentillesse. Un immense merci à tous les externes (**Martina, Iman, Victor, Quitterie et Pauline**) pour votre aide indispensable pendant toutes mes dissections, pour votre enthousiasme et votre curiosité. Vous avez toutes les qualités pour devenir d'excellents médecins curieux, travailleurs et humains. Merci encore.

Au personnel du laboratoire d'anatomie de la Faculté de Nice : A Monsieur le **Professeur BRONSARD** pour m'avoir ouvert les portes de son laboratoire. A **Elena, Badredine et Manon**, vous m'avez accueillie comme une princesse et m'avez impressionnée par votre maturité et votre maîtrise de l'anatomie. Je ne remercie, tout interne de chirurgie devrait prendre exemple sur vous !

Au personnel du service de Radiologie du CHU Pellegrin : à **Mesdames SERIN et DUPUTIE** pour avoir organisé mes venues et à **tous les manipulateurs radios** des Urgences qui ont rendu ce travail possible, qui m'ont accueillie au petit matin, servi des cafés et nourri ! Vous avez su rendre mes réveils à 6h du matin presque agréables grâce à votre enthousiasme et à votre curiosité !

A notre maître, Monsieur **Le professeur PELLISSIER** et à Monsieur le **Docteur GENTIL** pour vos précieux conseils et votre simplicité.

A **Madame BENTOLILA** (laboratoire DePuy Sythese®) et **Monsieur PARISON** (Laboratoire Médartis®) pour le prêt du matériel indispensable à la description de ma technique chirurgicale. Merci pour votre disponibilité sans laquelle je n'aurais pas pu réaliser un travail aussi complet.

A Monsieur le **Dr FERNANDEZ** et à **ses internes** pour votre aide et votre disponibilité dans la réalisation des images scanners et échographiques.

A Monsieur le **Professeur BENDAHAN**, à **Constance MICHEL** et **Augustin OGIER** pour votre aide pour la segmentation des images de scanner.

A **Monsieur VIGOUROUX** et **Thomas VALERIO** pour votre aide et votre disponibilité afin de mettre au point du protocole de comparaison des surfaces articulaires même à la dernière minute.

**Et surtout à toutes les personnes qui ont fait ce geste profondément altruiste de donner leur corps à la médecine et nous permettent aujourd'hui encore de progresser afin d'améliorer le quotidien des vivants.**

## **A TOUS LES CHEFS AUPRES DESQUELS J'AI APPRIS AU COURS DE MON INTERNAT**

### A l'Hôpital Nord

Au **Pr CURVALE** : J'ai eu la chance de bénéficier de votre enseignement avant votre départ à la retraite. Votre passion pour votre discipline et votre profonde gentillesse m'ont marquée.

Au **Pr ROCHWERGER** : Merci pour votre enseignement, notamment en oncologie orthopédique. J'espère pouvoir venir travailler à vos côtés dans l'avenir dans la prise en charge de ces patients compliqués.

Au **Dr MAMAN** : Tu forces le respect de tous, tu es franc, efficace et juste. Tu m'as appris la rigueur.

Au **Dr LE BARON** : Ton sang-froid et ton excellence chirurgicale imposent l'admiration et le respect de tes pairs. Tu m'impressionnais et tu continues de le faire.

Au **Dr FALGUIERE** : A ma toute première garde en tant qu'interne, merci pour ta tolérance et ta patience. Tu as été mon premier modèle de jeune femme chirurgienne, efficace et respectée de tous.

Au **Dr VOLPI** : A mon tout premier Clou Gamma ! Pour ta simplicité et ton calme merci.

Au **Dr BAUD** : A ton compagnonnage et ta patience durant ce premier semestre d'internat.

### Au Centre Des Brûlés à la Conception

Au **Dr HAUTIER** et au **Dr NEKKIA** merci de nous accueillir si jeunes, et de nous transmettre la base de la prise en charge des brûlures qui fait partie inhérente de notre spécialité.

### En Chirurgie Plastique Pédiatrique

Au **Dr DEGARDIN** : Merci Nathalie pour ce semestre passé à tes côtés. Tu m'as énormément inspirée et je te respecte énormément tant pour tes qualités de chirurgienne que tes qualités humaines. Tu as le don de rassurer les parents et tes jeunes patients. J'étais très honorée de travailler au sein de ton équipe et ce sera toujours un plaisir de passer au 10<sup>ème</sup> pour opérer comme pour partager un café !

### En Chirurgie de la Main à la Timone

Au **Dr MAYOLY** : Tu es un exemple à suivre et ta recherche permanente de la perfection m'impressionne. J'adore travailler avec toi tant sur le plan pratique que scientifique dans une atmosphère détendue. Tu m'as accordé ta confiance pour poursuivre ton propre travail de thèse et tu aurais dû être ma directrice aujourd'hui. Le Covid en a décidé autrement mais tu peux compter sur moi pour continuer ce qu'on a entrepris ensemble. Je te dois beaucoup, et j'espère pouvoir continuer d'apprendre à tes côtés encore longtemps.

Au **Dr KACHOUH** : A toutes les tartes au citron meringué que j'ai en retard ! A mes tout premiers tendons extenseurs au box des urgences alors que tu étais interne et que j'étais encore externe. Aujourd'hui nous avons tous les deux grandi mais je te remercie pour tout ce que tu continues à me transmettre. Tu es indéniablement le chirurgien plasticien de ce service qui programme les plus gros chantiers ! J'admire le chirurgien que tu es devenu et j'espère apprendre encore longtemps à tes côtés.

Au **Dr VIAUD** : Tu es à la fois profondément gentil et brillant. J'aurais beaucoup aimé continuer à apprendre avec toi à la Timone, tu vas me manquer. Je te souhaite beaucoup de bonheur et de réussite pour la suite.

### A l'HIA St Anne à Toulon

A Monsieur le **Dr DROUIN** et à Monsieur le **Pr BARBIER** : Vous m'avez accueillie dans votre service afin que j'y acquière les concepts et les connaissances orthopédiques complémentaires et nécessaires à la chirurgie du membre supérieur et à la reconstruction des membres. Veuillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance.

Au **Dr BUTIN** : Pour tes qualités humaines et chirurgicales indéniables, je t'admire et te respecte énormément. Ta simplicité, ton humour et ta bienveillance rendent agréable n'importe quelle garde INFERNALE à tes côtés ! (Tu mérites ton chat noir... !)

Au **Dr CHOUFANI** : Merci infiniment pour le respect et la considération que tu témoignes à tes internes. Tu m'as énormément marquée pour ton humanité et ta gentillesse.

Au **Dr GUHILEHM** : Tu es rigoureux et tu exiges l'excellence pour tes patients. Ton perfectionnisme impose le respect.

Au **Dr ECALLE** : Merci de nous avoir défendu et soutenu pendant tout notre semestre avec les garçons. Je te souhaite beaucoup de bonheur pour la suite.

Au **Dr CAUBERE** : L'arthroscopie d'épaule semble facile dans tes mains et je te souhaite pleins de réussite pour tes projets universitaires.

Au **Dr GUABERT** : Aux clous Gamma en moins de 15 minutes à 5h du matin... J'admire tellement ta dévotion et ta capacité de travail. Tu recherches (et trouves) toujours la perfection ! Tu es à l'écoute de tes patients et de tes internes, ne change rien. Je te remercie pour ce semestre passé à Toulon et j'espère pouvoir encore t'accompagner au bloc opératoire dans les années à venir.

Au **Dr VIRICEL** : Merci pour les super sushis et pour la touche féminine dans cette équipe ! Je te souhaite beaucoup de réussite pour la suite.

Au **Dr FAURE** : Merci infiniment pour ces « Pauses Plastie » pendant mon semestre d'orthopédie ! A mon premier Mac Gregor et Jumeau externe ! Merci pour ta confiance et ton compagnonnage si bienveillant.

### Au CHU Pellegrin à Bordeaux

A notre maître le **Pr PELISSIER** : Pour votre gentillesse, votre disponibilité et votre créativité sans limite. J'ai adoré opérer et échanger avec vous. Je ne garde que d'excellents souvenirs de ma venue à Bordeaux dans votre équipe.

Au **Dr CHOUGHRI** : Merci pour votre enseignement et vos conseils avisés.

Au **Dr ABI-CHALHA** et au **Dr ERBLAND** : Vous êtes toutes les deux des modèles tant sur le plan personnel que professionnel. Vous aimez transmettre, vous êtes brillantes et sereines, c'est un plaisir d'apprendre à vos côtés. C'est grâce à des chirurgiennes comme vous que naissent des vocations... Merci de m'avoir accordé votre confiance pendant ces 6 mois à Bordeaux.

Au **Dr DAHMAM** : Merci pour ta disponibilité au bloc comme en consultation et pour tous les conseils que tu as pu me donner. Je te souhaite le meilleur au travail et avec Philippine !

Au **Dr PELET** : J'ai été impressionnée par ton sang-froid et tes connaissances chirurgicales. Tu resteras mon modèle de DJ !

Au **Dr LUCIANI** : A la team Marseillaise ! Je te souhaite beaucoup de réussite dans tes projets futurs, tu le mérites !

Au **Dr TIERNY** et au **Dr BLAQUIERE** : Merci pour votre bonne humeur et votre gentillesse ! Venir travailler au CFXM avec vous a toujours été un plaisir.

### Au Service de Chirurgie Plastique de la Conception

Au **Pr BERTRAND** : Toujours disponible, toujours de bonne humeur, toujours motivé pour apprendre à tes internes et transmettre tes savoirs. Je t'admire énormément et c'est toujours un plaisir de partager un bloc ou une salle de consultation avec toi.

Au **Dr PHILANDRIANOS** : Tu es un exemple inatteignable de micro-chirurgienne hors pair, tout paraît si simple quand on te regarde opérer... et pourtant ! Merci pour tes enseignements.

Au **Dr ABELLAN-LOPEZ** : Ta rigueur et ton perfectionnisme chirurgical, ton engagement et ta gentillesse envers tes patients, et ton humilité sont un modèle pour moi. Merci pour ta joie de vivre, tes innombrables astuces dont je me souviendrai et la bonne musique qui animent le bloc opératoire avec toi !

Au **Dr COWEN** merci pour ta simplicité et ta franchise. Je te souhaite pleins de bonnes choses pour la suite !

Au **Dr BLAYNEY** : Je t'admire beaucoup, tu es une femme solide et engagée. Tout le monde t'apprécie pour ton calme ta franchise et ta sincérité.

Au **Dr KLEIN** : Merci pour ta disponibilité et ton humanité. Tu doutes parfois mais pourtant tu essayes et tu réussis là où tout le monde a échoué avant toi. Je t'apprécie et t'admire beaucoup.

Au **Dr BETTEX** : Pour nos gardes à rallonges et nos appels au Patron au milieu de la nuit. On aura partagé quelques galères ! Je te souhaite beaucoup de réussite pour la suite qui est déjà bien engagée !

### A l'INP :

Au **Pr FERON**, à **Madame GIRAUDIE-CAPRAZ** et à **Maxime** Merci de m'accueillir dans votre équipe de NOSEUR, de me soutenir et m'aider malgré mon emploi du temps parfois chaotique... ! Merci pour votre bienveillance.

### **A TOUT LE PERSONNEL DANS CES SERVICES**

Avec qui j'ai un jour eu la chance de travailler ! Merci pour votre bonne humeur, vos compétences et votre dévouement !

Aux **Infirmiers/ibodes**, aux **Aides-soignants** aux **Secrétaires**, aux **Kinés**, aux **Anesthésistes** et **lades**, au **Personnel des Urgences**... En Plastie Pédiatrique, au Burn center, à l'Hôpital Nord, à Toulon et Bordeaux, à la conception **Karine, Martine, Samira, Jacky, Éric, Aude, Aurore, Mirelle, Laura, Evelyne**... Et tout particulièrement à la team de Chirurgie de la Main à la Timone. A **Audrey** la Cadre la plus appréciée et la plus efficace que je connaisse, merci pour ton soutien et ton aide ! Elle est précieuse pour toute ton équipe. A **la team du service et des consultations (Hami, Christine, Babeth, Sabine, Camile, Guillaume, Isabelle, Fati, Vincent, Mélanie, Dede...)** on peut toujours compter sur vous et vos compétences. Merci d'avoir survécu à nos semestres sans internes de salle.... A **la team du bloc** pour votre bonne humeur, vos compétences et votre enthousiasme ! A **Coco, Julia** et **Sophie** vous m'avez vu grandir au fil des années dans ce box des urgences, comme vous avez vu grandir mes co-internes ! Vous nous guidez et c'est toujours un plaisir de vous retrouver ! Et enfin à **Joelle**, ta douceur, ton extrême gentillesse et tes compétences font que tu es capable de prendre en charge n'importe quel patient mieux que quiconque (même quand il s'agit de l'un de nous, qui ne s'est pas fait mal à un doigt ...). Merci pour ton soutien sans faille !

.... Et à tous ceux que j'oublie dans ce moment d'émotion et de stress !

## A TOUS MES CO-INTERNES

Pour tous les bons moments et tous les moments de galère !

Aux plasticiens : A **Hugo** sans toi je ne serais peut-être pas ici aujourd'hui ! Merci pour ton compagnonnage et le temps que tu m'as accordé encore toute jeune externe. A tous les doigts-portes et panaris du box des urgences. Et aujourd'hui encore tu continues de nous apprendre énormément ! A **Samuel** toujours de bonne humeur, **Clarisse** qui est la plus fit de toutes les internes marseillaises, **Sacha** le plus bricoleur, à **Grégoire** et **Remy** les surdouées et surmotivés ! Sans oublier la team actuelle, **Anaïs**, **Rime** et **Attila** !

Aux orthopédistes : **Camille** Dr privé (et préférée) de la team Flajollet ! Merci encore d'être mon amie, on va finir par y arriver à aller faire ce tour en voilier ! **JB** je t'admire beaucoup pour ta capacité de travail et ta détermination, je te souhaite énormément de réussite pour la suite.

A **Romain** et **Juju** (Alias L'ophtalmo !) ...merci pour votre amitié et soutien sans faille pendant 6 mois à Toulon ! Vous me manquez !

A **Arthur**, **Nico** (ou DarkNico) **Olivier** (Alias Dr Ben Bozon) et **Lucas** (J'espère futur Co-Dj !), pour le meilleur semestre de mon internat ! Je ne peux pas m'empêcher de penser au ventre Gliss à chaque fois que je vais en staff... notre aigle royal a toujours son masque ! Il faut absolument qu'on se refasse un weekend au ski tous ensemble... ! A **Mathias** et **Paul** pour votre bonne humeur, votre sang-froid et vos nombreux conseils.

A **Leo** et **Thomas** mes premiers co-internes, j'ai toujours votre paire de chaussette du Secret Santa ! A **Solène**, **Fabien**, **Valentin**, **Thibault** et **Corentin** pour m'avoir sauvé sur mes premiers avis aux urgences !

Aux « Bordelais » : A **Maylis**, **Julia** et **Remi** pour la team main et **Manon**, **Kévin** (Alias Kéké du 33) **Luz**, **Eva** et **Salma** pour la team plastique. Merci pour ce semestre bordelais, le bon vin, la raclette et les gâteaux de la Plastssière !

A mes « co-internes » d'externat ! : A **Marie-Anne**, **Marie** et **Jean-Charles** pour m'avoir accueillie dans votre team alors que j'étais encore externe.

## A MES PROCHEs

A **Anna** et **Margot** vous faites partie de ma famille, je vous aime profondément et je ne vous remercierai jamais assez pour ces années d'amitiés... pour tout ce qu'on a traversé ! Je sais que je peux compter sur vous quoi qu'il arrive. Entre les randos, les sorties ski avec les **Copains du Raid** ou les tours en bateau vous êtes des amies avec qui on peut faire plein de choses rigolotes ! Vous êtes là quand ça va et quand ça ne va pas, vous me connaissez par cœur ! J'admire les voies que vous avez choisies et qui vous correspondent si bien !

A **Thomas**, merci de semer des idées folles dans la tête de mon Victor ! Merci de rendre Anna heureuse, et je vous souhaite tout le bonheur du monde. J'adore tes enthousiasmes pour tout, tu détestes rester sur quelque chose que tu ne comprends pas, tu es curieux et c'est communicatif !

A **Audrenne** et **Chloé** mes copines Marseillaise, si proches et que pourtant je vois trop peu... Il faut qu'on remédie à ça !

A mis **padres Paraguayos**. Te echo mucho de menos. Gracias **Profesor ABED** por ser un amigo y mentor. Gracias, jefe, por darme el deseo de practicar cirugía en el primer lugar. A tus hijos **Icky**, **Patchy**, **Alé** y **Michelle**. A **Diego** y **Claudia**, yo también los extraño muchísimo, y le deseo lo mejor para el futuro. A todos los **jefes de sala IV** y a los residentes de anestesiología **Romi**, **Guille**, **Andrés**, **Carlos** y **Javier**.

**A toute la Tribu FLAJO ! A Catherine et Thomas, Perrine et Bastien, Martin et Audrey, Titou et Tiffany**, merci de me faire me sentir comme chez moi à la Treille. A vous deux et vos enfants, a votre force, votre résilience et votre unité, je vous admire énormément et je n'aurais pas pu rêver meilleure belle-famille. Merci de me faire l'honneur d'être venus ce soir fêter cette étape dans ma vie. Merci encore d'avoir élevé l'être extraordinaire qui partage ma vie...

A **Mes Parents**, pour leur patience, leur aide, leur soutien et leur amour inconditionnel depuis toujours. Merci de m'avoir transmis de si belles valeurs, entre goût de l'effort et de l'émerveillement, un doux équilibre que j'ai encore parfois du mal à trouver !

A **Ma mère** pour avoir fait de mon enfance le rêve de tout enfant. Pour nous avoir consacré tout ton temps depuis toujours et nous avoir transmis que l'on pouvait apprendre en s'amusant et m'avoir appris à me servir de mes 10 doigts ! En 27ans pas grand-chose n'a changé, tu continues à me nourrir avant tous les concours ou examens... et tu n'as pas pu échapper à la relecture intégrale de cette thèse ! (Il ne fallait pas louer mon éducation en termes d'orthographe... Après tout tu ne peux t'en vouloir qu'à toi-même !!!) Merci de m'avoir chouchoutée chaque fois que j'en ai eu besoin. Rien ne t'arrête, ni un Cancer, ni un Polytrauma ... et surement pas un Docteur ! J'admire ta capacité à ne pas savoir suivre une prescription, et faire systématiquement le contraire de ce qu'un médecin te demande... et ça m'agace (vraiment) que tu aies presque toujours raison de n'en faire qu'à ta tête !

A **Mon Père**, pour tes conseils avisés, ta patience et ta capacité à m'écouter des heures parler du boulot ! A t'intéresser à strictement tout ce que je fais. A nos sorties ski de rando, et à nos gloussements de joie quand la Peuf est bonne (Au nombre incalculable de paires de ski que tu m'as offertes au fil des années !) Tu es mon Héro et je t'admire plus que quiconque au monde et tu le sais !

A **Mes Grands Frères** qui m'ont toujours protégée et qui m'ont supportée dans leurs pattes quand j'étais enfant. J'admire les hommes que vous êtes devenus. A vous, a vos compagnes **Emilie et Isabella** et vos **Petits Monstres** je vous souhaite tout le bonheur du monde !

A ma **Grand-mère** qui me manque énormément...

Et enfin merci à toi **Victor**, à « l'interne de l'ombre » ! Ce soir tu dois avoir l'impression que tu passes ta thèse un peu toi aussi... 4 ans bientôt que tu m'épauls, que tu me comprends et que tu rends ma vie plus douce au quotidien. Merci pour ta patience, pour ta compréhension et ta bonne humeur constante (Je crois que je n'ai jamais vu quelqu'un sourire autant que toi !). Merci pour tous les Nuggets livrés à la Timone quand je suis de Garde, les cafés au lit le matin... Merci de m'aimer par vent et marée, dans la tempête et à l'autre bout du monde. Merci pour cet amour si serein malgré la distance et qui me permet de rêver à notre vie de demain... Merci de rendre tout possible.

# Table des matières

1. INTRODUCTION.....	6
1.1 Anatomie du pôle proximal du scaphoïde.....	6
1.1.1 Anatomie vasculaire.....	6
1.1.2 Anatomie ligamentaire .....	7
1.2 Etiologies des destructions du PPS .....	8
1.2.1 Cause traumatique .....	8
1.2.2 Cause idiopathique .....	8
1.3 Conséquences de la destruction du PPS .....	9
1.4 Les limites des traitements actuels de reconstruction du PPS.....	9
1.5 Problématique .....	9
2. OBJECTIFS DU TRAVAIL DE THESE.....	10
3. PARTIE I : Prise en charge des destructions du pôle proximal du scaphoïde : revue systématique de la littérature.....	11
3.1 Résumé.....	11
3.2 Introduction .....	12
3.3 Matériel et méthode.....	12
3.3.1 Stratégie de recherche.....	12
3.3.2 Critères d'éligibilité.....	13
3.3.3 Évaluation de la qualité des études incluses .....	13
3.3.4 Résultats d'intérêt .....	13
3.4 Résultats .....	14
3.4.1 Excision des fragments proximaux.....	15
3.4.2 Remplacements prothétiques .....	17
3.4.3 Greffes ostéo-cartilagineuses non vascularisées .....	23
3.4.1 Greffes ostéo-cartilagineuses vascularisées .....	29
3.5 Discussion.....	34
3.5.1 Capacité à rétablir la biomécanique normale du carpe .....	34
3.5.2 Maintien des résultats fonctionnels dans le temps .....	40
3.5.3 Risques de complication et possibilité en cas d'échec .....	42
3.5.4 Spécificité de la prise en charge dans le cadre de la maladie de Preiser	
45	
3.6 Conclusion .....	47

4. PARTIE II : GREFFE OSTEO-CARTILAGINEUSE VASCULARISEE D'HEMI-HAMATUM POUR RECONSTRUIRE LE PPS : ETUDE ANATOMIQUE .....	49
4.1 Résumé.....	49
4.2 Introduction .....	50
4.3 Matériel et méthode.....	51
4.3.1 Étapes pré-dissections.....	52
4.3.2 Dissections- Ostéosynthèse.....	53
4.3.3 Evaluations post-dissections.....	55
4.3.4 Evaluation de la vascularisation .....	55
4.4 Résultats .....	56
4.5 Discussion.....	65
4.5.1 Vascularisation du lambeau d'hamatum .....	65
4.5.2 Stabilité du carpe et restauration de la biomécanique .....	69
4.5.3 Congruence articulaire.....	74
4.5.4 Technique d'ostéosynthèse .....	75
4.5.5 Possibilité en cas d'échec.....	76
4.5.6 Place dans l'arsenal thérapeutique .....	76
4.6 Conclusion .....	78
5. PARTIE III : GREFFE OSTEO-CARTILAGINEUSE PEDICULEE D'HEMI-HAMATUM POUR RECONSTRUIRE LE PPS : PROTOCOLE DE PLANIFICATION PRE-OPERATOIRE CHEZ LE VIVANT .....	79
5.1 Résumé.....	79
5.2 Introduction .....	80
5.3 Matériel et méthode.....	81
5.3.1 Repérage du pédicule artériel : Etude échographique .....	81
5.3.2 Congruence articulaire : Etude scanographique et modélisation informatique. ....	81
5.4 Résultats .....	84
5.4.1 Résultats échographiques .....	84
5.4.2 Résultats scanographiques et de modélisation informatique.....	86
5.5 Discussion.....	89
5.5.1 Identification du pédicule .....	89
5.5.2 Congruence articulaire.....	90
5.5.3 Outils informatiques pour aider le chirurgien .....	97
5.6 Conclusion .....	98
6. CONCLUSION GENERALE .....	99
7. BIBLIOGRAPHIE .....	100
8. ANNEXES.....	112
9. SERMENT D'HIPPOCRATE .....	121

# Liste des figures

Figure 1-1 : Représentation schématique de la vascularisation de l'os scaphoïde. ....	6
Figure 1-2 : Insertions ligamentaires sur l'os scaphoïde. ....	7
Figure 1-3 : Types de Fracture du PPS selon Compson. ....	8
Figure 3-1 : Flow chart .....	14
Figure 3-2 : Transfert d'hamatum non vascularisé d'après Elhassan. ....	28
Figure 3-3 : Excision du pôle proximal du scaphoïde (fracture de type 1) .....	35
Figure 3-4 : Radiographie d'une ossification d'un transplant de cartilage costal .....	37
Figure 3-5 : Radiographies per-opératoires d'un lambeau de condyle fémoral libre. ....	39
Figure 3-6 : Reconstruction du PPS par un lambeau de tête de 2 <sup>nd</sup> métatarsien .....	39
Figure 3-7 : Radiographie d'une synovite siliconé érosive destructrice. ....	42
Figure 3-8 : Radiographie d'une ostéolyse péri-prothétique (APSI) .....	43
Figure 3-9 : Stade 1 à 4 de la classification de Herbert et Lanzetta .....	45
Figure 4-1 : Vascularisation intra osseuse de l'hamatum. ....	50
Figure 4-2 : Radiographies dynamiques pré-dissection .....	52
Figure 4-3 : Mesure radiographique du prélèvement de PPH. ....	52
Figure 4-4 : Mesures réalisées pour chaque couple de PPS et PPH. ....	54
Figure 4-5 : Test de vascularisation du lambeau : Avant réinjection .....	55
Figure 4-6 : Vue supra capsulaire du carpe : description de l'anatomie vasculaire. ...	57
Figure 4-7 : Origine de l'artère ICD : anatomie artérioveineuse. ....	57
Figure 4-8 : Vascularisation intra osseuse du lambeau d'hamatum. ....	57
Figure 4-9 : Test de vascularisation : Après réinjection d'encre de chine. ....	58
Figure 4-10 : Visualisation du ligament capito-hamatal palmaire. ....	58
Figure 4-11 : Comparaison macroscopique du PPS et PPH. ....	59
Figure 4-12 : Représentation du néo-scaphoïde et de sa vascularisation artérielle. .	60
Figure 4-13 : Séquelles du prélèvement au niveau des fléchisseurs profonds. ....	60
Figure 4-14 : Radiographies dynamiques post-dissection .....	61
Figure 4-15 : Scanner post dissection : Face et profil .....	61
Figure 4-16 : Radiographie et scanner post- dissection. ....	61
Figure 4-17 : Abord dorsal du poignet. ....	62
Figure 4-18 : Abord dorsal du carpe. ....	62
Figure 4-19 : Prélèvement du lambeau : .....	62
Figure 4-20 : Mise en place du greffon. ....	63
Figure 4-21 : Fixation temporaire par broches. ....	63
Figure 4-22 : Fixation par vissage canulé. ....	63
Figure 4-23 : Reconstruction du LSL. ....	64
Figure 4-24 : Fermeture plan par plan (capsule, rétinaculum, peau). ....	64
Figure 4-25 : Vascularisation dorsale du scaphoïde. ....	66
Figure 4-26 : Axe du prélèvement d'hémi-hamatum. ....	67
Figure 4-27 : Ossification du pédicule vasculaire d'un lambeau de condyle fémoral. ....	68
Figure 4-28 : Ligament capito-hamatal dorsal. ....	70
Figure 4-29 : Radiographie post-dissection : instabilité Triquéto-hamatale .....	71
Figure 4-30 : Radiographies de sujet sains en IU et IR. ....	71
Figure 4-31 : Radiographies et scanner pré-dissection : sujet avec pseudarthrose du PPS .....	73
Figure 4-32 : Scopies post-dissection : sujet avec pseudarthrose du PPS .....	73

Figure 5-1 : Exemple de maillage de surface. ....	83
Figure 5-2 : Echographique doppler 1 <sup>ère</sup> étape : Repérage du pédicule à la face dorsale de l'hamatum.....	85
Figure 5-3 : Echographique doppler 2 <sup>ème</sup> étape : Nous suivons le pédicule sur une coupe sagittale afin de contrôler sa continuité.....	85
Figure 5-4 : Echographique mode B 3 <sup>ème</sup> étape : Repère du pédicule radial artérioveineux.....	85
Figure 5-5 : Echographique doppler 4 <sup>ème</sup> étape : Repère du pédicule et confirmation d'un flux artériel en doppler .....	86
Figure 5-6 : Exemple de segmentation manuelle sur le logiciel FLEYES® .....	86
Figure 5-7 : Définition du plan de coupe sur BLENDER®.....	86
Figure 5-8 : Représentation 3D des os sur le logiciel BLENDER® des 6 faces des os natifs et du scaphoïde reconstruit.....	87
Figure 5-9 : Superposition osseuse sur le logiciel BLENDER® Avant Ostéotomies correctrices .....	87
Figure 5-10 : Superposition osseuse sur le logiciel BLENDER® Après Ostéotomies correctrices .....	88
Figure 5-11 : Rendu graphique des comparaisons point par point des deux surfaces articulaires.....	88
Figure 5-12 : Représentation graphique des comparaisons de surfaces. ....	89
Figure 5-13: Représentation schématique du prélèvement. ....	91
Figure 5-14 : Représentation schématique de la recoupe osseuse nécessaire sur une vue dorsale de l'hamatum dans sa position native. ....	92
Figure 5-15 : Greffon intercalaire de condyle fémoral ostéospongieux. ....	93
Figure 5-16 : Etude de la congruence articulaire dans le transfert ostéocondral de condyle fémoral.....	94
Figure 5-17 : Représentation 3D sur BLENDER® du radius.....	95

## Liste des tableaux

Tableau 3-1: Niveau de preuve (l'Oxford Center for Evidence Based Medecine) ....	13
Tableau 3-2 : Tableau type de recueil des données pour la revue de la littérature. ..	13
Tableau 3-3 : (Résultats Partie I) Excision +/- interposition tendineuse .....	15
Tableau 3-4 : (Résultats Partie I) Prothèses en silicone .....	17
Tableau 3-5 : (Résultats Partie I) Prothèses en vitallium, acrylique et titane.....	19
Tableau 3-6 : (Résultats Partie I) : Prothèse APSI.....	21
Tableau 3-7 : (Résultats Partie I) Allogreffe.....	23
Tableau 3-8 : (Résultats Partie I) Cartilage costal non vascularise .....	24
Tableau 3-9 : (Résultats Partie I) Transfert d'hamatum non vascularise.....	27
Tableau 4-1 : Critères recueillis lors des dissections. ....	51
Tableau 4-2 : Organisation des dissections en trois sous parties. ....	51
Tableau 4-3 : Résultats moyens de la population étudiées.....	56
Tableau 4-4 : Résultats moyens de l'anatomie vasculaire du PPH.....	56
Tableau 4-5 : Résultats moyens de l'anatomie osseuse du PPH.....	58
Tableau 4-6 : Résultats moyens des mesures radiographiques post-dissection.....	60
Tableau 4-7 : Récapitulatif des réponses aux exigences de la technique chirurgicale idéale .....	77

# Liste des annexes

ANNEXE 1 : Classification de Herbert et Lanzetta (13) (Preiser) .....	112
ANNEXE 2 : Score de O'Brien et al. Modifié .....	112
ANNEXE 3 : Score PRWE (Patient Rated Wrist Evaluation) .....	112
ANNEXE 4 : Score QUICK DASH .....	115
ANNEXE 5 : Score de MAYO Wrist.....	117
ANNEXE 6 : Résultats étude anatomique : Population.....	118
ANNEXE 7 : Résultats étude anatomique : Radiographie pré et post opératoire dynamiques.....	118
ANNEXE 8 : Résultats de l'étude anatomique : vascularisation et pédicule de lambeau d'hémi hamatum.....	119
ANNEXE 9 : Résultats étude anatomique : Caractéristiques des prélèvements osseux .....	120

# Liste des abréviations

- A4O** : arthrodèse des 4 os (Lunatum, triquetrum, capitatum, hamatum)  
**APSI** : Implant Adaptatif du Scaphoïde Proximal (*Adaptative Proximal Scaphoïde Implant*)  
**EBM** : Evidence Base Médecine (Niveau de preuve)  
**DIC** : Ligament inter carpien dorsal  
**DISI** : Dorsal Intercalated Segmental Instability  
**ICD** : arche Inter-Carpienne Dorsale  
**IOA** : Artère Inter-Osseuse Antérieure  
**IR** : Inclinaison Radiale  
**IU** : Inclinaison Ulnaire  
**LSL** : Ligament Scapho-Lunaire  
**LCHP/D** : Ligament Capito-hamate Palmaire/Dorsal  
**PPH** : Pôle Proximal de l'Hamatum  
**PPS** : Pôle Proximal du Scaphoïde  
**RPRC** : Résection de la Première Rangée du Carpe  
**SNAC** : Scaphoid Nonunion Advanced Collapse  
**SLAC** : Scapho-Lunate Advanced collapse  
**VISI** : Ventral Intercalated Segmental Instability

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 ANATOMIE DU POLE PROXIMAL DU SCAPHOÏDE

L'os scaphoïde est presque entièrement recouvert de cartilage et joue un rôle déterminant dans la biomécanique du poignet. Seulement, cette anatomie indispensable au bon fonctionnement du carpe, le rend particulièrement vulnérable. En effet cela limite à la fois les attaches ligamentaires des principaux ligaments stabilisateurs du carpe mais également les points d'entrée de ses vaisseaux nourriciers.

### 1.1.1 Anatomie vasculaire

Il existe deux réseaux vasculaires provenant de l'artère radiale, un palmaire qui vascularise le pôle distal et un dorsal qui vascularise le corps et le pôle proximal du scaphoïde (PPS) de façon rétrograde (*Fig. 1-1*) (1). Les anastomoses entre ces deux réseaux sont présentes chez seulement 15% des sujets (2). Le rôle des vaisseaux pénétrant le PPS au niveau des attaches ligamentaires du ligament scapho-lunaire (LSL), décrit initialement par Gelberman *et al.*(3), semble mineur (2). Par ailleurs, un réseau palmaire supplémentaire présent chez 30% des sujets a été récemment décrit : il pénètre l'os scaphoïde au niveau du corps puis s'anastomose avec le réseau dorsal pour participer à la vascularisation rétrograde du PPS.

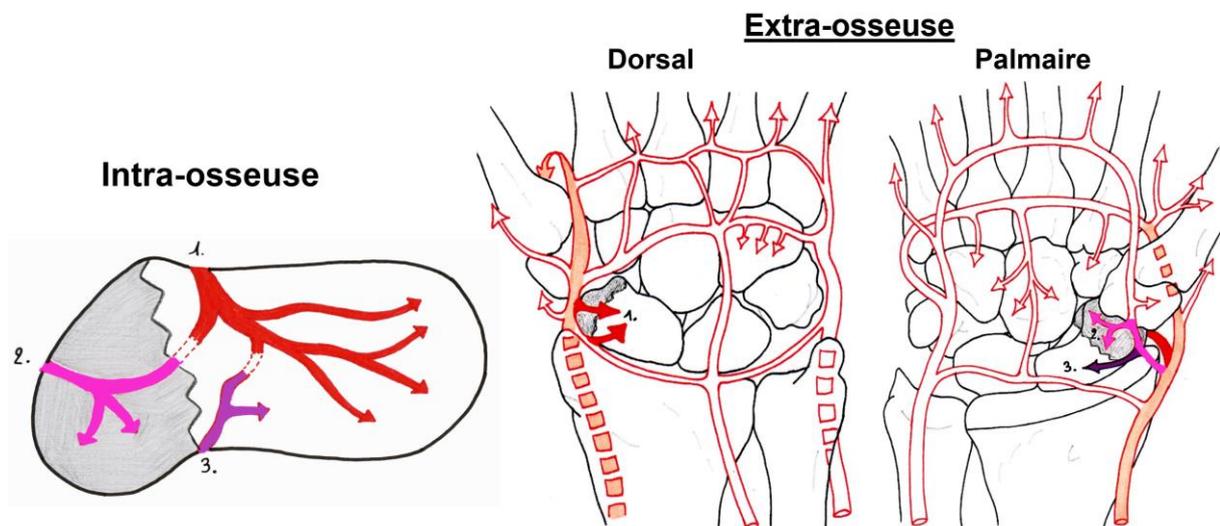


Figure 1-1 : Représentation schématique de la vascularisation de l'os scaphoïde.  
(Artère radiale (Orange). La branche dorsale, (1. Rouge) à destination du corps et du pôle proximal, vascularise 80% du scaphoïde pénètre dans l'os au niveau de la crête dorsale. Elle s'anastomose dans 15 % des cas à la branche palmaire du pôle distal (2. Rose,) qui vascularise 20% du scaphoïde. Une branche inconstante palmaire (3. Violet) peut pénétrer l'os au niveau corps du scaphoïde et s'anastomose alors avec la branche dorsale)

Ce schéma vasculaire explique que si l'artère nourricière est lésée au niveau du corps du scaphoïde, le pôle proximal est alors privé de tout apport artériel et nécrose (4). On peut identifier deux formes d'ostéonécrose (5): lorsque l'enveloppe cartilagineuse reste viable grâce au soutien résiduel d'une fine couche osseuse sous-chondrale intacte (Type 1). Et lorsque la coque cartilagineuse s'effondre car elle n'est plus soutenue par la plaque osseuse sous-chondrale qui est fragmentée (Type 2).

### 1.1.2 Anatomie ligamentaire

L'os scaphoïde est le lieu d'attache des principaux ligaments stabilisateurs du carpe (*Fig. 1-2*). Les portions palmaire et dorsale du LSL mais également d'autres structures comme le septum dorsal capsulo-scapho-lunaire (DCSS) (6), le ligament radio-scapho-capitate (RSC) ou encore le ligament inter-carpien dorsal (DIC) qui semblent eux aussi jouer des rôles fondamentaux dans le maintien de la stabilité du couple scapho-lunaire (7).

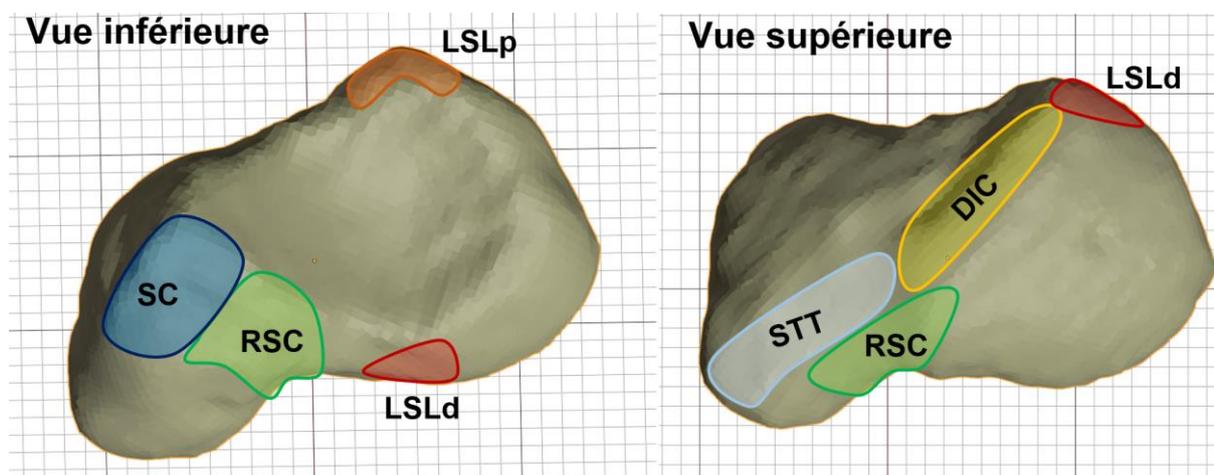


Figure 1-2 : Insertions ligamentaires sur l'os scaphoïde.  
 (LSL ligament scapho-lunaire (Rouge=dorsal, Orange=palmaire) DIC : ligament inter-carpien dorsal (Jaune) RSC ligament radio-scapho-capitate (Vert) SC ligament scapho-capitate (Bleu foncé) STT ligament scapho-trapézo-trapézoïdien (Bleu clair))

L'anatomie ligamentaire du PPS nous permet également de décrire deux types d'atteintes (*Fig. 1-3*) : celles qui sont proximales aux attaches dorsale et palmaire du LSL (Type I) qui sont en réalité des avulsions dorso-radiales du PPS, et celles qui sont distales à celles-ci (Type II) (8). Les atteintes de Type I, ont plus de difficultés à consolider que les fractures de Type II car le fragment est plus mobile et mal vascularisé, en revanche elles n'induisent pas d'instabilité du carpe.

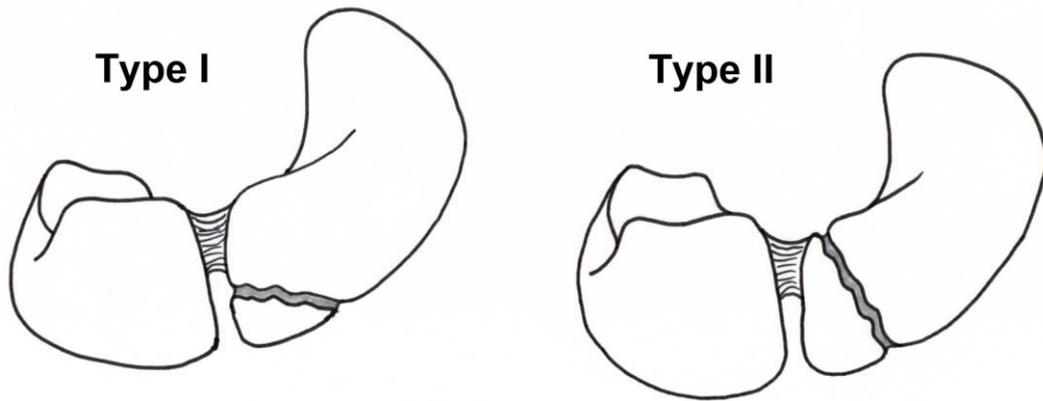


Figure 1-3 : Types de Fracture du PPS selon Compson.

Fracture de Type I : fracture proximale aux attaches du LSL, Type II : fracture distale aux attaches du LSL (8)

## 1.2 ETIOLOGIES DES DESTRUCTIONS DU PPS

Deux étiologies peuvent conduire à une destruction du PPS : les causes traumatiques et la nécrose idiopathique du scaphoïde ou « maladie de Preiser » :

### 1.2.1 Cause traumatique

Les fractures de l'os scaphoïde sont les plus fréquentes des os du carpe et touchent majoritairement des adultes jeunes et actifs. La fragmentation peut survenir dès le traumatisme initial ou dans les suites d'une fracture simple qui évolue vers une nécrose avasculaire du PPS (9). Les facteurs de risques d'évolution vers la fragmentation sont mal connus. Mais les reprises chirurgicales multiples sur un os fragilisé, les traumatismes à haute énergie, le caractère proximal ou déplacé de la fracture initiale, ou tout simplement l'évolution dans le temps d'une nécrose avasculaire négligée, peuvent aboutir à une destruction du PPS.

### 1.2.2 Cause idiopathique

La nécrose avasculaire idiopathique du scaphoïde, ou "maladie de Preiser" (10) survient spontanément en l'absence de fracture ou de pseudarthrose chez l'adulte jeune (11). Sa physiopathologie n'est pas complètement élucidée bien que la vascularisation précaire du scaphoïde, les microtraumatismes répétés, la rupture de ligaments intrinsèques ou les maladies de systèmes semblent être incriminés de façon récurrente (12). C'est une pathologie qui a pour point de départ le pôle proximal mais peut toucher progressivement l'ensemble du scaphoïde et aboutir à une véritable destruction du PPS (13).

### 1.3 CONSEQUENCES DE LA DESTRUCTION DU PPS

L'os scaphoïde possède une morphologie caractéristique définie par des surfaces articulaires précises qui tolèrent mal le remodelage osseux. En cas de fragmentation, la perte de congruence articulaire associée à la déstabilisation du couple scapho-lunaire conduit inévitablement à la survenue d'une arthrose rapidement évolutive chez des sujets jeunes avec des attentes fonctionnelles importantes (14). Une prise en charge précoce afin d'éviter l'évolution de la maladie arthrosique est donc indispensable.

### 1.4 LES LIMITES DES TRAITEMENTS ACTUELS DE RECONSTRUCTION DU PPS

De nombreuses techniques chirurgicales visant à conserver le PPS ont été décrites dans les pseudarthroses avec nécrose avasculaire (15,16). Mais il est impossible d'utiliser ces techniques traditionnelles en cas de fragmentation de l'enveloppe cartilagineuse. A l'inverse, en l'absence d'arthrose préexistante les procédures de sauvetage non conservatrices telles que la résection de la première rangée (RPRC) ou les arthrodèses partielles des os du carpe (A4O) ne sont pas des solutions idéales car elles peuvent induire des limitations fonctionnelles (17,18).

Afin de donner des résultats satisfaisants, la prise en charge des destructions du PPS doit se soumettre à de nombreuses exigences. A ce jour le traitement des fragmentations du PPS reste difficile et controversé comme en témoigne la multitude de techniques décrites sans qu'aucune ne s'impose comme la référence universellement acceptée.

### 1.5 PROBLEMATIQUE

La destruction du PPS conduisant inmanquablement à la survenue d'arthrose, une prise en charge spécifique est indispensable. Mais si un large éventail de techniques chirurgicales a été exploré et proposé au fil du temps, aucune n'est capable de reconstruire l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire complexe du PPS, et sa reconstruction reste un défi pour le chirurgien.

## 2. OBJECTIFS DU TRAVAIL DE THESE

---

En raison de l'absence de recommandation claire, l'objectif de la première partie de ce travail est de faire le point sur la prise en charge des fragmentations du PPS sous la forme d'une revue systématique de la littérature des différentes techniques décrites ainsi que leurs limites respectives. **PARTIE I : « Prise en charge des destructions du pôle proximal du scaphoïde : revue systématique de la littérature. »**

L'objectif de la seconde partie est de décrire les étapes et les caractéristiques anatomiques d'une nouvelle technique chirurgicale permettant de reconstruire l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire du PPS par un greffon d'hémi-hamatum pédiculé. Aucun autre transfert vascularisé locorégional pédiculé capable de remplacer le PPS n'est aujourd'hui décrit dans la littérature. **PARTIE II : « Greffe ostéo-cartilagineuse vascularisée d'hémi-hamatum pour reconstruire le pôle proximal du scaphoïde : étude anatomique »**

Enfin la troisième et dernière partie de ce travail de thèse est consacrée à la mise au point d'un protocole de planification individuel pré-opératoire à la fois échographique et scanographique du lambeau d'hamatum chez le vivant. **Partie III : « greffe ostéo-cartilagineuse pédiculée d'hémi-hamatum pour reconstruire le pôle proximal du scaphoïde : protocole de planification pré-opératoire chez le vivant »**

### 3. PARTIE I : PRISE EN CHARGE DES DESTRUCTIONS DU POLE PROXIMAL DU SCAPHOÏDE : REVUE SYSTEMATIQUE DE LA LITTERATURE

---

#### 3.1 RESUME

**Introduction** : La prise en charge des destructions du PPS reste à ce jour difficile et controversée comme en témoigne l'éventail de techniques décrites dans la littérature sans qu'aucune ne s'impose comme la référence universellement acceptée.

**Objectif** : Cette revue a pour objectif principal de rassembler et décrire les résultats, les avantages et les limites de l'ensemble des techniques de reconstruction du PPS.

**Méthode** : Une recherche sur Pubmed, EMBASE et Google Scholar a été réalisée en Avril 2022 en suivant les recommandations PRISMA (the Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses statement).

**Résultats** : Nous avons retrouvé 59 études remplissant les critères d'inclusion pour un total de 732 patients opérés. 4 grandes catégories de prises en charges ont été identifiées et comparées : les excisions du PPS, les remplacements prothétiques, les greffons non vascularisés et enfin les lambeaux libres ostéochondraux. L'analyse de leurs résultats nous a permis de définir 4 critères indispensables dans la prise en charge des destructions du PPS : restaurer la morphologie des surfaces articulaires du PPS, restaurer l'équilibre scapho-lunaire, maintenir des résultats sur le long cours et enfin ne pas contre-indiquer les chirurgies de sauvetages.

**Conclusion** : Aucune technique ne permet de reproduire complètement l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire unique du PPS à l'exception du transfert d'hamatum non vascularisé. Mais le succès d'un greffon composite ostéochondral dépend d'une revascularisation réussie, les résultats au long cours de cette technique sont donc incertains.

**Mots-clés** : Pôle proximal du scaphoïde détruit, pôle proximal du scaphoïde fragmenté, reconstruction du pôle proximal du scaphoïde, implant de scaphoïde, arthroplastie du scaphoïde

## 3.2 INTRODUCTION

De nombreuses techniques sont décrites dans la littérature afin de prendre en charge les destructions du PPS : excision du pôle proximal associé ou non à une ligamentoplastie, remplacement prothétiques partiel ou total, greffons osseux autologues non vascularisés ou allogreffes et enfin lambeaux vascularisés libres. Mais aucun traitement ne s'est imposé comme la référence.

Les alternatives à la reconstruction du PPS sont les techniques dites de sauvetage: RPRC et A4O (18–20). Si ces techniques semblent donner de bons résultats fonctionnels, ces procédures de sauvetage ne sont pas des solutions valables en première intention en l'absence d'arthrose préexistante. La conservation de l'anatomie du carpe reste la règle chez des patients jeunes (17,18).

L'objectif de ce travail est de rassembler et décrire les résultats, les avantages et les limites de l'ensemble des techniques de reconstruction du PPS à travers une revue systématique de la littérature. L'objectif secondaire est de comparer ces études en fonction de leur capacité à répondre aux critères qui définissent la technique chirurgicale idéale.

## 3.3 MATERIEL ET METHODE

### 3.3.1 Stratégie de recherche

Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature en suivant les recommandations PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (21) Les recherches ont été réalisées sur les bases de données Pubmed (Medline), EMBASE (cochrane) et Google Scholar le 3 avril 2022 sans limite d'année de publication. Les mots clés suivants ont été utilisés : **Scaphoid reconstruction OR scaphoid arthroplasty OR proximal scaphoid replacement OR scaphoid implant OR (Irreparable proximal pole AND scaphoid) OR (Fragmented proximal pole AND scaphoid) OR (Destroyed proximal pole AND scaphoid) OR (unsalvageable proximal pole AND scaphoid) OR (Medial femoral condyle flap AND scaphoid)**. Le texte intégral des articles a été consulté après avoir sélectionné tous les résumés pertinents. Si le texte intégral n'était pas disponible, l'étude était exclue. La bibliographie de chaque article retenu a également été consultée afin

d'identifier d'autres études qui auraient potentiellement été mal référencées par leur auteur (ceci est fréquent, notamment pour les articles antérieurs aux années 2000)

### 3.3.2 Critères d'éligibilité

Toutes les études en anglais ou en français pour lesquels nous avons accès au texte intégral, qui s'intéressaient à des techniques chirurgicales permettant de prendre en charge des PPS détruit, irrécupérables, ont été incluses. Nous avons choisi de conserver les études anatomiques lorsque celle-ci s'intéressaient à une technique non décrite chez le vivant.

### 3.3.3 Évaluation de la qualité des études incluses

Nous avons évalué la qualité de chaque étude selon son niveau de preuve (Oxford Center for Evidence Based Medicine 2011) (*Tableau 3-1*)

*Tableau 3-1: Niveau de preuve (l'Oxford Center for Evidence Based Medicine)*

Niveau de preuve	Description
1	Etude contrôlée randomisée de haute qualité
2	Etude contrôlée randomisée de qualité médiocre ou étude prospective
3	Etude cas-témoins
4	Séries de cas
5	Opinion d'expert

### 3.3.4 Résultats d'intérêt

Pour chaque étude nous avons noté les critères regroupés dans le *tableau 3-2*.

*Tableau 3-2 : Tableau type de recueil des données pour la revue de la littérature.*

Source	Design de l'étude	Population/Nombre de cas	Intervention	Résultats
<b>Auteur</b>	Type d'étude : clinique, série de cas, anatomique	<b>Nombre de patients</b>	Description de la technique chirurgicale	<b>Clinique</b> : mobilité, douleur, reprise des activités de la vie courante/travail, satisfaction globale
<b>Année de parution</b>	Prospective – rétrospective	Age Travail manuel Comorbidités	Reconstruction : - des surfaces articulaires ? - <b>du LSL</b> ?	<b>Radiologique</b> : consolidation et délais/ présence de signe d'instabilité
Titre et Journal	Durée de suivi  Indication de la chirurgie : Notamment présence ou non d'arthrose pré-opératoire.  Méthode pour définir la fragmentation /la consolidation	Façon de prendre en charge la pathologie initiale  Délais avant prise en charge	Immobilisation post opératoire / kinésithérapie	<b>Complications</b> / séquelles sur le site donneur  Technique utilisée en cas d'échec

### 3.4 RESULTATS

Cinquante-neuf articles ont été inclus (*Flow chart : Fig. 3-1*). Le niveau de preuve des études selon l'EBM était de niveau 4 ou 5 pour toutes les études sauf une (niveau 2). Etant donné le faible nombre d'études focalisées sur les destructions du PPS et l'hétérogénéité des études retrouvées une comparaison directe entre les études n'a pas été possible et nous avons choisi de décrire les résultats selon quatre grands chapitres : L'excision des fragments proximaux associée ou non à une ligamentoplastie, les remplacements prothétiques, les greffons ostéocondraux non vascularisés, et enfin les greffes ostéocondrales vascularisées.

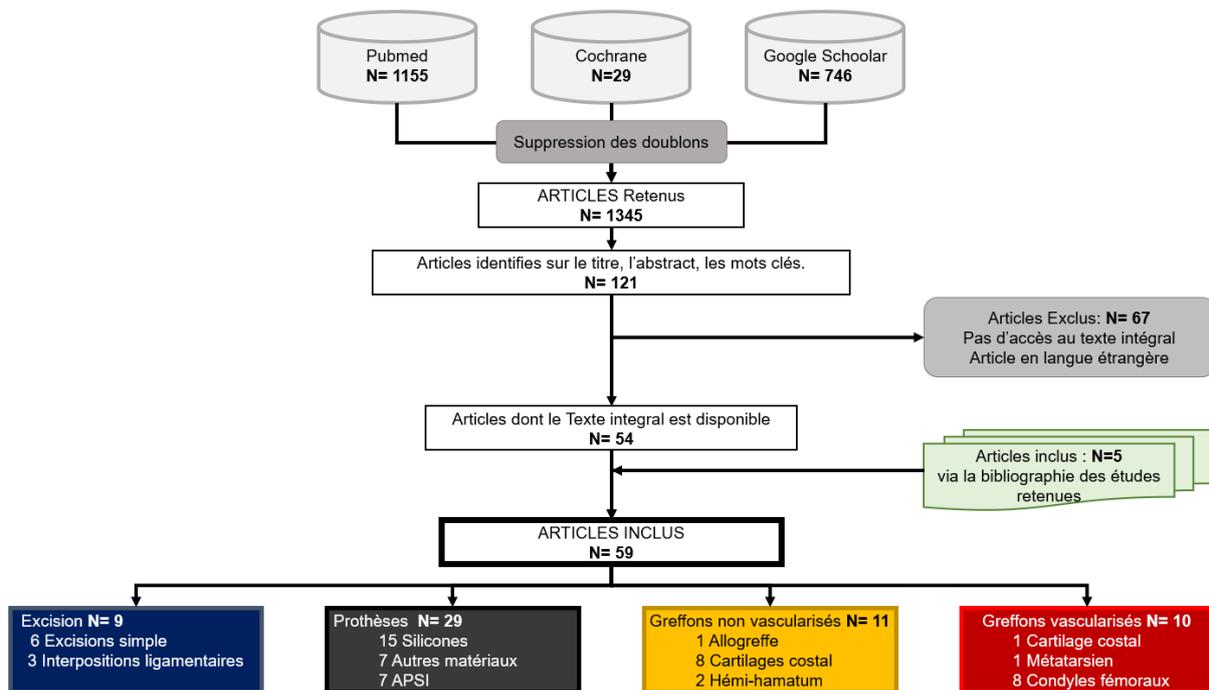


Figure 3-1 : Flow chart

(A noter que 3 études parmi les 59 sont citées dans plusieurs sous parties car les auteurs discutent plusieurs techniques)

Les résultats complets sont représentés sous forme de tableaux, suivis d'un paragraphe regroupant les points forts et d'encadrés pour chaque sous partie. Les scores fonctionnels utilisés dans les différentes études sont disponibles en Annexe à la fin du document.

### 3.4.1 Excision des fragments proximaux

Tableau 3-3 : (Résultats Partie I) Excision avec ou sans interposition tendineuse

Source	Design de l'étude	Population	Intervention	Résultats - Complications
<b>Excision sans interposition ligamentaire</b>				
<b>Wagner</b> 1952 (22) EBM :4	Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>2 ans</b> Indication : post-truma Définition de la nécrose avasculaire = saignement per-op	<b>37</b> nécroses avasculaires PPS	18 excisions simples (Emportant le LSL : <b>Type II</b> ) <b>Pas de reconstruction du LSL</b>	<b>6/18 (30%)</b> non douloureux à 2 ans de suivi <b>Manque de données ++</b>
<b>Viegas</b> 1988 (23) EBM : 4/5	Etude de cas, rétrospective Suivi <b>9 mois</b> Indication ostéonécrose du PPS (Diagnostic arthroscopique)	<b>1 cas</b> : PREISER 29 ans Travailleur manuel	Excision des fragments distaux par arthroscopie et forage de l'os sous chondral avec une broche de Kirschner ( <b>Type I</b> ) Immobilisation 1 mois post-op	<u>Clinique</u> : diminution des douleurs à partir de 2 mois Reprise des travaux manuels (Force : 95% vs controlatéral) Mobilité : arc de rotation complet <u>Radio</u> : pas d'arthrose à 9 mois de suivi.
<b>Carrozzella</b> 1989 (24) EBM :4/5	Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>13 mois</b> Post traumatique (Radio)	<b>1 Cas</b> après échec de greffe vascularisée pédiculée	Excision simple des fragments distaux ( <b>Type II</b> )	<u>Clinique</u> : Asymptomatique après 13 mois de suivi. <u>Radio</u> : pas de DISI pas de perte de hauteur du carpe <b>Manque de données ++</b>
<b>Vidal</b> 1991 (25) EBM 4/5	Etude de cas, rétrospectif Suivi <b>3 ans</b> Indication : Destruction de l'os sous chondral du PPS (Scanner)	<b>1 cas</b> : PREISER 29 ans Comptable	Fixation d'un flap de cartilage sur l'os sous chondral déformé mais vascularisé sous Arthroscopie Attaches du LSL saines ( <b>Type I</b> )	<u>Clinique</u> : <b>disparition des douleurs</b> Force : 75% vs controlatéral Mobilité : arc de rotation complet <u>Radio</u> : pas d'arthrose à 2 ans de suivi.
<b>Menth-Chiari</b> 2000 (26)EBM4/5	Etude de cas, rétrospective Suivi <b>31 mois</b> Indication : Destruction du PPS (Scanner + IRM)	<b>1cas</b> : PREISER 50ans	Parage de fragments intra-articulaires au niveau du PPS sous Arthroscopie + Synovite localisée LSL partiellement rompu ( <b>Type I/II</b> )	<u>Clinique</u> : Diminution significative des douleurs Force et mobilité satisfaisante selon le patient <u>Radio</u> : Pas d'arthrose ou d'instabilité du carpe.
<b>Garcia-Elias</b> 2001 (27)EBM :4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>38 mois</b> Indication : PPS trop petit pour vissage	<b>4 patients</b> 3 mois en moyenne après le traumatisme	4 Excisions simple (LSL sain) ( <b>Type I</b> )	<u>Clinique</u> : <b>Non douloureux</b> <b>Amplitudes articulaires conservées</b> Diminution de 15% force.
<b>Excision avec interposition tendineuse</b>				
<b>Qvick</b> 1989 (28) EBM :4	Etude Clinique Rétrospective Suivi : <b>26,5 mois</b> Indication : Destruction du PPS	<b>24 patients</b> Age moyen : 26 ans 8,8 ans en moyenne après trauma	Excision PPS ( <b>Type II</b> ) Ligament : Long palmaire, Fléchisseur radial du carpe ou Extenseur radial du carpe 4 semaines d'immobilisation post-op	<u>Clinique</u> : <b>19/24 satisfait à 2 ans post-op.</b> Poigne 87%, pince pouce index 97% (vs controlatéral). Diminution amplitudes articulaires de 15° <u>Complications</u> : Calcification des transplants tendineux <u>Radio</u> : <b>1 cas d'instabilité majeure avec reprise</b> pour Arthrodèse
<b>Eaton</b> 1989 (29) EBM :4	Etude clinique, rétrospective Suivi : <b>44, 2 mois</b> Indication : Arthrose (Radio)= SLAC pour 6 cas, SNAC pour 12 cas et 2 luxations rétro lunaire non réduites	<b>20 cas</b> (6 perdus de vue) 38 ans 3 mois en moyenne après le trauma	Excision du 1/3 ou 1/2 proximal du scaphoïde ( <b>Type II</b> ) Interposition : fascia latta autogène ou allogénique (léger surdimensionnement) Préservation coquille corticale avec attaches du LSL 4 semaines d'immobilisation post-op	<u>Clinique</u> : Extension + 73%, Flexion +38% (vs pré-op). Force de poigne = 35 KG (Soit +17%) <b>100% reprise de l'activité professionnelle avant traumatisme. 95% diminution importante des douleurs</b> (A l'exception d'un patient : SLAC) <u>Radio</u> : <b>Diminution de la hauteur du carpe vs pré op et DISI.</b>
<b>Smeraglia</b> 2015 (30) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi : <b>9,1ans</b> Indication : PPS trop petit pour vissage ou nécrose du PPS (Scanner + IRM) 8 SNAC 0, 6 SNAC I, 1 SNAC II Définition de la nécrose : absence de saignement per opératoire	<b>15 patients</b> 10 ans après traumatisme (traitement initial : 1 vissage, 10 immobilisation simple, 4 absences de traitement)	Excision des fragments proximaux ( <b>Type II</b> ) Interposition : long palmaire ou un héli fléchisseur radial du carpe <b>Pas de reconstruction du LSL</b>	<u>Clinique</u> : <b>11 patients satisfaits (73%)</b> , EVA en moyenne 1,2±1,2 (Dont 5 indolores), 12 ont repris des activités manuelles, Pince pouce index 89% (vs controlatéral). Score fonctionnel DASH (Annexe 4) 12 ±12,1 <u>Radio</u> : <b>Augmentation significative du stade SNAC lors du suivi vs pré-opératoire dans le poignet opéré.</b> <u>Complications</u> : 2 patients > arthrodèse de poignet à 2,5 ans de suivi

Seules neuf études de faible niveau de preuve ont été retrouvées dans la littérature concernant les excisions du PPS. Cela correspond à 45 cas d'excisions simples et 59 cas d'interpositions tendineuses.

Les résultats des 4 patients présentés par Garcia-Elias *et al.* après 38 mois de suivi ont présenté d'excellents résultats fonctionnels en cas de petits fragments proximaux sans atteinte du LSL (fracture de type I) (27) de même que les deux cas de maladie de Preiser traités de cette manière (25,26).

En cas de fragment proximal plus important (fracture de type II), l'excision simple (22,24) ou associée à une arthroplastie tendineuse (28–30) sans reconstruction du LSL donne des résultats plus mitigés. A 9 ans de suivi, Smeraglia *et al.* (30) rapportent des résultats fonctionnels acceptables mais une évolution de l'arthrose.

L'excision des fragments proximaux n'est indiquée qu'en cas de fragment de petite taille permettant de conserver les attaches du LSL. En cas de destruction du PPS, l'excision associée ou non à un comblement ligamentaire induit un sacrifice des attaches du LSL à l'origine d'une déstabilisation de la première rangée du carpe et une évolution vers l'arthrose.

A noter que l'ensemble des études décrites par la suite ont pour indication de véritables destructions du PPS dont la prise en charge ne permet pas de conserver les attaches du LSL = atteinte de Type II.

### 3.4.2 Remplacements prothétiques

Tableau 3-4 : (Résultats Partie I) Prothèses en silicone

Source	Design de l'étude	Population	Intervention	Résultats - Complications
<b>IMPLANTS EN SILICONE</b>				
<b>Ekerot</b> 1981 (31)	Etude de cas, rétrospective Suivi : info manquante Indication : Nécrose du PPS	1 cas : PREISER 57 ans 5 ans d'évolution	Excision PPS + prothèse silicone.	Pas de résultats <b>Manque de données ++</b>
<b>Björnsson</b> 1984 (32) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>4,5 ans</b> Indication : <b>arthrose radio-scaphoïdienne</b> (Radios)	<b>22 cas</b> 47 ans (Silastic®)	Abord dorsal, fixation : 11 insertions dans le trapèze 11 brochages axial Pas de reconstruction STT ou LSL	<u>Clinique</u> : Diminution de la force et des mobilités, 36% d'insatisfaits  Pas de kystes intra osseux, mais <b>aggravation de l'arthrose et diminution de la hauteur du carpe</b>
<b>Smith</b> 1985 (33) EBM : 4	Etude Clinique, rétrospective Indication : <b>Fragmentation du pole proximal avec arthrose</b> (Radios)	9 patients dont <b>2 scaphoïdes</b> 31 et 60 ans	Prothèses totales de S (Silastic® HP) Broche scapho-lunaire	<b>SILICONITE inflammatoire à grande cellules</b> <b>100% chirurgie de reprise à 15 mois de suivi</b>
<b>Eiken</b> 1985 (34) EBM : 4	Etude Clinique, rétrospective Suivi prothèse totale : 30 mois, partielle : 12 mois Indication <b>SNAC + nécrose avasculaire</b> (Radios)	3 totales, 6 partielles ( <b>9</b> ) 45,4 ans	Prothèses totales ou partielles de scaphoïdes (Silastic® HP) +/- Broches selon les patients	<u>Radio</u> : <b>SILICONITE inflammatoire kystique dans 6 des 9 patients</b> <b>Etude des ganglions à distance : 1 cas d'adénopathie avec microparticules de silicone</b>
<b>Peimer</b> 1986 (35) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi : <b>29 mois</b> Indication : <b>3 SNAC et 1 arthrose primitive</b> (Radios)	11 au total : <b>4 scaphoïdes</b> 30 ans	Prothèses totales de scaphoïde Fixées par sutures trans osseuse ou brochage (Silastic® HP) : prothèse totale	<b>100% chirurgie de révision : 10/11 SILICONITE érosive massive + 1 rupture prothèse</b> Anapath : fragmenté, microparticules de silicone + réaction inflammatoire intra-articulaire.
<b>Swanson</b> 1986 (36) EBM : 4	Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>58 mois</b> Indication : <b>Pseudarthrose du scaphoïde</b> (Radios) +/- diminution de la hauteur du carpe + DISI +/- <b>Arthrose</b> modérée péri-scaphoïdienne.	<b>55 implants</b> : Implants en silicone (Silastic® HP) et en titanium Age 37 ans	Approche dorsale, résection de 90% du scaphoïde (conservation en distal des attaches des ligaments palmaires) Fixation : broche axiale + sutures trans osseuses +/- Résection du NIOP +/- Capsulodèse. 8 sem d'immobilisation	<u>Radio</u> : <b>SILICONITE ostéolyse et présence d'érosions intra osseuses chez la majorité des patients.</b> Au total > <b>8 reprises chirurgicales</b> : 2 luxations d'implants, 2 arthrodèses des 4 os (33 mois), 4 révisions pour érosions sévères
<b>Carter</b> 1986 (37) EBM : 4	Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>48 mois</b> Indication : Pseudarthrose du scaphoïde +/- <b>début d'arthrose radio scaphoïdienne</b> (Radios)	53 prothèses dont <b>22 scaphoïdes</b> Age 43 ans	Prothèses totales de scaphoïdes, avec fixation temporaire par une broche axiale scaphoïdienne. (Silastic® HP)	<u>Radio</u> : <b>75% des prothèses de scaphoïdes se compliquent d'une SILICONITE inflammatoire érosive.</b> 30% ont été réopéré durant le suivi : confirmé sur les études anatomopathologiques
<b>Moutet</b> 1988 (38) EBM : 4	Etude de cas, rétrospective Suivi <b>12 et 18 mois</b> Indication : pseudarthrose <b>avec arthrose</b>	1 cas 52 ans 1 cas 20 ans	Prothèses totales de scaphoïdes, pas de suture du LSL ou de broche axiale.	<u>Radio</u> : <b>SILICONITE réaction inflammatoire et érosive importante.</b> Anatomopathologie : granulome inflammatoire 2 reprises : RPRC et arthroplastie ligamentaire (mauvais résultats 2/2)
<b>Clark</b> 1989 (39)	Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>4 ans</b> Indication : <b>Arthrose péri-scaphoïdienne</b> (Radios)	<b>7 cas</b> , 46 ans 10 ans après trauma	Approche dorsale du poignet. Implants sont encastrés dans le trapèze Pas de broche Pas de suture du LSL	<u>Clinique</u> : 100% indolores au repos sauf un. <b>6 sont satisfaits</b>  <u>Radio</u> : <b>3 luxations d'implant dont un implant fracturé et subluxé en rotation palmaire.</b>
<b>Vidal</b> 1991 (25)	Etude de cas ( <b>3</b> ) Rétrospectif Suivi <b>&gt;4ans</b> Indication : Destruction de l'os sous chondral du PPS (Radios)	Cas A : 70 ans <b>suivi 8 ans</b> Cas B : 22 ans <b>suivi 9 ans</b> Cas C : 20 ans <b>suivi 4 ans</b>	Excision du pôle proximal et mise en place d'une prothèse en silicone. La stabilisation peropératoire de la prothèse a été difficile à maintenir dans deux cas.	<u>Clinique</u> : Cas A : Douleur modérées, Force 50%, mobilité 80% vs Controlatéral, subluxation de la prothèse en dorsal Cas B : Douleur sévère, force 20%, mobilité 50% Cas C : Aucune douleur, Force 90%, mobilité 100% <u>Radio</u> : subluxation chez un patient, pas de silicone inflammatoire à corps étranger rapportée.

<b>Ashcroft</b> 1993 (40) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>9 ans</b> Indication : Pseudarthrose du scaphoïde <b>avec arthrose débutante chez 5/7 patients</b> (Radios)	<b>7 cas</b> 42 ans 5 ans après trauma	Approche palmaire Prothèses totales de scaphoïde transfixées par une broche axiale Pas de reconstruction ligamentaire	100% satisfaits (4 douleurs lors travail en force, 1 douleur quotidienne) Radio : <b>1 arthrose évolutive, 1 déstabilisation du carpe</b> (Diminution de la hauteur du carpe et un DISI) <b>3 subluxations avec syndrome du canal carpien chirurgical</b>
<b>Egloff</b> 1993 (41) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>13 ans</b> Indication : pas clairement définie dans l'article	<b>24 scaphoïdes</b> 39 ans	9 remplacements partiels du PPS + 15 remplacements totaux (Silastic® HP haute performance et conventionnel)	<u>Clinique</u> : 82% des implants partiel satisfait, 69% des implants totaux. <u>Radio</u> : <b>95% de lésions lytiques des os du carpe</b> (Sans relation avec le type de silicone ou le brochage) Anatomopathologie : 6/6 implants retirés = <b>SILICONITE</b>
<b>Vinnars</b> 2002 (42) EBM : 4	Etude rétrospective clinique Suivi intermédiaire pour 24 patients et long à <b>10 à 24 ans pour 22 patients</b> Indication : <b>arthrose radio-scaphoïdienne</b> (radios)	<b>32 cas</b> (8 retirés, 24 suivis précoces, 21 suivis 10 ans post op) 46 ans	Prothèses totales de scaphoïdes par abord Dorsal selon Swanson. (Silastic® HP haute performance et conventionnel)	Suivi long : Résultats fonctionnels mitigés, 9/21 peu douloureux, 5/21 ont des douleurs importantes + 8 retraits d'implants Radio : <b>SILICONITE 15/24 kystes intra-osseux, 14/24 subluxés ou luxés, 19/24 signe d'instabilité du carpe et 11/24 arthrose sévère évolutive</b>
<b>Hausman</b> 2002 (43) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>14 ans</b> Indication : pseudarthrose et nécrose du PPS <b>avec arthrose radio-scaphoïdienne</b> (Scanner)	<b>11 cas</b> 42 ans 2 ans après le début des symptômes	Implant partiel de PPS Fixation temporaire par une broche axiale.	Résultats : 1 luxé, 1 arthrodèse à 5 ans de suivi 7 patients satisfaits. Radio : <b>évolution de l'arthrose et érosion kystique extensive pour tous les patients SILICONITE</b>
<b>Sokolow</b> 2004 (44)	Etude de cas Indication : destruction du PPS <b>avec arthrose</b>	<b>1 cas</b> 65 ans PREISER	Excision du PPS et mise en place d'une prothèse en silicone.	<u>Clinique</u> : pas de douleur <u>Radio</u> : luxation de l'implant mais asymptomatique, pas de reprise chirurgicale

Le remplacement du PPS par des implants en Silastic™ donne des résultats fonctionnels à court terme satisfaisants, voire excellents (39–41). Cependant, dans les 12 études retrouvées dans la littérature portant sur 202 cas, l'évaluation fonctionnelle et subjective par le patient est bien meilleure que les résultats radiologiques. Ceux-ci étant caractérisés par un affaissement progressif du carpe et par une ostéolyse kystique érosive majeure et destructrice des os autour de l'implant, mais également dans les os attenants. La majorité des études (10/15) rapportent en effet une réaction granulomateuse inflammatoire à corps étrangers (microparticules de silicone) appelée *synovite siliconée* ou *siliconite* irréversible des os du carpe (41). Cinq études ont réalisé des prélèvements histologiques mettant en évidence des granulomes inflammatoires charnus (à la différence de l'arthrose ou il peut exister des géodes intra-osseuses remplies de liquide articulaire) (33–35,37,38). Une étude a également retrouvé une atteinte lymphatique à distance avec des adénopathies siliconées (34).

En raison des modifications structurelles irréversibles du carpe et du risque de graves lésions tardives nécessitant un traitement radical, les prothèses en silicone ne semblent pas être une solution adaptée à la prise en charge des destructions du PPS

Tableau 3-5 : (Résultats Partie I) Prothèses en vitallium, acrylique et titane

Source	Design de l'étude	Population	Intervention	Résultats - Complications
<b>AUTRES IMPLANTS (Vitallium acrylique, titane)</b>				
<b>Agerholm</b> 1966 (45) EBM : 4	Etude Clinique, rétrospective Suivi entre <b>1,5 an et 8 ans</b> Indication : pseudarthrose du PPS (Radios)	<b>16 cas</b> 45 ans Début des symptômes : 3 mois et 20 ans	Implant en <b>Acrylique</b> remplacement la totalité du scaphoïde. Pas de capsulodèse ou de suture du LSL	<u>Clinique</u> : 100% satisfait et présentent diminution des douleurs par rapport au pré op : 4 patients asymptomatiques, 10 patients restent douloureux. Reprise de l'activité professionnelle après chirurgie Complication : 2 arthrodèses à 4 mois et 5 ans post-op Radio : <b>diminution de la hauteur du carpe et évolution de l'arthrose vs pré op</b>
<b>Orsi</b> 1995 (46) EBM : 4/5	Etude de cas Suivi <b>37 ans</b> Indication : pseudarthrose du PPS (Radios)	<b>1 cas</b> 58 ans Trauma 1 an avant la chirurgie	Voie d'abord dorsolatérale et remplacement du scaphoïde total : implants en <b>Acrylique</b>	<u>Clinique</u> : diminution des mobilités (30 %) <b>Reprise du travail et absence de douleur pendant plus de 30 ans</b> Radio : <b>Arthrose</b> débutante radiocarpienne et arthrose marquée médiocarpienne. A 38 ans : <b>subluxation palmaire de l'implant</b> > arthroplastie ligamentaire
<b>Jones</b> 1985 (47) EBM : 4	Etude clinique rétrospective Suivi <b>7 ans</b> Indication : pseudarthrose du PPS <b>avec arthrose</b> (Radios) SNAC =12, SLAC = 5, 1 PREISER	<b>12 cas</b> 39 ans Trauma initial : 8,5 ans avant la chirurgie	Implants partiels de scaphoïde : <b>Vitallium</b> ou <b>silastic®</b> sphérique. Abord palmaire avec excision du PPS et remplacement par un implant sphérique + styloïdectomie.	<u>Clinique</u> : Mobilité entre 60 et 90% et force 55% (vs controlatéral) <b>Satisfaction globale des patients bonne.</b> Retour au travail à 9 semaines (adaptation fréquente du poste) Radio : <b>Complications 1 échec avec luxation récidivante</b> : retrait de l'implant et arthroplastie ligamentaire (long palmaire)
<b>Leslie</b> 1991 (48) EBM : 4/5	Etude de cas Suivi <b>43 ans</b> Indication <b>pseudarthroses du scaphoïde</b> (radios)	<b>1 cas</b> 7 ans après trauma initial	Voie d'abord dorsale. Remplacement totale du scaphoïde par un implant en <b>vitallium</b> . 4 semaines d'immobilisation puis mobilisation douce	<u>Clinique</u> : <b>très bon résultat</b> . Le patient a été capable d'exercer sa profession de pompier en post-op. Douleur de faible intensité à partir de 4 ans post opératoire. A 43 ans post-op : arthrodèse.
<b>Rossello</b> 2011 (49) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective. Suivi <b>46 mois</b> Indication : Pseudarthrose <b>avec destruction du PPS sans arthrose</b> (Scanner)	113 cas <b>75 patients recontactés</b>  38,3 ans 18 mois de délais avant Chirurgie	Arthrotomie dorsale. Prothèse totale en <b>titanium</b> : la partie distale vient s'encaster dans le trapèze pour assurer la stabilité de l'implant. Il n'y a pas de reconstruction du LSL Fixation de la prothèse par suture trans-osseuse dans le capitatum.	<u>Clinique</u> : Douleur : <b>85% sont indolores</b> . Mobilité : 26% ont une mobilité normale, 48% une extension de 60° et une flexion de 50°, 25% qui ont une mobilité réduite mais compatible avec les activités de tous les jours. Poigne = 80% (vs controlatéral) <b>94% de patients satisfaits</b> <u>Complications</u> : <b>5 cas d'échec mécanique avec DISI et rotation en palmaire de l'implant</b>
<b>Honigmann</b> 2018 (50) EBM : 5	Etude biomécanique anatomique Nouvelle prothèse 3D en <b>alumina ceramic®</b>	<b>1 cadavre</b> Nouvelle technique chirurgicale	Suspension de la prothèse par une bandelette de tendon fléchisseur radial du carpe (Reconstruction STT et LSL)	<b>Limite 1 seul sujet, étude anatomique</b> En clinique le scaphoïde controlatéral seulement est disponible comme exemple et il existe des variations.
<b>Rossello</b> 2020 (51) EBM : 4/5	Cas clinique Rétrospectif Suivi <b>1an</b> Indication : Nécrose du PPS	<b>1 cas</b> 34 ans 3 ans après le diagnostic	Approche dorsale identique à la technique décrite en 2011 : Description d'un nouvel implant en <b>Titane</b> total du scaphoïde avec impression 3D et reconstruction du LSL par <b>une bandelette synthétique</b> passée dans la prothèse puis fixée sur le lunatum par une ancre. 4 sem d'immobilisation post-op	<u>Clinique</u> : amélioration des amplitudes articulaires (70%vs controlatéral) Augmentation de la pince pouce index et de la poigne Diminution des douleurs : EVA de 3 au repos et 6 en activité à 0 au repos et 1 en activité Le score fonctionnel QuickDash est passé de 43 en pré op à 13 en post opératoire (Plus le score est élevé plus l'incapacité est importante échelle de 0-100)  <b>Limites : cher et 3 semaines de fabrication sont nécessaires</b>

Swanson a développé en 1989 un implant en titane afin d'éviter le phénomène de *synovite siliconée* (52). Rossello *et al.* (49) qui ont participé à la mise au point de cet implant, l'ont posé chez 113 patients, avec un suivi moyen de 46 mois pour 75 d'entre eux (et jusqu'à 15 ans post-opératoire pour 1 cas). Les résultats fonctionnels semblent satisfaisants avec un retour aux activités professionnelles d'avant la chirurgie pour tous les patients. Seul 5 patients sur 75 ont présenté un échec mécanique avec une luxation palmaire du pôle proximal de l'implant et un patient a présenté un DISI à 1 an post-opératoire. Mais l'interprétation des résultats doit tenir compte du nombre élevé de perdus de vue (33%). Plus récemment les mêmes auteurs ont décrit une nouvelle prothèse en titane imprimé en 3D qui permet une reconstruction synthétique du LSL en passant une bandelette Arthrex™ à travers un tunnel présent dans la prothèse (51). Les résultats à un an chez un patient sont pour le moment satisfaisants (51).

Honigmann *et al.* ont également mis au point un implant permettant de reconstruire le LSL et les stabilisateurs distaux du scaphoïde à l'aide d'une bandelette du fléchisseur radial du carpe passé à travers un canal présent dans la prothèse. Mais cette technique n'a pas encore été étudiée chez l'homme (50).

D'autres prothèses ont été décrites dans la littérature : Les implants en Vitallium donnent des résultats satisfaisants à court terme (47) mais n'empêchent pas l'évolution vers l'arthrose avec le temps (48). D'autres équipes ont décrit un implant en acrylique (45), avec des résultats qui là aussi semblent satisfaisants et plus durables (46). Nous manquons néanmoins de données concernant ces implants.

Les techniques de remplacement prothétiques semblent présenter des avantages indiscutables : La restauration d'une l'anatomie du poignet et du carpe très proche des caractéristiques normales et le fait que seul l'os affecté soit impliqué dans la chirurgie. Cependant nous manquons de recul et d'études de haut niveau de preuves dans la littérature pour conseiller ces techniques.

Tableau 3-6 : (Résultats Partie I) : Prothèse APSI

Source	Design de l'étude	Population	Intervention	Résultats - Complications
<b>APSI : DAPTIVE PROXIMAL SCAPHOID IMPLANT</b>				
<u>Pequignot 2000</u> (53) EBM : 4	Etude Clinique rétrospective Suivi <b>6 ans</b> Indication <b>SNAC</b> (5 SNACI, 7 SNACII et 3 SNACIII) <b>SLAC</b> (4 SNACI, 4 SNACII et 2 SNACIII)	<b>25 cas</b> 46 ans 15 cas sportifs de haut niveau ou travailleurs manuels	Voie d'abord dorsale (20) palmaire (5) 16 styloïdectomies + perforations de Pridie. 3 semaines de plâtre, puis attelle pendant 2 mois	<u>Clinique</u> : 60 % indolore, 28% ne persistant qu'à l'effort et <b>88 % satisfaits et ont repris au même poste ou leurs activités sportives au même niveau.</b> La mobilité et la force sont améliorées (vs controlatéral). (Force utile à 80% par rapport au côté sain) <u>Radio</u> : aucune luxation d'implant. Hauteur du carpe maintenue. L'angle radio-lunaire inchangé 15 cas, amélioré dans 6 cas et aggravé dans 4 cas. <b>2 échecs = SLAC + translation ulnaire + DISI important en pré-op</b> : ne résout pas le problème LSL
<u>Rousseau 2011</u> (54)	Etude d'un cas, rétrospectif Suivi <b>6 mois</b> Indication : <b>PRESIER stade 3</b>	<b>1 cas</b> 53 ans Stade 3	Excision du PPS puis prothèse en pyrocarbone APSI + styloïdectomie. LSL partiellement désinséré	<u>Clinique</u> : Indolence à 6 mois Mais persistance d'une mobilité altérée : 150° arc de rotation  <u>Radio</u> : implant stable et mobile/adaptatif
<u>Gras 2012</u> (55) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>8,7 ans</b> Indication : <b>SNAC wrist + nécrose du PPS</b> (l'IRM) : 4 SNACI, 7 SNACII et 3 SNACIII (8 DISI pré-op, 2 fractures du corps, 12 PPS)	<b>14 cas</b> 53 ans 43% travailleurs manuels 7 pseudarthroses négligées (21 ans après le trauma)	<b>Chirurgie ambulatoire. Arthroscopie</b> : Styloïdectomie associé à partir du stade SNAC II <b>Mobilisation libre autorisée dès le post opératoire immédiat.</b>	<u>Clinique</u> : Immobilisation partielle environ 25 jours post-op. Douleur : EVA 7,5 à 0,7. Extension 45° à 60°, flexion 32 à 53°. Force de poigne 15,8 à 34,6kg. <u>Mayo score</u> : 79,6 (Excellent ou bon chez 67 % des patients et Moyen chez 33% des patients.) <u>Score DASH</u> 7,6 en moyenne (Plus le score est élevé plus l'incapacité est importante échelle de 0-100) <u>Radio</u> : <b>Implant stable chez les 12 patients.</b> Notching du capitata + DISI chez 2 patients <u>Complications</u> : <b>Pseudarthrose du corps du scaphoïde : 2 cas de subluxation</b> > reprise pour arthrodèse des 4 os à 6 mois et 2 ans. 1 reprise pour un subluxation palmaire au 8 <sup>ème</sup> jour post op. 3 reprises à 2,5 ans : styloïdectomie
<u>Daruwalla 2013</u> (56) EBM : 2	Etude Clinique <b>Prospective ++</b> Suivi <b>18 mois</b>  Indication : <b>SNAC wrist</b> 6 SNAC I et 6 SNAC II	<b>12 patients</b> 45 ans	Ambulatoire, sous AG Approche dorsale ouverte Petite styloïdectomie <7mm si besoin (présence d'arthrose ou mauvaise adaptation de l'implant) 3 semaines immobilisation stricte puis 3 semaines souple	<u>Clinique</u> : 1 satisfait (non douloureux mais gêné pas une diminution des amplitudes articulaires) et <b>11 très satisfaits</b> EVA : 81 en pré op à 19 en post-op. Mobilité (vs controlatéral) : Flexion-extension 54% -67% et IR-IU 58%-71% Force de poigne à 30kg (65% vs controlatéral), et pinch à 80% Retour au travail en 11 semaines en moyenne. DASH pré opératoire à 20 vs 55 en post opératoire <u>Radio</u> : Pas d'évolution de l'arthrose en 18 mois. Implants sont stables sauf 1 patiente
<u>Lima Santos 2018</u> (57) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective. Suivi <b>5,5 ans</b> Indication : <b>nécrose PPS post traumatique.</b>	<b>12 hommes</b> 39 ans SNAC : 1 (7 patients) et SNAC 2 (5 patients)	Une nuit d'hospitalisation. Approche dorsale, arthrotomie Styloïdectomie partielle. Plâtre pour 2 à 3 semaines puis 6 semaines de repos.	<u>Clinique</u> : 11 sont satisfaits ou très satisfaits et 1 patient n'était pas satisfait. EVA : 22,3, <b>100% se plaignaient d'une douleur modérée persistante.</b> <u>Mayo score</u> : 67,5 ce qui correspond à un résultat satisfaisant. Quick DASH : 25 en moyenne Diminution de la mobilité (vs controlatéral) Adaptation du poste de travail pour 50% des patients. <b>Radio</b> : pas de luxation. Tous ont une ostéolyse péri prothétique et évolution vers une arthrose plus importante
<u>Aribert 2018</u> (58) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>10 ans</b> Indication <b>SNAC</b> : Stade 1 (95% des cas) stade 2 44% de nécrose du PPS (2 cas de Preiser)	<b>29 patients</b> réévalués 42 ans 46% des patients avaient une activité manuelle importante	Approche dorsale du poignet. +/- téno-synovectomie de extenseurs +/- dénervation NIOIP (63%) +/- styloïdectomie (79%) +/- capsulodèse dorsale (20%)  2 sem d'immobilisation puis 4sem de mobilisation légère. kiné chez 45% des patients	<u>Clinique</u> : <b>Satisfaction globale : 96% satisfait ou très satisfaits</b> <u>Mayo Wrist</u> 80/100 et PRWE = 17,5 /100, DASH 19,5 Force de poigne 86% vs controlatéral. Arc flexion-Extension 101°, EVA : 1,2 (0-6). Retour au travail en moyenne de 2,1 mois pour les patients sans complications (8 mois pour les autres) <u>Radio</u> : Ostéolyse péri-prothétique > 40% de notching du capitatum (non corrélé à la douleur). 3 implants dont le grand axe été inversé (2 symptomatiques nécessitant le port d'une orthèse la nuit) <u>Complications</u> : <b>9 (27 %) dont 7 reprises chirurgicales</b> : 1 arthrite infectieuse, 4 luxations, évolution de l'arthrose (1 Styloïdectomie à 4 mois post op et 3 arthrodèses des 4 os à 2.9, 7.2 et 9.4 ans) <b>Evolution de l'arthrose vers une SNAC II ou III dans 23% des cas DISI chez 41,6 % des patients</b>

<b>Poumellec</b> 2019 (59) EBM: 4	Etude clinique, rétrospective <b>Suivi de 11 ans</b> Indication <b>SNAC, SLAC</b> 4 SLAC 1 1 SLAC 2 <b>7 SNAC 1</b> <b>5 SNAC 2</b>	<b>19 patients</b> 42 ans 59% d travailleurs manuels 74% mains dominantes	Mise en place de la prothèse par abord dorsal sous ALR Styloïdectomie chez 12 patients et capsulodèse dorsale chez 2 patients  3 semaines d'immobilisation puis kinésithérapie douce	<b>Clinique :</b> 106° flexion extension (65% vs controlatéral) Douleur : 3 douloureux ++ spontané, 10 lors d'activité de faible intensité et 90% lors d'efforts importants Force de poigne = 72% vs côté controlatéral (34kg) Mayo score 69/100 (2 excellents résultats, 3 bons, 8 moyens et 6 mauvais résultats) Quick DASH 26/100, PRWE 25/100 <b>Radio :</b> 32% qui ont une arthrose qui évolue avec le temps (médio-carpien) + diminution de la hauteur du carpe (0.47 vs 0.52 en controlatéral) DISI chez 9/19 des patients. Ostéolyse chez 10/19 patient sur le capitatum 2 patients exclus devant des luxations précoces d'implants à 3 et 30 jours post op (défaut immobilisation)
---	---	---	---	--

L'APSI est une prothèse elliptique en pyrocarbone, non fixée, qui remplace le PPS. Sept études ont été retrouvées dans la littérature, soit 112 cas présentant des SNAC mais également des SLAC wrist.

Toutes les études ont décrit une réduction de la force et de l'arc de mobilité par rapport au poignet controlatéral mais une amélioration par rapport aux valeurs pré-opératoires. Dans 6 des 7 études les patients étaient porteurs d'arthrose en pré-opératoire. Et nous observons une progression de l'arthrose chez 17,3% de patients et la moyenne passe à 26% si l'on considère les études ayant plus de 5 ans de suivi. Dans 76% des cas les auteurs ont aussi réalisé une styloïdectomie lors de la mise en place de la prothèse. Concernant la stabilité du carpe : Gras *et al.* (55) ont rapporté une correction du DISI chez 5/8 patients (62,5 %) malgré l'absence de reconstruction du LSL. Deux autres équipes ont par contre rapporté une augmentation de l'angle scapho-lunaire chez 46% des patients malgré l'utilisation d'une capsulodèse (58,59).

En termes de complications on retrouve une luxation des implants dans 5% des cas, une ostéolyse péri-prothétique, notamment une encoche sur la tête du capitatum, chez la quasi-totalité des patients dans toutes les études (60). La comparaison de ces études reste limitée du fait de groupes différents en termes de démographie, d'indication chirurgicales et de mesures de résultats.

L'implant APSI semble être une alternative fiable avec un recul acceptable pour le traitement des fragmentations du PPS **avec arthrose débutante mais ne semble pas arrêter l'évolution de l'arthrose**. Les destructions du PPS touchent le plus souvent l'adulte jeune, l'utilisation de matériel prothétique reste une limitation d'autant plus qu'on ne règle pas le problème de l'instabilité lié au sacrifice du LSL.

### 3.4.3 Greffes ostéo-cartilagineuses non vascularisées

Tableau 3-7 : (Résultats Partie I) Allogreffe

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>ALLOGREFFE DE SCAPHOÏDE</b>				
<b>Carter</b> 1989 (37) EBM : 4	Étude Clinique, rétrospective Suivi <b>8 à 30 mois</b> Indication : <b>PPS considéré comme irréparable</b>	<b>3</b> cas post trauma, 4 PREISER  1 cas exclu : trauma balistique avec atteinte du trapèze trapézoïde et base de M1	Réséction du PPS jusqu'au corps et mise en place d'un os de banque (Conservé à -150°C)  Fixation : vissage en compression +broche temporaire scaphoïde-capitate ou radio-scaphoïdienne  8 semaines d'immobilisation, 6 mois sans travail en force Pas de reconstruction du LSL	<u>Clinique</u> : 3 indolores, 2 peu douloureux et <b>2 échecs (arthrodèse secondaire)</b> Mobilité et force comparable vs controlatéral. 4/7 qui ont pu reprendre un travail en force.  <u>Radio</u> : Consolidation acquise entre <b>6 et 12 mois post-op</b> (Sur image de scanner) Anatomopathologie : 2 retraits de vis à 4 mois car conflit articulaire > <b>biopsies osseuse et cartilagineuse ont mis en évidence quelques chondrocytes vivants mais aucun ostéocyte.</b>

L'allogreffe de PPS a été décrite pour la première fois en 1989 par Carter *et al.* (37). Ils ont décrit des résultats fonctionnels à court terme très encourageants chez 6 des 8 patients opérés. Mais sans surprise la biopsie tardive de la greffe dans 2 cas a révélé un cartilage d'apparence anormale, avec peu de chondrocytes et aucun ostéocyte viable à l'extrémité proximale de la greffe. Seul un patient a présenté un DISI avec une évolution vers l'arthrose rapide. Il n'existe pas d'autres articles dans la littérature mais il semble s'agir d'une option thérapeutique de sauvetage.

Les résultats de cette technique restent compromis à l'intégration du greffon, sa revascularisation et l'absence de rejet. Néanmoins, à la différence des autres transferts non vascularisés, il n'existe aucune morbidité d'un site donneur et une restitution quasi ad-integrum de la morphologie du scaphoïde.

Tableau 3-8 : (Résultats Partie I) Cartilage costal non vascularisé

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>AUTOGREFFE DE CARTILAGE COSTAL NON VASCULARISE</b>				
<b>Sandow</b> 1998 (61) EBM : 4	Etude Clinique Rétrospective Suivi <b>24 mois</b> Indication : <b>destruction du PPS SANS arthrose</b> (Scanner)	<b>22 patients</b> 31 ans 8 échecs de greffe osseuse, 5 PREISER, 9 fragmentations 24mois depuis le début des symptômes 7/22 n'avaient reçu aucun traitement	Transfert non vascularisé, ostéocondral costal. Pas de reconstruction du LSL (suture des reliquats du SL si présent sur le périchondre si possible) Prélèvement d'une lamelle osseuse : fixation osseuse par deux broches (5 ou 6ème côte)  6 sem immobilisation du poignet par plâtre circulaire puis 6 sem d'immobilisation partielle.	<u>Clinique</u> : Selon le score de O'Brien et Green modifié : 53/100 à 80 /100 ( <i>Score de Green et O'Brien</i> , modifié. 90 : Excellent. 75-89 : Bon. 60-74 : Moyen. < 60 : Médiocre.) 3 cas de résultats moyens/médiocres Force de poigne : 59% vs controlatéral, 21/22 ont repris le travail  <u>Radio</u> : <b>pas d'instabilité, tous ont consolidés.</b> Complications : 1 hémithorax simple ne nécessitant pas de reprise chirurgicale, 4 patients ont été réopérés pour styloïdectomie ou arthrolyse  <b>Anatomopathologie : biopsies mettant en évidence une métaplasie du cartilage costal, des surfaces légèrement abimées et parfois ramollies.</b> Une union fibreuse a été retrouvé entre le scaphoïde et le lunatum chez les 4 patients réopérés
<b>Sandow</b> 2001 (62) EBM : 4	Etude clinique Rétrospective. Suivi <b>15 mois</b>  Indication : <b>destruction PPS SANS arthrose</b>	<b>47 patients</b> 31 ans	Résection de 50 à 30% du scaphoïde, styloïdectomie associée. Transfert ostéocondral costal avec charnière osseuse de 2 à 3 mm (4, 5 ou 6 <sup>ème</sup> côte Pas de reconstruction du LSL (suture des reliquats si possible). Fixation par 2 broches de Kirchner (prox > distal) 6 sem immobilisation du poignet par plâtre circulaire. Retrait des broches à 6 sem et 4 à 6 sem d'immobilisation partielle	<u>Clinique</u> : pas chirurgie de sauvetage nécessaire Score de O'Brien et Green modifié : 65/100 à 85 /100 en moyenne au dernier suivi (85% de patient noté comme bon ou excellent) La majorité ont repris leur activité professionnelle sans adaptation de poste.  <u>Radio</u> : <b>Aucune instabilité du carpe</b> Points négatifs : cicatrice inesthétique sur le thorax  <u>Complication</u> : 1 petit hémithorax ne nécessitant pas de nouvelle chirurgie. Une collection persistante à 2 mois post opératoire (Biopsies : pas d'infection)
<b>Lepage</b> 2005 (63) EBM : 4	Etude clinique Rétrospective Suivi 4,6 ans Indication : <b>Arthrose radio scaphoïdienne débutantes</b>	<b>10 patients</b> 43,3 ans <b>8 SNAC 2B</b> 1 SLAC II 1 SLAC III	Approche palmaire ou latérale Résection des ¼ proximaux du scaphoïde, interposition du greffon ostéocondral et styloïdectomie associée  7, 8 ou 9 <sup>ème</sup> côte. Fixation par deux broches 90 jours d'immobilisation post-opératoire prenant le pouce	<u>Clinique</u> : Tous étaient satisfaits ou très satisfaits (sauf un). 8 excellent résultats 1 moyen et 1 échec : luxation du greffon et une algoneurodystrophie. Reprise du travail à 4 mois en moyenne  <u>Radio</u> : Consolidation acquise à 3 mois sur 9/10 IRM : vitalité du lambeau chez 4 patients : Bone vitalité, pas de nécrose ou de métaplasie osseuse du cartilage à 13 mois  <u>Conclusion</u> : Cela reste une chirurgie palliative qui tente de reconstruire l'anatomie du poignet sans résoudre sa biomécanique : <b>Evolution de l'arthrose avec le temps</b>
<b>Veitch</b> 2007 (64) EBM : 4	Etude Clinique Prospective Suivi <b>64 mois</b>  Indication : <b>PPS détruit SANS arthrose</b>	<b>15 patients</b> 26 ans en moyenne En moyenne 6 ans entre le traumatisme et la chirurgie 6 avaient eu une greffe + vissage 1 une greffe vascularisée (Matte Russe)	Approche dorsale, résection des ¼ proximaux du scaphoïde, interposition du greffon ostéocondral et styloïdectomie associée (5 ou 6 <sup>ème</sup> côte) Fixation par deux broches.  1 radio du thorax post opératoire et une nuit post opératoire. Retrait des broches à 6 ou 8 semaines 8 à 12 sem d'immobilisation	<u>Clinique</u> : O'Brien et Green modifié : 13/14 excellent ou bon (Pré op : 54 en moyenne à 79 en post opératoire.) Amélioration significative de la force 33kg > 42kg, de la douleur et reprise d'activité manuelle (Tous ont repris leurs activités professionnelles sauf un (Militaire))  <u>Radio</u> : Tous ont consolidés. <b>Aucune instabilité</b> du carpe, amélioration des angles Radio-lunaire/capito-lunaire chez 8 patients et pas de détérioration chez les 6 autres  <u>Complications</u> : Pas de pneumothorax ou d'infection, 1 broche cassée laissée in situ, 2 patients résection d'ostéophytes à la partie dorsale du radius, <b>2 évolutions vers l'arthrose : à 7 et 6 ans après la chirurgie</b>

<p><b>Yao 2013</b> (65) EBM : 4</p>	<p>Etude clinique Etude de <b>3 CAS</b> Suivi <b>2 ans</b> Indication : PPS détruits <b>SANS</b> <b>arthrose</b></p>	<p>A : 19 ans. Reprise 5 mois après vissage. B : 27ans Nécrose PPS fracture 3 ans plus tôt. Echec de greffe vascularisé C : 29 ans. Nécrose PPS fracture 10 ans plus tôt. Echec de greffe vascularisé</p>	<p>Approche dorsale. Résection de 2/3 proximaux du scaphoïde, interposition du greffon ostéochondral 7 ou 8<sup>ème</sup> côte. Fixation par deux broches  Suture par des fils du LSL si possible Retrait des broches à 6 ou 8 sem post-op.</p>	<p>Cas A : Quick DASH à 9 et PRWE à 18 à 2 ans post-op. Pas d'instabilité, flexion -extension de 135° et 50kg vs 45 en controlatéral. Consolidation : 5 mois  Cas B : Quick DASH à 5 et PRWE à 11 à 29 mois post-op. Pas d'instabilité, flexion - extension de 130° et 34,1kg vs 43,2 en controlatéral. EVA :0 au repos 1 en cas d'activités répétées. Consolidation : 5 mois  <b>Cas C : Quick DASH à 7 à 8 ans post opératoire</b> (Détérioration à 36 en 15 mois après l'utilisation d'un marteau piqueur). Pas d'instabilité, flexion -extension de 90° et 28,2g vs 45,5 en controlatéral. EVA :0 au repos 1 en cas d'activités répétées. Consolidation : 4 mois</p>
<p><b>Obert 2013</b> (66) EBM : 4</p>	<p>Etude clinique. Rétrospective Suivi <b>4,1 ans</b> Indication : <b>Arthrose radio</b> <b>scaphoïdienne</b></p>	<p>18 cas (De scaphoïde, sur 114 cas au total dans l'étude) 47,7 ans <b>12 SNAC, 6 SLAC</b></p>	<p>Abord latéral, résection de la moitié du scaphoïde, interposition du greffon ostéo-cartilagineux 7, 8 ou 9<sup>ème</sup> côte.  Fixation par deux broches</p>	<p><u>Clinique</u> : 17 patients satisfaits ou très satisfaits Score de O'biren et Green : 5 excellents, 10 bon et 3 moyens  <u>Radio</u> : Consolidation acquise à 3 mois pour 17/18 des patients sans résorption du greffon. <b>Pas d'évolution vers l'arthrose sur le suivi</b></p>
<p><b>Bain 2020</b> (67) EBM : 4</p>	<p>Etude rétrospective Clinique Suivi <b>10 ANS</b> Indication : <b>destruction du</b> <b>PPS SANS</b> <b>Arthrose</b></p>	<p>21 cas opérés sur la période : 12 réponses 38 ans  6/12 ont eu un vissage préalable de leur fracture (+ greffon non vascularisé pour 3 patients et un lambeau vascularisé pour un patient)</p>	<p>Résection de 50 à 30% du scaphoïde. Transfert non vascularisé, ostéochondral costal (5 ou 6<sup>ème</sup> côte) avec charnière osseuse de 2 à 3 mm encastré dans le pôle distal du scaphoïde. Pas de reconstruction su LSL (suture des reliquats si présent). Styloïdectomie associée  Fixation par 2 broches de Kirchner (prox &gt; distal) + capsulodèse dorsale avec une bandelette de ligament radio-luno-triquetral (fixé sur ancre sur la face dorsale du capitatum) 8 sem d'immobilisation du poignet</p>	<p><u>Clinique</u> : Pas de modification de la mobilité : 46° de flexion, 38° extension. Force de poigne : 36kg en moyenne DASH : 13, PRWE : 17. EVA 3.3 : mais la douleur augmente avec le temps chez ces patients. 11/12 patients étaient satisfaits de la chirurgie.  <u>Radio</u> : Consolidation acquise chez les 12 patients. <b>Tous ont une diminution de la hauteur du carpe. Tous développent de l'arthrose du carpe (++ médiocarpienne). Pas de dégradation radio-lunaire.</b>  <u>Complication</u> : 1 drainage de pneumothorax et un pneumothorax simple (Traitement médical) 1 arthrite de poignet post-op : Lavage articulaire et arthrodèse nécessaire à 14 mois post-op. Reprise pour styloïdectomie chez un patient.</p>
<p><b>Zechmann- Mueller</b> 2020 (68) EBM : 4</p>	<p>Etude clinique rétrospective Suivi <b>29 mois</b>  Indication : destruction du PPS Avec <b>Arthrose</b> <b>débutante</b></p>	<p>21 cas (<b>15 étudiés</b>) 26 ans en moyenne 2 ans entre le traumatisme et la chirurgie par greffe costale</p>	<p>Transfert non vascularisé, ostéochondral costal de 5 ou 6<sup>ème</sup> côte avec charnière osseuse Pas de reconstruction du LSL +/- styloïdectomie Fixation par 2 broches de Kirchner (prox &gt; distal) 16 semaines immobilisation du poignet  Radio du thorax non systématique mais testing de manœuvre de Valsalva + eau au niveau du site de prélèvement</p>	<p><u>Clinique</u> : Quick Dash 33 à 18 en post-op Flexion extension du poignet 101 à 116 °, Force de poigne 64 kg versus 85 en post op. Tous ont repris leur travail habituel (Délais non rapportés)  <u>Radio</u> : <b>Consolidation acquise chez tous les patients, pas d'anomalie de l'angle Capitol lunaire : Mais dimensionnement légèrement supérieur : « Overstuffing »</b>  <u>Complications</u> : <b>Ossification progressive chez 14/21 patients</b> 4 ont une progression de leur arthrose : +++ radio carpienne mais pas médiocarpienne. 1 patient a nécessité une résection du scaphoïde associé à une arthrodèse 4 os devant une ossification importante du greffon, des douleurs et une raideur importante (9 mois post-op) : <b>l'analyse histologique a montré des chondrocytes viables mais la surface était très dure en comparaison avec le greffon initial.</b></p>

Les résultats de l'autogreffe costale pour la reconstruction du PPS sont prometteurs mais limités. Nous avons retrouvé 8 études dans la littérature soit 142 patients opérés et suivis. Les populations étudiées sont comparables, avec des hommes jeunes (entre 27 et 47 ans d'âge moyen). Le suivi est en moyenne de 32 mois. L'indication est une pseudarthrose avec destruction du PPS pour 134 patients et une disjonction scapho-lunaire pour 8 cas. 43 patients présentent une arthrose débutante et 99 en sont indemnes. La technique chirurgicale est comparable dans tous les articles avec un transfert non vascularisé, ostéochondral costal (prélevé sur la 4<sup>ème</sup> à la 9<sup>ème</sup> côte) avec une fine charnière osseuse de 2 à 3 mm qui est encastrée dans le pôle distal du scaphoïde. Il n'y a pas de reconstruction du LSL mais une simple suture sur le péri-chondre des reliquats du LSL s'ils sont présents. Une styloïdectomie est associée pour 5 des 8 auteurs. La fixation du greffon est assurée par 2 broches parfois associées à une capsulodèse dorsale (67). Les patients sont en moyenne immobilisés 8 à 12 semaines en post-opératoire.

Les scores utilisés sont différents selon les études mais 87% des patients ont des résultats bons ou excellents. Concernant la stabilité du carpe 6 des 8 auteurs ne retrouvent pas d'instabilité à court ou moyen terme. Mais dans l'étude de Bain *et al.* tous les patients présentent une diminution de la hauteur du carpe et une évolution vers l'arthrose médiocarpienne à 10 ans de suivi (67).

En termes de complications on retrouve 13% de complications (1 algoneurodystrophie, 3 hémothorax, 1 pneumothorax, 1 collection intrathoracique ayant nécessité un drainage chirurgical, 1 arthrite et 10 chirurgies de sauvetage). Histologiquement, les biopsies réalisées chez 2 patients retrouvent une métaplasie du cartilage avec une détérioration des surfaces articulaires (62,68). Zechmann *et al.* ont décrit une ossification importante des greffons chez 50% des patients opérés et cela est retrouvé par d'autres auteurs (66,68,69). Les séquelles esthétiques du prélèvement ainsi que la difficulté de la dissection dans le tissu mammaire chez la femme sont également des points limitants de cette technique.

Le transfert non vascularisé de cartilage costal permet d'apporter un greffon morphologique structurel permettant de reconstruire les surfaces articulaires du PPS mais pas le LSL et n'empêche pas l'évolution de la maladie arthrosique. Des évaluations à plus long terme sur de plus grandes cohortes sont nécessaires pour mieux comprendre le résultat final de cette technique de reconstruction.

Tableau 3-9 : (Résultats Partie I) Transfert d'hamatum non vascularisé

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>AUTOGREFFE D'HAMATUM NON VASCULARISE</b>				
<b>Elhassan 2016 et 2019 (70,71)</b> EBM : 4	Etude clinique Rétrospective Suivi sur <b>3,5 ans</b> Indication : <b>fragmentation du PPS sans arthrose</b> (Scanner)	<b>1 cas</b> Post traumatique A 12 mois d'une réduction et vissage percutané . Homme de 19 ans travailleur manuel	Transfert non vascularisé d'un pôle proximal d'hamatum homolatéral retourné à 180° avec <b>reconstruction de la partie dorsale du LSL (LCHP)</b> Taille du prélèvement : 10 mm  Ostéosynthèse : Vissage intramédullaire canulé + broche capito-hamatal. Immobilisation post opératoire 2 mois puis kinésithérapie et retrait de la broche	<u>Clinique</u> : reprise de son travail (Charpentier) Douleur : <b>Asymptomatique (EVA =0)</b> Mobilité : 60° de flexion 60° extension, pronosupination normale. Mayo wrist score = 90pts (=Excellents résultats fonctionnels) Force de serrage = 92% du controlatéral  <u>Radio</u> : <b>Consolidation osseuse acquise, pas de DISI et pas d'évolution vers l'arthrose intracarpienne</b>
<b>Saruhan 2021(72)</b> EBM : 4	Etude clinique Rétrospective Suivi <b>14 mois</b> Indication : fragmentation du PPS <b>sans arthrose</b> (Scanner) avec nécrose avasculaire (IRM)	<b>4 cas</b> 27ans en moyenne 62 mois depuis le traumatisme initial  3 patients sur 4 n'avaient reçu aucun traitement avant la reconstruction par hamatum	Transfert non vascularisé d'un pôle proximal d'hamatum homolatéral retourné à 180° avec <b>reconstruction de la partie dorsale du LSL (Ligament capito-hamatal palmaire) pour 1 cas/4</b> Taille du prélèvement : 8-10mm  Ostéosynthèse : Vissage intramédullaire canulé ¾ et 1cas de brochage simple 6 semaines d'immobilisation et broches retirées à 8 semaines post-op	<u>Clinique</u> : <b>Amélioration de la douleur chez 3 cas sur 4</b> Force de préhension 24% vs controlatéral. Flexion-extension 55,3 %. Déviation radiale-ulnaire 63,6 % Le score moyen de QuickDASH 32,3  <u>Radio</u> : <b>Consolidation osseuse acquise chez tous les patients (moyenne 117 jours)</b> Respect des lignes de Gilula et <b>pas d'instabilité intracarpienne décelée.</b>  <u>Complications</u> : 1 cas de douleur sur le bord ulnaire du poignet (Patient peu compliant : pas de suivi kinésithérapie)

Le resurfaçage articulaire par un greffon ostéocondral de pôle proximal hamatum (PPH) a été introduit par Elhassan *et al.* en 2016 (70). Il s'agit d'une alternative ingénieuse pour la prise en charge des destructions du PPS. Premièrement elle fournit une option ostéocondrale structurale, de similarité morphologique avec le PPS. Deuxièmement, la technique permet de reconstruire la partie dorsale du LSL en utilisant le ligament capito-hamatal palmaire (LCHP) comme greffon ligamentaire. Enfin, la greffe de PPH ne nécessite pas de prélèvement à distance du carpe et peut être réalisée sous anesthésie loco-régionale. Deux études cliniques seulement ont étudié cette technique chez l'homme avec de bons résultats à moyen terme chez 5 patients (70,72).

- La toute première description chez l'homme par Elhassan *et al.* en 2016 a donné d'excellents résultats cliniques chez 1 patient (Fig. 3-2). Le patient a consolidé, n'avait pas d'instabilité intracarpienne, il était indolore après 3,5 ans de suivi, il a retrouvé une force de 92% par rapport au côté controlatéral avec des amplitudes articulaires normales et un score de Mayo à 90 (Annexe 5).

Score allant de à-100 Plus le score est élevé plus la fonction est bonne. 90 correspond à un excellent résultat fonctionnel). Il a pu reprendre son travail de charpentier. Les auteurs n'ont pas rapporté de complications

- Quatre cas ont ensuite été décrits par Saruhan *et al.* en 2021 (72) et ont montré des résultats comparables aux autres techniques décrites dans la littérature : les 4 patients ont consolidé en 110 jours en moyenne, ils ont observés que 3 patients sur 4 avaient une diminution significative des douleurs après 14 mois de suivi, la force était en moyenne de 24% par rapport au côté controlatéral, et les mobilités en flexion extension étaient de 55% et en inclinaison ulnaire et radiale de 64% par rapport au côté controlatéral. Le *QuickDASH* était à 32,2 (Score de 0-100, plus le score est élevé plus l'incapacité est importante : Annexe 4). Les patients n'ont pas présenté d'instabilité du carpe sur le suivi malgré une impossibilité de reconstruire le LSL chez 3 des 4 patients. Un patient n'ayant pas suivi les consignes post opératoires d'immobilisation, puis de kinésithérapie a présenté une douleur persistante au niveau du bord ulnaire du poignet.



Figure 3-2 : Transfert d'hamatum non vascularisé d'après Elhassan.

Radiographies pré-opératoire (à gauche) d'un jeune homme de 18ans ayant subi un traumatisme et un vissage en compression d'une fracture du pôle proximal du scaphoïde. A droite radiographie à 3,5 ans de la chirurgie par transfert d'hamatum. On peut noter la présence d'une ancre pour reconstruire la stabilité de l'articulation triquétero-hamatale. Elhassan *et al.* (70)

La greffe non vascularisée d'hémi-hamatum apporte un greffon morphologique structurel permettant de reconstruire les surfaces articulaires du pôle proximal détruit. Concernant la reconstruction du LSL par le LCHP elle n'a été possible que 2 fois sur 5 dans les études cliniques. Cette technique semble prometteuse mais nous manquons encore de recul afin d'évaluer ses résultats à long terme.

### 3.4.1 Greffes ostéo-cartilagineuses vascularisées

Tableau 3-9 : (Résultats Partie I) Lambeau libre de cartilage costal

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>LAMBEAU LIBRE DE CARTILAGE COSTAL</b>				
<b>Lanzetta</b> 2009 (73) EBM : 4	Cas clinique Suivi <b>5 ans</b> <b>Indication</b> : <b>PPS</b> <b>détruit</b>	<b>1 cas</b> , 21 ans Fracture du scaphoïde il y a 5 ans  (Pas de traitement au moment du traumatisme)	Greffe vascularisée de 5 <sup>ème</sup> côte prélevée sur l'artère infra et supra costales (branches de la mammaire interne)  Abord dorsal du poignet, 2 broches pour la fixation osseuse. Anastomose artérielle et veineuse sur l'artère radiale + greffe de peau pour éviter la compression du pédicule.  Immobilisation post opératoire : 4 sem Mobilisation par le kiné dès la 6 <sup>ème</sup> sem Reprise à 3 mois post-op pour retrait des broches.	<b>Clinique</b> : Vs pré opératoire > Diminution de 50% des amplitudes articulaires, et de la force. Augmentation de 30% de la force et de la souplesse du poignet Reprise du travail manuel rapidement après la deuxième chirurgie (3 mois) <b>5 ans post opératoire : satisfait du résultat et non douloureux.</b> Radio : Consolidation osseuse acquise, pas d'instabilité.  <b>Complications</b> : <b>Ossification du pédicule au niveau de son attache périostée en dorsal avec une raideur : Styloïdectomie + arthrolyse à 1 an post opératoire</b>

En 2009 Lanzetta *et al.* ont décrit une greffe ostéochondrale libre de côte vascularisée sur les branches inter-costales supérieures et inférieures de l'artère mammaire interne (73). Ils ont montré les résultats sur un patient a plus de 5 ans de la chirurgie. Les résultats semblent bons avec une intégration du greffon qui a gardé sa forme originale, une stabilité du carpe ainsi qu'une augmentation de la force. Cependant le patient a développé des ostéophytes gênants les amplitudes articulaires qui ont dû être reséqués à l'occasion d'une seconde chirurgie.

Comme son homologue non vascularisé, cette technique ne permet pas de reconstruire le LSL. Son caractère vascularisé est un gage du maintien des propriétés du cartilage transféré. Il s'agit d'une technique innovante qui mérite d'être étudiée sur un plus grand nombre de patients avec un recul plus important.

Tableau 3-10 : (Résultats Partie I) Lambeau libre ostéochondraux de condyle fémoral

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>CONDYLE FEMORAL LIBRE : LAMBEAU OSTEO-CARTOILAGINEUX</b>				
<b>Higgins et Bürger 2013</b> (74) 2013 (75) 2017(84) EBM : 4	Etude clinique rétrospective Suivi <b>14 mois</b>  Indication : Pseudarthroses récidivantes <b>destruction de la surface articulaire SANS ARTHROSE</b>	<b>16 cas</b> , 30 ans 7 fumeurs Après échec de : 6 vis + greffe vascularisée 4 : Vis simple 1 : greffon non vascularisé 5 : pas de chirurgie	Approche palmaire (13) ou dorsale (3) selon le chirurgien. Résection du PPS qui préserve la surface articulaire scapho-capitate + les portions du LSL qui y sont attachées. La résection emporte un volume plus important que celui de la nécrose afin d'interposer une surface articulaire ininterrompue Fixation : 6 vissages, 4 vissages + plaque, 3 plaques + broche, et 2 broches seules.  Anastomoses : termino-latérale sur la radiale ou termino-terminale sur la branche palmaire de l'artère radiale	<u>Clinique</u> : ROM : 46° en extension 43,8° en flexion : Similaire au pré-opérateur <b>12 /16 : plus aucune douleur</b> , les 4 autres ont une diminution significative de la douleur  <u>Radio</u> : 15/16 ont consolidé sur les images scanners. Pas d'instabilité scapho-lunaire : Angle scapho-lunaire 51,6 et vs 48,6 en post-opérateur  <u>Complication</u> : Une pseudarthrose nécessitant une chirurgie de sauvetage
<b>Tremp 2016</b> (76) EBM 4/5	<b>1 cas clinique</b> Suivi <b>36 mois</b> <b>Pseudarthrose du PPS</b>	20 ans, non fumeuse Post traumatique A 6 mois d'un échec de vissage.	Reconstruction ostéochondrale avec une palette cutanée de monitoring, prélevé sur le DGA. Anastomoses : Termino-terminales sur une branche de l'artère radiale.  6 jours d'hospitalisation et d'anticoagulation préventive.	<u>Clinique</u> : EVA = 2 à 36 mois de suivi (Vs 8/10 en pré op), mobilité 50° extension et 20° de flexion. Patiente satisfaite  <u>Radio</u> : consolidation acquise sur l'IRM  Pas de complication sur le site donneur
<b>A Pet 2019</b> (77) EBM : 4	Etude clinique, rétrospective Suivi <b>4,1 ans</b>  Indication : <b>Destruction du PPS sans arthrose</b>	19 patients opérés. 9 perdus de vue.  <b>10 patients</b> : 27 ans en moyenne	Approche palmaire ou dorsale du poignet selon le chirurgien. Résection du PPS qui préserve la surface articulaire scapho-capitate + les portions du LSL qui y sont attachés.  La résection emporte souvent un volume plus important que celui de la nécrose afin de pouvoir interposer une surface articulaire ininterrompue et faciliter la fixation osseuse : broche + vissage.	<u>Clinique</u> : Flexion/extension : 42,8°/42,3°, poigne 32,2Kg Amélioration du DASH score (24 > 7,4 (MCID = 10 pour le DASH))  <u>Radio</u> : 100% consolidés à 3 mois (scanner). Angle radio lunaire : -6,3° (petit tilt dorsal) et amélioré vs pré-op : 16,9°. Pas de dégradation de la hauteur du carpe sur tout le suivi  <u>Complications</u> : Site donneur : Petite détérioration des scores KOOS (Sport et loisir ++) 1 désunion cicatricielle au niveau du site donneur + <b>un patient avec des douleurs récalcitrantes du genou</b> ayant nécessité un traitement arthroscopique de débridement. <b>1 patient présente un DISI avec une évolution vers l'arthrose</b> (stade II de Watson) mais sans conséquence clinique (DASH =0)
<b>Aribert 2019</b> (78) EBM : 4	Rétrospective Suivi <b>13 et 15 mois</b> Indication : <b>pseudarthrose avec nécrose avasculaire et destruction de la surface cartilagineuse</b>	<b>2 cas</b> de reconstruction du scaphoïde  31 ans et 25 ans 1 fumeur	Approche dorsale du poignet, technique avec palette cutanée pour surveillance. Anastomoses : l'artère radiale en termino-latéral ou termino-terminale sur l'artère radio palmaire.  1 cas où ils ont pu conserver une partie du LSL, 1 cas où ils ont réinséré le moignon en Trans osseux.  Fixation par une vis en compression plus 2 broches (scapho-capitate et scapho-lunaire) HBPM + aspirine.	<u>Clinique</u> : diminution des amplitudes articulaires en post-op (en pré-op en comparaison avec le côté controlatéral : 84% à 69% et 98% 68% Augmentation ou stabilité de la force de poigne 25Kg > 35 et stable 40kg > 38 Diminution des douleurs : EVA 6 > 1 et 1 > 0 en post-op. Diminution de 5% des amplitudes articulaires du genou.  <u>Radio</u> : Consolidation : 12 semaines et 8 semaines  <u>Complications</u> : <b>2 reprises à 15 et 16h post-op (1 thrombose artérielle et 1 veineuse) Douleur au niveau du genou avec une reprise de la marche vers 7 semaines</b>

<p><b>Dong Deng</b> 2020 (79) EBM : 4</p>	<p>Etude Clinique, rétrospective Suivi <b>14 mois</b> Indication : <b>Destruction du PPS</b> (Radio + scanner + arthroscopie)</p>	<p><b>1 cas</b>, Fermier A 8 ans du traumatisme initial</p>	<p>Lambeau libre de condyle fémoral médial, anastomose termino-latérale sur l'artère radiale.  Fixation par une plaque. Zone de prélèvement : Substitut osseux</p>	<p><u>Clinique</u> : douleur 2/10, flexion 50° et extension 55° <u>Radio</u> : Pas d'instabilité, 14 mois : consolidé. Patient satisfait.</p>
<p><b>Keller</b> 2020 (80) EBM : 4</p>	<p>Etude Clinique rétrospective Suivi <b>16 mois</b> Diagnostique : scanner + Per opératoire : <b>Destruction du pôle proximal sans arthrose</b></p>	<p>38 patients : 9 traités par lambeau ostéo-chondral (29 ostéo-périostés) 26 ans moyenne Chirurgie 51 mois après trauma initial</p>	<p>Lambeau libre de condyle fémoral médial, anastomose termino-latérale sur l'artère intermétacarpienne du 2<sup>nd</sup> espace Immobilisation par plaque, brochage simple ou vissage  4 sem d'immobilisation par une attelle au-dessus du coude, puis 6 sem immobilisation du point.</p>	<p><u>Clinique</u> : Eva de 22/100 &gt; 5/100, DASH 59 &gt; 19, PRME 62 &gt; 30 <u>Radio</u> : 100% de consolidation des lambeaux ostéochondraux à 18 mois de suivi en moyenne. Pas de DISI et correction de l'angle radio-lunaire  <u>Complications</u> : 8 au total, 7, nécessitant une chirurgie : 1 hématome 1 infection, Retard de cicatrisation et 2 retrait de plaques Au niveau du site donneur : douleur et œdème, hypoesthésie &lt;1an</p>
<p><b>A Pet</b> 2020 (81) EBM : 4</p>	<p>Etude clinique Rétrospective. Suivi <b>2 à 2,8 ans</b> Indication : <b>Pseudarthrose du scaphoïde sans arthrose</b></p>	<p>21 patients (20 perdus de vue) Age 24ans IMC : 27,5 34 vissages du scaphoïde et 7 échecs de lambeaux vascularisés.</p>	<p>Approche palmaire ou dorsale du poignet selon le chirurgien. La résection du PPS préserve la surface articulaire scapho-capitate et les segments du LSL attachés à cette partie.  La résection emporte un volume plus important que celui de la nécrose afin de pouvoir interposer une surface articulaire ininterrompue et faciliter la fixation osseuse : vissage + plaque, plaque + broche, ou broches seulement,</p>	<p><u>Clinique</u> : ROM identique en pré et post op. Pinch à 77% vs controlatéral et poigne = 72%. Amélioration significative du DASH : moyenne 23 à 3,4 ans PRWE 17,4 à 2,8ans <u>Radio</u> : Amélioration significative de l'angle radio-lunaire, pas de modification de la hauteur du carpe. Consolidation osseuse : 98% des patients (40 sur 41)  <u>Complications</u> : Une reprise des anastomoses à J1 et une désunion cicatricielle au niveau du site donneur. 1 retrait d'une vis ayant migré, 1 cas de douleur récalcitrante du genou ayant nécessité un traitement arthroscopique de débridement. Pas de modification significative du <b>KOOS (sauf chez les patients en surpoids)</b> WOMAC ou de l'échelle de qualité de vie.</p>
<p><b>Boghossian</b> 2021 (82) EBM : 4/5</p>	<p>Description d'un nouveau pédicule. Indication : <b>destruction du pôle PPS sans arthrose</b></p>	<p><b>1cas</b>, 19 ans Droitier. Fracture du scaphoïde gauche non traitée</p>	<p>Prélevé sur l'artère médiale métaphysaire périostée plutôt que sur l'artère géniculée descendante.</p>	<p>Reprise du travail et des activités de la vie courante en post-op Pas de douleur du poignet ni du genou  Consolidation acquise à 12 semaines post-op.</p>

Le lambeau de condyle fémoral a été initialement décrit comme un greffon intercalaire cortico-spongieux libre dans la prise en charge des pseudarthroses du scaphoïde sans destruction du PPS. Il a été décrit pour la première fois comme un greffon ostéo-chondral par Kälicke *et al.* (84). Nous avons retrouvé 9 articles dans la littérature depuis 2008 (52 patients opérés).

Les patients avaient entre 20 et 30 ans, ont été suivi pendant une durée de 1 à 4 ans en moyenne, et tous ont bénéficié de cette chirurgie dans le cadre d'une destruction du PPS sans arthrose en pré-opératoire. On retrouve de bons résultats cliniques avec une franche diminution des douleurs dans toutes les séries. En termes de mobilité du poignet on retrouve des amplitudes articulaires

identiques en pré et post-opératoire dans la majorité des cas. En termes de stabilité du carpe les auteurs préconisent de préserver au maximum les attaches ligamentaires du LSL lorsque c'est possible et de surdimensionner le greffon pour augmenter la stabilité du carpe (85). En effet si le LSL n'est pas reconstruit dans cette technique, dans 3 séries, l'angle radio-lunaire a été amélioré par la chirurgie (74,80,81). Seul un patient dans la série de Pet *et al.* a présenté un DISI et une évolution rapide vers l'arthrose (77). Les lambeaux de condyle fémoral constitueraient une option très polyvalente et fiable pour la reconstruction des destructions du PPS avec un taux global de consolidation osseuse de 95% acquise entre 8 et 12 semaines post-opératoire.

Nous retrouvons 13 cas de complications (25%) : 3 reprises des anastomoses pour souffrance du lambeau, 2 pseudarthroses, 3 désunions cicatricielles, 1 patient présentant des douleurs de genou nécessitant une reprise chirurgicale pour un débridement sous arthroscopie, 1 instabilité intracarpienne et une évolution rapide vers l'arthrose, 1 infection, 1 hématome, 1 hypoesthésie persistante dans le territoire du nerf saphène interne. Les séquelles au niveau du site donneur restent une préoccupation et il faut également noter que le prélèvement chez les patients en surpoids semblent être associé à des risques plus importants de gêne au niveau du site de prélèvement (81).

Le lambeau libre de condyle fémoral médial est une option intéressante qui permet l'apport d'un volumineux greffon ostéocondral, mais il s'agit d'une procédure exigeante avec des temps opératoires longs et qui nécessite une expertise microchirurgicale considérable. Des préoccupations perdurent sur les conséquences sur la stabilité du carpe ainsi que sur les séquelles potentielles sur le site donneur.

Tableau 3-11 : (Résultats Partie I) Lambeau libre de tête de 2<sup>ème</sup> métatarsien

Source	Design	Population	Intervention	Résultats
<b>LABEAU LIBRE DE TÊTE DE 2<sup>ème</sup> METATARSE</b>				
<b>Larkins</b> 2021 (86) EBM = 5	Etude anatomique  Sujets frais Non réinjectés	<b>36</b> dissections 76 ans  Tous de l'arthrose même s'ils n'ont pas d'ATCD de trauma	Lambeau libre de 2 <sup>ème</sup> métatarsien vascularisé sur l'artère dorsale du 2 <sup>ème</sup> espace inter métatarsien  <b>Reconstruction du LSL par le ligament collatéral de l'articulation MTP</b>	Limites : <b>Etude anatomique</b> > Pas d'évaluation du site donneur, sujets âgés. Pas de technique chirurgicale complète (Comparaison du scaphoïde et de la tête du 2 <sup>ème</sup> métatarsien après RPRC ) Pas d'étude biomécanique.  Comparaison des dimensions pôle proximal du scaphoïde/Tête de 2 <sup>ème</sup> métatarsien : comparable > Le diamètre moyen du pôle proximal du scaphoïde était de 16,84 ± 1,68 mm, en comparaison avec le diamètre de la tête du deuxième métatarsien qui était de 15,77 ± 1,25 mm.  Le ligament collatéral a les mêmes caractéristiques biomécaniques que le LSL : La largeur moyenne du ligament latéral interne était de 3,40 ± 0,86 mm, alors que la largeur moyenne du ligament latéral externe était de 5,14 ± 0,65 mm. L'épaisseur moyenne du LSL était de 1,81 ± 0,49 mm et celle du ligament collatéral latéral de 1,07 ± 0,32 mm. Résistance : scapho-lunaire = 62 à 185N versus 110 N pour le collatéral de la MTP

Larkins *et al.* (86) ont réalisé une étude anatomique sur 18 sujets anatomiques et ont mis en évidence que le volume de la tête du deuxième métatarsien était plus petit mais s'adaptait relativement bien au pôle PPS et que le ligament métatarsien était un bon candidat pour la reconstruction du LSL. Les limites de cette étude sont nombreuses : pas de comparaison entre la tête du métatarsien et la fossette scaphoïdienne du radius, pas de description de la technique chirurgicale, pas de possibilité d'évaluation des séquelles sur le site donneur.

Il s'agit d'une technique innovante qui semble prometteuse mais qui nécessitera des études de biomécanique et des comparaisons des surfaces articulaires avant d'être évalué chez le vivant.

Cette technique a le mérite d'être la seule qui permette de reconstruire approximativement les surfaces articulaires et le LSL tout en apportant un greffon vascularisé mais elle impose la réalisation d'anastomoses microchirurgicales.

## 3.5 DISCUSSION

La littérature manque d'études consacrées spécifiquement à la prise en charge des destructions du PPS, et la comparaison des études entre elles afin de définir la conduite à tenir devant une fragmentation du PPS est complexe étant donné l'hétérogénéité des indications et des méthodes d'évaluation. Néanmoins nous allons détailler les avantages et inconvénients de chaque technique en fonction de leur capacité à répondre aux exigences inhérentes à la reconstruction du PPS à savoir : reconstruire des surfaces articulaires congruentes et restaurer la stabilité du couple scapho-lunaire afin de rétablir la biomécanique normale du carpe. Mais également garantir des résultats qui durent dans le temps en assurant le maintien des propriétés du cartilage reconstruit. Nous parlerons également du risque de complications et de séquelles de chaque technique et enfin des solutions possibles en cas d'échec.

### 3.5.1 Capacité à rétablir la biomécanique normale du carpe

L'os scaphoïde joue un rôle central dans la biomécanique du carpe à la fois par sa morphologie et par sa participation dans l'équilibre du couple scapho-lunaire. Presque entièrement recouvert de cartilage le PPS s'articule et s'adapte constamment aux mouvements des os qui l'entourent créant un équilibre fragile et des zones de contraintes extrêmement précises (87). Afin d'espérer obtenir de bons résultats à long terme il faut s'obstiner à restaurer une congruence articulaire la plus proche de la morphologie de l'os natif et de préserver ou reconstruire l'ensemble des structures stabilisant le couple scapho-lunaire dès lors que c'est possible (88).

### *EXCISIONS ASSOCIES OU NON A UNE INTERPOSITION TENDINEUSE*

Dès lors que le fragment proximal est distal par rapport aux attaches du LSL (fracture de type II) l'absence de reconstruction du LSL induit une instabilité du carpe en DISI qui favorise l'évolution vers l'arthrose (30). L'excision de l'ensemble du PPS associé ou non à une interposition tendineuse ne permet pas de restaurer une biomécanique stable et n'arrête pas l'évolution naturelle de la maladie (30). L'excision plus ou moins associée à une ligamentoplastie doit être réservée aux petits fragments proximaux ne déstabilisant pas le carpe (fractures de type I) (*Fig. 3-3*).

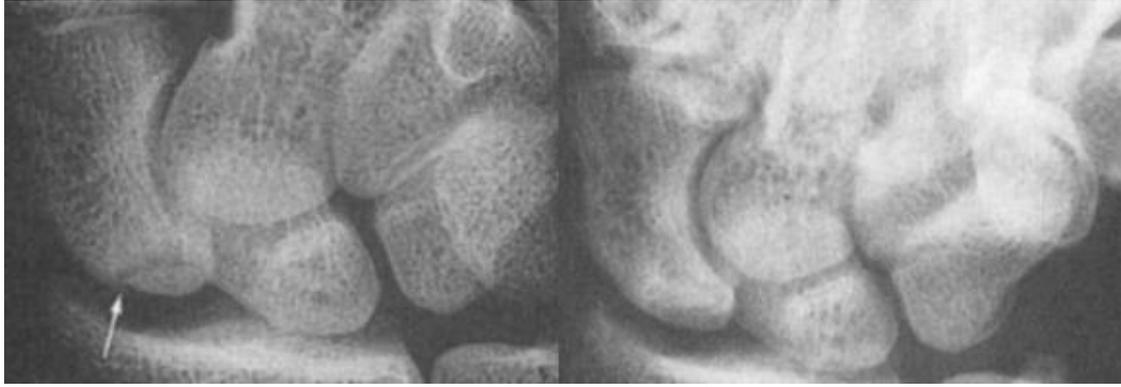


Figure 3-3 : Excision du pôle proximal du scaphoïde (fracture de type 1)  
Radio avant et après excision : résultats chez un patient de 19 ans à 3 ans de suivi. (Garcia-Elias et al. 2001 (27))

## REMPACEMENT PROTHETIQUE

Le premier implant en Silastic™ a été introduit par Swanson en 1962 (89). Ces implants donnent d'excellents résultats à court terme, mais le polymère de silicone se désagrège avec le temps et perd donc ses propriétés biomécaniques. Cet implant ne doit plus être utilisé selon les auteurs.

Plus récemment, un implant sphérique en pyrocarbone, qui reproduit et s'adapte à la cinématique du carpe (APSI), a été décrit et semble donner des résultats encourageants. L'APSI remplace le PPS avec pour objectif de restaurer la hauteur et la cinématique du carpe. L'implant comble l'espace laissé libre par la résection (il joue le rôle de « spacer »). Le pyrocarbone présente un module d'élasticité très proche de l'os qui permet une bonne transmission des charges et contraintes mécaniques entre l'os et l'implant. Il possède un coefficient de frottement très faible qui permet au pyrocarbone de frotter ou rouler contre les tissus sans les endommager ou les modifier (90). Si l'APSI ne reconstruit pas à proprement parler les surfaces articulaires, la bille de pyrocarbone se repositionne tout au long de la course du poignet et semble permettre de restaurer le rôle biomécanique du PPS. Cependant elle ne permet pas la reconstruction du couple scapho-lunaire et les deux études ayant inclus des patients avec une arthrose suite à une disjonction scapho-lunaire rapportent de moins bons résultats dans ce sous-groupe (53,59). L'évolution sur le long terme des patients présentant une pseudarthrose sans instabilité avant chirurgie devra être étudié car les résultats pourraient se dégrader un peu plus tardivement que dans les SLAC du fait de l'instabilité nouvellement créée. La réalisation de cette technique sous contrôle arthroscopie est prônée par certains auteurs (55) car elle pourrait permettre de préserver les ligaments extrinsèques et la capsule articulaire et d'augmenter la stabilité

de l'implant malgré l'absence de reconstruction du LSL. Enfin l'utilisation de l'implant pour une pseudarthrose du corps du scaphoïde donne de mauvais résultats avec un risque accru de déstabiliser l'implant et cette technique doit être réservée aux pseudarthroses du tiers proximal du scaphoïde (55). Au total, l'APSI permet de reproduire les surfaces articulaires à défaut de ne pas pouvoir les reconstruire, mais ne règle pas le problème d'instabilité scapho-lunaire et l'évolution naturelle de la maladie arthrosique.

Les prothèses imprimées en 3D permettant de reconstruire la morphologie sur mesure du PPS à partir du modèle du scaphoïde controlatéral (91) mais permettent également de réaliser une ligamentoplastie du LSL. Ce sont des techniques innovantes qui ont le mérite de reconstruire l'anatomie ostéoligamentaire du PPS, mais nous manquons de données pour recommander ces techniques.

## GREFFONS NON VASCULARISES

Concernant l'allogreffe le choix de la taille du greffon est réalisé en se basant sur le côté controlatéral. Les études ont mis en évidence une bonne corrélation entre scaphoïde droit et gauche (91), mais il existe de nombreuses variations inter-individuelles (92), et le choix doit être précis. Il est forcément limité par la disponibilité des allogreffes disponibles en banque. Une seule étude a rapporté les résultats de cette technique, ils ont observé un seul cas d'instabilité. Mais le suivi est court (8 à 30 mois) et l'absence de reconstruction du LSL nous amène à penser que lors du suivi plus de patients présenteront une instabilité progressive du carpe. Il y a donc lieu de craindre que ces allogreffes ne soient pas, à terme, une solution viable pour la reconstruction du PPS.

L'autogreffe costale est une technique décrite par Sandow *et al.* (61) en 1998. Elle consiste à remplacer le PPS par un morceau de cartilage costal remodelé par le chirurgien in situ pour permettre de reconstruire les trois surfaces articulaires radio-scaphoïdienne, scapho-lunaire et scapho-capitate. Il est tout de même important de noter qu'il s'agit d'un cartilage hyalin non-articulaire qui possède des caractéristiques biomécaniques différentes du cartilage articulaire du carpe (94). Il y a très peu d'études sur le sujet dans la littérature mais les caractéristiques du cartilage costal ont été étudiées dans le cadre des otopoïèses en chirurgie plastique. Les auteurs ont montré que ses propriétés se modifient en fonction de l'âge des patients (93) mais surtout qu'il

se calcifie progressivement à l'âge adulte (Fig. 3-4) (94) et les chirurgiens ayant déjà réalisé une otopoïese chez l'adulte pourront témoigner de l'aspect macroscopique différent par rapport à l'enfant ainsi que de la moindre plasticité du cartilage prélevé. Ce bloc de cartilage hyalin, non soutenu par un os sous chondral solide ne remplit pas totalement les critères de la reconstruction structurelle du PPS. Des études devront spécifiquement s'intéresser à la résistance biomécanique de ce greffon chondral dans la reconstruction des os du carpe. Concernant la stabilité du carpe, et même si le LSL n'est pas reconstruit, la mise en place d'un greffon légèrement plus volumineux permettrait d'augmenter la stabilité de la première rangée et d'éviter le collapsus carpien. En effet il a été démontré sur un modèle anatomique que l'augmentation de la longueur normale du scaphoïde peut rétablir l'alignement du carpe (95). Mais les conséquences sur la congruence articulaire n'ont pas été étudiées, et les conséquences cliniques dans le temps associé à l'augmentation des contraintes dans cette zone articulaire font craindre une dégradation plus rapide vers l'arthrose. Enfin si dans 6 des 8 études on ne retrouve pas d'instabilité du carpe, Bain *et al.* mettent en évidence une diminution de la hauteur du carpe et une évolution vers l'arthrose à 10 ans de suivi chez tous les patients (67). Le surdimensionnement du greffon n'empêche donc pas l'instabilité au long cours et l'évolution naturelle de la maladie.



Figure 3-4 : Radiographie d'une ossification d'un transplant de cartilage costal  
Nécessité de réintervenir à 9 mois post-opératoire chez ce patient afin de réaliser une chirurgie de sauvetage. Image tirée de l'article de Zechmann *et al.* (68)

Le resurfaçage articulaire avec une greffe de PPH permet théoriquement de reconstruire l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire du PPS. Il a l'avantage majeur d'être prélevé sur un os voisin qui possède les mêmes caractéristiques que le PPS. Le greffon d'hamatum est tourné à 180° de façon à ce que la surface articulaire capito-hamatal devienne la surface articulaire reconstruite scapho-capitate et que la surface articulaire entre le triquetrum et l'hamatum deviennent la nouvelle articulation radio-scaphoïdienne. Des études morphologiques et anthropométriques ont comparé les deux fragments osseux et ils ont permis de mettre en évidence une bonne congruence chez 65% des sujets en moyenne (96,97) (**Cette partie sera développée dans la Partie III**). Concernant la stabilité scapho-lunaire, cette technique a pour avantage de permettre une reconstruction la partie la plus robuste (dorsale) du LSL avec la portion palmaire de ligament capito-hamatal (LCHP). Cependant dans leur étude clinique Sahuran *et al.* ont retrouvé un LCHP trop petit chez 3 patients sur 4 ne permettant pas la suture du LSL. Le ligament capito-hamatal palmaire était de mauvaise qualité ou trop petit du fait d'un prélèvement très proximal n'incluant pas l'attache palmaire du LCHP qui est assez distale. Enfin dans le cas précis du transfert du PPH, se pose également la question des risques de séquelles biomécaniques en lien avec le prélèvement. Mais plusieurs études sont rassurantes à ce sujet et Burnier *et al.* ont mis en évidence sur une étude anatomique que le prélèvement d'hamatum associé à une reconstruction du PPS permettait de restaurer une cinématique scapho-lunaire proche de l'état intact (98) (**Cf. Partie III**).

## GREFFONS VASCULARISES

Le transfert libre de condyle fémoral consiste en un prélèvement ostéochondral convexe de l'aspect le plus proximal de la trochlée. Elle permet le prélèvement d'un lambeau ostéochondral dans la zone non portante s'articulant avec la patella. S'il s'agit d'un greffon structurellement proche du PPS, la congruence articulaire du greffon a été récemment étudiée par Hill *et al.* chez 12 sujets anatomiques et ils ont conclu que la correspondance n'était pas parfaite voire médiocre chez certains sujets mais surtout très variable d'un patient à l'autre (99). Il est également important de noter que le prélèvement est recouvert de cartilage sur une seule face. Le lambeau ne fournit pas de cartilage concave pour la reconstruction de l'acétabulum du scaphoïde cette surface doit être préservée au maximum à partir du carpe natif même si elle est abimée (*Fig. 3-5*). Enfin concernant la stabilité du carpe, les auteurs utilisent le principe du

surdimensionnement comme décrit précédemment pour le transfert de côte, et 3 des 9 séries mettent en évidence une amélioration de l'alignement du carpe malgré l'absence de reconstruction du LSL, à court terme.

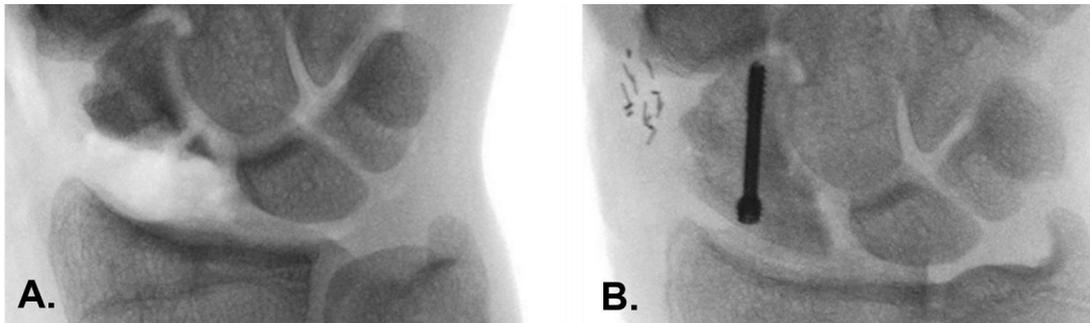


Figure 3-5 : Radiographies per-opératoires d'un lambeau de condyle fémoral libre.  
A. Résection du PPS qui préserve la surface articulaire scapho-capitate. B. vissage en compression du condyle fémoral et anastomose chirurgicale sur l'artère radiale. Image tirée de l'article de Higgins et al.(100)

Concernant le transfert de tête de 2<sup>nd</sup> métatarsien, il s'agit d'une technique innovante qui mérite d'être étudiée plus en détail. Étant donné les propriétés d'un ligament collatéral robuste (101,102), attaché à un petit fragment ostéo-cartilagineux, l'articulation métatarso-phalangienne serait un excellent site donneur potentiel ostéo-chondro-ligamentaire pour la reconstruction du LSL et du PPS détruit (Fig. 3-6). Cette technique a le mérite d'être la seule qui permette de reconstruire à la fois les surfaces articulaires et le LSL tout en apportant un greffon ostéochondral vascularisé. Mais la congruence articulaire n'a encore jamais été étudiée et le volume du greffon sur les premières constatations anatomiques semble plus petit que le PPS.

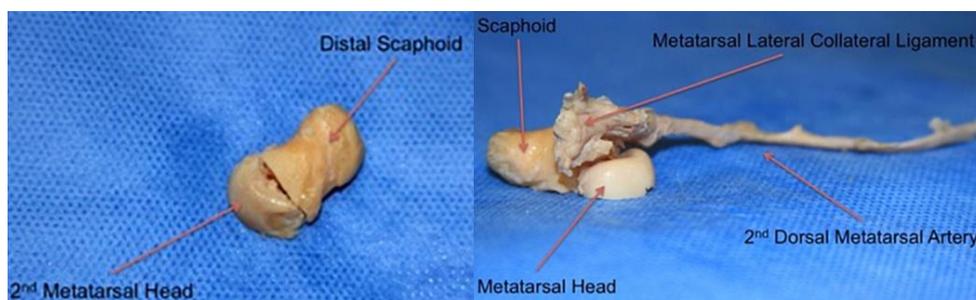


Figure 3-6 : Reconstruction du PPS par un lambeau de tête de 2<sup>nd</sup> métatarsien  
A gauche vue dorsale du scaphoïde distal et de la tête du second métatarsien. A droite représentation du pédicule vasculaire ainsi que du ligament collatéral métatarsien. Image tirée de l'article de Larkins et al. (74)

A ce jour, seul le transfert d'hémi-hamatum et le transfert de tête de 2<sup>nd</sup> métatarsien sont capables d'apporter un greffon ostéo-chondro-ligamentaire. L'hémi-hamatum semble apporter un greffon structurellement et morphologiquement plus adapté que le transfert de 2<sup>nd</sup> métatarsien. Le risque de séquelles au niveau du site donneur reste une des préoccupations majeures de ces deux techniques.

### 3.5.2 Maintien des résultats fonctionnels dans le temps

Les destructions du PPS touchent des adultes jeunes, le maintien dans le temps des résultats fonctionnels est un critère majeur à prendre en compte.

#### EXCISIONS ASSOCIEES OU NON A UNE LIGAMENTOPLASTIE

Les résultats à plus de 10 ans de suivi sont bons à condition d'être en présence d'une fracture de type I (27). En revanche cette technique conduit à de l'arthrose rapidement évolutive en cas de fracture de Type II et ne doit plus être proposée chez l'adulte jeune (29,30).

#### REMPACEMENT PROTHETIQUE

Concernant les implants en silicone, les contraintes importantes au niveau du carpe induisent une dégradation plus ou moins rapide du polymère de silicone. La synovite siliconée qui en résulte peut longtemps rester asymptomatique, mais induit des destructions massives du carpe (103). La mise en place de prothèse en silicone au niveau de os du carpe n'est plus recommandée.

Concernant les implants en pyrocarbone, les propriétés mécaniques de ce matériel lui confèrent une excellente résistance à l'usure permettant d'espérer avoir une prothèse qui garde ses propriétés dans le temps. Cependant, malgré des caractéristiques intrinsèques proches du cartilage natif, plus d'un patient sur 4 présente une évolution de l'arthrose après 5 ans de suivi. L'APSI ne permettrait donc pas d'arrêter l'évolution naturelle de la maladie (59,60).

Nous manquons de recul pour porter des conclusions sur les nouvelles générations de prothèses en titane associées à une reconstruction ligamentaire qui pourraient donner de bons résultats à long terme.

#### TRANSEFRTS NON VASCULARISES

La nécessité d'un transfert vascularisé dans la prise en charge des pseudarthroses et des nécroses avasculaires du scaphoïde est remise en question (15). Cependant lorsque la coque cartilagineuse du PPS ne peut pas être conservée, ce ne sont plus des greffes d'os spongieux qui sont réalisées mais de véritables transferts composites ostéochondraux. Des études *in vivo* ont démontré histologiquement qu'il y avait une diminution du cartilage hyalin, une nécrose de l'os sous-chondral de l'autogreffe et qu'une revascularisation complète de la greffe ne se

produit pas au fil du temps en cas de transfert ostéo-cartilagineux non vascularisé (104–106). Si la nutrition du cartilage via la synoviale est suffisante à l'état natif, la qualité de l'os sous chondral dépend d'une revascularisation efficace et est indispensable afin de maintenir les propriétés biomécaniques du cartilage hyalin qui le recouvre. Dans les études cliniques à long terme, les lambeaux ostéochondraux vascularisés présentent une survie, une morphologie et une histologie supérieures à celles des greffons non vascularisés (107,108). C'est sur la base de ces résultats que de nombreux auteurs continuent à préférer la reconstruction du PPS avec des tissus autogènes vascularisés (109,110).

Dans le cadre des transferts de cartilage costal non vascularisés, les deux études ayant réalisé des biopsies des greffons retrouvent quelques chondrocytes viables, mais des surfaces articulaires dégradées. Dans l'étude de Bain *et al.* à 10 ans de suivi, tous les patients ont de l'arthrose (67). Il est plus que probable que les résultats à long terme des transferts d'allogreffes ou d'hémi-hamatum non vascularisé soit également décevants.

#### GREFFONS VASCULARISES

En comparaison aux greffons non vascularisés, Zimmerman *et al.* ont mis en évidence lors d'une arthroscopie chez une patiente de 30 ans, 3,5 ans après un lambeau libre de trochlée fémorale que le cartilage avait gardé ses caractéristiques natives (111). En effet l'arthroscopie n'a révélé aucun signe de chondrolyse et l'examen histologique a révélé des chondrocytes uniformément viables au sein d'une matrice saine. La vascularisation des greffons ostéochondraux permettrait donc de maintenir leurs propriétés biomécaniques dans le temps. Cependant du fait du manque de données à long terme (4 ans maximum de suivi moyen dans les études publiées), le surdimensionnement des greffons et l'absence de reconstruction du LSL fait craindre une détérioration des résultats de cette technique au long court.

Concernant les greffes costales vascularisées l'évolution naturelle du cartilage costal chez l'adulte étant l'ossification progressive, les résultats à long terme pourraient être décevants.

**A ce jour, aucune technique publiée dans la littérature ne semble enrayer ou ralentir l'évolution naturelle de la maladie arthrosique.**

### 3.5.3 Risques de complication et possibilité en cas d'échec

L'alternative à la reconstruction du pôle PPS sont la RPRC ou l'A4O (18–20). Malgré le fait que les revues de la littérature récente retrouvent de bons résultats fonctionnels pour ces deux procédures dans des populations jeunes (<45ans), le maintien à la fois d'une articulation radiocarpienne anatomique et d'une articulation médiocarpienne, est intuitive chez des patients jeunes en l'absence d'arthrose préexistante (17,18). Ces procédures de sauvetage ne sont pas selon nous des solutions valables en première intention. Cependant le maintien de la possibilité de leur réalisation en cas d'échec de la technique initiale est important. Il n'existe aujourd'hui pas de consensus pour utiliser l'une plus que l'autre de ces techniques (18–20). Les principales contre-indications sont la translation ulnaire du carpe pour les deux techniques, l'arthrose luno-capitate pour le RPRC (112) et l'arthrose radio-lunaire pour l'A4O (113)

## REPLACEMENT PROTHETIQUE

Concernant les implants en silicone, les microparticules qui se détachent de l'implant, sont absorbées par la membrane synoviale et les tissus conjonctifs puis passent dans les vaisseaux lymphatiques ou migrent dans l'os spongieux à travers les surfaces osseuses poreuses créant une réaction inflammatoire à corps étranger (*Fig. 3-7*). Le seul traitement consiste alors en des chirurgies mutilantes avec un curetage agressif et extensif de l'ensemble des lésions, afin de retirer l'ensemble des particules de silicone qui entretiennent la réaction granulomateuse inflammatoire (43). Les chirurgies de sauvetage classiques sont complexes sur ce terrain mité et très inflammatoire.



*Figure 3-7 : Radiographie d'une synovite siliconé érosive destructrice. 39 mois après la mise en place d'un implant total en Silastic® du scaphoïde. (Peimer et al. 1986 (36))*

Concernant l'APSI, les chirurgiens ont pour habitude de dire que cette technique a l'avantage de ne pas couper les ponts à d'autres interventions chirurgicales en cas d'échec. Mais il est important de noter qu'à 11 ans de suivi moyen Poumellec *et al.*(59) ont montré une évolution de l'arthrose majoritairement au niveau de l'articulation capito-lunaire ce qui est une contre-indication à la réalisation d'une RPRC. Il est important de noter qu'il existe également une ostéolyse péri-prothétique (*Fig. 3-8*), notamment une encoche sur la tête du capitatum, chez la quasi-totalité des patients dans toutes les études (60). Si cette ostéolyse ne semble pas associée à de mauvais résultats cliniques elle pourrait compromettre la réalisation d'une RPRC et compliquer l'A4O devant une perte de substance osseuse qui peut être importante (62).



*Figure 3-8 : Radiographie d'une ostéolyse péri-prothétique (APSI)  
Encoche sur le capitatum et positionnement de l'implant oblique en déviation ulnaire. Aribert et al.(58)*

## TRANSFERTS NON VASCULARISES

Si les complications après transfert de greffons costal sont nombreuses (18% des patients) à la fois au niveau du site donneur et du carpe, cette chirurgie ne compromet pas la réalisation de futures chirurgies. L'évolution de l'arthrose semble toucher préférentiellement l'articulation radiocarpienne et la RPRC semble plus adaptée (68).

Dans le cas du transfert d'hamatum, il ne semble pas y avoir de contre-indication à réaliser les deux chirurgies de sauvetage. Les études sur la biomécanique du carpe après RPRC ne retrouvent pas de contact entre l'hamatum et les deux os de l'avant-bras dans toutes les positions du carpe (112,114,115) et le PPH n'est pas le lieu d'attache des ligaments stabilisateurs du poignet. Enfin la réalisation d'une

arthrodèse des 4 os peut être un peu plus compliquée mais ne semble pas impossible. Celle-ci nécessiterait l'utilisation d'un greffon osseux de volume plus important que celui utilisé de façon classique. Une des préoccupations majeures de cette chirurgie reste le risque de séquelles au niveau du site donneur.

## GREFFONS VASCULARISES

Les techniques décrites dans la littérature sont des transferts vascularisés libres avec des anastomoses microchirurgicales conduisant à des chirurgies souvent longues, sous anesthésie générale et à risque de thrombose du pédicule.

Concernant les transferts de condyles vascularisés, l'un des points négatifs est le risque de séquelles au niveau du site donneur. Après prélèvement les radiographies et IRM de 35 malades à 27 mois post-opératoire en moyenne n'ont pas mis en évidence de modification structurelle, et l'espace laissé par le prélèvement était au fur et à mesure comblé par du tissu fibreux (116). Cependant les douleurs de genou au niveau du site de prélèvement sont de 2 à 4 mois en général et peuvent nécessiter des reprises chirurgicales. Enfin si dans notre revue cela n'a pas été retrouvé, deux cas de fractures du fémur dont une nécessitant la mise en place d'une prothèse totale de genou (117,118) ont été décrites dans la littérature suite à un prélèvement de condyle fémoral cortico-spongieux (120,121). D'un point de vue général les complications retrouvées dans notre revue sont comparables aux résultats retrouvés par Zhou *et al.* (26%) pour les prélèvements vascularisés de condyle fémoral cortico-spongieux (83). Dans une revue de la littérature datant de 2018 les auteurs avaient également retrouvé 6% de complications graves avec perte du greffon ou reprise chirurgicale après un lambeau de condyle fémoral libre (119).

Que ce soit les greffons costaux, fémoraux ou de tête de 2ème métatarsiens, ces transferts ne semblent pas compromettre la réalisation de futures chirurgies de sauvetage.

Aucune technique n'est exemptée de risque de complications au niveau du carpe. Mais les possibles complications supplémentaires au niveau du site donneur pour les greffons autogènes peuvent représenter un frein à leur utilisation et font craindre des séquelles à distance.

Néanmoins, au niveau du carpe, ces greffons autogènes ne coupent pas les ponts aux chirurgies de sauvetage classiques à la différence des remplacements prothétiques qui nécessiteront des chirurgies plus lourdes en cas d'échec.

#### 3.5.4 Spécificité de la prise en charge dans le cadre de la maladie de Preiser

La maladie de Preiser est une maladie rare et encore aujourd'hui mal comprise dans la communauté scientifique. La première classification visant à décrire la progression de cette maladie a été établie par Herbert et Lanzetta en 1994 (Fig. 3-9) (13). Elle est à ce jour la plus fréquemment utilisée dans les études.



Figure 3-9 : Stade 1 à 4 de la classification de Herbert et Lanzetta (Maladie de Preiser).

En 2011 Schmitt *et al.* (120), ont proposé une classification basée sur l'IRM avec une distribution en 3 couches : Le pôle le plus proximal correspond à la zone d'ostéonécrose. La partie médiane, ou "zone de réparation", présente une perfusion maintenue ou même augmentée. Le scaphoïde distal correspond à la "zone de viabilité" épargnée, où l'apport sanguin est encore normal, et est affecté en dernier lieu et généralement de façon mineure. Au fur et à mesure que la maladie progresse dans le temps, le motif à trois couches peut progresser vers la partie distale. Sur la base de ces observations, les auteurs ont proposé une nouvelle classification "chronologique" : stade initial, avancé et final.

Les données des études retrouvées sont très hétérogènes et malheureusement il n'existe pas d'études qui s'intéressent spécifiquement aux stades avec destruction du PPS. On retrouve dans la littérature des études qui s'intéressent à la prise en charge de la maladie de Preiser en général sans que le stade où se trouve le patient ne soit clairement défini. Une revue de la littérature récente a proposé un algorithme de traitement simple et actualisé basé sur les résultats fournis par 53 publications

portant sur 170 patients (10). A partir du stade 3 les auteurs concluent que l'utilisation d'une technique de sauvetage (RPRC ou A4O) est recommandée.

On retrouve cependant des auteurs qui proposent la mise ne place d'APSI (47,54,58) sans que les résultats ne décrivent spécifiquement les suites opératoires des patients atteint de la Maladie de Preiser. On retrouve également 3 cas cliniques de résection du PPS arthroscopique (23,25,26) et, comme chez les patients avec atteinte post traumatique, on retrouve de bons résultats en cas de fragments de petite taille sans atteinte du LSL (Type I). Etant donné que cette maladie est associée à une nécrose du PPS l'idée de transfert vascularisé semble intéressante, c'est pourquoi certains auteurs proposent des transferts vascularisés pédiculés prélevés sur le radius distal en l'absence de destruction du PPS avec de bon résultats fonctionnels (10). Mais à l'heure actuelle aucun transfert structurel ostéochondral vascularisé n'a été décrit pour les stades avancés (Stade 3 sans arthrose).

Les principes de traitement restent à l'heure actuelle complexes et basés sur des études de faible niveau de preuve. Aucun transfert structurel ostéochondral vascularisé n'a encore été décrit dans la littérature, mais cela pourrait être une solution de choix pour les stades 3 sans arthrose.

### 3.6 CONCLUSION

En raison de l'absence de recommandations claires sur la prise en charge thérapeutique, de nombreux traitements ont été proposés au fil du temps. En nous basant sur l'étude des résultats des séries publiées dans la littérature nous avons identifié les critères que devraient posséder la technique chirurgicale idéale. Nous avons réalisé une synthèse des techniques en fonction de ces critères dans le *tableau 3-12*.

**On n'observe qu'aucune des techniques décrites ne répond à l'ensemble des critères et qu'aucune n'arrête l'évolution de la maladie arthrosique.** Aucune ne reproduit complètement l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire unique du PPS à l'exception du transfert d'hamatum. Mais comme nous l'avons décrit précédemment, le succès à long terme d'un greffon composite ostéochondral dépend d'une revascularisation réussie. Nous nous sommes donc interrogés sur la faisabilité d'un transfert vascularisé d'hémi-hamatum dans le cadre des destructions du PPS.

L'objectif de la II<sup>ème</sup> partie de ce travail est de décrire les caractéristiques et de valider la faisabilité sur sujet anatomique d'une nouvelle technique chirurgicale permettant de reconstruire le PPS par un lambeau pédiculé de PPH.

Tableau 3-12 : Récapitulatif des réponses aux exigences de la technique chirurgicale idéale

	<b>SURFACES ARTICULAIRES</b>	<b>STABILITE COUPLE SL</b>	<b>EVOLUTION DE L'ARTHROSE</b>	<b>PLAN B</b>
<b>EXCISIONS DU PPS</b>	-	-	<b>Type II</b>	+
<b>PROTHESE SILICONE</b>	+	-	<b>SILICONITE +++</b>	<b>Chirurgie lourde</b>
<b>AUTRES MATERIAUX</b>	+	-	?	+
<b>PROTHESE APSI</b>	+/- bon substitut	-	<b>Evolution de la maladie arthrosique</b>	<b>Ostéolyse ++ Arthrose Capitatum ?</b>
<b>ALLOGREFFE</b>	+	-	<b>Non vascularisé ?</b>	+
<b>TRANSFERT D'HAMATUM</b>	Radio-scaphoïdienne Scapho-capitate 65% +++ ou ostéotomies	<b>Capito-hamatal palmaire</b> (Si prélèvement de taille suffisante)	<b>Non vascularisé ?</b>	+/-
<b>TRANSFERTS DE COTE</b>	++	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Propriété du Cartilage ? ossification ? Vascularisation</b>	+
<b>TRANSFERT DE COTE VASC</b>	++	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Propriété du Cartilage ? ossification ?</b>	+
<b>TROCHLEE FEMORALE</b>	<b>Radio-scaphoïdienne Mais congruence ?</b>	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Congruence ? Stabilité ?</b>	+
<b>2<sup>nd</sup> METATARSIEN</b>	<b>Oui mais congruence ?</b>	<b>Lig collatéral métatarsien</b>	<b>Congruence ?</b>	+

## 4. PARTIE II : GREFFE OSTEO-CARTILAGINEUSE VASCULARISEE D'HEMI-HAMATUM POUR RECONSTRUIRE LE PPS : ETUDE ANATOMIQUE

---

### 4.1 RESUME

**Introduction** : La prise en charge des destructions du PPS est complexe et aucune des techniques décrites dans la littérature ne reproduit complètement l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire unique du PPS à l'exception du transfert d'hamatum. Mais le succès à long terme d'un greffon ostéochondral dépend d'une revascularisation réussie. Nous avons donc étudié la vascularisation du PPH comme potentiel nouveau greffon vascularisé dans la prise en charge des destructions du PPS.

**Objectif** : décrire les étapes du lambeau d'hémi-hamatum proximal pédiculé sur l'artère inter-carpienne dorsale et ses caractéristiques anatomiques.

**Matériel et méthode** : le lambeau d'hémi-hamatum a été prélevé sur 30 sujets anatomiques frais réinjectés au latex coloré. Sur les 30 sujets les caractéristiques du pédicule sont récoltées et les caractéristiques morphologiques du PPH et PPS sont comparées. Sur 15 de ces sujets nous simulons également une technique chirurgicale expérimentale afin d'étudier les résultats biomécaniques sur des radiographies dynamiques. Sur 5 sujets la vascularisation post-dissection a été étudiée.

**Résultats** : L'arche inter-carpienne dorsale (ICD) permettait un transfert pédiculé vascularisé dans 96% des cas. Le pédicule mesurait en moyenne 0.9 mm de diamètre et 3,1 mm de long ce qui permettait la mise en place du greffon sans tension chez tous les sujets. La morphologie du PPS et du PPH étaient globalement similaires après ostéotomies de correction chez tous nos patients. Nous avons pu mettre au point une technique chirurgicale permettant la reconstruction du PPS chez les 15 sujets sans induire d'instabilité du carpe.

**Conclusion** : Cette étude anatomique confirme que le PPH peut être prélevé de façon pédiculée sur l'ICD chez la majorité des sujets. Il s'agit d'une technique innovante qui est la première permettant un transfert vascularisé ostéo-chondro-ligamentaire dans la prise en charge des destructions du PPS.

**Mots clés** : PPS détruit, reconstruction du PPS, lambeau vascularisé d'hamatum, transfert d'hamatum vascularisé, autogreffe de PPH.

## 4.2 INTRODUCTION

Un large éventail de traitements différents a été exploré et proposé au fil du temps pour prendre en charge les destructions du PPS, mais aucune ne s'est imposée comme la référence (**Cf. Partie I**).

La technique décrite par Elhassan *et al.*(70) de resurfaçage du PPS par un greffon autogène d'hémi-hamatum permet d'apporter une greffe composite ostéo-chondro-ligamentaire permettant de rétablir une cinématique du carpe presque identique à l'état natif (98). Mais il est démontré aujourd'hui que la survie à long terme des greffes composites non vascularisées est médiocre avec une dégénérescence précoce du cartilage et une évolution rapide vers l'arthrose (105,106,121,122).

Nous nous sommes donc intéressés à la vascularisation du pôle proximal de l'hamatum (PPH). Des études récentes ont permis de décrire de façon précise son anatomie vasculaire. Il existe deux réseaux, un qui provient de l'arcade palmaire profonde et un qui provient de l'arche intracarpienne dorsale (ICD) (1). L'arche ICD est une artère constante qui chemine à la face dorsale de la deuxième rangée du carpe en supra-capsulaire et sous-tendineuse. Elle peut communiquer avec l'artère radiale, ulnaire et les branches distales de l'artère interosseuse antérieure (IOA). Le pédicule dorsal pénètre l'hamatum par sa face extra-articulaire dorsoradiale via de petites branches périostées qui s'anastomosent en intra-osseux avec le réseau palmaire pour donner à leur tour des branches rétrogrades pour le PPH (123) (*Fig. 4-1*). La branche périostée la plus proximale pénètre l'os via un ostium qui se situe entre 40 et 70% de la pointe du PPH. Ce réseau dorsal pourrait permettre de prélever le PPH avec sa vascularisation.

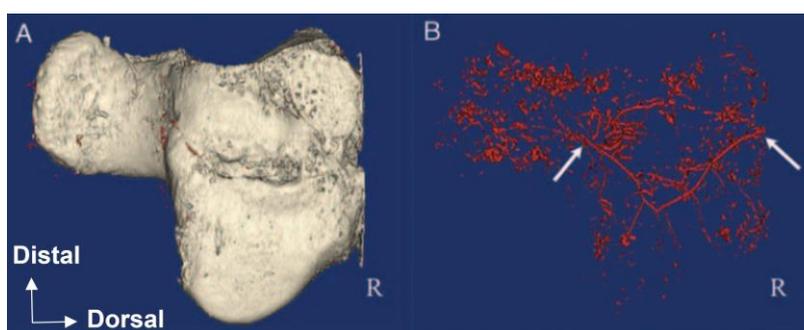


Figure 4-1 : Vascularisation intra osseuse de l'hamatum.  
Flèches blanches = points d'entrées des troncs principaux dorsaux et palmaires. D'après l'article « Features of intra-hamate vascularity and its possible relationship with avascular risk of hamate fracture » Xiao *et al.* (123)

En nous basant sur la technique de resurfaçage du PPS par un greffon autogène d'hémi-hamatum ainsi que des études sur sa vascularisation, nous proposons dans ce travail anatomique la description du tout premier transfert ostéo-chondro-ligamentaire vascularisé pédiculé capable de reconstruire l'ensemble du PPS décrit dans la littérature.

L'objectif principal est de décrire les étapes du prélèvement du lambeau d'hémi-hamatum proximal pédiculé sur l'arche ICD et ses caractéristiques anatomiques.

### 4.3 MATERIEL ET METHODE

Nous avons réalisé 35 dissections entre janvier 2022 et Avril 2022 sur des membres supérieurs frais dans les laboratoires d'anatomie des facultés de Bordeaux et Nice. Toutes les dissections sont réalisées sous loupes microchirurgicales grossissantes (x 3.5), toutes les mesures sont réalisées avec un pied à coulisse électronique. Les critères mesurés sont rassemblés dans le *tableau 4-1*. Les récapitulatifs des trois sous parties de ce travail anatomique sont résumés dans le *tableau 4-2*.

*Tableau 4-1 : Critères recueillis lors des dissections.*

Population	Radio pré-op	Dissection	Radios post-op	Vascularisation
Age Sexe Coté  Cicatrices préexistantes	<p><b>Statique :</b> Arthrose Pathologies Hauteur du carpe Angle luno-capitate Taille du prélèvement</p> <p><b>Dynamique :</b> Cinématique du carpe</p>	<p><b>Anatomie vx :</b> Type d'arche ICD Présence des arches proximales et distales Ø de l'artère radiale Origine des branches du scaphoïde Origine de 2<sup>ème</sup> intermétacarpienne dorsale</p> <p><b>Pédicule :</b> Taille et Ø proximal et distal Présence de veines Nombre de perforantes dorsales</p> <p><b>Anatomie os :</b> PPH et PPS Hauteur largeur épaisseur et qualité des ligaments capito-hamatal palmaire et LSL Absence de lésion fléchisseurs 4 et 5<sup>ème</sup> rayons</p>	<p><b>Statique :</b> Ostéosynthèse Zones d'empiètements Hauteur du carpe Angle luno-capitate</p> <p><b>Dynamique :</b> Stabilité dynamique du carpe</p>	<p><b>Sujets réinjectés :</b> Présence du pédicule</p> <p><b>Non réinjectés :</b> Test de vascularisation</p>

*Tableau 4-2 : Organisation des dissections en trois sous parties.*

	Nombre	Radios pré opératoires	Injections pré-dissection	Description du pédicule / anatomie vasculaire	Anatomie osseuse	Ostéosynthèse Radios dynamiques	Injections post-dissection
<b>Partie I Caractéristiques du lambeau</b>	15	Oui	Oui	Oui	Oui	/	
<b>Partie II Technique chirurgicale</b>	15	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	
<b>Partie III Vascularisation</b>	5						OUI

#### 4.3.1 Étapes pré-dissections

Tous les membres supérieurs sont amenés au service de radiologie afin de réaliser des radiographies pré-dissections statiques et dynamiques (Fig. 4-2) pour éliminer une pathologie ou instabilité préexistante du carpe.



Figure 4-2 : Radiographies dynamiques pré-dissection

. Utilisation d'une planche en bois permettant de positionner le poignet dans différentes position grâce à des élastiques de résistance différente fixés sur des taquets en bois. L'utilisation de la même planche en post-opératoire permet d'appliquer des forces (élastiques) et positions comparables. (De gauche à droite : Face, IR, IU, Profil, extension, flexion)

La mesure de la hauteur totale de l'hamatum est réalisée sur la radiographie de face (Fig. 4-3). Pour chaque sujet un prélèvement de 70% de la hauteur de l'hamatum est choisi afin d'inclure au moins une artère principale de l'hamatum d'après la description de la vascularisation de l'hamatum par Xiao *et al.* (Fig. 4-3) (123).

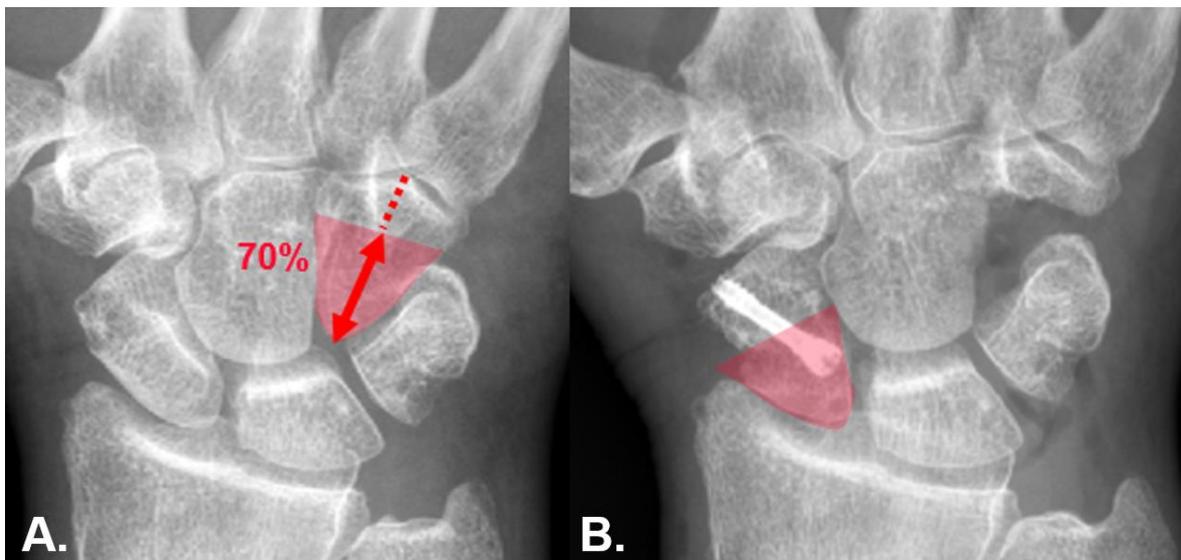


Figure 4-3 : Mesure radiographique du prélèvement de PPH.

A : Avant chirurgie : mesure de la hauteur de l'hamatum sur un axe allant du point le plus proximal jusqu'à la crête séparant les surfaces articulaires M4 et M5. B : Aspect après prélèvement de notre lambeau de PPH.

30 sujets bénéficient d'une réinjection au latex coloré à l'aide d'un colorant liquide bleu ou rouge afin de mieux visualiser la vascularisation artérielle. Elle est réalisée après mise en place et fixation d'un cathéter dans l'artère radiale au niveau du coude ou de l'artère humérale au niveau de la face interne du bras. Les dissections ont eu lieu après un temps de séchage de 24h à 4°C.

#### 4.3.2 Dissections- Ostéosynthèse

La technique chirurgicale comporte un abord dorsal de poignet. L'accès au carpe se fait par une capsulotomie dorsale en « U » inversé décrite par Athlani *et al.* (124).

Pour chacun des 30 sujets nous notons : la présence du pédicule, ses caractéristiques (origine, trajet, branches, longueur, diamètre à son origine en proximal et en distal au niveau de l'articulation entre l'hamatum et le capitatum), la présence de veines qui accompagnent le pédicule artériel, le diamètre de l'artère radiale ainsi que le nombre de perforantes qui émergent du pédicule principal et semblent se diriger vers l'hamatum. Les branches du pédicule à destination du scaphoïde, l'artère intermétacarpienne dorsale du deuxième espace (2IM) ainsi que les branches communicantes avec la terminaison de l'artère IOA sont repérées et leur distance par rapport à l'artère radiale est également mesurée. La présence ou l'absence des arches dorsales intracarpienne, proximale et/ou distale est également notée.

Le PPH est prélevé grâce à un petit ostéotome, en veillant à prélever au moins 70% de la hauteur totale de l'hamatum, à protéger le ligament capito-hamatal dorsal, le ligament triquéro-hamate, les fléchisseurs profonds des 4 et 5<sup>èmes</sup> rayons et le crochet de l'hamatum en palmaire. Le greffon est prélevé en emportant la portion palmaire du ligament capito-hamatal (LCHP). Une perte de substance de taille identique est réalisée sur le PPS. Une fois prélevée, les mesures du PPH et du PPS sont notées (longueur selon le grand axe du prélèvement, épaisseur (E), la hauteur (H) et les largeurs palmaire (LP) et dorsale (LD) (*Fig. 4-4*). La qualité du LSL et du LCHP est également noté.

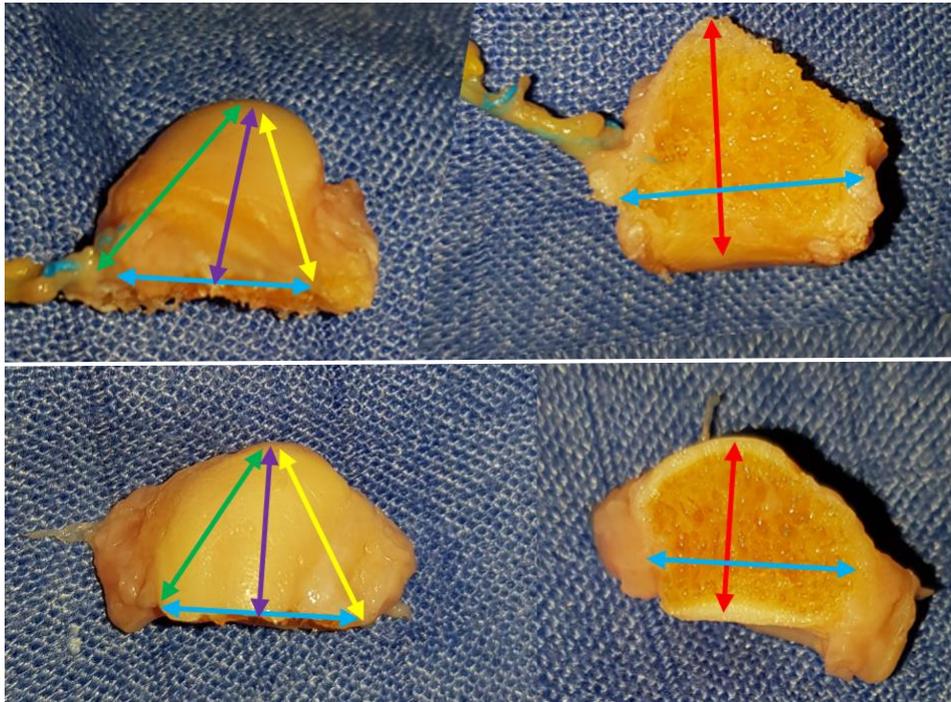


Figure 4-4 : Mesures réalisées pour chaque couple de PPS et PPH.  
 En haut PPH tourné à 180° afin de correspondre à sa position définitive et en bas PPS. (Flèche violette : longueur selon le grand axe du prélèvement. Flèche bleue épaisseur. Flèche verte largeur palmaire, flèche jaune largeur dorsale. Flèche rouge hauteur)

Les fléchisseurs des 4<sup>èmes</sup> et 5<sup>èmes</sup> doigts sont mobilisés afin de vérifier leur intégrité après le prélèvement. Le repérage d'une perforante intra-osseuse sur la tranche spongieuse est également noté.

Enfin nous vérifions la capacité du lambeau à atteindre le PPS ainsi que l'absence de tension sur le pédicule lors des mouvements dynamiques du poignet (Inclinaison ulnaire (IU), inclinaison radiale (IR), flexion, extension). Les berges du greffon sont taillées in situ en cas de surplomb ou d'empiètement en veillant à protéger sa vascularisation.

Parmi les 30 sujets, 15 bénéficient également d'une fixation du prélèvement par un vissage canulé antérograde (Medartis® 2,2 ou 3 mm de diamètre). Après réduction du carpe, le moignon du LSL attaché au semi lunaire est fixé sur le LCHP attaché au greffon d'hamatum à l'aide d'une suture non résorbable, comme décrit dans le transfert non vascularisé d'hamatum (70). La reconstruction du LSL est ensuite renforcée par une capsulodèse dorsale à l'aide d'une hémi bandelette du ligament inter carpien dorsal (DIC) à base distale.

#### 4.3.3 Evaluations post-dissections

Les 15 sujets ostéosynthésés bénéficient de radiographies « dynamiques » (IU, IR, flexion, extension en utilisant le même dispositif qu'en pré-dissection : à savoir les mêmes élastiques positionnés sur les mêmes taquets) et d'un scanner post-dissection en position neutre. (Scanner SIMENSsensation64® - résolution isotopique, 0,29 mm par coupes) L'angle luno-capitate (LC) et la hauteur du carpe sont évalués avant et après chaque chirurgie. Les radiographies dynamiques permettent d'évaluer si la cinématique normale de la première rangée est globalement conservée (125) et s'il apparaît un diastasis scapho-lunaire (notamment en IR) ou une instabilité au niveau de la seconde rangée du carpe (notamment au niveau de l'articulation triquetro-hamatale : évaluation d'un conflit en IU et diastasis en IR). Pour ces 15 sujets, la hauteur du montage « hamatum + scaphoïde distal » est mesurée au moment du retrait de la vis et comparée à la mesure réalisée sur le scaphoïde natif.

#### 4.3.4 Evaluation de la vascularisation

La dissection de 5 sujets est consacrée à la validation de la vascularisation de notre lambeau via l'artère ICD. Des dissections sont réalisées sur 5 sujets sans réinjection préalable. Le prélèvement du lambeau de PPH est réalisé avec son pédicule jusqu'à son origine sur l'artère radiale. Une fois le pédicule individualisé, l'artère radiale est prélevée en bloc et l'ensemble des branches à l'exception de celles en direction de l'hamatum sont ligaturées. Après cathétérisation de l'artère radiale et encollage à la colle superglue® de la pièce afin d'obturer les collatérales pour éviter les fuites, une réinjection d'encre de chine est réalisée (Fig. 4-5). Pour chaque dissection, la présence du pédicule ainsi que la coloration de l'os spongieux (témoins d'une bonne vascularisation du greffon) sont notées.

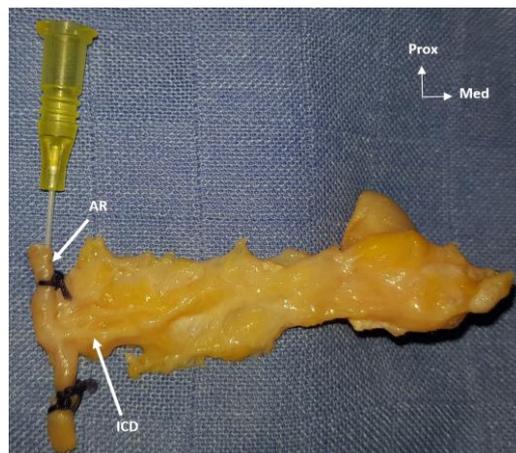


Figure 4-5 : Test de vascularisation du lambeau : Avant réinjection  
Encollage du lambeau avec son pédicule. Aspect avant réinjection. (AR ; artère radiale, ICD : Arche inter-carpienne dorsale)

## 4.4 RESULTATS

Les résultats individuels de chaque sujet anatomique sont détaillés dans les tableaux en annexes de ce travail. Les résultats moyens sont disponibles dans les sections suivantes.

### POPULATION (Tableau 4-3, Annexe 6)

Tableau 4-3 : Résultats moyens de la population étudiées

Nbr = 30	Age	Sexe	Côté	Particularités
MOYENNES	83,9	15/15	16G/14D	1 pseudarthrose du scaphoïde

Les sujets avaient en moyenne 84 ans il y avait 15 femmes et 15 hommes. Un sujet présentait une pseudarthrose en pré-dissection sans fragmentation du PPS. La majorité des patients présentaient de l'arthrose radiocarpienne ce qui est commun étant donné l'âge avancé des sujets dans cette étude anatomique.

### ANATOMIE VASCULAIRE (Tableau 4-4, Annexe 8)

Tableau 4-4 : Résultats moyens de l'anatomie vasculaire du PPH

Nbr = 30	Pédicule	Autres arches	Ø Artère Radiale	Branches scaphoïde - Distance/Radiale	2IM - Distance/Radiale	Taille du pédicule	Ø Pédicule proximal	Ø Pédicule distal	Veine	Arc de rotation	Tension sur le pédicule		
MOYENNES	96%	100%	2,5 mm	26% IC	2,8 mm	43%	11,2 mm	31,5 mm	1,2 mm	0,9 mm	100%	100%	0%

Nous avons retrouvé une arche ICD pédiculée en radial chez 96% des sujets. En effet chez un sujet l'arche ICD ne communiquait qu'avec les branches dorsales de l'artère ulnaire et les branches terminales de l'IOA. Au moins une autre arche proximale ou distale était présente chez tous les sujets. Le diamètre moyen du pédicule était de 1,2 mm en proximal et 0,9 mm en regard du greffon. La longueur du pédicule était de 31,5 mm en moyenne. Tous les pédicules artériels étaient accompagnés d'au moins une veine, celle-ci était soit bien visualisable accompagnant le pédicule (Fig. 4-6), soit recherchée à son embouchure avec la veine radiale (Fig. 4-7). Une à 3 perforantes osseuses dorsales ont été retrouvées chez chaque sujet et elles correspondaient à des perforantes osseuses au niveau de l'os spongieux (Fig. 4-8).

L'arc de rotation était largement suffisant pour atteindre le scaphoïde sans aucune tension du pédicule chez tous les sujets. La mise en place du greffon pendant l'intervention n'a pas provoqué de tension excessive ou de compression sur le pédicule pendant des manœuvres dynamiques en extension flexion IU et IR maximales.



Figure 4-6 : Vue supra capsulaire du carpe : description de l'anatomie vasculaire.

Sujet réinjecté au latex coloré rouge. On observe l'artère radiale (1) accompagné de ses veines, l'ICD accompagné de deux veines comitantes (2) et l'artère intermétacarpienne dorsale de 2<sup>ème</sup> espace (3) qui chemine entre les insertions des long et court extenseurs radiaux du carpe (étoiles) On note une branche provenant de l'ICD allant vers le scaphoïde (4). Enfin on note une communication avec la branche terminale de l'interosseuse antérieure (5).

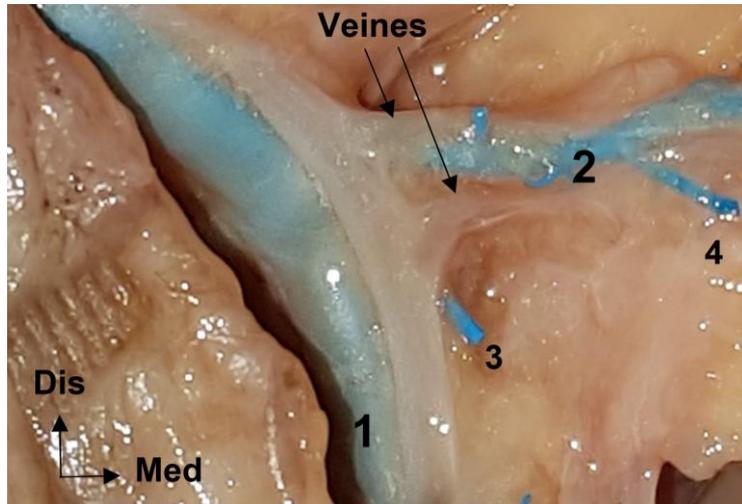


Figure 4-7 : Origine de l'artère ICD : anatomie artérioveineuse.

Sujet réinjecté en artériel au latex coloré bleu. Dissection de l'origine de l'artère intracarpienne dorsale (2) à partir de l'artère radiale (1). On note la présence de deux veines qui accompagne le pédicule. Au niveau artériel une branche pour le scaphoïde a pour origine l'artère radiale (3) et une autre l'ICD (4).

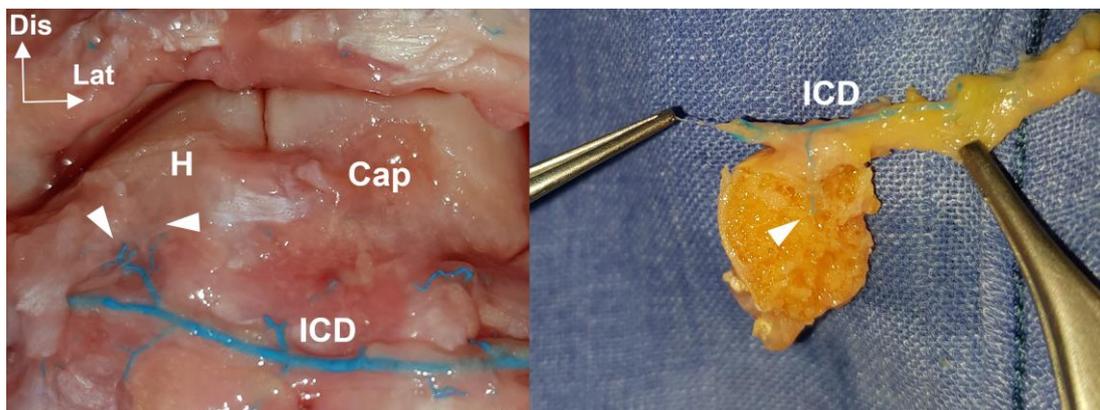


Figure 4-8 : Vascularisation intra osseuse du lambeau d'hamatum.

A gauche perforantes périostées dorsales (Têtes de flèches blanches) et visualisation d'une perforante intra osseuse à droite. (H : os hamatum, Cap : Os capitatum)

Les 5 tests de vascularisation ont permis de mettre en évidence une vascularisation du PPH mis en évidence par une fuite d'encre de chine au niveau de l'os lorsque le prélèvement faisait 70% de la hauteur du l'hamatum natif (Fig. 4-9).



Figure 4-9 : Test de vascularisation : Après réinjection d'encre de chine.  
(De gauche à droite on observe une suffusion progressive du de colorant au fur et à mesure de l'injection)

### ANATOMIE OSSEUSE ET PROCEDURE EXPERIMENTALE (Tableau 4-5, Annexe 9)

Tableau 4-5 : Résultats moyens de l'anatomie osseuse du PPH

Nbr = 30	HAMATUM								SCAPHOÏDE								HAM-SCAPH			
	HT	T Greffon	% prélevé	LP	LP	E	H	LCH	HT	T Greffon	% prélevé	LP	LP	E	H	LSL	LP	LD	E	H
MOYENNES	21,4	14,9	0,70	18,0	13,4	15,2	17,7	BON	27,2	14,7	0,5	15,8	13,5	14,8	13,8	BON	2,2	0,0	0,3	3,9

Nous avons retrouvé des mesures comparables aux données de la littérature. La qualité du LCHP était toujours bonne ou très bonne (Fig. 4-10), de même que le LSL (à l'exception du sujet anatomique de 101 ans qui présentait une pseudarthrose du PPS chez qui le LSL était retractoré mais présent). On observe que le prélèvement d'hamatum fait bien 70% de la hauteur en moyenne et cela correspond à une excision de 50% du scaphoïde.



Figure 4-10 : Visualisation du ligament capito-hamatal palmaire.  
Celui-ci permettra la reconstruction de la portion dorsale du LSL une fois tourné à 180°.

L'épaisseur et la largeur dorsale des deux pôles proximaux étaient très proches (respectivement 0,3 mm et aucune différence). En revanche il existait une incongruence de taille entre la hauteur du prélèvement (l'hamatum est plus haut de 3,9 mm en moyenne) et la largeur palmaire (l'hamatum est plus large de 2,2 mm en moyenne) (Fig. 4-11)



Figure 4-11 : Comparaison macroscopique du PPS et PPH  
Fragments dans leurs position finale après rotation à 180°. A Gauche vue de la surface faisant face au radius, au milieu tranche de section, et à droite face palmaire. (Etoiles rouges dans les zones de plus haute incongruence)

Toutes les techniques chirurgicales réalisées avec un abord postérieur ont permis un prélèvement du lambeau et son intégration à la place du PPS sauf pour un patient chez qui nous n'avons pas retrouvé de pédicule (Le transfert a été réalisé non vascularisé chez ce sujet). Le pédicule a pu être positionné entre le néo PPS et le lunatum sur toutes les dissections. L'ostéosynthèse par vissage (vis de type Herbert diamètre 2,2 ou 3 mm) a été possible à chaque fois et a permis une bonne stabilisation du greffon sans affecter le pédicule. Le contrôle fluoroscopique a montré une correction du défaut osseux pour toutes les dissections. La technique chirurgicale a été réalisée sur 15 sujets sains indemnes de toute pathologie du carpe mais également sur le sujet présentant une pseudarthrose du scaphoïde (Les résultats biomécaniques de ce sujet ont été exclus des résultats mais sont décrits dans la partie dissection)

On note également que la mesure du prélèvement pré-opératoire radiologique avait été globalement satisfaisante (-0,3 mm de différence) en comparaison à la mesure faite en peropératoire. La technique permettait de restaurer une hauteur totale (HT) de scaphoïde quasiment identique au scaphoïde natif (-0,6 mm de différence) (Fig. 4-12).

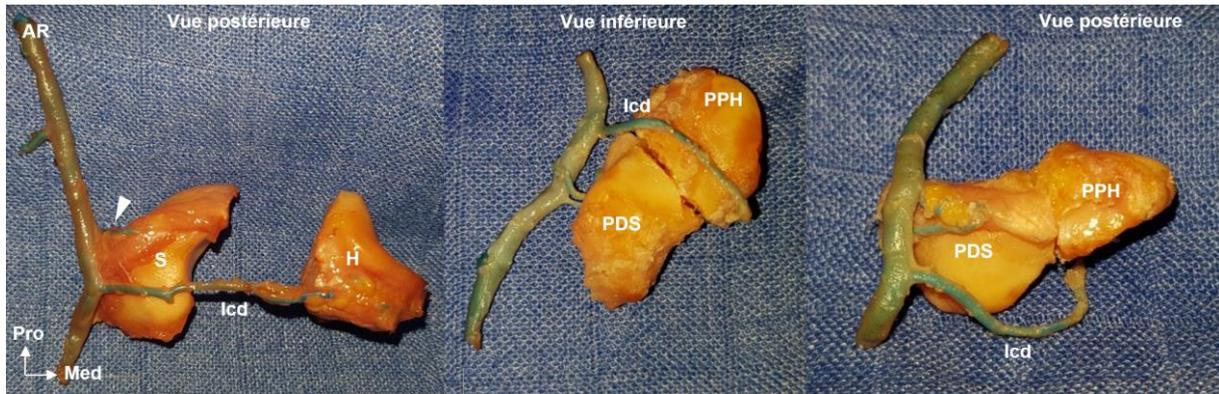


Figure 4-12 : Représentation du néo-scaphoïde et de sa vascularisation artérielle.

Dissection réalisée après réinjection de latex coloré bleu. Prélèvement en un seul bloc du scaphoïde (S), de l'hamatum (H) et de leur vascularisation via l'artère radiale (AR). Nous pouvons observer l'ICD qui vascularise l'hamatum et les branches à destination du scaphoïde provenant directement de l'artère radiale (tête de flèche). Ostéotomie du PPS remplacé par le PPH en gardant leur vascularisation.

Nous n'avons pas noté de section des fléchisseurs des 4 et 5<sup>èmes</sup> doigts à la suite du prélèvement. Chez certains sujets, nous avons cependant retrouvé de petites encoches millimétriques de moins de 5% du diamètre total du tendon (Fig. 4-13).

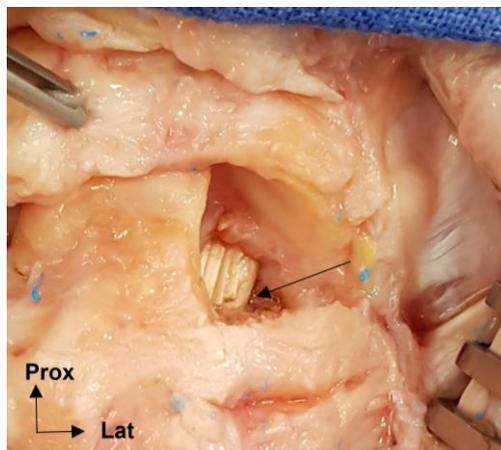


Figure 4-13 : Séquelles du prélèvement au niveau des fléchisseurs profonds.

Visualisation des fléchisseurs profonds de D4 et D5 en palmaire, à travers l'espace laissé vacant par le prélèvement de PPH. On note une petite entaille sur le fléchisseur profond de D5 (Flèche noire).

## RADIOGRAPHIES POST-DISSECTIONS (Tableau 4-6, Annexe 7)

Tableau 4-6 : Résultats moyens des mesures radiographiques post-dissection

Nbr =15	LC AVANT	HC AVANT	LC APRES	HC APRES	Dif LC	Dif HC	Diastasis SL	Diastasis TH	Conflit TH	Taille hamatum Rx	Différence vs per-op	H scaphoïde	H post ostéosynthèse	AVANT - APRES
MOYENNES	7,6	34,2	9,4	33,5	-1,8	0,7	NON	86%	46%	21,0	-0,3	27,0	27,7	-0,6

Enfin ni la hauteur du carpe, ni l'angle luno-capitate n'ont été modifiés entre le pré et le post-dissection (Fig. 4-14 à 4-16) (Ils sont tous dans les limites de la normale (-15°/+15°)). Aucun sujet ne présentait de diastasis scapho-lunaire lors des mouvements dynamiques, mais nous avons retrouvé un diastasis entre le triquetrum et l'hamatum en IR chez 86% des sujets et un conflit entre l'extrémité distale du triquetrum et la base restant de l'hamatum en IU chez 46% des sujets.



Figure 4-14 : Radiographies dynamiques post-dissection  
(De haut en bas et de gauche à droite : IR, Face, IU, Flexion, Profil, Extension.)

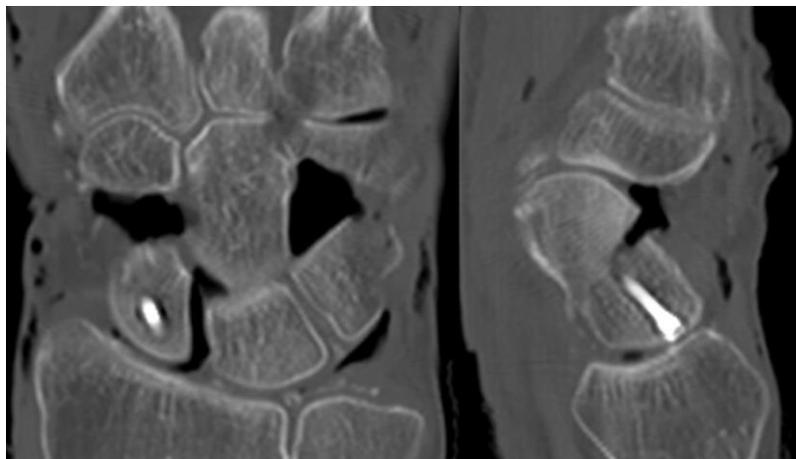


Figure 4-15 : Scanner post dissection : Face et profil

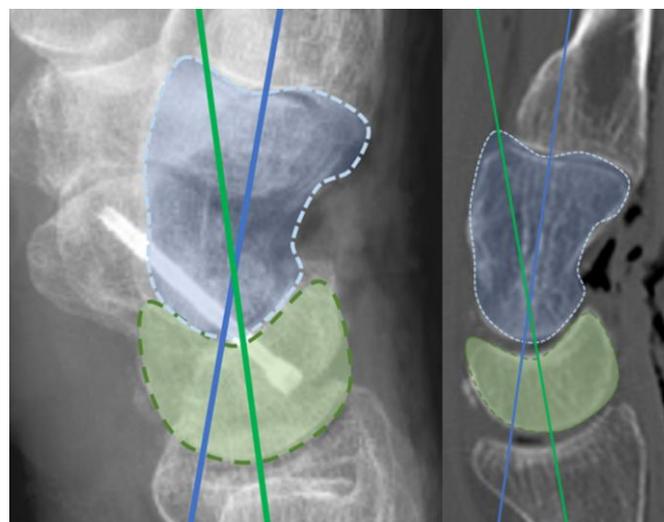


Figure 4-16 : Radiographie et scanner post- dissection  
(Mesure de l'angle capito-hamatal. Capitatum en bleu, lunatum en vert. L'axe du capitatum passe par le centre de la tête et de la base. L'axe du semi lunaire par la perpendiculaire de la droite rejoignant les deux cornes du semi lunaire).

## TECHNIQUE CHIRURGICALE

(Fig. 4-17 à 4-24)



Figure 4-17 : Abord dorsal du poignet.

(Une incision cutanée longitudinale est pratiquée à la face dorsale du poignet, le rétinaculum des extenseurs est incisé en forme de « S » afin d'accéder à la face postérieure de la capsule articulaire. L'arche ICD est repérée à la face dorsale de la deuxième rangée du carpe. (Lep : long extenseur du pouce, ERC : extenseurs radiaux du carpe)

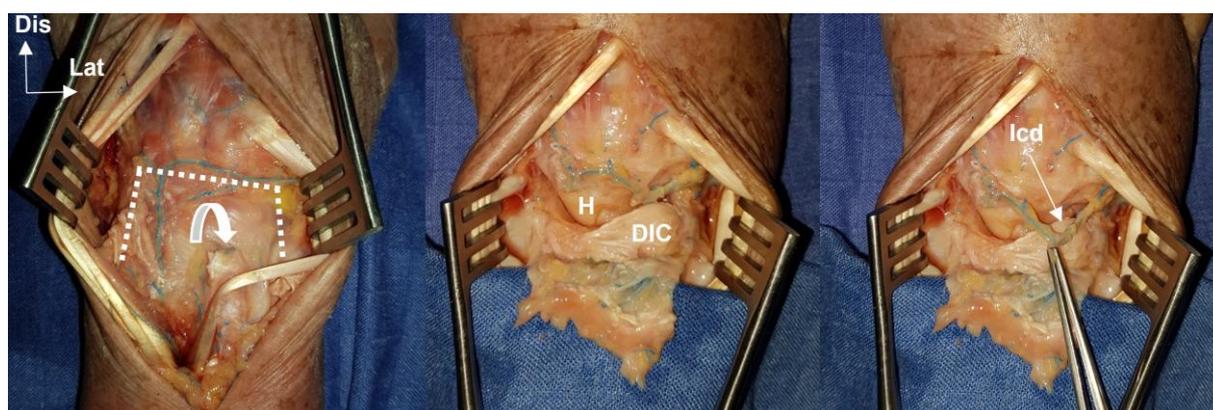


Figure 4-18 : Abord dorsal du carpe.

(L'accès au carpe se fait par une capsulotomie dorsale en « U » (Pointillés) nous permettant de faire correspondre l'incision transversale avec l'arche ICD et d'avoir accès à la fois au scaphoïde et à l'hamatum (H), DIC : ligament inter-carpien dorsal)

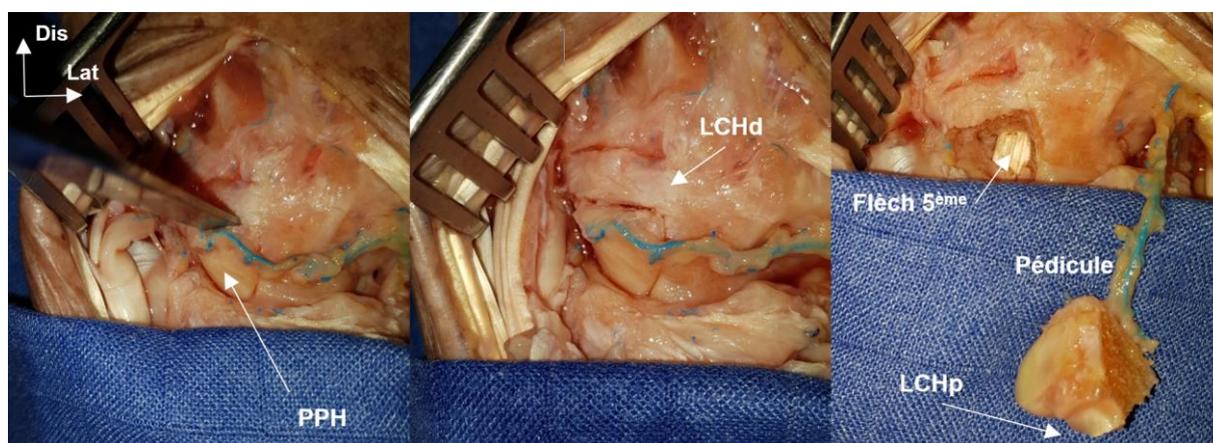


Figure 4-19 : Prélèvement du lambeau :

(Le PPH est ensuite visualisé à l'extrémité distale et ulnaire de la capsulotomie. La hauteur mesurée sur les radiographies de face préalable est reportée sur le PPH et une ostéotomie est réalisée avec un petit ostéotome. Le repérage et la protection du ligament capito-hamatal dorsal (LCHd) et le ligament triquétro-hamatale est indispensable afin de maintenir la stabilité de la base de l'hamatum. La levée du lambeau doit emporter le ligament palmaire capito-hamatal (LCHp). Il s'agit d'une étape de la chirurgie délicate et il faut systématiquement vérifier les fléchisseurs de D4 D5 après prélèvement et les protéger au maximum avec un petit écarteur. A noter : pour mieux visualiser la forme de l'hamatum global non avons incisé chez ce sujet les ligaments entre les bases de M4 et M5 et la base de l'hamatum. Bien entendu ceux-ci ne doivent pas être incisés lors de la chirurgie)

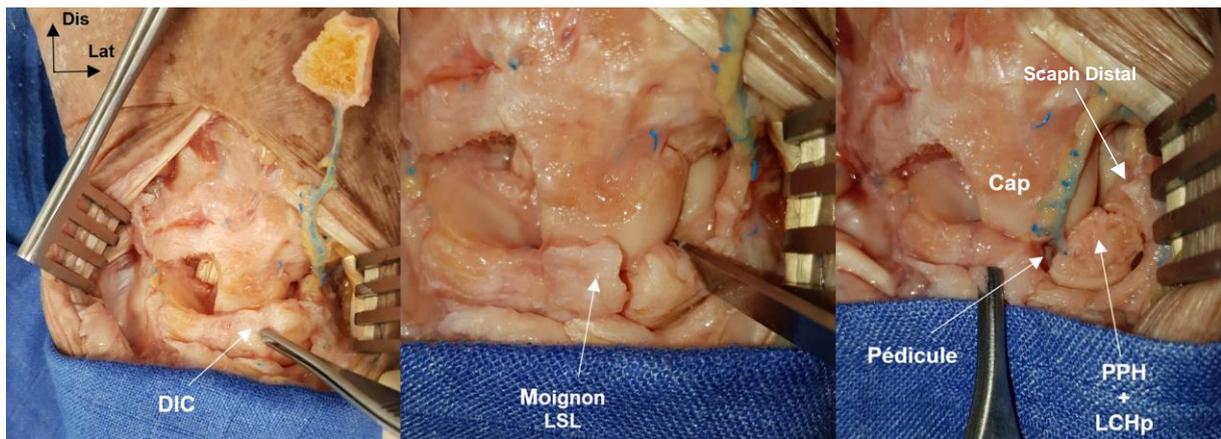


Figure 4-20 : Mise en place du greffon.

(On repère le DIC à la face superficielle du PPS que l'on protège. Retrait du PPS nécrotique (ici une ostéotomie est réalisée) Le moignon du LSL soit être conservé. Le PPH est ensuite retourné à 180° et comble l'espace laissé par le PPS excisé. Le plan de coupe fait alors face au scaphoïde distal (Scaph distal). Le pédicule est alors palmaire remonte le long de l'articulation entre le capitulum (Cap) le lunatum et le néo-pôle proximal du scaphoïde)

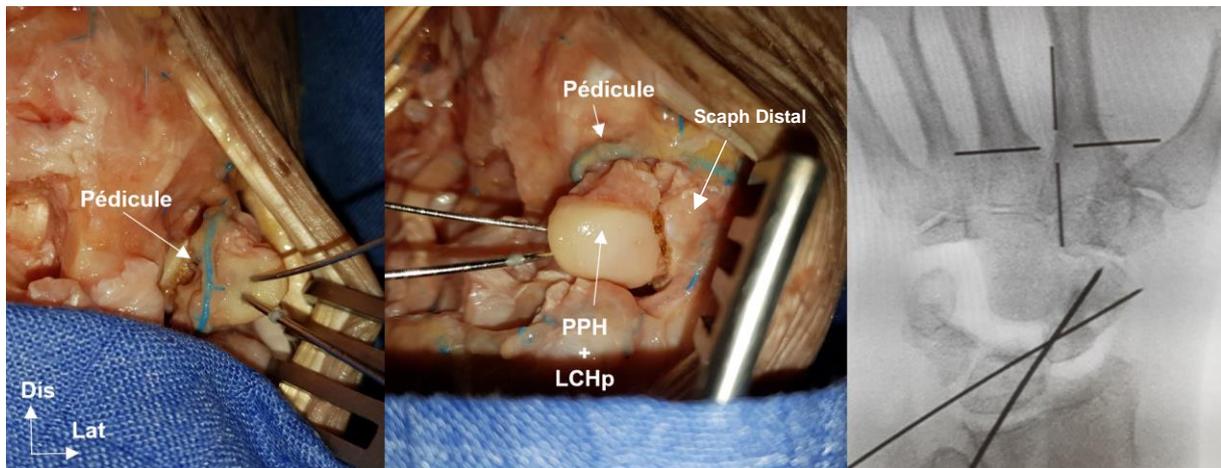


Figure 4-21 : Fixation temporaire par broches.

(Brochage temporaire du greffon et mise en place d'une broche anti-rotatoire. De gauche à droite : vue par en dessous de la face distale du greffon puis par-dessus avec le pédicule passant de palmaire en dorsal. Scopie de contrôle)

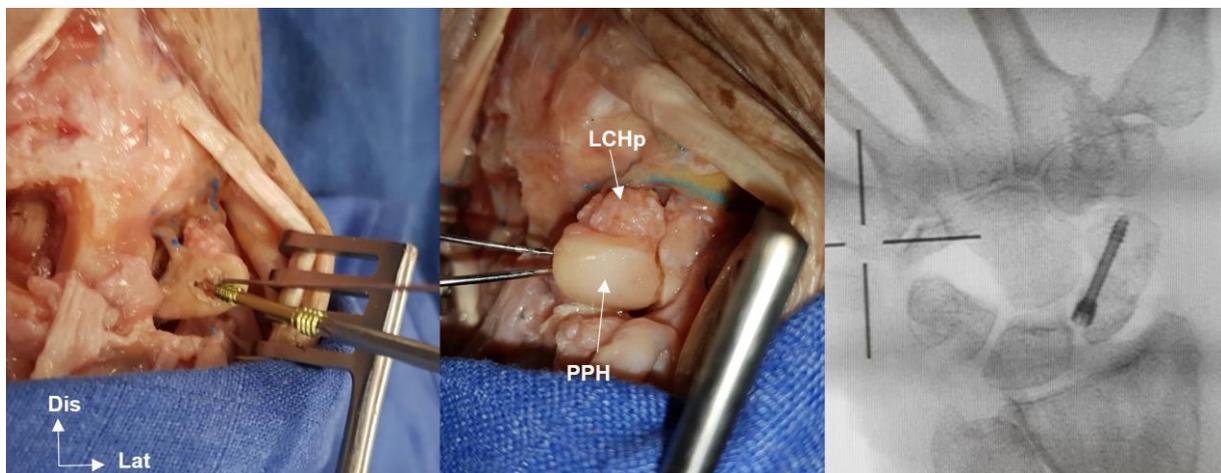


Figure 4-22 : Fixation par vissage canulé.

(Forage du greffon puis du pôle distal du scaphoïde restant. Mise en place d'une vis en compression. Aspect définitif de l'ostéosynthèse avec compression du foyer. L'aspect de la surface articulaire avec la fossette scaphoïdienne du radius doit être contrôlée et nous avons systématiquement réalisé des ostéotomies (même de petite taille comme chez ce sujet) à la pince liston afin d'éviter une incongruence)

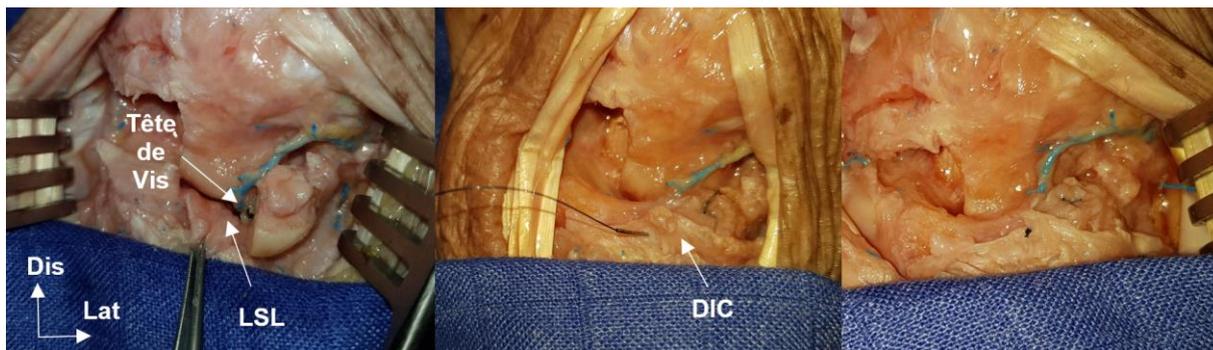


Figure 4-23 : Reconstruction du LSL.

(L'attention est ensuite portée sur la reconstruction du LSL, suture directe entre le moignon dorsal du LSL et le LCHP palmaire. Réalisation d'une capsulodèse dorsale à partir d'une hémi-bandelette du DIC. Le pédicule est forcément passé en intra-articulaire, la suture de la capsule articulaire doit donc être lâche au moment de la pénétration du pédicule dans l'articulation et il est important de vérifier l'absence de compression à cet endroit lors des mouvements dynamiques)



Figure 4-24 : Fermeture plan par plan (capsule, rétinaculum, peau).

Enfin, le rétinaculum des extenseurs est suturé à l'aide d'une plastie d'agrandissement et la peau est fermée plan par plan.

## 4.5 DISCUSSION

Ce travail anatomique nous permet de valider la faisabilité du lambeau de PPH pédiculé sur l'artère ICD. Cette technique a des avantages indéniables et ajoute un transfert vascularisé ostéo-chondro-ligamentaire sans avoir besoin d'anastomoses microchirurgicales dans l'arsenal thérapeutique déjà existant.

### 4.5.1 Vascularisation du lambeau d'hamatum

#### *ARTERIELLE*

Nous avons retrouvé le pédicule ICD pédiculé sur l'artère radiale chez 34 de des 35 sujets étudiés. Nos constatations sont en accord avec celles de Gelberman *et al.* qui ont mis en évidence que l'arche ICD était toujours présente, mais elle est alimentée par les artères ulnaire et IOA uniquement dans 7 % des cas (126). Cette dernière configuration empêche le prélèvement pédiculé de notre lambeau et un repérage pré-opératoire de l'artère nourricière sera nécessaire avant d'envisager cette chirurgie chez le vivant. Avec l'avènement de l'échographie ostéoarticulaire, les dernières générations d'échographes permettent aujourd'hui de repérer facilement la vascularisation voire la micro-vascularisation des tissus mous superficiels. Le repérage du pédicule sur un sujet sain est possible lorsqu'elle est réalisée par un échographiste expérimenté (**Cf. Partie III**). A noter que le transfert pourrait être réalisé sous forme pédiculée sur les perforantes de l'artère IOA ou même réalisé sous forme de lambeau libre si l'arche ne communique pas avec l'artère radiale (diamètre du pédicule de l'ordre de 1 mm de diamètre en moyenne à la face dorsale de l'hamatum). Un lambeau libre de base d'hamatum a été décrit dans la littérature avec succès dans la reconstruction des articulations interphalangiennes proximales (127). Mais notre étude n'a pas été conçue pour répondre à ces questions, et il serait intéressant d'étudier ces deux possibilités de repli en cas de pédicule absent.

Si l'arche ICD vascularise bien notre greffon, sa dissection impose le sacrifice des branches à destination du capitatum voire du trapézoïde. Il est important de noter que la vascularisation des os du carpe est double, palmaire et dorsale, et que le prélèvement de l'hamatum ne compromet pas la vascularisation des os du carpe restant (128,129) ni de l'hamatum restant qui reçoit des branches plus distales via l'arche basi-métacarpienne dorsale et palmaire par un vaisseau pénétrant au niveau du pied du crochet de l'hamatum (123). Mais il faut noter que chez 26 % des sujets de

notre étude une branche vascularisant le scaphoïde avait pour origine l'arche ICD. Sachant que le réseau dorsal du scaphoïde est à l'origine de 80% de sa vascularisation, il nous paraît indispensable de ne pas léser les branches dorsales de l'artère radiale au risque d'altérer la vascularisation du scaphoïde restant, et la capacité de consolidation de notre greffon. Il a été montré dans la littérature que les branches dorsales du scaphoïde proviennent dans 23% des cas d'un tronc venant de l'arche ICD (avant l'origine de l'artère intermétacarpienne du 2<sup>nd</sup> espace) ou dans 7% des cas à la fois de l'artère radiale et de l'arche ICD (3) (Fig. 4-25). Ces données sont comparables à celles que nous avons retrouvées lors de nos 30 dissections. Nous nous sommes attachés à prendre comme point pivot l'origine de la première intracarpienne dorsale (ou l'espace entre les longs et courts extenseurs radiaux du carpe) dans toutes nos dissections, afin de ne pas sacrifier de potentielles branches artérielles à destinée du pôle distal du scaphoïde. La ligature de l'artère intermétacarpienne dorsale du 2<sup>nd</sup> espace pourrait permettre un gain de longueur sans risquer de compromettre la vascularisation du scaphoïde mais celle-ci ne semble pas nécessaire. En effet nous n'avons retrouvé aucune tension sur le pédicule lors des manœuvres dynamiques après rotation à 180° et mise en place du lambeau dans la perte de substance du scaphoïde en respectant cette dernière.

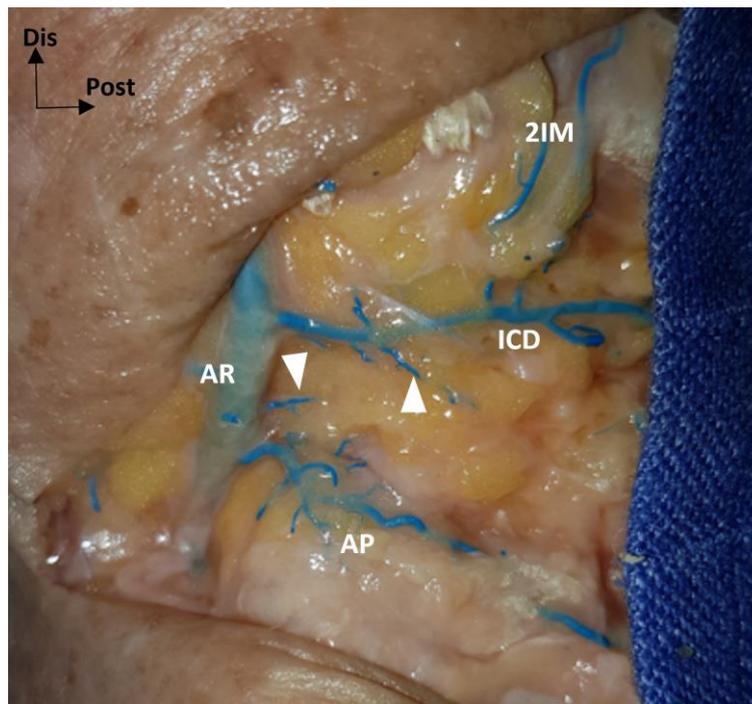


Figure 4-25 : Vascularisation dorsale du scaphoïde.  
 (Sujet réinjecté en artériel au latex bleu. Têtes de flèches : Branches à destinée du scaphoïde provenant de l'artère radiale (AR) et de l'ICD. 2IM : intermétacarpienne du second espace. AP : Arche proximale)

Le trajet du pédicule est également important pour minimiser la tension et nous avons choisi de le faire passer au niveau de l'articulation entre le néo-scaphoïde et le semi lunaire. La forme de l'hamatum permet de dégager un espace dans cette zone, évite les frottements dans l'articulation radio-scaphoïdienne, minimise le risque de plicature du pédicule et minimise la tension sur le pédicule.

Concernant la vascularisation intra osseuse Xiao *et al.* ont mis en évidence que la localisation du point d'entrée de l'artère la plus proximale et du tronc principal artériel le plus proximal pour chaque spécimen était de  $47 \% \pm 11 \%$ , et  $58 \% \pm 13 \%$  respectivement. Ces troncs principaux périostés font entre 0.20 et 0.12 mm de diamètre au moment de pénétrer l'os. Nous nous sommes basés sur cette étude afin de déterminer la taille minimale du prélèvement afin d'être certains de conserver une bonne vascularisation de notre greffon. Il est important de noter que c'est en dorsal que cette mesure doit être respectée, au niveau du point d'entrée des branches artérielles étant donné que des réseaux anastomotiques se forment ensuite dans l'os spongieux. Nous avons choisi de réaliser un prélèvement qui conserve le crochet de l'hamatum, car il serait gênant pour la congruence articulaire, et qu'un prélèvement partiel risquerait de compromettre la vascularisation du crochet et de l'hamatum restant. Le plan du prélèvement est donc dans un axe de dorsal en palmaire et de distal en proximal (*Fig. 4-26*). Nous avons montré que le prélèvement du lambeau d'hamatum en suivant ces critères n'entravait pas la vascularisation du greffon chez 5 sujets non réinjectés au préalable. Les petites branches périostées sont suffisantes pour vasculariser l'os comme cela a déjà été démontré dans les autres transferts pédiculés du carpe (Lambeau de Zeidenberg et Kuhlmann par exemple) (130)

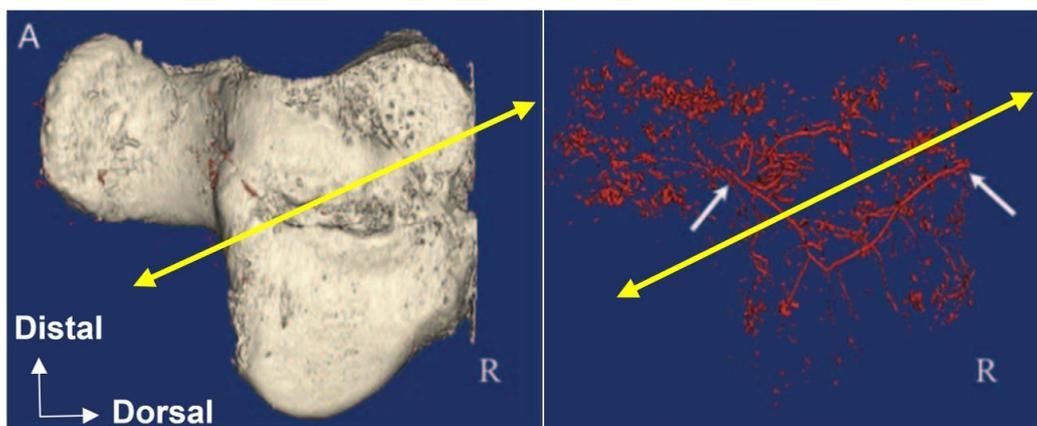


Figure 4-26 : Axe du prélèvement d'hémi-hamatum.

D'après l'article « Features of intra-hamate vascularity and its possible relationship with avascular risk of hamate fracture » Xiao *et al.* (123)

## VEINEUSE

Enfin si la vascularisation veineuse de l'hamatum n'est pas décrite dans la littérature nous avons systématiquement observé un pédicule veineux qui accompagne l'artère. Si la nécessité d'un bon retour veineux est indispensable pour les lambeaux musculaires ou cutanés il semblerait que les lambeaux osseux y soit moins sensibles du fait d'un drainage par suffusion au niveau de la médullaire de l'os sur la zone de coupe (131). Néanmoins la présence de veines comitantes ne doit pas être sous-estimée et le transfert pédiculé doit inclure les veines de drainage. Le repérage des veines proches de notre artère nous permet de prélever un pédicule plus fin. Plusieurs auteurs ont en effet mis en évidence que la dissection méticuleuse du pédicule et le retrait maximum de la lame périostée à l'approche des greffons ostéochondraux permettait d'éviter l'ossification hétérotopique du pédicule qui gêne la mobilité du poignet en créant des adhérences avec les tissus mous adjacents (*Fig. 4-27*) (86,132).



*Figure 4-27 : Ossification palmaire du pédicule vasculaire d'un lambeau de condyle fémoral.  
(Visualisable au scanner et à la radiographie : Images issues de l'article de Vedung et al. (132))*

Le pédicule mesure environ 3 cm de long et 1 mm de diamètre et permet d'atteindre le PPS sans aucune tension lors des mouvements dynamiques. Mais le prélèvement est possible sous sa forme pédiculée chez 96% des sujets uniquement. Le repérage préopératoire du pédicule est donc indispensable pour fiabiliser le geste chirurgical (**Cf partie III**)

#### 4.5.2 Stabilité du carpe et restauration de la biomécanique

Deux questions d'ordre biomécanique se posent concernant notre transfert. Premièrement, le prélèvement d'hamatum peut-il être à l'origine d'un déséquilibre biomécanique du carpe ? Deuxièmement, notre transfert est-il capable de restaurer la biomécanique normale du carpe ?

Concernant les séquelles biomécaniques potentielles du prélèvement du PPH plusieurs études préliminaires sont rassurantes.

Kakar *et al.*(133) ont réalisé une étude biomécanique anatomique sur 8 sujets s'intéressant uniquement aux séquelles du prélèvement. Une ostéotomie de l'hamatum emportant l'ensemble du PPH jusqu'au pied du crochet en palmaire a été réalisée avant d'être positionnée sur un stimulateur de mouvements cycliques. Cette étude s'intéresse uniquement aux conséquences de l'excision du PPH et aucune fracture ou pseudarthrose du scaphoïde n'est simulée (Scaphoïde natif sain laissé en place). Ils ont montré que pendant la flexion-extension du poignet et l'IU-IR, il n'y avait pas de différences statistiquement significatives sur la stabilité radio et médiocarpienne entre les conditions intactes et après ostéotomie du PPH.

Les deux premières études cliniques du transfert de PPH non vascularisé n'ont pas observé d'instabilité médiocarpienne ou de diastasis scapho-lunaire à la suite des prélèvements à un suivi de 3 ans ½ pour 1 patient et 14 mois pour 4 patients (70,72).

Les auteurs insistent sur l'importance de conserver le **ligament capito-hamate** en distal et en dorsal afin de ne pas déstabiliser l'hamatum restant (*Fig. 4-28*). L'articulation capito-hamatale est la plus stable du poignet et le LCH est composé de quatre parties : une portion palmaire, une portion interosseuse très solide et deux portions dorsales une distale et une proximale (134,135). La partie proximale dorsale du LCH est forcément sacrifiée au moment du prélèvement. Cependant il existe d'autres stabilisateurs et la seconde rangée du carpe est beaucoup plus stable que la rangée proximale (136). Le LCH est solide et son sacrifice partiel ne semble pas induire d'instabilité (134). Chez les 15 sujets ayant bénéficié de radiographies dynamiques, nous n'avons pas noté de différences avant et après prélèvement du greffon au niveau de l'articulation capito-hamatale restante.

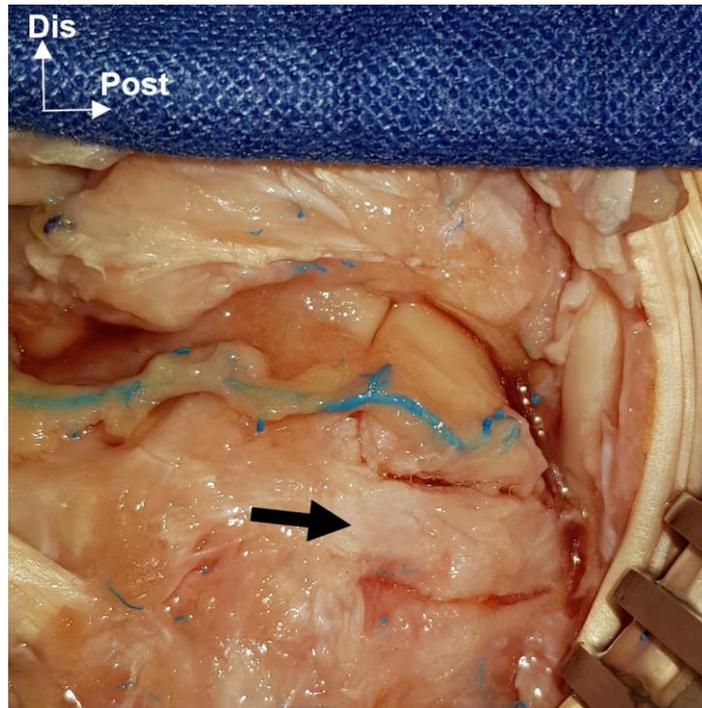


Figure 4-28 : Ligament capito-hamatal dorsal.

(La partie distale est pointée par la flèche noire : cette partie est à protéger et à conserver afin d'éviter une instabilité)

Au total, concernant les séquelles potentielles au niveau du site donneur : le respect du LCH dorsal et du ligament triquétro-hamatale est indispensable afin d'éviter la survenue d'une instabilité. Nous devons étudier les conséquences et trouver des solutions afin de prendre en charge un possible conflit au niveau du bord ulnaire du carpe après prélèvement du PPH.

Les auteurs insistent également sur l'importance de *conserver le ligament triquétro-hamate* afin de ne pas risquer une instabilité médiocarpienne. En effet le ligament triquétro-hamate s'attache sur la partie ulnaire et palmaire de l'hamatum et forme avec le ligament scapho-capitate le ligament arqué qui est un stabilisateur médio-carpien palmaire essentiel. Il évite la flexion palmaire de la première rangée du carpe (137). Nous avons retrouvé un léger distasis au niveau de l'articulation triquétro hamate en inclinaison radiale (Fig. 4-29). Mais quand on le compare a des radiographies de sujets sains, on se rend compte que la course du triquetrum sur l'hamatum est importante (Fig. 4-30). Elhassan *et al.* (70) proposent de renforcer le ligament triquétro-hamate par une ancre de façon systématique. Cette ancre permettrait de stabiliser cette articulation en inclinaison radiale notamment et il serait intéressant d'évaluer son rôle dans l'avenir.

Enfin dans l'étude de Saruhan (72) *et al.* un patient a présenté des douleurs au niveau du bord ulnaire du poignet pouvant témoigner d'un **conflit ulnaire** à la suite du prélèvement. Il s'agissait d'un patient peu compliant en post-opératoire ce qui peut également expliquer les douleurs et les moins bons résultats cliniques. Mais nous avons également observé dans 46% des cas un conflit entre la base de l'hamatum restant et le triquetrum en inclinaison ulnaire au niveau de l'articulation triquetro-hamatale (Fig. 4-29). Afin d'éviter un conflit en inclinaison ulnaire une interposition tendineuse pourrait être proposée pour combler l'espace mort et jouer le rôle de « spacer ». En effet les interpositions tendineuses sont encore largement utilisées en chirurgie de la main (138). Une héli-bandelette d'extenseur radial du carpe ou de long palmaire afin de maintenir un espace et combler la zone de prélèvement pourrait permettre de prévenir les conflits douloureux à ce niveau.

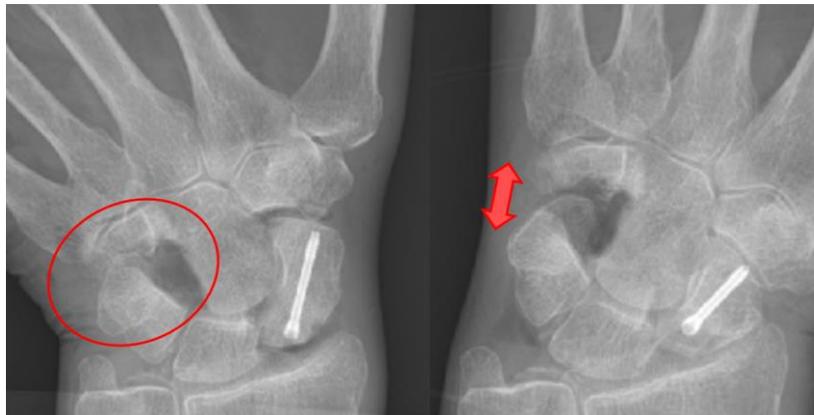


Figure 4-29 : Radiographie post-dissection : instabilité Triquetro-hamatale (Inclinaison ulnaire à gauche et en inclinaison radiale à droite. On note chez ce sujet un possible conflit entre le triquetrum et l'hamatum restant en inclinaison ulnaire. L'articulation en inclinaison radiale semble stable)



Figure 4-30 : Radiographies de sujet sains en IU et IR. (En IU l'hamatum est couché, et il s'étend en inclinaison radiale (Flèche noire) alors que le scaphoïde fait l'inverse. On peut noter sur ces images que la course du triquetrum sur l'hamatum est importante)

Enfin concernant la stabilité de la première rangée du carpe dans notre étude, nous n'avons aucun DISI ou VISI en post opératoire et aucun diastasis scapho-lunaire lors des radiographies dynamiques. L'harmonie de la première rangée semble conservée chez tous les patients.

Il faut noter que l'avantage majeur de cette technique est la possibilité théorique de reconstruction du LSL dorsal avec la portion palmaire du LCP ipsilatéral. Berger *et al.* ont démontré que la région dorsale du LSL est la zone la plus importante d'un point de vue structurel et fonctionnel (139). Si dans leur étude Gay *et al.* s'intéressent uniquement à la portion dorsale du ligament capito-hamate, ils ont montré qu'il avait des propriétés très proches du LSL (135). Ritt *et al.* ont examiné les portions du ligament capito-hamate et ont noté que le ligament palmaire était plus résistant que le ligament dorsal (171 N contre 133 N, respectivement) (140). L'ensemble de ces données justifient l'utilisation du LCHP comme greffon ligamentaire dans la reconstruction du LSL. Mais comme nous l'avons noté précédemment (**Cf. Partie I**) dans leur étude clinique Saruhan *et al.* n'ont pu l'utiliser que dans 1 cas sur 4. On observe en effet que le ligament palmaire est plus distal que la composante dorsale. En cas de petit greffon d'hamatum cette technique ne semble pas permettre de prélever un greffon ligamentaire suffisant pour reconstruire le LSL. Lors de nos dissections, nous avons systématiquement retrouvé un greffon de très bonne qualité étant donné que notre prélèvement est en moyenne 30% plus grand que les greffons décrits dans la littérature (**Cf. Partie III**)

Une autre observation est intéressante : l'un des sujets présentait une pseudarthrose du scaphoïde avec DISI en pré opératoire (*Fig. 4-31*). La chirurgie réalisée chez ce sujet a permis de corriger le DISI et de restaurer la hauteur du carpe (*Fig. 4-32*). Il est important de préciser qu'il s'agit d'une étude anatomique, et que malgré le fait que la même planche dynamique d'examen a été utilisée afin d'avoir des résultats les plus comparables possibles, cela ne prend bien sûr pas en compte la cicatrisation ligamentaire ni l'évolution dans le temps de ces reconstructions.

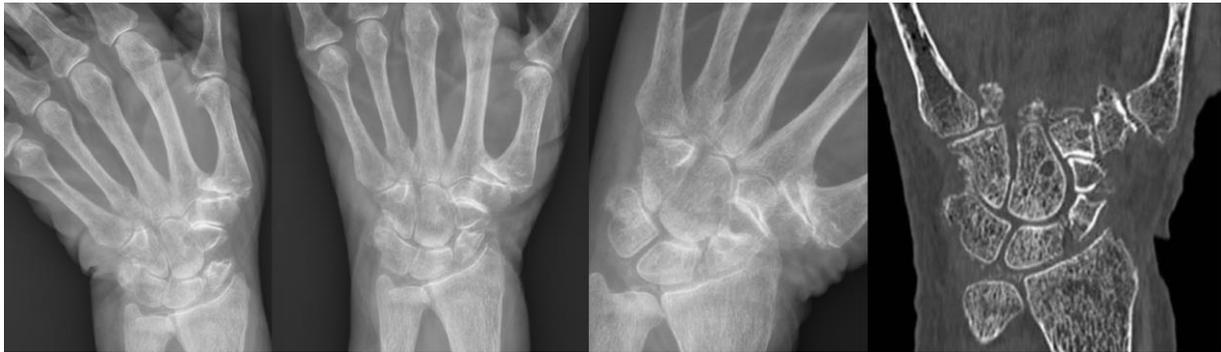


Figure 4-31 : Radiographies et scanner pré-dissection du sujet avec pseudarthrose du scaphoïde. (IU, face, IR, Scanner en coupe frontale).

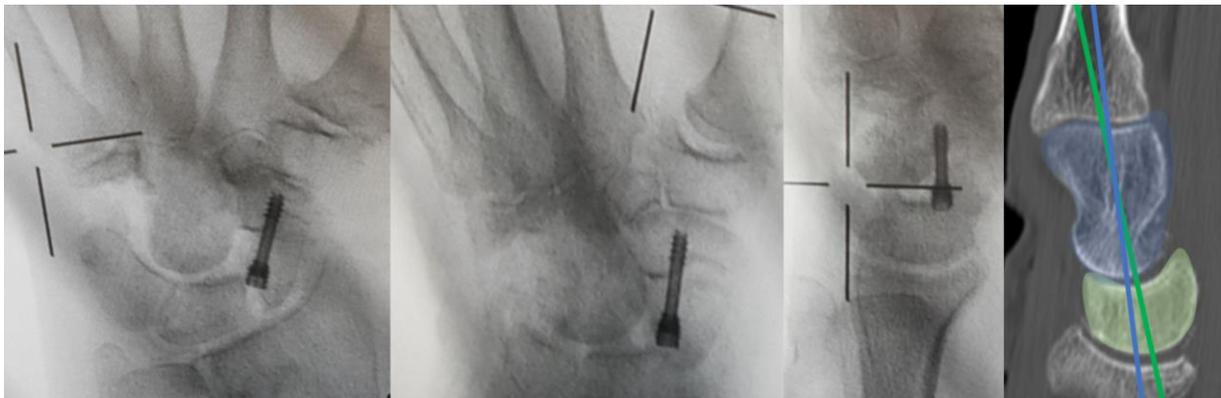


Figure 4-32 : Scopies post-dissection et scanner du sujet avec pseudarthrose du scaphoïde

Mais ces constatations sont en accord avec l'étude anatomique biomécanique de Burnier *et al.* (98). Ils ont comparé trois situations : poignet sain, fracture du PPS et reconstruction avec greffon d'hamatum. Ils ont mis en évidence que la condition « fracture » entraîne un changement statistiquement significatif de la cinématique du scapho-lunaire sur l'ensemble de l'arc de mouvement par rapport à l'état intact. Mais que la reconstruction avec des greffes d'hamatum proximal a restauré une cinématique scapho-lunaire proche de l'état intact dans les deux axes de flexion/extension et d'IU/IR. Le transfert d'hamatum aurait donc la capacité de restaurer une cinématique du carpe normale. Nous aurions voulu réaliser des imageries dynamiques après excision du PPS sans prélèvement du PPH comme l'on fait ces auteurs. Cela aurait pu permettre de mettre en évidence de façon élégante une déstabilisation suivie d'une restauration de la biomécanique. Cependant notre ostéotomie sur le scaphoïde est réalisée sur mesure après prélèvement du PPH. Notre étude dynamique aurait donc été biaisée par le prélèvement d'hamatum associé. Une autre solution aurait été de réaliser en premier lieu l'ostéotomie du PPS suivi de recoupe afin de faire correspondre le PPH au mieux dans un deuxième temps. Mais les comparaisons PPS et PPH n'auraient pas pu être réalisées du fait de plusieurs ostéotomies sur le scaphoïde. Il

n'y a cependant peu de doute qu'une instabilité survienne après une excision de 50% de la hauteur totale du scaphoïde comme c'est le cas dans notre étude (134).

Enfin dans leur étude Burnier *et al.* ont choisi d'exclure les lunatums de Type II selon la classification de VIEGAS car il craignait que cela puisse compromettre les résultats et se sont consacrés dans un premier temps au lunatum de type I. Dans notre étude nous n'avons pas choisi d'exclure ces patients et nous ne retrouvons pas de signes d'instabilité. Il sera nécessaire de poursuivre les investigations sur l'effet potentiel du type de lunatum sur les résultats et les séquelles potentielles du transfert.

Concernant la restauration de la biomécanique du carpe : dans notre étude nous avons systématiquement retrouvé un LCHP de très bonne qualité permettant la reconstruction du LSL du fait d'un prélèvement de taille importante. Enfin les études préliminaires anatomiques sont très encourageantes et la reconstruction du PPS par un PPH semble restaurer la cinématique du poignet, mais ces données devront être étudiées et vérifiées chez le vivant.

#### 4.5.3 Congruence articulaire

Des études anthropométriques et morphologiques (96,97) ont permis de mettre en évidence une bonne congruence entre PPS et PPH chez 65% des sujets en moyenne (96,97). Elles ont montré que si la congruence était majoritairement bonne, le risque de disparité était principalement situé au niveau de la crête radiale pouvant nécessiter la réalisation d'ostéotomies correctrices. Ceci est en accord avec nos données et une recoupe osseuse a été réalisée sur nos sujets afin que le prélèvement épouse la courbure du radius (**CF partie III**). Sur nos mesures on retrouve cette disparité au niveau de la hauteur et la largeur palmaire de notre prélèvement d'hamatum. Il est important de noter que cette recoupe n'empêche pas la bonne vascularisation du greffon car les vaisseaux pénètrent dans l'os par le bord radial de l'hamatum (dans sa position « native ») et la recoupe est réalisée sur le bord ulnaire du prélèvement.

Nous pouvons conclure que tous les hamatums ne sont pas forcément adaptés à la reconstruction du PPS. Bien que les données soient prometteuses, le chirurgien doit avoir des moyens d'étudier la morphologie de l'hamatum en pré-opératoire afin de déterminer s'il existe une similitude des surfaces articulaires avec le PPS avant de décider si le patient est un bon candidat pour cette chirurgie. (**Cf. Partie III**)

#### 4.5.4 Technique d'ostéosynthèse

Nous avons réalisé 15 procédures expérimentales lors de cette étude. Une vis en compression a été utilisée et nous n'avons pas broché l'articulation scapho-lunaire. Ce montage a été choisi car il permettait de réaliser des tests dynamiques post-opératoires. Cependant chez le vivant une immobilisation temporaire de l'articulation scapho-lunaire sera nécessaire afin de laisser la reconstruction du LSL cicatriser. Un brochage capito-lunaire associé à un brochage scaphoïde distal capitatum semble plus adapté qu'un brochage scapho-lunaire afin d'éviter de léser le pédicule.

Enfin un brochage simple semble également moins à risque de compromettre la vascularisation du lambeau de PPH comparé à un vissage (2) et nous favoriserons un brochage simple chez le vivant comme c'est fait pour le transfert de côte par exemple (**Cf. Partie I**) (61). Un des reproches fait au brochage par rapport au vissage est le fait que la présence de broches à retirer secondairement peut retarder le début de la rééducation et l'absence de compression au niveau du foyer peut retarder la consolidation. Cependant comme notre transfert est vascularisé la consolidation sera probablement plus rapide que dans les études précédentes (En moyenne 117 jours pour les 4 patients de la série de Saruhan *et al.*(72)). Les méta-analyses récentes montrent en effet un taux de consolidation plus important et plus rapide en cas de greffons osseux vascularisés en comparaisons aux greffons non vascularisés dans la prise en charge des nécroses avasculaire du PPS (141). Cela nous permettra un retrait rapide des broches et un début précoce de la kinésithérapie afin de maintenir des mobilités satisfaisantes.

Afin de ne pas compromettre la vascularisation du PPH un brochage simple du greffon semble moins à risque qu'un vissage en compression. De même que le brochage scaphoïde distal capitatum et luno-capitate semble plus adapté qu'un brochage scapho-lunaire chez les vivants afin de laisser le LSL cicatriser sans léser le pédicule.

#### 4.5.5 Possibilité en cas d'échec

Dans le cas du transfert d'hamatum, il ne semble pas y avoir de contre-indication à réaliser une RPRC. Les contre-indications principales étant l'arthrose capito-lunaire et la déviation ulnaire du carpe (112). De plus les études sur la biomécanique du carpe après RPRC ne retrouvent pas de contact entre l'hamatum et les deux os de l'avant-bras dans toutes les positions du carpe (112,114,115) et le PPH n'est pas le lieu d'attache des principaux ligaments stabilisateurs du poignet.

Enfin la réalisation d'une A4O peut être un peu plus compliquée mais ne semble pas impossible. Celle-ci nécessiterait l'utilisation d'un greffon osseux de volume plus important qu'utilisé de façon classique. Si le prélèvement d'hamatum reste vascularisé lors de la chirurgie de reprise, celui-ci pourrait servir de greffon intercalaire au moment du geste de sauvetage.

Néanmoins la réalisation de ces deux chirurgies après prélèvement d'un greffon de PPH devra être étudiée dans l'avenir.

#### 4.5.6 Place dans l'arsenal thérapeutique

Au tableau décrit dans la 1<sup>ère</sup> partie de ce travail, nous avons ajouté le transfert de PPH pédiculé (*Tableau 4-7*). Comme nous l'avons montré précédemment, aucune technique chirurgicale décrite dans la littérature ne répondait à l'ensemble des critères définissant la technique idéale jusqu'à aujourd'hui.

Tableau 4-7 : Récapitulatif des réponses aux exigences de la technique chirurgicale idéale

	<b>SURFACES ARTICULAIRES</b>	<b>STABILITE COUPLE SL</b>	<b>EVOLUTION DE L'ARTHROSE</b>	<b>PLAN B</b>
<b>EXCISIONS DU PPS</b>	-	-	<b>Type II</b>	+
<b>PROTHESE SILICONE</b>	+	-	<b>SILICONITE +++</b>	<b>Chirurgie lourde</b>
<b>AUTRES MATERIAUX</b>	+	-	?	+
<b>PROTHESE APSI</b>	+/- bon substitut	-	<b>Evolution de la maladie arthrosique</b>	<b>Ostéolyse ++ Arthrose Capitatum ?</b>
<b>ALLOGREFFE</b>	+	-	<b>Non vascularisé ?</b>	+
<b>TRANSFERT D'HAMATUM</b>	Radio-scaphoïdienne Scapho-capitate 65% +++ ou ostéotomies	<b>Capito-hamatal palmaire (Si prélèvement de taille suffisante)</b>	<b>Non vascularisé ?</b>	+/- ?
<b>TRANSFERTS DE COTE</b>	++	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Propriété du Cartilage ? ossification ? Vascularisation</b>	+
<b>TRANSFERT DE COTE VASC</b>	++	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Propriété du Cartilage ? ossification ?</b>	+
<b>TROCHLEE FEMORALE</b>	<b>Radio-scaphoïdienne Mais congruence ?</b>	<b>Surdimensionnement ?</b>	<b>Congruence ? Stabilité ?</b>	+
<b>2<sup>nd</sup> METATARSIEN</b>	<b>Oui mais congruence ?</b>	<b>Lig collatéral métatarsien</b>	<b>Congruence ?</b>	+
<b>TRANSFERT D'HAMATUM VASCULARISE</b>	<b>Radio-scaphoïdienne Scapho-capitate</b>	<b>Reconstruction Portion dorsale du LSL</b>	<b>Transfert congruent vascularisé qui restaure la biomécanique du carpe</b>	<b>Encourageant mais reste à Evaluer</b>

## 4.6 CONCLUSION

Cette étude anatomique a permis de valider la faisabilité de la greffe ostéo-chondro-ligamentaire vascularisée pédiculée d'hémi-hamatum pour reconstruire le PPS et la partie dorsale du LSL chez l'homme. Un des points positifs de ce travail est sa nature innovante et il s'agit de la première technique décrite dans la littérature répondant à l'ensemble des critères définissant la technique chirurgicale idéale.

La limite principale est son caractère anatomique et des études cliniques devront venir confirmer nos données. Malgré les incertitudes qui persistent, et qui sont inhérentes à la maturation de toute avancée chirurgicale, nous pensons que les données disponibles sont encourageantes et soutiennent la poursuite des investigations.

Si cette nouvelle approche semble prometteuse, une planification pré-opératoire stricte est nécessaire avant d'envisager sa réalisation chez le vivant. Il existe en effet des variations anatomiques individuelles de la morphologie et de la vascularisation des os du carpe. La 3<sup>ème</sup> et dernière partie de ce travail de thèse est donc consacrée à la mise au point d'un protocole de planification pré-opératoire chez le vivant à la fois échographique pour repérer le pédicule et scanographique pour identifier les bons candidats au lambeau d'hémi-hamatum.

## 5. PARTIE III : GREFFE OSTEO-CARTILAGINEUSE PEDICULEE D'HEMI-HAMATUM POUR RECONSTRUIRE LE PPS : PROTOCOLE DE PLANIFICATION PRE-OPERATOIRE CHEZ LE VIVANT

---

### 5.1 RESUME

**Introduction** : Le lambeau de PPH est une technique innovante mais sa faisabilité est conditionnée par l'anatomie du pédicule et ses résultats par une bonne congruence articulaire. Or il existe des variations anatomiques vasculaires et morphologiques des os du carpe. Il est important de s'assurer en pré-opératoire de la faisabilité du transfert.

**Objectif** : Mettre au point un protocole de planification pré-opératoire individuel permettant de repérer le pédicule et de s'assurer de la bonne congruence articulaire chez les patients candidats au transfert pédiculé de PPH.

**Matériel et méthode** : I) Deux témoins sains bénéficient d'une échographie en mode doppler avec une sonde club de golf (17Hz). Un radiologue expérimenté statue pour chaque examen s'il est capable de suivre et décrire les caractéristiques de l'ICD.

II) À partir de scanners de poignets de patients sains, l'hamatum, le scaphoïde et la surface articulaire du radius sont segmentés puis modélisés en 3D. La technique chirurgicale est simulée avec et sans ostéotomies correctrices. Les surfaces articulaires du PPH et le PPS sont ensuite comparées en utilisant un algorithme de mesure de la « distance entre 2 points les plus proches ». Les critères de distances moyenne, maximale et le pourcentage des distances entre 2 points inférieur à 1, 3 ou 5 mm sont retenus afin d'estimer la similitude des surfaces articulaires entre PPH et PPS.

**Résultats** : Nous avons pu suivre l'ICD et identifier sa communication avec l'artère radiale sur les 4 poignets. Nous avons testé notre protocole de segmentation, de simulation de la chirurgie et de comparaison des surfaces articulaires sur le scanner d'un sujet sain. Les résultats préliminaires ont mis en évidence une différence inférieure à 1 mm sur 74% de la surface articulaire vs 86% après ostéotomies correctrices.

**Conclusion** : Les résultats préliminaires de cette étude sont encourageants. Nous avons montré que le repérage échographique du pédicule était possible, et mis au point une technique de simulation de la technique chirurgicale et de comparaison des surfaces articulaires sur une imagerie scanner réalisée en routine.

**Mots clés** : Destruction du PPS, hamatum vascularisé, autogreffe vascularisée d'hamatum, planification pré-opératoire.

## 5.2 INTRODUCTION

Le transfert d'hémi-hamatum vascularisé est une technique intéressante et innovante, mais deux conditions demeurent indispensables avant d'envisager cette chirurgie : Le pédicule est-il présent chez mon patient ? Le patient présente-t-il un PPH adapté à la reconstruction de son propre PPS ?

En effet comme décrit précédemment dans la littérature il existe des variabilités inter-individuelles de vascularisation et de morphologie des os du carpe (1,2,92). S'il a été montré que le PPH était systématiquement vascularisé par l'artère ICD, il arrive que, dans 7% des cas, cette arche artérielle ne communique pas avec l'artère radiale à la face dorsale du poignet (123). La levée du lambeau sous sa forme pédiculée est donc impossible chez près d'un patient sur 20. Il est nécessaire de s'assurer en pré-opératoire que l'anatomie de du pédicule artériel permet le prélèvement du lambeau pédiculé, car les solutions de replis sont soit des chirurgies beaucoup plus lourdes nécessitant une anesthésie générale, soit des chirurgies nécessitant la commande d'implants prothétiques. Le geste opératoire et anesthésique doit donc être planifié en fonction de la présence ou non du pédicule de notre lambeau. Ce repérage est d'autant plus important que la fragmentation du PPS peut survenir à la suite de multiples traumatismes et chirurgies qui peuvent endommager le pédicule. La proportion de patient avec une arche ne communiquant pas avec l'artère radiale pourrait donc être plus importante que celle relativement faible retrouvée dans notre étude anatomique. L'échographie étant un examen dynamique, non invasif, indolore et précis, il semble être l'examen le plus adapté (142,143). Nous nous intéresserons à la capacité de cet examen à repérer et suivre le pédicule de notre lambeau.

Dans un second temps il est nécessaire de s'assurer que notre greffon de PPH s'adapte de façon satisfaisante avec la fossette scaphoïdienne du radius afin de restaurer une bonne congruence articulaire. En effet si les études morphologiques ont montré une assez bonne congruence articulaire pour le transfert non vascularisé d'hamatum (97), ces critères ne sont pas forcément extrapolables à notre greffon, car l'inclusion de la vascularisation du PPH impose de réaliser un prélèvement de taille plus importante et donc de morphologie légèrement différente. Une comparaison pré-opératoire sur mesure pour chaque patient nous semble pour l'heure inévitable.

L'objectif de cette III<sup>ème</sup> et dernière partie est de mettre au point et valider un protocole de planification pré-opératoire sur mesure chez le vivant à la fois échographique et scanographique afin de sélectionner les bons candidats pour le lambeau de PPH.

## 5.3 MATERIEL ET METHODE

### 5.3.1 Repérage du pédicule artériel : Etude échographique

Nous avons réalisé une échographie de la vascularisation de la face dorsale du poignet chez 2 sujets sains (4 poignets) indemnes de tout traumatisme ou chirurgie. Ces échographies ont été réalisées par un radiologue expérimenté avec un échographe (Aplio a450 - Canon Medical Systems®) en mode doppler en utilisant une sonde club de golf (17LH7 - Canon Medical Systems®) adaptée au repérage des tissus mous de la main (143).

Nous avons retenu comme critères d'évaluation : la capacité du radiologue à repérer l'ICD à la face dorsale de l'hamatum. Puis à la suivre jusqu'à l'artère radiale et à identifier la présence ou l'absence de communication avec celle-ci. Enfin des mesures du diamètre de l'ICD ont été réalisées en proximal (proche de l'artère radiale) et en distal (à la face dorsale de l'hamatum) et comparées aux données retrouvées dans la littérature et durant notre étude anatomique.

### 5.3.2 Congruence articulaire : Etude scanographique et modélisation informatique.

L'objectif principal est de mettre au point un protocole individuel de comparaison utilisable chez les patients candidats à la chirurgie : c'est à dire présentant un PPS détruit qui ne peut pas être pris comme référence pour la comparaison des surfaces articulaires. Mais la mise au point de ce protocole nécessite plusieurs étapes intermédiaires :

- I. Comparaisons de la morphologie de greffon de PPH prélevé selon notre technique et PPS natif chez le sujet sain. L'objectif étant de valider que la morphologie de notre greffon selon notre technique de prélèvement reste intéressante dans la prise en charge des destructions du PPS. Nous nous attendons à trouver des incongruences localisées nécessitant la réalisation d'ostéotomies (**Cf. partie II**). Une comparaison PPS et PPH après « ostéotomies virtuelles » sera également réalisée.

- II. Comparaisons entre scaphoïde reconstruit et fossette scaphoïdienne du radius chez le sujet sain. L'objectif étant de mettre au point un protocole validé de comparaison entre l'extrémité inférieure du radius et le scaphoïde reconstruit (pôle distal de scaphoïde + PPH) applicable au patient. Pour ce faire nous comparerons les résultats d'une comparaison entre la fossette scaphoïdienne du radius et le scaphoïde natif vs scaphoïde reconstruit. La mise au point d'un algorithme de comparaison interosseux sera nécessaire (144).
- III. Application et validation du protocole chez les patients présentant une destruction du PPS. Nous comparerons la simulation du scaphoïde reconstruit avec la fossette scaphoïdienne chez ces patients. Ce protocole doit nous permettre de sélectionner les meilleurs candidats pour la chirurgie. Ici encore, une comparaison entre fossette scaphoïdienne du radius et scaphoïde reconstruit avec ou sans « ostéotomies virtuelles » du PPH sera réalisée afin de déterminer si le patient doit bénéficier de recoupes osseuses afin d'augmenter la congruence du transfert.

#### *IMAGES SOURCES - POPULATION*

Nous récupérons de façon aléatoire des scanners de poignet haute résolution (Scanner SIMENSsensation64® - résolution isotopique de 0,27mm par coupes) réalisés à visée diagnostique dans notre établissement chez des patients consultant pour une pathologie n'atteignant ni le PPH, ni le PPS, ni le radius distal. Les scanners sont collectés de façon prospective par le radiologue lorsqu'il n'observe pas d'atteinte de ces trois os. Les demandes d'utilisation de données à caractère personnel à la CNIL ont été réalisées et acceptées (numéro PADS22-143) au sein de notre établissement (AP-HM).

#### *MODELISATION EN 3D DES OS*

Les images isotopiques scanner sont ensuite téléchargées sur le logiciel FSEYES® puis segmentées de façon manuelle afin d'obtenir la représentation des volumes des 3 os. Les images sont enregistrées au format *STL* et transférées sur le logiciel BLENDER®. Celui-ci nous permet en partant des volumes des os et en utilisant un algorithme de maillage volumique, de représenter les surfaces articulaires. Chaque surface correspond en réalité à un ensemble de points rapprochés (environ 3000 pour le PPS et 3500 pour le PPH), qui sont reliés entre eux pour former de toutes petites surfaces qui correspondent à des mailles (*Fig. 5-1*). L'ensemble des mailles

correspond au maillage de surface qui permet de visualiser les os en 3D et qui nous sert de base pour les comparaisons des surfaces articulaires.

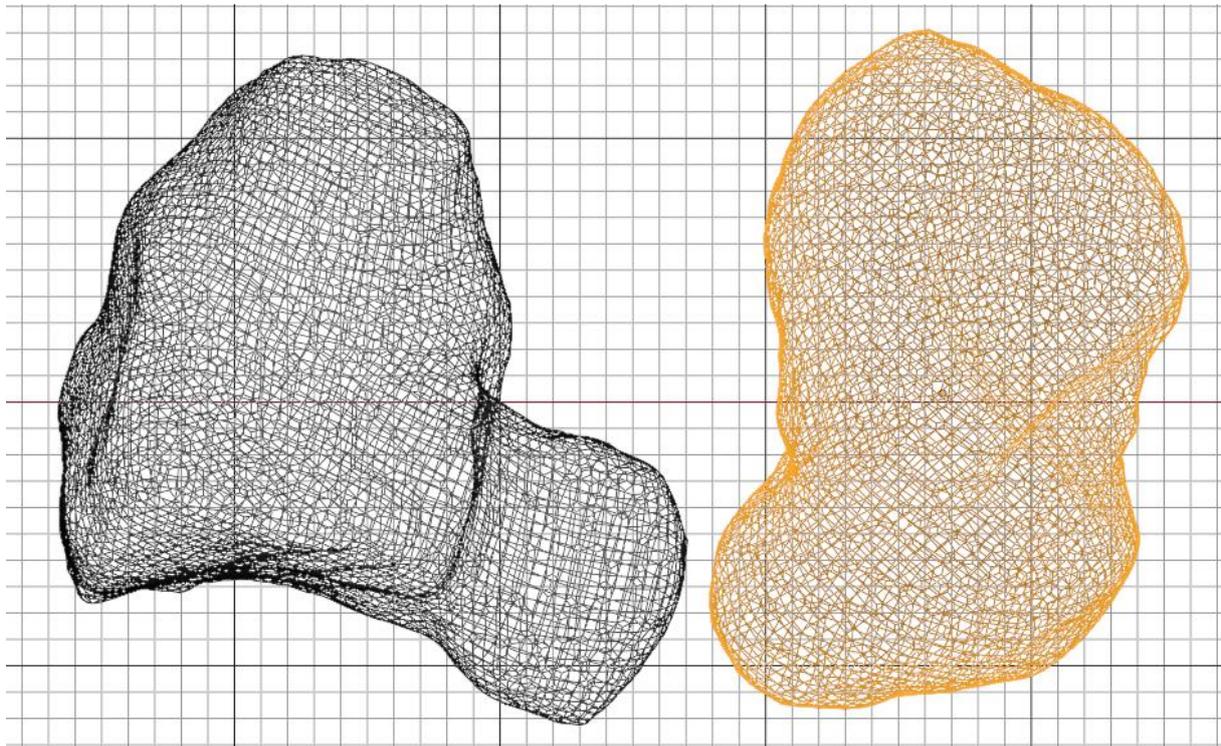


Figure 5-1 : Exemple de maillage de surface.  
(En noir Hamatum, en orange scaphoïde)

### **SIMULATION DE LA TECHNIQUE DE TRANSFERT**

Toujours sur le logiciel BLENDER®, les os modélisés en 3D sont recoupés manuellement selon des plans de coupes prédéfinis, puis séparés et mobilisés dans l'espace afin de reproduire la technique chirurgicale (excision du PPS et remplacement par un PPH tourné à 180°). L'élément qui conditionne notre prélèvement est l'hamatum : on sélectionne donc le plan de coupe passant en dorsal par 70% de la hauteur totale de l'axe principal de l'hamatum (droite passant de la pointe la plus proximale de l'hamatum, au milieu de la crête séparant les deux surfaces articulaires pour les bases des 4 et 5<sup>ème</sup> métacarpiens en distal) et le pied du crochet de l'hamatum en palmaire. Le PPS est ensuite tourné à 180° et superposé sur le PPS manuellement par le chirurgien afin d'obtenir la superposition qui semble la plus adaptée. Une ostéotomie du scaphoïde est alors réalisée afin de simuler l'excision du PPS en nous basant sur le greffon d'hamatum transféré virtuellement. Nous avons également simulé une ostéotomie correctrice du bord dorso-radial du prélèvement.

## COMPARISON DES SURFACES ARTICULAIRES

Après alignement, les maillages de surface superposés des PPH et PPS sont chargés dans le logiciel SPYDER®. Nous avons choisi de comparer l'ensemble des fragments osseux dans le même temps (surface radio-scaphoïdienne et scapho-capitate) afin d'être dans les conditions les plus proches de la réalité.

Nous avons utilisé un algorithme de distance entre deux points les plus proches afin de comparer les surfaces articulaires. Il consiste à trouver une paire de points dont la distance est minimale parmi un ensemble fini de points (3000 pour le PPS et 3500 pour le PPH). Nous avons choisi comme référence l'hamatum et pour chacun des 3500 points présents à sa surface le logiciel va trouver le point le plus proche parmi les 3000 points à la surface du scaphoïde et mesurer la distance entre ces deux points. On obtient donc 3500 distances qui sont une extrapolation des distances entre les deux surfaces.

La mise au point de l'algorithme de comparaison entre scaphoïde reconstruit et fossette scaphoïdienne du radius n'est pas encore terminée, mais elle est en cours. Il sera inspiré de la technique décrite par Willing *et al.* qui permet de mesurer des distances interosseuses de part et d'autre d'une articulation sur des images scanner.

### CRITERES MESURES AFIN D'ESTIMER LA CONGRUENCE ARTICULAIRE

Nous avons ensuite analysé ces distances en fonction des critères suivants : distance moyenne, distance maximale et enfin le pourcentage de distances entre deux points qui étaient inférieurs à 1 mm, 3 mm ou 5 mm. Nous avons choisi de caractériser les patients congruents en nous basant sur une étude récente de Moore *et al.* qui ont montré que l'épaisseur du cartilage articulaire des os du carpe était d'environ 1 mm (145). Les patients qui ont 90% des distances <1 mm sont considérés comme congruents (ie. 90% de la surface articulaire du PPH est similaire au PPH avec moins d'1 mm de marge d'erreur)

## 5.4 RESULTATS

### 5.4.1 Résultats échographiques

Il a été possible de suivre l'arche ICD chez les 4 sujets sains. Le diamètre de la lumière de l'artère mesurait en moyenne 1,3 mm de diamètre en proximal et 1.1

mm en regard de l'hamatum. L'arche communiquait avec l'artère radiale dans 100% des cas. Elle chemine dans un espace assez superficiel qui est bien délimité : entre les os de la deuxième rangée du carpe en profondeur et les extenseurs des doigts et du poignet en superficiel la rendant facilement identifiable (*Fig. 5.2 à 5.5*). Les veines sont visualisées mais elles sont difficiles à suivre car elles sont petites et leur paroi est souple, elles sont donc facilement collabées par le poids de la sonde.

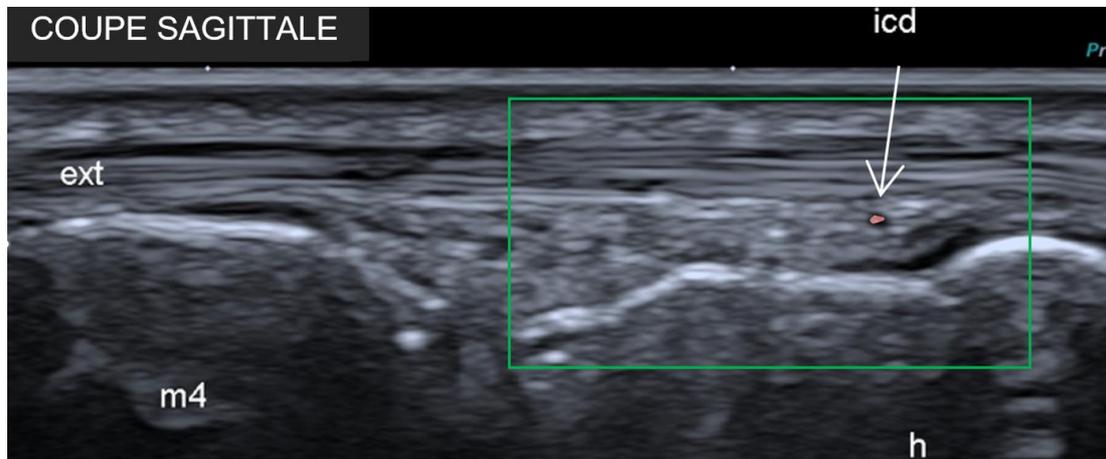


Figure 5-2 : Echographie doppler 1<sup>ère</sup> étape : Repérage du pédicule à la face dorsale de l'hamatum. (Ext : extenseur du 4eme rayon, m4 : 4ème métacarpien, icd : artère intracarpienne dorsale, h : Hamatum)

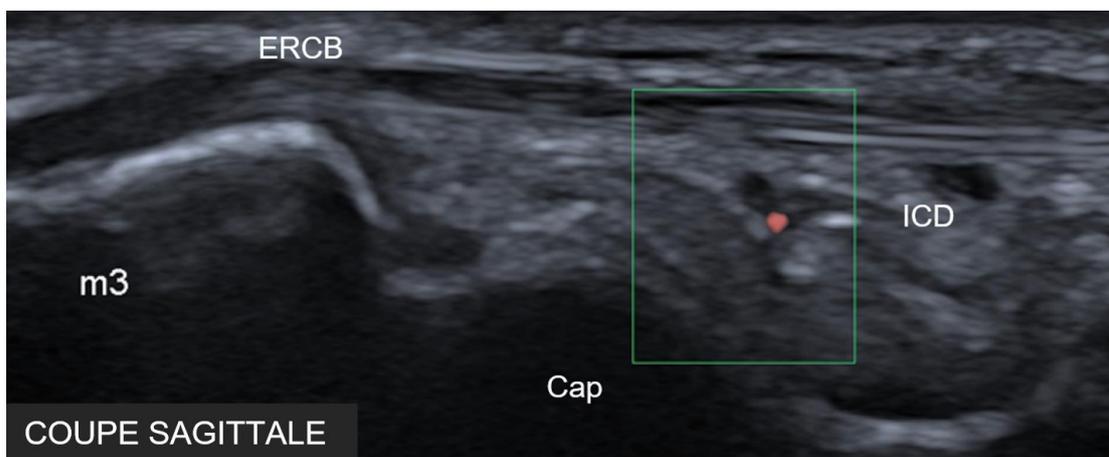


Figure 5-3 : Echographie doppler 2<sup>ème</sup> étape : Nous suivons le pédicule sur une coupe sagittale afin de contrôler sa continuité. (ERCB : court extenseur radial du carpe, m3 : 3ème métacarpien, icd : artère intracarpienne dorsale, Cap : capitulum)

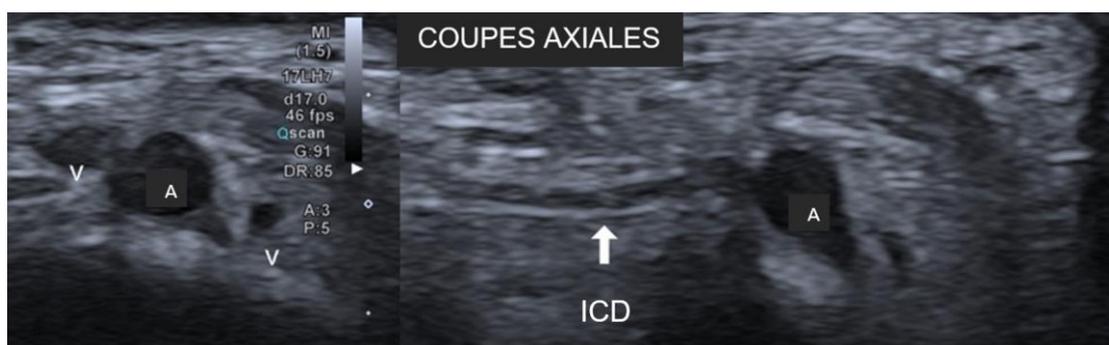


Figure 5-4 : Echographie mode B 3<sup>ème</sup> étape : Repère du pédicule radial artérioveineux. (V : veine radiale, A : artère radiale, le flèche montre le pédicule ICD)

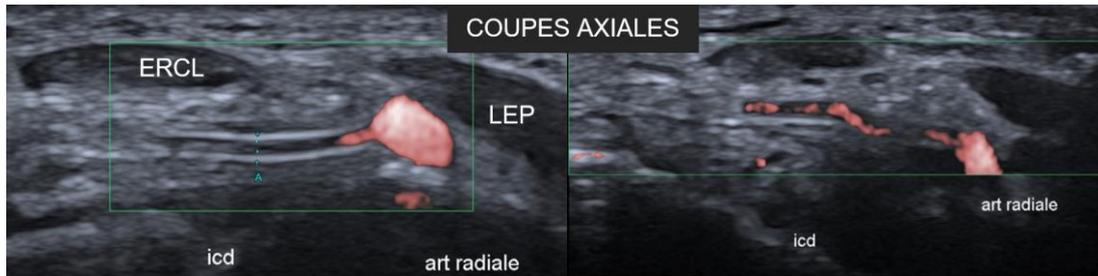


Figure 5-5 : Echographique doppler 4<sup>ème</sup> étape : Repère du pédicule et confirmation d'un flux artériel en doppler (icd : intracarpienne dorsale, LEP : long extenseur du pouce, ERCL : long extenseur radial du carpe)

#### 5.4.2 Résultats scanographiques et de modélisation informatique

Il s'agit de **résultats préliminaires**, un seul scanner a pour le moment été étudié. Mais celui-ci nous a permis de mettre au point une technique de comparaison 3D qui fonctionne et de faire les premières comparaisons de surfaces articulaires entre PPH et PPS chez ce sujet (**1<sup>ère</sup> étape du travail de comparaison**).

La segmentation, la modélisation, la prise de mesures, la simulation du transfert et les recoupes osseuses sont possibles sur les logiciels FSLEYES et BLENDER (Fig. 5-6 à 5-10)

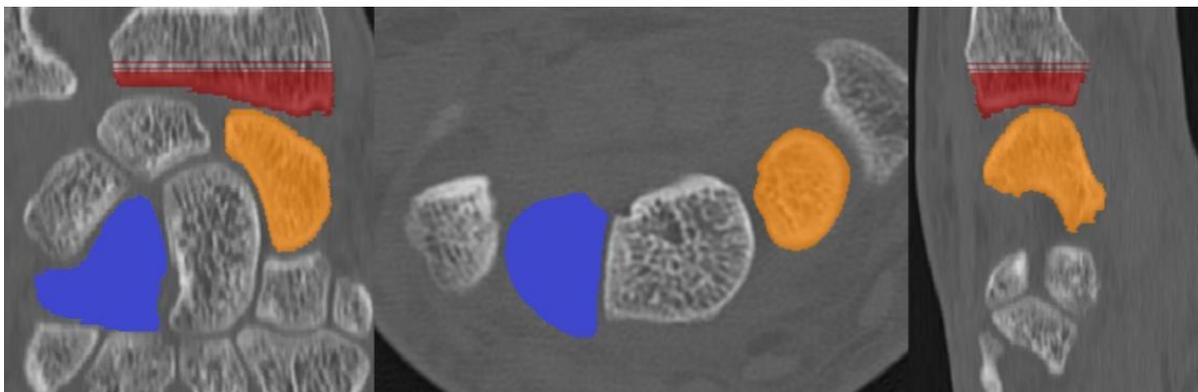


Figure 5-6 : Exemple de segmentation manuelle sur le logiciel FLEYES® (Coupe frontale, axiale et sagittale de scanner) : Scaphoïde en Orange, Hamatum en Bleu et Radius en Rouge. Sur les coupes d'intérêt du scanner les 3 os sont sélectionnés afin d'obtenir une succession de coupes permettant d'extrapoler ensuite un volume.

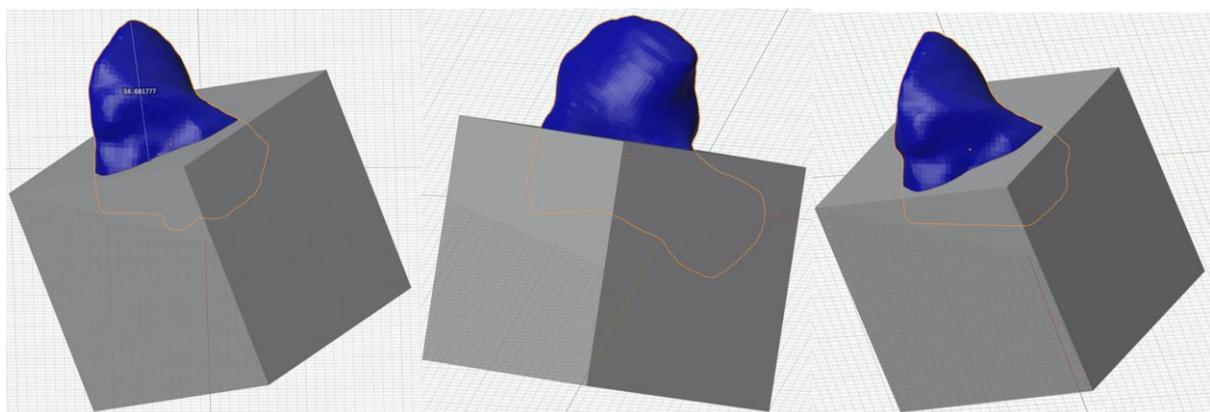


Figure 5-7 : Définition du plan de coupe sur BLENDER® (Respect des critères : 70% de la hauteur en dorsal et respect du crochet en palmaire > Plan oblique en palmaire et en proximal)

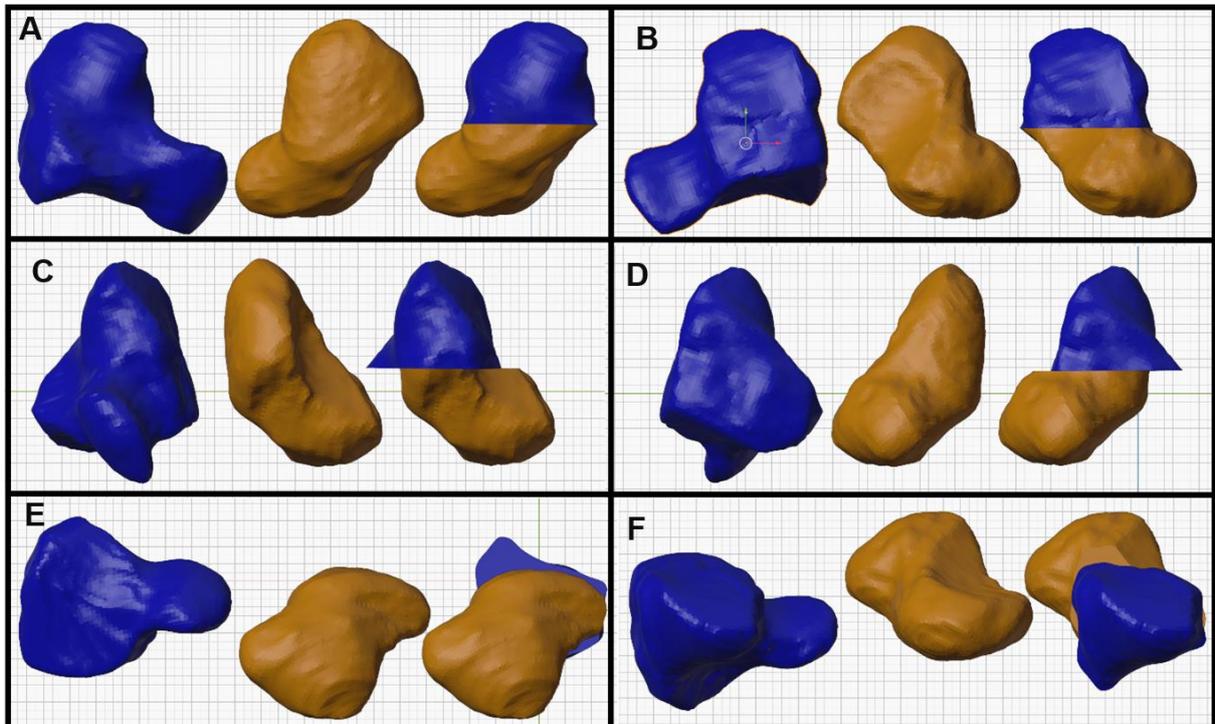


Figure 5-8 : Représentation 3D des os sur le logiciel BLENDER® des 6 faces des os natifs et du scaphoïde reconstruit.

(Scaphoïde en Orange, Hamatum (tourné à 180°) en Bleu et modélisation du transfert d'hamatum sur le scaphoïde à droite. A. vue supérieure, B. vue inférieure, C. vue antérieure, D. vue postérieure, E. vue radiale, F. vue ulnaire)

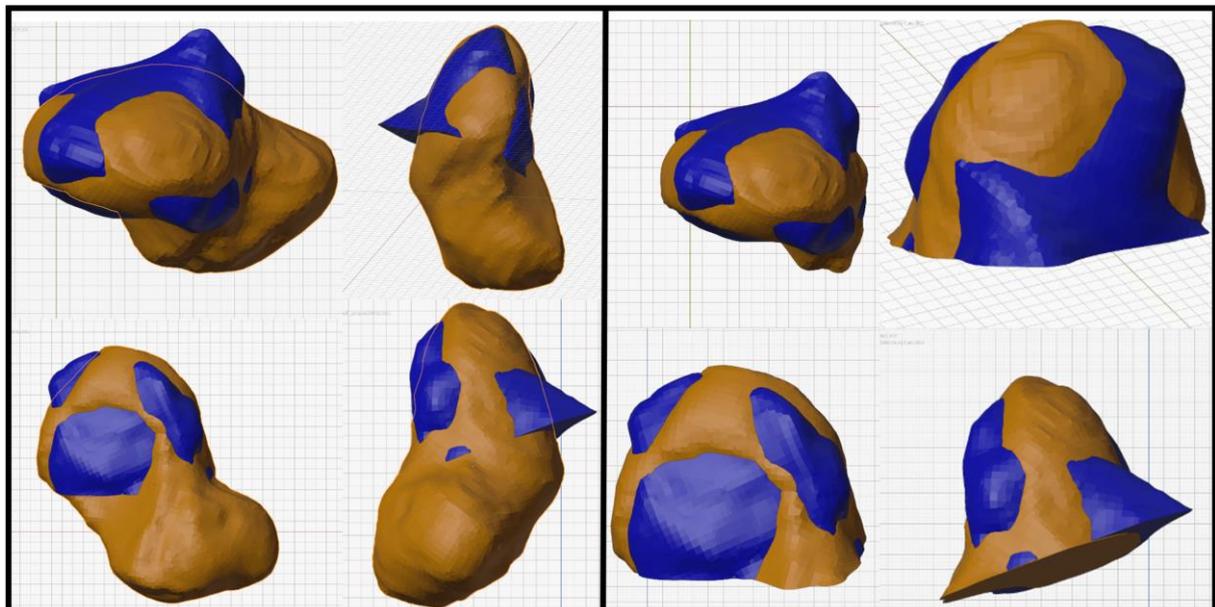


Figure 5-9 : Superposition osseuse sur le logiciel BLENDER® Avant Ostéotomies correctrices

(A Gauche on positionne manuellement le greffon de PPH sur l'ensemble du scaphoïde afin qu'il épouse au mieux la forme du PPS. A droite : le scaphoïde distal est recoupée afin de pouvoir exporter les deux pôles proximaux dans le logiciel de comparaison des surfaces.)

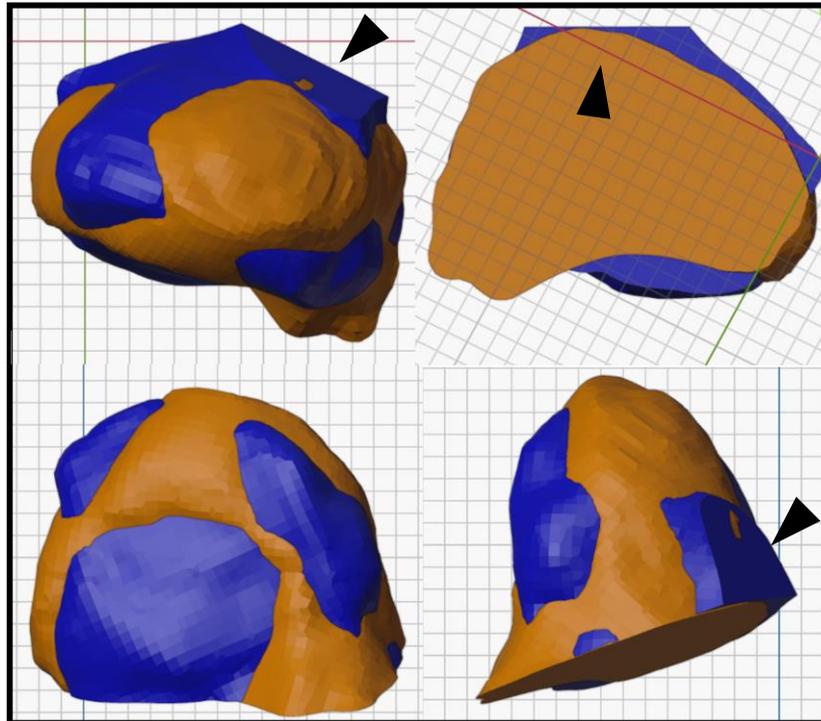


Figure 5-10 : Superposition osseuse sur le logiciel BLENDER® Après Ostéotomies correctrices  
(Recoupe : têtes de flèches noires)

Les premières mesures ont pu être réalisées sur le logiciel SPYDER (Fig. 5-11 et 5-12). Elles ont mis en évidence que la distance moyenne entre deux points après superposition manuelle était de 0,82 mm, la distance maximale de 5,11 mm. Le pourcentage de surface <1 mm est de 73,9%, <3 mm de 98,5% et < 5mm de 99,3%.

Après ostéotomies virtuelles la distance moyenne est de 0,69 mm, la maximale de 2,55 mm. Le pourcentage de surface <1 mm est de 85,8%, <3 mm de 100% et <5 mm de 100%.

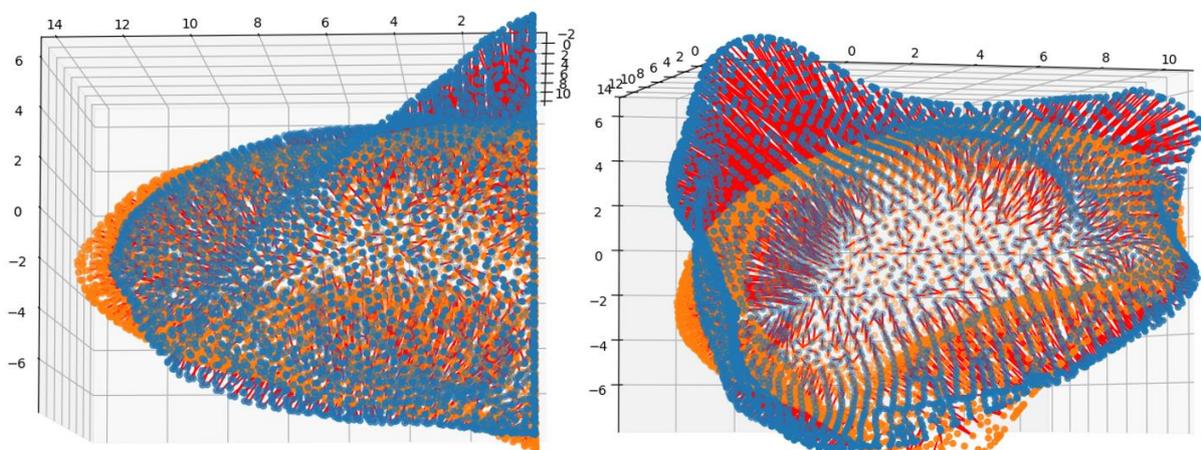


Figure 5-11 : Rendu graphique des comparaisons point par point des deux surfaces articulaires.  
(En bleu le PPH, en orange le PPS. La distance entre deux points est représentée par les traits rouges.)

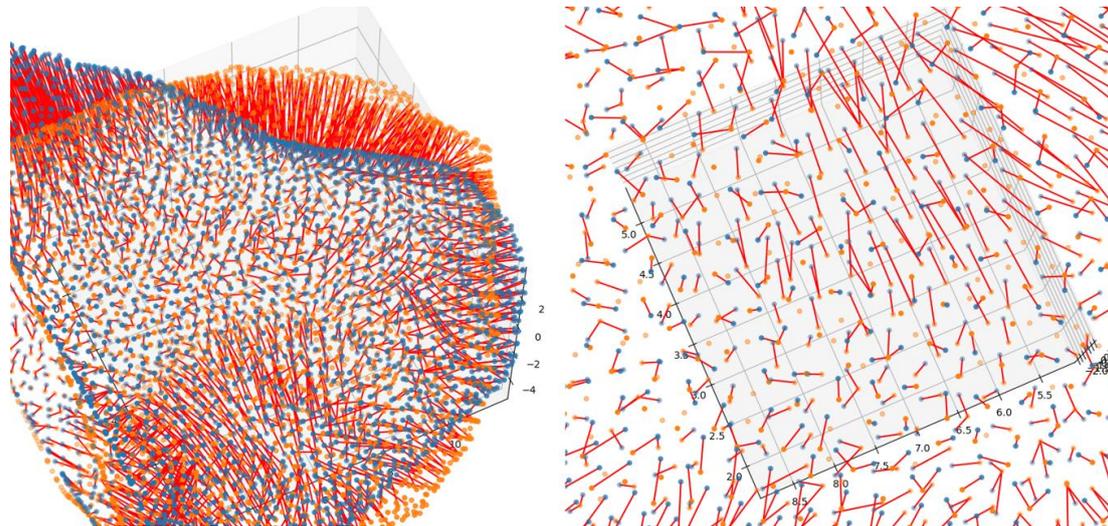


Figure 5-12 : Représentation graphique des comparaisons de surfaces.  
(Chaque trait rouge représente la distance entre un point à la surface du PPH et le point le plus proche sur le PPS.)

## 5.5 DISCUSSION

### 5.5.1 Identification du pédicule

Le repérage échographique par un radiologue expérimenté est possible. Il s'agit d'un examen, simple, non invasif, indolore, dynamique et rapide qui nous permettrait de repérer et suivre le pédicule avant d'envisager une chirurgie. Les mesures échographiques des diamètres de l'ICD sont tout à fait comparables aux mesures retrouvées lors de notre étude anatomique.

Néanmoins l'échographie est un examen opérateur dépendant et nous n'avons pour le moment pas de comparaison avec un « gold standard ». La seule manière de vérifier de façon non chirurgicale la présence de l'arche est de réaliser une angiographie qui est un examen extrêmement douloureux car nécessitant d'injecter du produit de contraste sous pression afin d'observer des vaisseaux de si petit diamètre. Une autre solution serait l'angioscanner, mais celui-ci ne permet pas de réaliser des coupes assez précises en pratique clinique courante pour s'assurer de la présence d'une communication avec l'artère radiale. Blum *et al.* ont mis en évidence que la résolution d'un angioscanner ne permet pas de décrire de façon précise les artères au-delà des arches palmaires. Ils ne recommandent pas l'étude des artères digitales (qui font en moyenne 1 mm comme notre pédicule) (146). Pour pallier à la présence d'un « gold standard » non chirurgical, et afin de valider la capacité de l'échographie à repérer l'arche ICD et sa communication avec l'artère radiale nous mettrons en place un protocole chez les patients bénéficiant d'une chirurgie avec un abord dorsal du

carpe (toutes chirurgies confondues). Une échographie sera réalisée en pré-opératoire et une confirmation per-opératoire permettra de vérifier les conclusions tirées en échographie. En effet le pédicule est facilement visualisable à la face dorsale du poignet lors de toute chirurgie par abord dorsal du carpe.

Enfin les chirurgiens plasticiens étant de plus en plus habitués à utiliser les échographes afin de repérer les artères perforantes cutanées pour la réalisation de lambeaux perforants par exemple (142), une utilisation par l'opérateur lui-même est envisageable et est d'autant plus intéressante pour la planification pré-opératoire (147). Mais la capacité des chirurgiens à repérer le pédicule en comparaison avec un radiologue expérimenté devra également être étudiée.

Le repérage échographique du pédicule par un échographe expérimenté semble possible, fiable et reproductible.

#### 5.5.2 Congruence articulaire

##### ETAPE I : CONGRUENCE ARTICULAIRE ENTRE PPH ET PPS

Les premières comparaisons sur notre sujet donnent des résultats qui témoignent d'une plus grande incongruence que les études précédemment décrites dans la littérature (96,97). En effet après superposition manuelle avant ostéotomies nous avons retrouvé une distance moyenne entre deux points de 0,82 mm, un pourcentage de surface ayant une distance <1 mm est de 73,9%, <3 mm de 98,5% et <5 mm de 99,3%. Dans la littérature il est rapporté que la congruence articulaire entre le PPS et PPH est satisfaisante dans la majorité des cas (96,97). Wu *et al.* ont réalisé une étude scanographique sur sujets anatomiques, et la surface articulaire triquétrohamatale de 20 fragments d'hamatum sur 29 (69%) ont été classés comme étant congruents car ils avaient une distance absolue moyenne inférieure à 1 mm en comparaison avec la surface radio-scaphoïdienne du PPS. En 2019 Kakar *et al.* ont réalisé une étude sur des imageries de patients sains. 6 des 10 autogreffes de PPH étudiées avaient une correspondance <1 mm sur plus de 90% des surfaces triquétrohamatale et radio-scaphoïdienne. Nous nous rapprochons de ces valeurs après ostéotomies sans les atteindre en obtenant un pourcentage de surface <1 mm de 85,8%.

Ces premières constatations ne sont pas étonnantes et peuvent être dues à quatre raisons principales :

- En préservant la vascularisation de l'hamatum il semble que nous augmentions les disparités car nous prélevons un greffon plus grand. En effet la taille moyenne de notre greffon est de 14,9 mm en moyenne soit près de 30% plus grand que les ostéotomies fictives réalisées par Wu *et al.* dans leur étude anatomique sur scanner 3D (96). Si on s'intéresse à l'anatomie de l'hamatum, on observe que lorsque l'on remonte le long de l'hamatum il s'évase afin d'épouser les bases des 4 et 5<sup>ème</sup> métacarpiens (Fig. 5-13). La largeur de l'hamatum, qui devient la hauteur de notre greffon est donc plus grande que la hauteur du plan de coupe du scaphoïde.

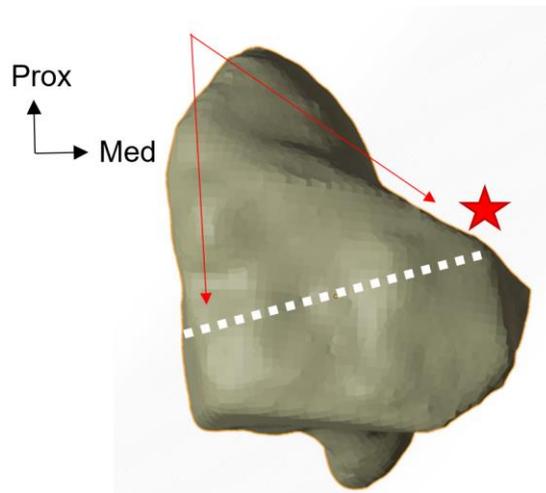


Figure 5-13: Représentation schématique du prélèvement.  
Etoile rouge : zone d'incongruence maximale

- Nous avons choisi d'étudier l'ensemble des surfaces du greffon en une seule fois alors que les études précédentes ne se sont focalisées que sur la surface radio-scaphoïdienne. Il s'agit bien-entendu de la surface la plus importante à restaurer, mais l'intérêt du transfert d'hémi hamatum nous semble minime s'il induit une incongruence importante au niveau de son articulation avec le capitatum. L'étude du greffon en un seul bloc semble plus logique afin d'évaluer l'intérêt morphologique du greffon.
- Nous avons réalisé des superpositions manuelles. Des algorithmes permettent de repositionner le fragment de manière « idéale » afin de minimiser au maximum la distance entre les deux surfaces ont été utilisés dans les études précédentes (97,98). Kakar *et al.* concluent sur les résultats après repositionnement automatique et annoncent que 6 des 10 autogreffes de PPH étudiées ont une correspondance <1 mm sur plus de 90% des surfaces articulaires. Or si on s'intéresse aux résultats avant repositionnement automatique aucun patient n'atteint 90% de congruence (97). Une comparaison utilisant un algorithme de ce

type sera également réalisée permettant de se mettre dans des conditions idéales afin d'évaluer la congruence entre PPH et PPS. Néanmoins la comparaison après positionnement manuel est plus proche de la réalité car elle souligne la capacité du clinicien à réaliser un montage congruent.

- Enfin notre patient pourrait tout simplement faire partie des 35% de patients peu congruents. Une étude sur un plus grand nombre de sujets est en cours.

Enfin dans la littérature comme dans notre étude anatomique, c'est au niveau des berges du greffon qu'il existe le plus de disparité, notamment la berge radiale et dorsale qui s'articule avec la styloïde radiale. Wu *et al.* avaient conclu qu'en l'absence d'ostéotomies correctrices, le PPH pourrait être responsable d'un conflit avec le radius distal (96). Ces données sont en accord avec nos mesures (**Cf. Partie II**) et nous retrouvons une disparité au niveau de la hauteur et de la largeur palmaire de notre prélèvement d'hamatum (l'hamatum est en moyenne plus haut de 3,9 mm et plus large en palmaire de 2,2 mm). Des ostéotomies correctrices ont été réalisées chez tous nos sujets lors de l'étude anatomique. Mais il est important de noter que celles-ci ne compromettent pas la bonne vascularisation du greffon car les vaisseaux pénètrent dans l'os par le bord radial (123) et la recoupe est réalisée sur le bord ulnaire du prélèvement (*Fig. 5-14*). Xiao *et al.* ont en effet mis en évidence que lorsque que l'on sépare l'hamatum en deux selon son grand axe (ulnaire/radial) l'ensemble des troncs principaux pénètrent l'os du côté radial (123).

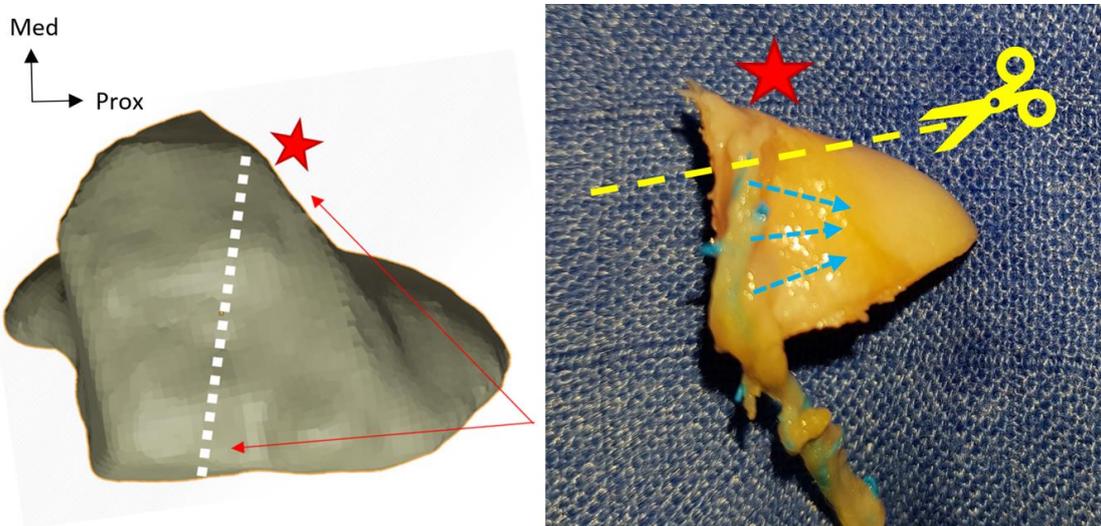
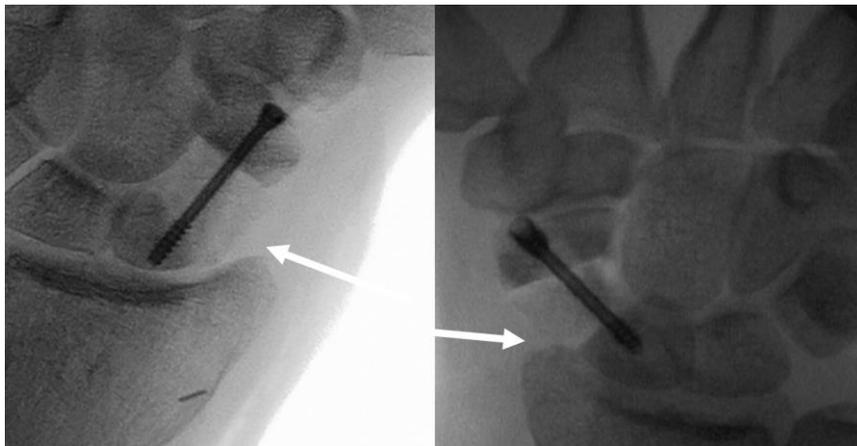


Figure 5-14 : Représentation schématique de la recoupe osseuse nécessaire sur une vue dorsale de l'hamatum dans sa position native. (A gauche vue dorsale, à droite vue palmaire. Flèches bleues axe du pédicule avec les perforantes osseuse s'anastomosant en interosseux. Jaune : axe de l'ostéotomie correctrice dorso-radiale. Etoile rouge : zone d'incongruence maximale)

Nous avons simulé ces recoupes sur notre modélisation et on observe alors une amélioration significative de la congruence. En effet on passe de 0,82 à 0,69 mm de distance moyenne et 73,9% à 85,8% de surface avec une différence <1 mm.

Mais cette recoupe induit inévitablement qu'une petite partie du scaphoïde soit alors dépourvue de cartilage. Si on compare notre technique avec les autres techniques de greffe intercalaires (Crête iliaque ou condyles fémoraux décrites dans la littérature dans la prise en charge des pseudarthroses sans destruction du PPS) cela ne semble pas avoir de conséquences à long terme (*Fig. 5-15*) (148). Enfin cette zone fait face au cartilage de la styloïde radiale et il sera intéressant d'associer une styloïdectomie chez les patients afin d'éviter la survenue d'arthrose. Une autre solution un peu plus originale serait de cureter l'os sous chondral et de repositionner ensuite la languette de cartilage sur la face radiale du greffon d'hamatum vascularisé. Cette technique semblable à celle décrite chez une patiente atteinte de maladie de Preiser par Vidal *et al.*(25) s'apparente aux techniques de mosaïco-plasties réalisées sur les cartilages du membre inférieur (149).



*Figure 5-15 : Greffon intercalaire de condyle fémoral ostéospongieux. On note au niveau de la partie dorsale du prélèvement qu'il existe une zone dépourvue de cartilage en regard de la styloïde (Flèches blanches). Pulos et al. (148)*

Enfin si l'importance de la congruence articulaire peut paraître évidente il a été montré par Hill *et al.* que dans le transfert de condyle fémoral ostéochondral la congruence était parfois médiocre et n'avait pourtant pas de conséquence sur l'efficacité de cette technique (*Fig. 5-16*) (99). Les résultats à plus long terme du transfert ostéochondral de condyle fémoral nous diront si cette incongruence n'induit pas d'arthrose prématurée.

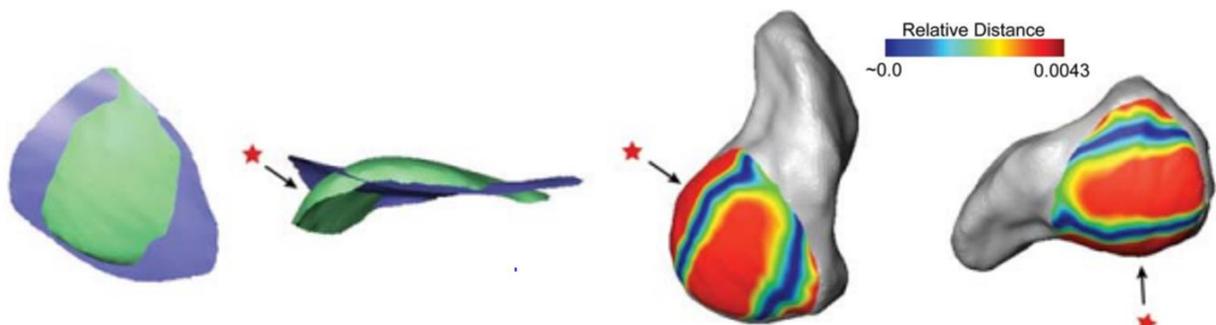


Figure 5-16 : Etude de la congruence articulaire dans le transfert ostéocondral de confyle fémoral (Image tirée de l'article de Hill et al. (99) A gauche superposition du PPS (en vert) avec un condyle fémoral chez le même patient (en bleu). A droite une représentation graphique de la comparaison des surfaces : on observe des zones d'incongruences importantes représentées par les plages de couleur rouge. L'étoile rouge représentant la zone la plus incongruente)

D'après les données de la littérature et notre expérience sur nos dissections anatomiques nous nous attendons à retrouver une incongruence au niveau de la zone dorso-radiale du scaphoïde reconstruit nécessitant une ostéotomie supplémentaire. Cette recoupe ne compromet pas la vascularisation du greffon mais induit inévitablement qu'une partie de la surface faisant face au radius soit dépourvue de cartilage. Cette zone fait face à la styloïde radiale et il sera intéressant d'associer un styloïdectomie chez nos sujets afin d'éviter la survenue d'une arthrose précoce.

## CRITERES ANTHROPOMETRIQUES PREDICTIFS

Les études préliminaires ont montré que tous les PPH ne sont probablement pas adaptés à la reconstruction du PPS. Il existe deux possibilités pour que le chirurgien détermine si-il est face à un bon candidat : réaliser une comparaison pré-opératoire sur mesure pour chaque patient avant la réalisation de la chirurgie ou se servir de critères anthropométriques prédéfinis prédictifs d'une bonne congruence articulaire.

Dans leur étude, Wu *et al.* concluent que les poignets dont la largeur de l'hamatum est <10 mm, la largeur du scaphoïde est <10 mm et la distance dorsale-palmaire du scaphoïde est <16 mm présentent une meilleure adaptation anthropométrique. Alors que les sujets peu congruents présentaient une plus grande distance entre la styloïde radiale et l'articulation radio-ulnaire distale (96). Ces critères seront à étudier, valider et à adapter pour notre greffon vascularisé. Il sera également important de s'intéresser à d'autres critères pouvant faire jouer la congruence :

- La disposition des os du carpe : Le type de lunatum selon la classification de Viegas et al. (Type I : articulation exclusive avec le capitatum, Type 2 : facette articulaire supplémentaire avec l'hamatum) ne semble pas avoir d'incidence sur l'ajustement anthropométrique dans l'étude de Wu *et al.*(96) mais Kakar *et al.* (97) ont choisis d'exclure les lunatums de type 2. Il sera intéressant d'étudier ce critère dans les comparaisons futures.
- Le sexe du patient peut également faire varier la morphologie des os du carpe comme l'ont montré Crisco, Heinzelmann *et al.* (150,151). Une comparaison homme/femmes serait également intéressante.
- Enfin Morsy *et al.* (2) ont mis en évidence qu'il existait plusieurs formes de scaphoïdes et ont mis en relation leur forme et leur vascularisation (Type I : scaphoïde étroit et Type II scaphoïde large). Ils ont identifié que les scaphoïdes de type I avaient une vascularisation plus précaire. Il serait particulièrement intéressant de savoir si les scaphoïdes « étroits » à haut risque de nécrose sont également de meilleurs candidats pour notre chirurgie.

L'ensemble des comparaisons que nous allons réaliser afin de mettre au point notre protocole de comparaison nous servira de base afin d'essayer d'identifier des critères anthropométriques fiables pour l'avenir. Mais nous pensons qu'il reste nécessaire de réaliser une comparaison pour chaque candidat à cette chirurgie à l'heure actuelle. La comparaison avec le scaphoïde étant impossible chez un patient du fait de la destruction du PPS, nous sommes en train de mettre au point un algorithme de comparaison entre le PPH et la fossette scaphoïdienne du radius (Etape II qui sera réalisée dans les mois à venir) (Fig. 5-17).

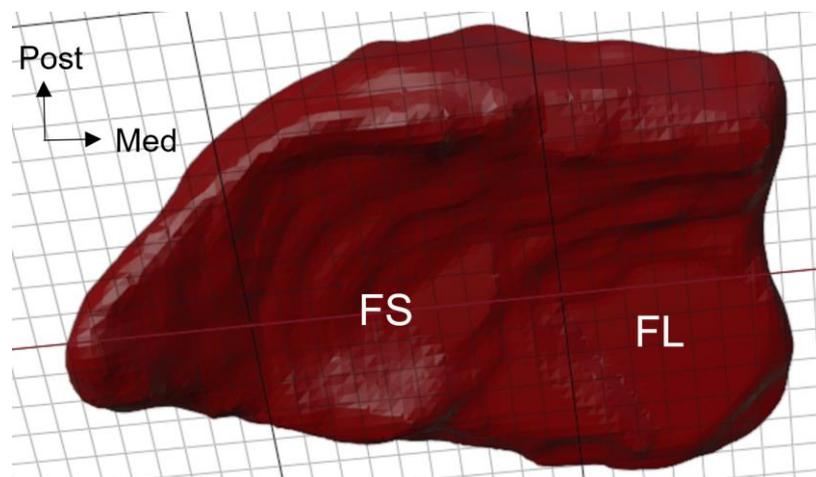


Figure 5-17 : Représentation 3D sur BLENDER® de l'extrémité inférieure du radius. Visualisation de la fossette scaphoïdienne (FS) et du lunatum (FL) sur la face inférieure du radius.

Les critères anthropométriques permettent de prédire les bons candidats pour la chirurgie sur examen d'imagerie classique. Les critères actuels nécessitent d'être étudiés sur de plus larges populations, plus en détail, et d'inclure d'autres critères comme le sexe, le type de lunatum selon Viegas et la morphologie globale des os du carpe. L'identification de critères fiables pourrait nous permettre de se dispenser de réaliser une planification scanographique chronophage pour chaque patient, mais ce n'est pas encore le cas à l'heure actuelle.

## JUSTIFICATION DU CHOIX DE LA TECHNIQUE D'IMAGERIE

Nous avons choisi de réaliser un protocole qui sera utilisable chez nos patients candidats à cette chirurgie. A savoir des adultes jeunes en bonne santé sur un protocole de scanner de poignet identiques à ceux réalisés en routine dans notre centre. Mais d'autres options sont possibles et intéressantes :

- Le micro Scanner est plus précis. Mais à l'heure actuelle il est inutilisable chez le vivant et impose donc la comparaison sur des os de sujets en moyenne beaucoup plus âgés et arthrosique (sujets anatomiques).
- L'IRM est non irradiant, mais sans injection de produit de contraste il ne permet pas de reconnaître les surfaces cartilagineuses de façon précise (152). Les arthro-IRM sont plus intéressants mais restent très rarement utilisés en pratique clinique et sont des examens douloureux. De nouvelles technologies de segmentation du cartilage articulaire sur des images IRM voient le jour et pourraient permettre de comparer plus spécifiquement les surfaces mais surtout l'épaisseur des cartilages dans notre transfert (153).
- L'utilisation de scanner 4D ou IRM 4D serait particulièrement intéressante. Une technique récemment développée, la tomographie informatisée 4D (3D + temps), permet d'obtenir des séquences volumiques 3D pendant le mouvement du poignet(154). La dynamique des 2 surfaces n'est pas prise en compte dans notre étude. Comme les surfaces articulaires glissent l'une sur l'autre pendant le mouvement, il serait préférable de suivre les surfaces pendant le mouvement normal du poignet. Il s'agit malheureusement de techniques de pointe encore peu disponibles mais elles auraient un intérêt non négligeable dans l'étude de la congruence dynamique entre PPH et PPS.

Tous les patients bénéficient d'un scanner à visée diagnostique en pré-opératoire dans ce type de pathologie pour caractériser l'atteinte du PPS et identifier la présence d'arthrose. C'est sur ces imageries de scanner réalisées en routine que nous avons choisi de mettre au point notre protocole afin d'éviter la réalisation d'autres examens douloureux ou irradiants chez nos futurs patients.

La réalisation d'études biomécaniques en imagerie 4D serait particulièrement intéressante mais elle reste aujourd'hui réservée au domaine de la recherche.

### 5.5.3 Outils informatiques pour aider le chirurgien

Le greffon pédiculé d'hémi hamatum permet un transfert vascularisé sans avoir recours au temps microchirurgical ce qui le rend plus fiable, mais elle n'en reste pas moins une technique chirurgicale exigeante. En effet le bon positionnement des recoupes osseuses est fondamental afin d'assurer le succès de cette chirurgie, mais peut s'avérer complexe. Plusieurs manières de faciliter cette étape sont possibles :

- L'utilisation de guides de coupes per-opératoires. Ces guides imprimés en 3D sont utilisés dans la prise en charge des cals vicieux du membre supérieur et semblent prometteur (155). La mise en place de guides de coupes pour réaliser le prélèvement du PPH et la recoupe du scaphoïde pourrait permettre de prévoir les plans de coupe qui conduisent à l'alignement « idéal » des os en se servant d'un algorithme de comparaison des surfaces mais aussi des zones de contact osseux les plus adaptées afin d'espérer une consolidation rapide. On pourrait également prévoir les recoupes nécessaires sur le greffon si besoin. En effet si la réalisation d'ostéotomies n'est pas un frein à la réalisation de cette chirurgie, les prévoir semble intéressant. On peut même imaginer, lorsque c'est possible, prévoir de conserver la zone sur le scaphoïde correspondant à cette ostéotomie, afin de n'avoir aucune interruption cartilagineuse. Cela revient à réaliser de véritables découpes sur mesures du greffon et du site receveur.
- Une autre solution est de réaliser une impression 3D du montage final du « scaphoïde reconstruit ». Ce modèle 3D stérilisé sert ensuite de modèle pour réaliser les recoupes en peropératoire. Ce genre de dispositif a déjà montré son intérêt en améliorant la perception des volumes et la précision per-opératoire dans les transferts de condyle fémoral libre par exemple (156). Cela est particulièrement facile sachant que l'ensemble du montage est déjà modélisé informatiquement.

La modélisation informatique offre le luxe d'algorithmes permettant de calculer l'orientation la mieux adaptée, associé à des guides de coupe cela pourrait être d'une aide non négligeable pour le chirurgien.

## 5.6 CONCLUSION

Nous présentons ici des résultats préliminaires et les étapes II et III du protocole scanographique seront réalisées dans les mois à venir. Quoiqu'il en soit, nous avons montré que le repérage échographique du pédicule était possible, et mis au point une technique de comparaison des surfaces articulaires sur une imagerie scanner réalisée en routine.

Le scanner pré-opératoire pour nos futurs patients nous permettra de faire un diagnostic précis, s'assurer de l'absence d'arthrose qui serait une contre-indication à la réalisation d'un transfert d'hamatum et enfin de réaliser cette planification pré-opératoire individuelle qui nous semble être nécessaire avant de proposer cette chirurgie. Pour finir une modélisation 3D et la réalisation de guides de coupe pourra permettre de faciliter le travail du chirurgien pendant son geste opératoire.

Dans l'avenir l'identification des critères anthropométriques permettant de prévoir la bonne congruence pourrait nous permettre de nous dispenser de la comparaison de congruence articulaire individuelle pour chaque patient, mais le repérage échographique restera indispensable.

## 6. CONCLUSION GENERALE

---

Ce travail avait pour but de détailler la prise en charge des destructions du pôle proximal du scaphoïde (PPS) et de proposer une nouvelle technique chirurgicale : la greffe ostéo-chondro-ligamentaire pédiculée d'hémi-hamatum.

La 1<sup>ère</sup> partie de ce travail a consisté en une revue systématique de la littérature. Nous avons fait le constat qu'aucune des techniques décrites à l'heure actuelle ne réponds à l'ensemble des exigences à prendre en compte dans le traitement des destructions du PPS. A savoir, reconstruire les surfaces articulaires, restaurer l'équilibre biomécanique du carpe et avoir des résultats fonctionnels qui se maintiennent dans le temps. Le meilleur compromis reste aujourd'hui le transfert d'hémi-hamatum qui est le seul à reproduire l'anatomie complexe du PPS. Néanmoins sachant que les propriétés biomécaniques d'un greffon composite sont conditionnées par sa vascularisation, il est probable que les résultats à long terme du transfert non vascularisé d'hémi-hamatum soient décevants.

C'est pourquoi nous avons proposé, dans la 2<sup>nd</sup> partie de ce travail, une nouvelle technique de prélèvement du pôle proximal de l'hamatum (PPH) incluant sa vascularisation. Une étude anatomique nous a permis de démontrer que le prélèvement pédiculé sur l'arche artérielle intracarpienne dorsale était possible et reproductible. Il s'agit du premier greffon pédiculé structurel capable de reconstruire l'anatomie ostéo-chondro-ligamentaire du PPS décrit dans la littérature. Il s'agit d'une technique fiable chez plus de 95% des sujets, néanmoins il existe des variations anatomiques individuelles dans la vascularisation et la morphologie de l'hamatum et une planification pré-opératoire sur mesure est indispensable avant de proposer cette chirurgie à un patient.

Nous avons donc mis au point, dans la 3<sup>ème</sup> partie de ce travail, un protocole de planification pré-opératoire échographique et scanographique, qui nous permet de sélectionner les candidats pouvant bénéficier de cette chirurgie.

Malgré les incertitudes qui persistent, et qui sont inhérentes à la maturation de toute avancée chirurgicale, nous pensons que les données anatomiques disponibles sont encourageantes et nous permettent d'envisager prochainement l'utilisation du lambeau pédiculé d'hémi-hamatum chez le vivant.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

---

1. Freedman DM, Botte MJ, Gelberman RH. Vascularity of the Carpus. *Clin Orthop Relat Res*. 2001 Feb;383:47–59.
2. Morsy M, Sabbagh MD, van Alphen NA, Laungani AT, Kadar A, Moran SL. The Vascular Anatomy of the Scaphoid: New Discoveries Using Micro-Computed Tomography Imaging. *J Hand Surg*. 2019 Nov;44(11):928–38.
3. Gelberman RH, Menon J. The vascularity of the scaphoid bone. *J Hand Surg*. 1980 Sep;5(5):508–13.
4. Shah KN, Racine J, Jones LC, Aaron RK. Pathophysiology and risk factors for osteonecrosis. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2015 Sep;8(3):201–9.
5. Büchler U, Nagy L. The issue of vascularity in fractures and non-union of the scaphoid. *J Hand Surg Edinb Scotl*. 1995 Dec;20(6):726–35.
6. Overstraeten LV, Camus EJ, Wahegaonkar A, Messina J, Tandara AA, Binder AC, et al. Anatomical Description of the Dorsal Capsulo-Scapholunate Septum (DCSS)—Arthroscopic Staging of Scapholunate Instability after DCSS Sectioning. *J Wrist Surg*. 2013 May;2(2):149–54.
7. Mathoulin C, Merlini L, Taleb C. Scapholunate injuries: challenging existing dogmas in anatomy and surgical techniques. *J Hand Surg Eur Vol*. 2021 Jan;46(1):5–13.
8. Compson JP, Waterman JK, Spencer JD. Dorsal avulsion fractures of the scaphoid: diagnostic implications and applied anatomy. *J Hand Surg Edinb Scotl*. 1993 Feb;18(1):58–61.
9. Jørgsholm P, Ossowski D, Thomsen N, Björkman A. Epidemiology of scaphoid fractures and non-unions: A systematic review. *Handchir Mikrochir Plast Chir Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Handchir Organ Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft Mikrochir Peripher Nerven Gefasse Organ V*. 2020 Sep;52(5):374–81.
10. Bergman S, Petit A, Rabarin F, Raimbeau G, Bigorre N. Preiser's disease or avascular osteonecrosis of the scaphoid: An updated literature review. *Hand Surg Rehabil*. 2021 Sep;40(4):359–68.
11. Lenoir H, Coulet B, Lazerges C, Mares O, Croutzet P, Chammas M. Idiopathic avascular necrosis of the scaphoid: 10 new cases and a review of the literature. Indications for Preiser's disease. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR*. 2012 Jun;98(4):390–7.
12. Guelpa G, Chamay A, Lagier R. Bilateral osteochondritis dissecans of the carpal scaphoid. A radiological and anatomical study of one case. *Int Orthop*. 1980;4(1):25–30.
13. Herbert TJ, Lanzetta M. Idiopathic avascular necrosis of the scaphoid. *J Hand Surg Br Eur Vol*. 1994 Apr 1;19(2):174–82.

14. Weiss KE, Rodner CM. Osteoarthritis of the wrist. *J Hand Surg.* 2007 Jun;32(5):725–46.
15. Higgins JP, Giladi AM. Scaphoid Nonunion Vascularized Bone Grafting in 2021: Is Avascular Necrosis the Sole Determinant? *J Hand Surg.* 2021 Sep;46(9):801-806.e2.
16. Pinder RM, Brkljac M, Rix L, Muir L, Brewster M. Treatment of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review of the Existing Evidence. *J Hand Surg.* 2015 Sep;40(9):1797-1805.e3.
17. Amer KM, Thomson JE, Vosbikian MM, Ahmed I. Four-Corner Arthrodesis Versus Proximal Row Carpectomy for Scapholunate Advanced Collapse: A Systematic Literature Review and Meta-analysis. *Ann Plast Surg.* 2020 Dec;85(6):699–703.
18. Wagner ER, Werthel JD, Elhassan BT, Moran SL. Proximal Row Carpectomy and 4-Corner Arthrodesis in Patients Younger Than Age 45 Years. *J Hand Surg.* 2017 Jun;42(6):428–35.
19. Andronic O, Nagy L, Burkhard MD, Casari FA, Karczewski D, Kriechling P, et al. Long-term outcomes of the four-corner fusion of the wrist: A systematic review. *World J Orthop.* 2022 Jan 18;13(1):112–21.
20. Wagner ER, Barras LA, Harstad C, Elhassan BT, Moran SL. Proximal Row Carpectomy in Young Patients. *JBJS Essent Surg Tech.* 2021 Mar;11(1):e19.00054-e19.00054.
21. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ.* 2009 Jul 21;339:b2535.
22. Wagner CJ. Fractures of the carpal navicular. *J Bone Joint Surg Am.* 1952 Oct;34 A(4):774–84.
23. Viegas SF. Arthroscopic treatment of osteochondritis dissecans of the scaphoid. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 1988;4(4):278–81.
24. Carrozzella JC, Stern PJ, Murdock PA. The fate of failed bone graft surgery for scaphoid nonunions. *J Hand Surg.* 1989 Sep;14(5):800–6.
25. Vidal MA, Linscheid RL, Amadio PC, Dobyns JH. Preiser's disease. *Ann Chir Main Memb Superieur Organe Off Soc Chir Main Ann Hand Up Limb Surg.* 1991;10(3):227–35.
26. Menth-Chiari WA, Poehling GG. Preiser's disease: arthroscopic treatment of avascular necrosis of the scaphoid. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2000 Mar;16(2):208–13.
27. Garcia-Elias M, Lluch A. PARTIAL EXCISION OF SCAPHOID: IS IT EVER INDICATED? *Hand Clin.* 2001 Nov 1;17(4):687–95.

28. Qvick LI, Wilhelm KH. Tendon interposition arthroplasty after resection of necrotic carpal bone. *Aust N Z J Surg.* 1980 Jun;50(3):272–7.
29. Eaton RG, Akelman E, Eaton BH. Fascial implant arthroplasty for treatment of radioscapoid degenerative disease. *J Hand Surg.* 1989 Sep;14(5):766–74.
30. Smeraglia F, Ciaramella G, Cerbasi S, Balato G, Mariconda M. Treatment of Proximal Scaphoid Non-union by Resection of the Proximal Pole and Palmaris Longus Interposition Arthroplasty. *Handchir · Mikrochir · Plast Chir.* 2015 Jun;47(03):171–4.
31. Ekerot L, Eiken O. Idiopathic avascular necrosis of the scaphoid. Case report. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1981;15(1):69–72.
32. Björnsson HA, Gestsson J, Ekelund L, Haffajee D. Silastic scaphoid implants in osteoarthritis of the radioscapoid joint. *J Hand Surg Edinb Scotl.* 1984 Jun;9(2):177–80.
33. Smith RJ, Atkinson RE, Jupiter JB. Silicone synovitis of the wrist. *J Hand Surg.* 1985 Jan;10(1):47–60.
34. Eiken O, Ekerot L, Lindström C, Jonsson K. Silicone carpal implants: risk or benefit? *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1985;19(3):295–304.
35. Peimer CA, Medige J, Eckert BS, Wright JR, Howard CS. Reactive synovitis after silicone arthroplasty. *J Hand Surg.* 1986 Sep;11(5):624–38.
36. Swanson AB, de Groot Swanson G, Maupin BK, Moss SH, Ganzhorn RW, Crane MW, et al. Scaphoid implant resection arthroplasty. Long-term results. *J Arthroplasty.* 1986;1(1):47–62.
37. Carter PR, Malinin TI, Abbey PA, Sommerkamp TG. The scaphoid allograft: a new operation for treatment of the very proximal scaphoid nonunion or for the necrotic, fragmented scaphoid proximal pole. *J Hand Surg.* 1989 Jan;14(1):1–12.
38. Moutet F, Sartorius C, Lebrun C. [2 cases of early “siliconitis” (silicone synovitis)]. *Ann Chir Main Organe Off Soc Chir Main.* 1988;7(1):67–71.
39. Clark DW, Blackburn N. Treatment of periscaphoid osteoarthritis by Silastic scaphoid implant. *J R Soc Med.* 1989 Aug;82(8):464–5.
40. Ashcroft GP, D’Netto DC, Alsindi Z. Silicone replacement for non-union of the scaphoid. 7 cases followed for 9 (5-18) years. *Acta Orthop Scand.* 1993 Aug;64(4):472–4.
41. EGLOFF DV, VARADI G, NARAKAS A, SIMONETTA C, CANTERO C. Silastic Implants of the Scaphoid and Lunate: A long-term clinical study with a mean follow-up of 13 years. *J Hand Surg.* 1993 Dec 1;18(6):687–92.
42. Vinnars B, Adamsson L, af Ekenstam F, Wadin K, Gerdin B. Patient-rating of long term results of silicone implant arthroplasty of the scaphoid. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 2002;36(1):39–45.

43. Haussman P. Long-term results after silicone prosthesis replacement of the proximal pole of the scaphoid bone in advanced scaphoid nonunion. *J Hand Surg Edinb Scotl.* 2002 Oct;27(5):417–23.
44. Sokolow C, Theron P, Saffar P. Preiser's disease. *J Am Soc Surg Hand.* 2004 May 1;4(2):103–8.
45. Agerholm JC, Lee ML. The acrylic scaphoid prosthesis in the treatment of the ununited carpal scaphoid fracture. *Acta Orthop Scand.* 1966;37(1):67–76.
46. Orsi R, De Tullio V, Brunelli F. [Results 37 years after insertion of an acrylic implant for scaphoid pseudoarthrosis]. *Ann Chir Main Memb Superieur Organe Off Soc Chir Main Ann Hand Up Limb Surg.* 1995;14(4–5):214–7.
47. Jones KG. Replacement of the proximal portion of the scaphoid with spherical implant for post-traumatic carporadial arthritis. *J Hand Surg Edinb Scotl.* 1985 Jun;10(2):217–26.
48. Leslie BM, O'Malley M, Thibodeau AA. A forty-three-year follow-up of a vitallium scaphoid arthroplasty. *J Hand Surg.* 1991 May;16(3):465–8.
49. Spingardi O, Rossello MI. The total scaphoid titanium arthroplasty: A 15-year experience. *Hand N Y N.* 2011 Jun;6(2):179–84.
50. Honigmann P, Schumacher R, Marek R, Büttner F, Thieringer F, Haefeli M. A three-dimensional printed patient-specific scaphoid replacement: a cadaveric study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018 May;43(4):407–12.
51. Rossello MI. A case of total scaphoid titanium custom-made 3D-printed prostheses with one-year follow-up. *Case Rep Plast Surg Hand Surg.* 7(1):7–12.
52. Swanson AB, de Groot Swanson G, DeHeer DH, Pierce TD, Randall K, Smith JM, et al. Carpal bone titanium implant arthroplasty. 10 years' experience. *Clin Orthop.* 1997 Sep;(342):46–58.
53. Pequignot JP, Lussiez B, Allieu Y. [A adaptive proximal scaphoid implant]. *Chir Main.* 2000 Nov;19(5):276–85.
54. Rousseau B, Delpit X, Bauer T, Hardy P. [Arthroscopic treatment for Preiser's disease by partial resection of the scaphoid and pyrocarbone's implant, preliminary results: a case report and literature review]. *Chir Main.* 2011 Jun;30(3):231–5.
55. Gras M, Wahegaonkar AL, Mathoulin C. Treatment of Avascular Necrosis of the Proximal Pole of the Scaphoid by Arthroscopic Resection and Prosthetic Semireplacement Arthroplasty Using the Pyrocarbon Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI): Long-Term Functional Outcomes. *J Wrist Surg.* 2012 Nov;1(2):159–64.
56. Daruwalla ZJ, Davies K, Shafighian A, Gillham NR. An alternative treatment option for scaphoid nonunion advanced collapse (SNAC) and radioscapoid osteoarthritis: early results of a prospective study on the pyrocarbon adaptive

- proximal scaphoid implant (APSI). *Ann Acad Med Singapore*. 2013 Jun;42(6):278–84.
57. Santos FL, Ferreira A, Grazina R, Sá D, Canela P, Lemos R. APSI scaphoid hemiarthroplasty - long-term results. *Rev Bras Ortop*. 2018 Oct;53(5):582–8.
  58. Aribert M, Bouju Y, Chaise F, Loubersac T, Gaisne E, Bellemère P. Adaptive Proximal Scaphoid Implant (APSI): 10-year outcomes in patients with SNAC wrists. *Hand Surg Rehabil*. 2019 Feb;38(1):34–43.
  59. Poumellec MA, Camuzard O, Pequignot JP, Dreant N. Adaptive Proximal Scaphoid Implant: Indications and Long-Term Results. *J Wrist Surg*. 2019 Aug;8(4):344–50.
  60. Mosillo G, Basso MA, Balato G, Bernasconi A, Coviello A, Tamborini F, et al. Adaptive proximal scaphoid implant (APSI): a systematic review of the literature. *Orthop Rev*. 14(1):30721.
  61. Sandow MJ. Proximal scaphoid costo-osteochondral replacement arthroplasty. *J Hand Surg Edinb Scotl*. 1998 Apr;23(2):201–8.
  62. Sandow MJ. Costo-osteochondral grafts in the wrist. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2001 Sep;5(3):165–72.
  63. Lepage D, Obert L, Clappaz P, Hampel C, Garbuio P, Tropet Y. [Osteocartilaginous autograft after proximal resection of the scaphoid for radioscaphoid osteoarthritis]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2005 Jun;91(4):307–13.
  64. Veitch S, Blake SM, David H. Proximal scaphoid rib graft arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br*. 2007 Feb;89(2):196–201.
  65. Yao J, Read B, Hentz VR. The Fragmented Proximal Pole Scaphoid Nonunion Treated With Rib Autograft: Case Series and Review of the Literature. *J Hand Surg*. 2013 Nov 1;38(11):2188–92.
  66. Obert L, Lepage D, Ferrier M, Tropet Y. Rib cartilage graft for posttraumatic or degenerative arthritis at wrist level: 10-year results. *J Wrist Surg*. 2013 Aug;2(3):234–8.
  67. Bain C, Tham S, Powell C, Berger A, Withers A, McCombe D. Three-and-a-half to 18 year outcome data for costal osteochondral grafts for salvage of the proximal pole of the scaphoid. *J Hand Surg Eur Vol*. 2020 Nov;45(9):959–64.
  68. Zechmann-Mueller NA, Collocott S, Heiss-Dunlop W. Costo-osteochondral graft (rib graft) reconstruction of the irreparable proximal scaphoid. *J Hand Surg Eur Vol*. 2020 Sep;45(7):693–9.
  69. Loisel F, Pluvy I, Kielwasser H, Panouilleres M, Obert L, Lepage D. Technical note on the harvesting of rib osteochondral autografts for upper limb bone and joint repair surgery. *Hand Surg Rehabil*. 2018 Dec;37(6):337–41.

70. Elhassan B, Noureldin M, Kakar S. Proximal Scaphoid Pole Reconstruction Utilizing Ipsilateral Proximal Hamate Autograft. *Hand N Y N*. 2016 Dec;11(4):495–9.
71. Chan AHW, Elhassan BT, Suh N. The Use of the Proximal Hamate as an Autograft for Proximal Pole Scaphoid Fractures: Clinical Outcomes and Biomechanical Implications. *Hand Clin*. 2019 Aug;35(3):287–94.
72. Saruhan S, Savran A, Yıldız M, Şener M. Reconstruction of proximal pole scaphoid non-union with avascular necrosis using proximal hamate: A four-case series. *Hand Surg Rehabil*. 2021 Jul 16;S2468-1229(21)00182-1.
73. Lanzetta M. Scaphoid reconstruction by a free vascularized osteochondral graft from the rib: a case report. *Microsurgery*. 2009;29(5):420–4.
74. Higgins JP, Burger HK. Proximal scaphoid arthroplasty using the medial femoral trochlea flap. *J Wrist Surg*. 2013 Aug;2(3):228–33.
75. Bürger HK, Windhofer C, Gaggl AJ, Higgins JP. Vascularized Medial Femoral Trochlea Osteochondral Flap Reconstruction of Proximal Pole Scaphoid Nonunions. *J Hand Surg*. 2013 Apr 1;38(4):690–700.
76. Tremp M, Haumer A, Wettstein R, Zhang YX, Honigmann P, Schaefer DJ, et al. The medial femoral trochlea flap with a monitor skin island-Report of two cases. *Microsurgery*. 2017 Jul;37(5):431–5.
77. Pet MA, Higgins JP. Long-Term Outcomes of Vascularized Trochlear Flaps for Scaphoid Proximal Pole Reconstruction. *Hand Clin*. 2019 Aug;35(3):345–52.
78. Aribert M, Corcella D, Bouyer M. Free composite medial femoral trochlea osteochondral cutaneous flap for wrist scaphoid and lunate cartilage lesions: Advantages of a skin paddle. *Hand Surg Rehabil*. 2019 Sep;38(4):262–7.
79. Deng AD, Innocenti M, Arora R, Gabl M, Tang JB. Vascularized Small-Bone Transfers for Fracture Nonunion and Bony Defects. *Clin Plast Surg*. 2020 Oct;47(4):501–20.
80. Keller M, Kastenberger T, Anwar AF, Kaiser P, Schmidle G, Gabl M, et al. Clinical and radiological results of the vascularized medial femoral condyle graft for scaphoid non-union. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(6):835–42.
81. Pet MA, Assi PE, Yousaf IS, Giladi AM, Higgins JP. Outcomes of the Medial Femoral Trochlea Osteochondral Free Flap for Proximal Scaphoid Reconstruction. *J Hand Surg*. 2020 Apr;45(4):317-326.e3.
82. Evans GRD, Brandt K, Katz S, Chauvin P, Otto L, Bogle M, et al. Bioactive poly(L-lactic acid) conduits seeded with Schwann cells for peripheral nerve regeneration. *Biomaterials*. 2002 Feb;23(3):841–8.
83. Zhou KJ, Graham DJ, Stewart D, Lawson RD, Sivakumar BS. Free Medial Femoral Condyle Flap for Reconstruction of Scaphoid Nonunion: A Systematic Review. *J Reconstr Microsurg*. 2021 Dec 14;

84. Källicke T, Weber O, Backhaus M, Muhr G, Citak M. [Salvage procedures of the elbow. Alternatives to elbow arthroplasty]. *Unfallchirurg*. 2010 Dec;113(12):990–5.
85. Giusti G, Bishop AT, Shin AY. Overstuffing of Unstable Scaphoid Nonunions: A Radiographic Analysis of Carpal Parameters. *J Hand Surg*. 2019 May;44(5):423.e1-423.e6.
86. Larkins CG, Tannan SC, Burkett AE, Mithani SK, Srinivasan RC, Pederson WC. Autologous Osteoligamentous Reconstruction of Scaphoid Proximal Pole With Metatarsal Head and Collateral Ligament: Cadaver Anatomic Description of Novel Surgical Technique. *Hand N Y N*. 2020 Jan 22;1558944719895616.
87. Sendher R, Ladd AL. The scaphoid. *Orthop Clin North Am*. 2013 Jan;44(1):107–20.
88. Messina J, Van Overstraeten L, Luchetti R, Fairplay T, Mathoulin C. The EWAS Classification of Scapholunate Tears: An Anatomical Arthroscopic Study. *J Wrist Surg*. 2013 May 21;02(02):105–9.
89. Swanson AB. Silicone rubber implants for the replacement of the carpal scaphoid and lunate bones. *Orthop Clin North Am*. 1970 Nov;1(2):299–309.
90. Bellemère P. Pyrocarbon implants for the hand and wrist. *Hand Surg Rehabil*. 2018 Jun 1;37(3):129–54.
91. Letta C, Schweizer A, Fürnstahl P. Quantification of contralateral differences of the scaphoid: a comparison of bone geometry in three dimensions. *Anat Res Int*. 2014;2014:904275.
92. Ahrend MD, Teunis T, Noser H, Schmidutz F, Richards G, Gueorguiev B, et al. 3D computational anatomy of the scaphoid and its waist for use in fracture treatment. *J Orthop Surg*. 2021 Mar 24;16:216.
93. Guo B yun, Liao D hua, Li X yang, Zeng Y jun, Yang Q hua. Age and gender related changes in biomechanical properties of healthy human costal cartilage. *Clin Biomech Bristol Avon*. 2007 Mar;22(3):292–7.
94. Lau AG, Kindig MW, Kent RW. Morphology, distribution, mineral density and volume fraction of human calcified costal cartilage. *Acta Biomater*. 2011 Mar;7(3):1202–9.
95. Capito AE, Higgins JP. Scaphoid overstuffing: the effects of the dimensions of scaphoid reconstruction on scapholunate alignment. *J Hand Surg*. 2013 Dec;38(12):2419–25.
96. Wu K, Padmore C, Lalone E, Suh N. An Anthropometric Assessment of the Proximal Hamate Autograft for Scaphoid Proximal Pole Reconstruction. *J Hand Surg*. 2019 Jan;44(1):60.e1-60.e8.

97. Kakar S, Greene RM, Elhassan BT, Holmes DR. Topographical Analysis of the Hamate for Proximal Pole Scaphoid Nonunion Reconstruction. *J Hand Surg.* 2020 Jan;45(1):69.e1-69.e7.
98. Burnier M, Gil JA, Hooke A, Elhassan B, Kakar S. Does Proximal Hamate Graft for Proximal Scaphoid Reconstruction Restore Native Wrist Kinematics? *Hand N Y N.* 2022 Feb 8;15589447211063570.
99. Hill JR, Heckmann N, McKnight B, White EA, Ghiassi A, Patel BA. Medial Femoral Trochlea Osteochondral Graft: A Quantitative Anatomic Comparison to the Proximal Pole of the Scaphoid. *J Wrist Surg.* 2020 Aug;9(4):283–8.
100. Higgins JP, Bürger HK. Medial Femoral Trochlea Osteochondral Flap: Applications for Scaphoid and Lunate Reconstruction. *Clin Plast Surg.* 2020 Oct;47(4):491–9.
101. Loh JSY, Lim BH, Wan CT, Tan SH. Second metatarsophalangeal joint: biomechanics and reconstruction potential. *Clin Orthop.* 2004 Apr;(421):199–204.
102. Nikolopoulos FV, Apergis EP, Poulilios AD, Papagelopoulos PJ, Zoubos AV, Kefalas VA. Biomechanical properties of the scapholunate ligament and the importance of its portions in the capitate intrusion injury. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2011 Oct;26(8):819–23.
103. Weeks PM, Vannier MW, Stevens WG, Gayou D, Gilula LA. Three-dimensional imaging of the wrist. *J Hand Surg.* 1985 Jan;10(1):32–9.
104. Tibesku CO, Szuwart T, Kleffner TO, Schlegel PM, Jahn UR, Van Aken H, et al. Hyaline cartilage degenerates after autologous osteochondral transplantation. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* 2004 Nov;22(6):1210–4.
105. Kleemann RU, Schell H, Thompson M, Epari DR, Duda GN, Weiler A. Mechanical behavior of articular cartilage after osteochondral autograft transfer in an ovine model. *Am J Sports Med.* 2007 Apr;35(4):555–63.
106. Harman BD, Weeden SH, Lichota DK, Brindley GW. Osteochondral autograft transplantation in the porcine knee. *Am J Sports Med.* 2006 Jun;34(6):913–8.
107. Hattori Y, Doi K, Takka S, Ikeda K. Free vascularized joint transfer from the nonreplantable digit as a free flap for primary reconstruction of complex hand injury. *J Hand Surg.* 2004 Sep;29(5):931–5.
108. Hierner R, Berger AK. Long-term results after vascularised joint transfer for finger joint reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg JPRAS.* 2008 Nov;61(11):1338–46.
109. Higgins JP, Bürger HK. The use of osteochondral flaps in the treatment of carpal disorders. *J Hand Surg Eur Vol.* 2018 Jan;43(1):48–56.
110. Higgins JP, Borumandi F, Bürger HK, Benlidayı ME, Vasilyeva A, Sencar L, et al. Nonvascularized Cartilage Grafts Versus Vascularized Cartilage Flaps:

- Comparison of Cartilage Quality 6 Months After Transfer. *J Hand Surg.* 2018 Feb 1;43(2):188.e1-188.e8.
111. Zimmerman RM, Allen EA, Higgins JP. Chondrocyte Viability 3.5 Years Following a Vascularized Medial Femoral Trochlea Osteochondral Free Flap. *JBJS Case Connect.* 2016 Dec;6(4):e90.
  112. Stern PJ, Agabegi SS, Kiefhaber TR, Didonna ML. Proximal row carpectomy. *J Bone Joint Surg Am.* 2005 Sep;87 Suppl 1(Pt 2):166–74.
  113. Hayes E, Cheng Y, Sauder D, Sims L. Four-Corner Arthrodesis With Differing Methods of Osteosynthesis: A Systematic Review. *J Hand Surg.* 2022 May;47(5):477.e1-477.e9.
  114. Peymani A, Foumani M, Dobbe JGG, Strackee SD, Streekstra GJ. Four-dimensional rotational radiographic scanning of the wrist in patients after proximal row carpectomy. *J Hand Surg Eur Vol.* 2017 Oct;42(8):846–51.
  115. Saiz A, Delman CM, Haffner M, Wann K, McNary S, Szabo RM, et al. The Biomechanical Effects of Simulated Radioscapholunate Fusion With Distal Scaphoidectomy, 4-Corner Fusion With Complete Scaphoidectomy, and Proximal Row Carpectomy Compared to the Native Wrist. *J Hand Surg.* 2021 Dec;46(12):1125.e1-1125.e8.
  116. Windhofer C, Wong VW, Larcher L, Paryavi E, Bürger HK, Higgins JP. Knee Donor Site Morbidity Following Harvest of Medial Femoral Trochlea Osteochondral Flaps for Carpal Reconstruction. *J Hand Surg.* 2016 May;41(5):610-614.e1.
  117. Haines M, Baba M, Stewart DA. Iatrogenic Femur Fracture Following Medial Femoral Condyle Flap Harvest. *J Hand Surg.* 2020 Sep;45(9):885.e1-885.e3.
  118. Son JH, Giladi AM, Higgins JP. Iatrogenic femur fracture following medial femoral condyle flap harvest eventually requiring total knee arthroplasty in one patient. *J Hand Surg Eur Vol.* 2019 Mar;44(3):320–1.
  119. Kazmers NH, Thibaudeau S, Steinberger Z, Scott Levin L. Upper and lower extremity reconstructive applications utilizing free flaps from the medial genicular arterial system: A systematic review. *Microsurgery.* 2018;38(3):328–43.
  120. Schmitt R, Fröhner S, van Schoonhoven J, Lanz U, Gölles A. Idiopathic osteonecrosis of the scaphoid (Preiser's disease) – MRI gives new insights into etiology and pathology. *Eur J Radiol.* 2011 Feb 1;77(2):228–34.
  121. Afendras G, Abramo A, Mrkonjic A, Geijer M, Kopylov P, Tägil M. Hemi-hamate osteochondral transplantation in proximal interphalangeal dorsal fracture dislocations: a minimum 4 year follow-up in eight patients. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010 Oct;35(8):627–31.
  122. Calfee RP, Kiefhaber TR, Sommerkamp TG, Stern PJ. Hemi-hamate arthroplasty provides functional reconstruction of acute and chronic proximal interphalangeal fracture-dislocations. *J Hand Surg.* 2009 Sep;34(7):1232–41.

123. Xiao ZR, Zhang WG, Xiong G. Features of intra-hamate vascularity and its possible relationship with avascular risk of hamate fracture. *Chin Med J (Engl)*. 2019 Nov 5;132(21):2572–80.
124. Athlani L, Sapa MC, De Almeida YK, Braun M, Dautel G. A new capsulotomy-based dorsal approach to the wrist: A cadaver study. *Hand Surg Rehabil*. 2021 Apr;40(2):134–8.
125. Kakar S, Breighner RE, Leng S, McCollough CH, Moran SL, Berger RA, et al. The Role of Dynamic (4D) CT in the Detection of Scapholunate Ligament Injury. *J Wrist Surg*. 2016 Nov;5(4):306–10.
126. Freedman DM, Botte MJ, Gelberman RH. Vascularity of the carpus. *Clin Orthop*. 2001 Feb;(383):47–59.
127. Rozen WM, Niomsawatt V, Leong JC, Ek EW. The vascular basis of the hemi-hamate osteochondral free flap. Part 2: surgical anatomy and clinical application. *Surg Radiol Anat SRA*. 2013 Sep;35(7):595–608.
128. Kuhlmann JN, Guérin-Surville H, Boabighi A. Vascularisation of the carpus, a systematic study. *Surg Radiol Anat SRA*. 1988;10(1):21–8.
129. Botte MJ, Pacelli LL, Gelberman RH. Vascularity and osteonecrosis of the wrist. *Orthop Clin North Am*. 2004 Jul;35(3):405–21, xi.
130. Mouilhade F, Auquit-Auckbur I, Duparc F, Beccari R, Biga N, Milliez PY. Anatomical comparative study of two vascularized bone grafts for the wrist. *Surg Radiol Anat SRA*. 2007 Feb;29(1):15–20.
131. Kamei Y, Aoyama H, Yokoo K, Hayashi Y, Fujii K, Kondo C, et al. Possibility of venous return through bone marrow in the free fibular osteocutaneous flap. *Ann Plast Surg*. 2001 Oct;47(4):450–2.
132. Vedung T, Vinnars B. Ectopic bone formation after medial femoral condyle graft to scaphoid nonunion. *J Wrist Surg*. 2014 Feb;3(1):46–9.
133. Kakar S, Greene RM, Hewett T, Thoreson AR, Hooke AW, Elhassan BT. The Effect of Proximal Hamate Osteotomy on Carpal Kinematics for Reconstruction of Proximal Pole Scaphoid Nonunion With Avascular Necrosis. *Hand N Y N*. 2020 May;15(3):371–7.
134. Kijima Y, Viegas SF. Wrist anatomy and biomechanics. *J Hand Surg*. 2009 Oct;34(8):1555–63.
135. Gay AM, Thoreson A, Berger RA. Biomechanical comparison of the hand-based transplant used in bone-tissue-bone scapho-lunate ligament reconstruction. *Chir Main*. 2014 Feb 1;33(1):23–8.
136. Ruby LK, Conney WP, An KN, Linscheid RL, Chao EYS. Relative motion of selected carpal bones: A kinematic analysis of the normal wrist. *J Hand Surg*. 1988 Jan 1;13(1):1–10.

137. Chang W, Peduto AJ, Aguiar ROC, Trudell DJ, Resnick DL. Arcuate ligament of the wrist: normal MR appearance and its relationship to palmar midcarpal instability: a cadaveric study. *Skeletal Radiol.* 2007 Jul;36(7):641–5.
138. Hamasaki T, Harris PG, Bureau NJ, Gaudreault N, Ziegler D, Choinière M. Efficacy of Surgical Interventions for Trapeziometacarpal (Thumb Base) Osteoarthritis: A Systematic Review. *J Hand Surg Glob Online.* 2021 May;3(3):139–48.
139. Berger RA, Imeada T, Berglund L, An KN. Constraint and material properties of the subregions of the scapholunate interosseous ligament. *J Hand Surg.* 1999 Sep;24(5):953–62.
140. Ritt MJPF, Berger RA, Kauer JMG. The gross and histologic anatomy of the ligaments of the capitolunate joint. *J Hand Surg.* 1996 Nov 1;21(6):1022–8.
141. Zhang H, Gu J, Liu H, Yuan C. Pedicled vascularized versus non-vascularized bone grafts in the treatment of scaphoid non-union: a meta-analysis of comparative studies. *ANZ J Surg.* 2021 Nov;91(11):E682–9.
142. Ibrahim RM, Gunnarsson GL, Akram J, Sørensen JA, Thomsen JB. Color Doppler ultrasonography targeted reconstruction using pedicled perforator flaps—a systematic review and meta-analysis. *Eur J Plast Surg.* 2018;41(5):495–504.
143. Al-Hourani K, Gamble D, Armstrong P, O’Neill G, Kirkpatrick J. The Predictive Value of Ultrasound Scanning in Certain Hand and Wrist Conditions. *J Hand Surg Asian-Pac Vol.* 2018 Mar;23(1):76–81.
144. Willing R, Lapner M, Lalone EA, King GJW, Johnson JA. Development of a computational technique to measure cartilage contact area. *J Biomech.* 2014 Mar 21;47(5):1193–7.
145. Moore DC, Casey JA, Gilbert SL, Crisco JJ.  $\mu$ CT-GENERATED CARPAL CARTILAGE SURFACES: VALIDATION OF A TECHNIQUE. *J Biomech.* 2011 Sep 2;44(13):2516–9.
146. Blum AG, Gillet R, Athlani L, Prestat A, Zuily S, Wahl D, et al. CT angiography and MRI of hand vascular lesions: technical considerations and spectrum of imaging findings. *Insights Imaging.* 2021 Feb 12;12:16.
147. Zumsteg JW, Ina JG, Merrell GA. Evaluation of the Acquisition of Ultrasound Proficiency in Hand Surgery Fellows. *J Ultrasound Med Off J Am Inst Ultrasound Med.* 2019 Aug;38(8):2111–7.
148. Pulos N, Kollitz KM, Bishop AT, Shin AY. Free Vascularized Medial Femoral Condyle Bone Graft After Failed Scaphoid Nonunion Surgery. *J Bone Joint Surg Am.* 2018 Aug 15;100(16):1379–86.
149. Bartha L, Vajda A, Duska Z, Rahmeh H, Hangody L. Autologous osteochondral mosaicplasty grafting. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006 Oct;36(10):739–50.

150. Crisco JJ, Coburn JC, Moore DC, Upal MA. Carpal bone size and scaling in men versus in women. *J Hand Surg.* 2005 Jan;30(1):35–42.
151. Heinzelmann AD, Archer G, Bindra RR. Anthropometry of the human scaphoid. *J Hand Surg.* 2007 Sep;32(7):1005–8.
152. Zink JV, Souteyrand P, Guis S, Chagnaud C, Fur YL, Militianu D, et al. Standardized quantitative measurements of wrist cartilage in healthy humans using 3T magnetic resonance imaging. *World J Orthop.* 2015 Sep 18;6(8):641–8.
153. Brui E, Efimtcev AY, Fokin VA, Fernandez R, Levchuk AG, Ogier AC, et al. Deep learning-based fully automatic segmentation of wrist cartilage in MR images. *NMR Biomed.* 2020 Aug;33(8):e4320.
154. Zhao K, Breighner R, Holmes D, Leng S, McCollough C, An KN. A technique for quantifying wrist motion using four-dimensional computed tomography: approach and validation. *J Biomech Eng.* 2015 Jul;137(7).
155. Saravi B, Lang G, Steger R, Vollmer A, Zwingmann J. Corrective Osteotomy of Upper Extremity Malunions Using Three-Dimensional Planning and Patient-Specific Surgical Guides: Recent Advances and Perspectives. *Front Surg.* 2021;8:615026.
156. Schmidt M, Holzbauer M, Kwasny O, Huemer GM, Froschauer S. 3D Printing for scaphoid-reconstruction with medial femoral condyle flap. *Injury.* 2020 Dec;51(12):2900–3.

## 8. ANNEXES

### ANNEXE 1 : Classification de Herbert et Lanzetta (13) (Preiser)

Classification maladie de PREISER : Aspect radiologique	
<b>STADE 1</b>	Aspect radiologique normale, signe sur le scanner
<b>SATDE 2</b>	Ostéoporose de l'ensemble de l'os scaphoïde, augmentation de la densité du pôle proximal
<b>STADE 3</b>	Fragmentation du pôle proximal +/- Fracture pathologique
<b>STADE 4</b>	Perte de hauteur du carpe +/- Arthrose

### ANNEXE 2 : Score de O'Brien et al. Modifié

Score	0	10	15	20	25
<b>Douleur</b>	Sévère Douleur au repos	Modérée Douleur lors des mouvements	Pas d'effet significatif sur les activités de la vie courante	Occasionnel Travail soutenu	Pas de douleur
<b>Arc de mobilité</b>	<40°	40-69°	70-99°	100-140°	>140°
<b>Force de poigne</b>	< 50%	-	50-74%	75-90%	Normal
<b>Travail</b>	Incapacité de travail en relation avec le poignet	-	Adaptation du temps de travail : activité réduite	Adaptation du poste	Pas de modification
<b>Résultats</b>	Max 100 : Résultats > 90 Excellent, 75-90 Bon, 60-74 Moyen, <60 Mauvais				

### ANNEXE 3 : Score PRWE (Patient Rated Wrist Evaluation)

- **Questionnaire d'évaluation de votre poignet atteint:PRWE.**

Nom et prénom :  
 Age :  
 Profession :  
 Date :  
 Droitier ou gaucher :  
 Main atteinte :

*Les questions suivantes nous aideront à évaluer le niveau de difficulté que vous avez eu avec votre poignet **au cours de la semaine passée**. Pour chaque question vous devez décrire la gêne moyenne rencontrée avec votre poignet durant la semaine passée sur une échelle de 0 à 10.*

SVP, essayer de répondre à **TOUTES LES QUESTIONS**.

Si vous n'avez pas effectué une des activités demandées, veuillez **ESTIMER** la douleur ou la difficulté que vous auriez eu à réaliser cette activité.

Si vous n'avez jamais effectué une des activités demandées, vous pouvez ne pas répondre à la question et laissez la ligne vierge.

## 1. DOULEUR.

Pour chaque question, marquez le niveau moyen de douleur ressentie au niveau de votre poignet **au cours de la semaine passée** en **ENTOURANT le chiffre (UN SEUL CHIFFRE)** qui correspond le mieux à votre douleur sur une échelle de 0 à 10. Le zéro correspond à aucune douleur et le 10 à la plus forte douleur que vous ayez ressentie en réalisant l'activité demandée.

Echelle exemple (ne rien entourer)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Aucune douleur						Douleur extrême				

### EVALUEZ VOTRE DOULEUR

Au repos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
En effectuant une tâche nécessitant des mouvements répétés du poignet	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
En soulevant un objet lourd	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Lorsque la douleur est à son maximum	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Avez vous souvent mal ? (Fréquence de votre douleur)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Jamais									tout le temps		

## 2. EVALUEZ VOTRE FONCTION

### a. Activités spécifiques.

Pour chaque question, marquez le niveau de difficulté rencontrée **au cours de la semaine passée** pour réaliser l'activité demandée en **ENTOURANT le chiffre (UN SEUL CHIFFRE)** qui correspond le mieux à votre difficulté sur une échelle de 0 à 10. Le zéro correspond à l'absence totale de difficulté et le 10 à l'incapacité complète à réaliser l'activité demandée.

Echelle exemple (ne rien entourer)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Aucune Difficulté						Incapacité à réaliser				

Tourner la poignée d'une porte avec votre main atteinte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Couper la viande en utilisant votre main atteinte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fermer les boutons de votre chemise.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utiliser votre main atteinte pour vous lever d'une chaise ou d'un fauteuil.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Porter un objet de 5 kg avec votre main atteinte	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utiliser une serviette de toilette avec votre main atteinte.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### **b. Activités courantes.**

Pour chaque question, marquez le niveau de difficulté rencontrée au cours de la semaine passée pour réaliser l'activité demandée en **ENTOURANT** le chiffre (**UN SEUL CHIFFRE**) qui correspond le mieux à votre difficulté sur une échelle de 0 à 10. Par activités courantes nous entendons les activités telles que vous les réalisiez avant d'avoir vos problèmes au poignet. Le zéro correspond à l'absence totale de difficulté et le 10 à l'incapacité complète à réaliser l'activité demandée.

	Aucune difficulté										Incapacité à réaliser
Hygiène et soins personnels (S'habiller, se laver)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer vos travaux ménagers à domicile (ménage, entretien).	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer votre travail (activité professionnelle ou travail quotidien habituels)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Effectuer vos activités de loisirs	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

#### • Mode d'emploi du questionnaire sur le poignet PRWE.

Le PRWE comporte 15 questions courtes : 5 questions sur la douleur et 10 questions sur la fonction. 4 questions sur la douleur portent sur l'intensité et 1 question sur la fréquence. 6 questions sur la fonction portent sur des gestes spécifiques dont 3 réalisés uniquement avec le poignet et la main atteints et 4 questions sur des activités plus générales de la vie quotidienne.

La réponse se fait selon le principe d'une échelle numérique de 1 à 10.

Le patient doit remplir seul le questionnaire avec une seule réponse par question. L'évaluation porte sur les 7 derniers jours. Si le patient n'a pas effectué l'activité au cours de la semaine passée, il doit estimer sa capacité. La réponse est laissée vierge seulement si le patient n'a jamais réalisé l'activité demandée.

#### Calcul du score :

Trois modalités de calcul du score total sont possibles.

- 1) *Analyse globale* : l'addition des chiffres obtenus rapporte un score sur 150.
- 2) *Analyse combinée* : le score de la fonction est divisé par 2 puis additionné à celui de la douleur afin d'obtenir un score sur 100.
- 3) *Analyse séparée de la douleur et de la fonction* : le score sur la douleur est multiplié par deux afin d'obtenir un score sur 100, celui de la fonction est interprété tel quel.

Ce questionnaire se présente comme une combinaison de 3 groupes d'items pouvant être évalués séparément si besoin. La validité et la fiabilité des sous-groupes ont été analysées et confirmées. Néanmoins, la fiabilité du score global ou combiné est supérieure à celle des scores séparés.

En cas d'absence de réponse, le Dr Dubert suggère de calculer et de rapporter le score au nombre de questions remplies selon une simple règle de trois.

Exemple : un score global de 52 obtenu avec 13 questions remplies (maximum 130)

correspond à un score de  $60 = \frac{15 \times 52}{130}$ .

130

Sur un total de 15 questions, on peut accepter au maximum 2 questions vierges pour garder au questionnaire sa validité.

ANNEXE 4 : Score QUICK DASH

## Quick DASH

Veillez évaluer vos possibilités d'effectuer les activités suivantes au cours des 7 derniers jours en entourant le chiffre placé sous la réponse appropriée

	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
1. Dévisser un couvercle serré ou neuf	1	2	3	4	5
2. Effectuer des tâches ménagères lourdes (nettoyage des sols ou des murs)	1	2	3	4	5
3. Porter des sacs de provisions ou une mallette	1	2	3	4	5
4. Se laver le dos	1	2	3	4	5
5. Couper la nourriture avec un couteau	1	2	3	4	5
6. Activités de loisir nécessitant une certaine force ou avec des chocs au niveau de l'épaule du bras ou de la main. (bricolage, tennis, golf, etc..)	1	2	3	4	5

Pas du tout	Légèrement	Moyennement	Beaucoup	Extrêmement
-------------	------------	-------------	----------	-------------

7. <b>Pendant les 7 derniers jours</b> , à quel point votre épaule, votre bras ou votre main vous a-t-elle gêné dans vos relations avec votre famille, vos amis ou vos voisins ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

Pas du tout limité	Légèrement limité	Moyennement limité	Très limité	Incapable
--------------------	-------------------	--------------------	-------------	-----------

8. <b>Avez-vous été limité dans votre travail</b> ou une de vos activités quotidiennes habituelles en raison de problèmes à votre épaule, votre bras ou votre main?	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

Veillez évaluer la sévérité des symptômes suivants **durant les 7 derniers jours**. (entourez une réponse sur chacune des lignes)

Aucune	Légère	Moyenne	Importante	Extrême
--------	--------	---------	------------	---------

9. Douleur de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5
10. Picotements ou fourmillements douloureux de l'épaule, du bras ou de la main	1	2	3	4	5

Pas du tout perturbé	Un peu perturbé	Moyennement perturbé	Très perturbé	Tellement perturbé que je ne peux pas dormir
----------------------	-----------------	----------------------	---------------	--

11. <b>Pendant les 7 derniers jours</b> , votre sommeil a-t-il été perturbé par une douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ? (entourez une seule réponse)	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---

Le score QuickDASH n'est pas valable s'il y a plus d'une réponse manquante.

Calcul du score du QuickDASH = ( [somme des n réponses] - 1 ) X 25, où n est égal au nombre de réponses.

### MODULE PROFESSIONNEL (OPTIONNEL)

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main **au cours de votre travail (y compris les travaux ménagers s'il s'agit de votre activité principale)**.

Précisez la nature de votre travail/métier : \_\_\_\_\_

Je ne travaille pas (Vous pouvez sauter cette partie du questionnaire)

Entourez la réponse qui décrit le plus précisément vos possibilités durant les 7 derniers jours.

Avez-vous eu des difficultés :	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
1. Pour travailler en utilisant votre technique habituelle ?	1	2	3	4	5
2. Pour travailler comme d'habitude à cause de la douleur de votre épaule, de votre bras ou de votre main ?	1	2	3	4	5
3. Pour travailler aussi bien que vous le souhaitez ?	1	2	3	4	5
4. Pour passer le temps habituellement consacré à votre travail ?	1	2	3	4	5

### MODULE SPORTS/ACTIVITES ARTISTIQUES (OPTIONNEL)

Les questions suivantes concernent la gêne occasionnée par votre épaule, votre bras ou votre main **lorsque vous jouez d'un instrument ou que vous pratiquez un sport ou les deux**. Si vous pratiquez plusieurs sports ou plusieurs instruments (ou les deux), vous êtes priés de répondre en fonction de l'activité qui est la plus importante pour vous.

Indiquez le sport ou l'instrument qui est le plus important pour vous : \_\_\_\_\_

Je ne pratique aucun sport ni aucun instrument. (Vous pouvez sauter cette partie du questionnaire)

Entourez 1 seule réponse par ligne, considérant vos possibilités durant les 7 derniers jours.

Avez-vous eu des difficultés :	Aucune difficulté	Difficulté légère	Difficulté moyenne	Difficulté importante	Impossible
1. Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument <b>avec votre technique habituelle</b> ?	1	2	3	4	5
2. Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument <b>à cause des douleurs</b> de votre épaule, de votre bras ou de votre main ?	1	2	3	4	5
3. Pour pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument <b>aussi bien que vous le souhaitez</b> ?	1	2	3	4	5
4. Pour passer le temps habituel à pratiquer votre sport ou jouer de votre instrument ?	1	2	3	4	5

**Calcul du score pour les modules optionnels :** Additionner les valeurs obtenues pour chaque réponse ; diviser par 4 (nombre de réponses) ; soustraire 1 ; multiplier par 25

**Le score n'est valable pour les modules optionnels qu'en l'absence de réponse manquante.**

<b>Category</b>	<b>Score</b>	<b>Findings</b>
Pain (25 points)	25	No pain
	20	Mild pain with vigorous activities
Pain only with weather changes	15	Moderate pain with vigorous activities
	10	Mild pain with activities of daily living
	0	Pain at rest
	0	Pain at rest
Satisfaction (25 points)	25	Very satisfied
	20	Moderately satisfied
	10	Not satisfied but working
	0	Not satisfied and unable to work
Range of motion (25 points) (% of normal)	25	100
	15	75–99
	10	50–74
	5	25–49
	0	0–24
Grip strength (25 points) (% of normal)	25	100
	15	75–99
	10	50–74
	5	25–49
	0	0–24
Final result (total points)	90 - 100	Excellent
	80 - 89	Good
	65 - 79	Fair
	<65	Poor

ANNEXE 6 : Résultats étude anatomique : Population

POPULATION					
Cas N°	Age	Sexe	Côté	Latex	Particularités
1	90	F	G	Bleu	Non
2	87	H	G	Bleu	Bord ulnaire du poignet
3	78	F	G	Bleu	Plis du coude
4	98	H	G	Bleu	Non
5	73	H	G	Bleu	Non
6	57	H	G	Bleu	Non
7	65	F	D	Bleu	Non
8	99	H	D	Bleu	Non
9	87	H	D	Bleu	Non
10	83	F	G	Bleu	Non
11	79	F	G	Bleu	Dermabrasion Face dorsale
12	80	H	G	Bleu	Cicatrice bord ulnaire du poignet
13	95	F	D	Bleu	Non
14	85	F	G	Bleu	Non
15	73	H	D	Bleu	Dermabrasion face dorsale
16	98	F	D	Bleu	Non
17	101	F	G	Bleu	<b>PSEUDARTHROSE DU SCAPHOÏDE</b>
18	80	H	G	Bleu	Non
19	88	F	D	Bleu	Non
20	71	F	G	Bleu	Non
21	78	H	D	Rouge	Non
22	78	H	G	Rouge	Non
23	83	H	D	Rouge	Non
24	83	H	G	Rouge	Non
25	91	F	D	Rouge	Non
26	91	F	G	Bleu	Non
27	83	F	D	Bleu	Non
28	84	H	D	Bleu	Non
29	88	H	D	Bleu	Non
30	92	F	D	Bleu	Non
<b>MOYENNES</b>	<b>83,9</b>	<b>15/15</b>	<b>16G/14D</b>	<b>/</b>	<b>/</b>

ANNEXE 7 : Résultats étude anatomique : Radiographie pré et post-opératoire dynamiques

RADIOGRAPHIE														
Cas N°	LC AVANT	HC AVANT	LC APRES	HC APRES	Dif LC	Dif HC	Diastasis SL	Diastasis TH	Conflit TH	Taille de l'hamatum sur la Rx	Différence vs mesure per op	Hauteur scaphoïde	Hauteur post ostéosynthèse	AVANT- APRES
1	7	30	10	30	-3	0	Non	+	/	19	0	24	24	-1
2	10	36	12	36	-2	0	Non	+	+	23	-1	32	31	1
3	9	34	11	33	-2	0	Non	+	/	20	0	25	24	1
4	4	36	5	35	-1	1	Non	+	+	24	-1	29	29	0
5	6	38	6	37	0	1	Non	+	/	22	0	32	32	0
6	11	35	14	35	-3	1	Non	/	/	20	-1	29	30	-1
7	8	32	9	31	-1	1	Non	+	+	19	-1	24	25	-1
8	10	36	11	36	-1	0	Non	+	+	22	0	28	29	-1
9	8	32	9	31	-1	1	Non	+	/	20	-1	28	30	-1
10	9	35	13	34	-4	1	Non	+	/	19	0	24	26	-1
11	11	32	12	33	-1	-1	Non	+	/	20	0	24	25	-1
12	5	36	7	35	-2	1	Non	+	+	23	0	28	29	-1
13	2	30	5	29	-3	2	Non	/	/	20	0	25	27	-2
14	6	34	7	34	-1	1	Non	+	+	22	1	26	27	0
15	8	37	10	36	-2	1	Non	+	+	22	-1	29	30	-1
<b>MOYENNES</b>	<b>7,6</b>	<b>34,2</b>	<b>9,4</b>	<b>33,5</b>	<b>-1,8</b>	<b>0,7</b>	<b>NON</b>	<b>86%</b>	<b>46%</b>	<b>21,0</b>	<b>-0,3</b>	<b>27,0</b>	<b>27,7</b>	<b>-0,6</b>
FEMMES	7,4	32,5	9,6	31,9	-2,1	0,5				19,7	-0,2	24,5	25,2	-0,7
HOMMES	7,8	35,7	9,3	34,9	-1,5	0,8				22,1	-0,5	29,2	29,8	-0,6

ANNEXE 8 : Résultats de l'étude anatomique : vascularisation et pédicule de lambeau d'hémi hamatum

VASCULARISATION														
Cas N°	Sexe	Type d'arche	Autres arches	Ø Artère radiale	Branches scaphoïde - Distace/Radiale (mm)		2IM - Distace/Radiale (mm)		Taille du pédicule (mm)	Ø Pedicule proximal (mm)	Ø Pedicule distal (mm)	Veine	Arc de rotation	Tensions sur le pédicule
1	F	R + U	Proximale + Distale	2,31	Radiale	/	Non	/	33,8	0,89	0,9	Oui	Oui	Non
2	H	R+ IOA + U	Proximale	2,68	IC	3,1	Oui	11,2	35,2	1,5	1,1	Oui	Oui	Non
3	F	R + U	Proximale + Distale	2,34	Radiale	/	Non	/	33,4	0,8	0,8	Oui	Oui	Non
4	H	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,3	Radiale	/	Non	/	34,2	0,89	0,9	Oui	Oui	Non
5	H	R+ IOA + U	Proximale	2,2	Radiale + IC	2,1	Oui	9,7	32,3	0,94	0,9	Oui	Oui	Non
6	H	R+ IOA	Proximale	2,3	Radiale	/	Oui	10,1	32,3	1,0	1,1	Oui	Oui	Non
7	F	R + U	Proximale + Distale	2,68	Radiale	/	Non	/	28,8	0,7	0,7	Oui	Oui	Non
8	H	R+ IOA	Proximale + Distale	2,2	IC	1,9	Non	/	32,1	0,9	0,8	Oui	Oui	Non
9	H	R+ IOA	Proximale	2,2	IC	3,7	Oui	9,9	29,9	0,9	0,8	Oui	Oui	Non
10	F	R+ IOA + U	Proximale	2,5	Radiale	/	Oui	12,6	29,8	1,1	1,2	Oui	Oui	Non
11	F	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,3	Radiale	/	Non	/	31,3	1,1	0,8	Oui	Oui	Non
12	H	<b>IOA + U</b>	Proximale + Distale	2,56	/	/	Non	/	/	/	/	/	/	/
13	F	R+ IOA	Distale	2,36	IC	2,5	Non	/	32,1	1,0	0,9	Oui	Oui	Non
14	F	R+ IOA + U	Proximale	2,8	Radiale	/	Oui	9,1	29,2	1,13	1,1	Oui	Oui	Non
15	H	R+ IOA + U	Proximale	2,6	Radiale	/	Oui	11,4	34,1	1,1	1,2	Oui	Oui	Non
16	F	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,17	Radiale	/	Non	/	29,7	0,7	0,9	Oui	Oui	Non
17	F	R+ IOA	Proximale + Distale	2,32	Radiale	/	Non	10,4	32,0	1,0	1,0	Oui	Oui	Non
18	H	R+ IOA	Proximale + Distale	2,87	Radiale + IC	4,7	Non	/	28,9	1,1	1,0	Oui	Oui	Non
19	F	R + U	Proximale + Distale	2,63	Radiale	/	Non	9,8	29,5	1,0	0,9	Oui	Oui	Non
20	F	R+ IOA	Distale	2,65	Radiale	/	Non	/	30,5	0,9	0,9	Oui	Oui	Non
21	H	R+ IOA + U	Distale	3,1	Radiale + IC	3,0	Oui	9,9	33,6	1,2	1,0	Oui	Oui	Non
22	H	R+ IOA + U	Proximale + Distale	3,2	Radiale	/	Non	/	33,4	1,4	0,8	Oui	Oui	Non
23	H	R+ IOA + U	Proximale	2,9	Radiale	0,1	Oui	13,7	31,8	2,7	0,7	Oui	Oui	Non
24	H	R + IOA + U	Proximale + Distale	2,7	Radiale	/	Oui	15,1	32,9	2,8	0,6	Oui	Oui	Non
25	F	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,2	Radiale	/	Oui	13,1	29,4	1,6	0,8	Oui	Oui	Non
26	F	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,2	Radiale	/	Oui	10,3	30,2	1,0	0,7	Oui	Oui	Non
27	F	R+ IOA	Distale	2,2	Radiale	/	Non	/	31,0	1,4	0,8	Oui	Oui	Non
28	H	R + U	Proximale + Distale	2,4	IC	4,2	Non	/	32,2	1,0	0,9	Oui	Oui	Non
29	H	R+ IOA + U	Proximale + Distale	2,7	Radiale	/	Non	/	30,7	1,2	0,9	Oui	Oui	Non
30	F	R+ IOA + U	Proximale	2,2	Radiale	/	Oui	11,7	28,5	0,9	0,8	Oui	Oui	Non
<b>MOYENNES</b>	<b>15/15</b>	<b>96% R</b>	<b>1,0</b>	<b>2,5</b>	<b>26% IC</b>	<b>2,8</b>	<b>43%</b>	<b>11,2</b>	<b>31,5</b>	<b>1,2</b>	<b>0,9</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>0%</b>
FEMMES				2,3					30,6	1,0	0,9			
HOMMES				2,6					32,7	1,4	0,9			

ANNEXE 9 : Résultats étude anatomique : Caractéristiques des prélèvements osseux

ANATOMIE OSSEUSE																					
Cas N°	Sexe	Hauteur totale	Taille du greffon	% prelevé	LP	LD	E	H	LCH	Hauteur scaph	Taille du greffon	% prelevé	LP	LD	E	H	LSL	LP	LD	E	H
1	F	19,5	13,6	0,7	16,7	12,3	14,2	16,2	Bon	23,6	13,4	0,6	14,5	12,3	13,9	12,8	Bon	2,2	0,2	0,3	3,4
2	H	23,3	16,3	0,7	19,1	14,7	14,1	19,4	Très bon	31,7	16,9	0,5	18,3	15,5	13,8	12,7	Très bon	0,8	-0,6	0,3	6,7
3	F	20,1	14,1	0,7	17,4	12,7	15,1	16,8	bon	24,5	13,8	0,6	14,9	12,7	14,8	13,6	bon	2,5	0,3	0,3	3,2
4	H	24,4	16,5	0,7	19,1	14,9	17,3	19,6	médiocre	28,8	16,4	0,6	17,7	15,1	17,0	16,2	bon	1,4	0,1	0,3	3,4
5	H	22,2	15,9	0,7	21,1	14,3	17,3	18,9	bon	31,5	15,6	0,5	16,8	14,4	17,0	16,1	bon	4,3	0,3	0,3	2,8
6	H	20,9	15,2	0,7	18,2	13,7	17,3	18,1	bon	28,9	15,2	0,5	16,4	14,0	17,0	16,2	bon	1,8	0,0	0,3	1,9
7	F	19,1	13,3	0,7	16,1	12,0	15,0	15,8	Bon	23,9	13,2	0,6	14,3	12,1	14,7	13,6	Bon	1,8	0,1	0,3	2,2
8	H	22,6	15,7	0,7	18,1	14,1	15,8	18,7	Très bon	27,5	15,1	0,5	16,3	13,9	15,5	14,6	Très bon	1,8	0,6	0,3	4,1
9	H	21,1	14,5	0,7	15,8	13,1	17,3	17,3	bon	28,3	14,8	0,5	16,0	13,6	17,0	15,8	bon	-0,2	-0,3	0,3	1,5
10	F	18,9	13,8	0,7	16,4	12,4	11,8	16,4	Bon	24,2	13,3	0,5	14,4	12,2	11,6	11,1	Bon	2,0	0,5	0,2	5,3
11	F	20,2	13,3	0,7	16,7	12,0	14,8	15,8	Très bon	23,9	13,1	0,5	14,1	12,1	14,5	13,3	Très bon	2,6	0,2	0,3	2,5
12	H	23,1	16,1	0,7	19,8	14,5	17,3	19,2	bon	28,2	14,9	0,5	16,1	13,7	17,0	16,2	bon	3,7	1,2	0,3	3,0
13	F	20,5	14,9	0,7	17,6	13,4	14,1	17,7	Bon	25,3	14,2	0,6	15,3	13,1	13,8	12,6	Bon	2,3	0,7	0,3	5,1
14	F	20,8	14,9	0,7	17,5	13,6	14,4	17,4	Très bon	26,4	14,7	0,6	15,2	14,5	13,3	12,4	Très bon	2,3	-0,9	1,1	5,0
15	H	22,8	15,8	0,7	19,6	14,2	14,1	18,8	bon	28,9	15,4	0,5	16,6	14,2	13,8	12,6	bon	3,0	0,1	0,3	6,2
16	F	20,3	14,3	0,7	17,7	12,9	13,4	17,0	Bon	25,4	14,1	0,6	15,2	13,0	13,1	12,1	Bon	2,5	-0,1	0,3	4,9
17	F	20,2	14,1	0,7	17,5	12,7	13,7	16,8	Très bon	24,3	16,3	0,7	17,6	15,0	13,4	12,5	bon	-0,1	-2,3	0,3	4,3
18	H	23,7	16,6	0,7	19,6	14,9	17,3	19,8	bon	28,6	14,7	0,5	15,9	13,5	17,0	15,8	médiocre	3,7	1,4	0,3	4,0
19	F	21,2	14,1	0,7	17,6	12,7	14,1	16,8	Très bon	25,5	13,8	0,5	14,9	12,7	13,8	12,9	Très bon	2,7	0,0	0,3	3,9
20	F	20,0	13,9	0,7	16,6	12,5	14,1	16,5	très bon	24,2	13,6	0,6	14,7	12,5	13,8	12,9	très bon	1,9	0,0	0,3	3,6
21	H	20,9	14,8	0,7	18,1	13,3	16,8	17,6	Très bon	29,9	14,9	0,5	16,1	13,7	16,5	15,3	Très bon	2,0	-0,4	0,3	2,3
22	H	22,4	15,3	0,7	19,8	13,8	15,8	18,2	très bon	32,2	15,7	0,5	17,0	14,4	15,5	14,4	très bon	2,8	-0,7	0,3	3,8
23	H	23,1	16,2	0,7	19,3	14,6	16,8	19,3	Très bon	29,8	15,9	0,5	17,2	14,6	16,5	15,6	Très bon	2,1	0,0	0,3	3,7
24	H	22,4	15,3	0,7	18,6	13,8	15,8	18,2	très bon	31,2	15,6	0,5	16,8	14,4	15,5	14,6	très bon	1,8	-0,6	0,3	3,6
25	F	20,4	14,1	0,7	17,3	12,7	14,5	16,8	Très bon	24,6	14,3	0,6	15,4	13,2	14,2	13,3	Très bon	1,9	-0,5	0,3	3,5
26	F	21,1	14,5	0,7	17,3	13,1	14,3	17,3	très bon	24,8	13,8	0,6	14,9	12,7	14,0	13,0	très bon	2,4	0,4	0,3	4,3
27	F	20,1	13,9	0,7	16,8	12,5	13,6	16,5	Très bon	25,9	13,3	0,5	14,4	12,2	13,3	12,1	Très bon	2,4	0,3	0,3	4,4
28	H	23,4	16,3	0,7	19,4	14,7	13,6	19,4	très bon	29,1	15,6	0,5	16,8	14,4	13,3	12,2	très bon	2,6	0,3	0,3	7,2
29	H	24,2	16,1	0,7	19,7	14,5	16,1	19,2	Très bon	29,7	15,9	0,5	17,2	14,6	15,8	14,6	Très bon	2,5	-0,1	0,3	4,6
30	F	19,9	13,2	0,7	16,8	11,9	15,2	15,7	très bon	26,1	13,0	0,5	14,0	12,0	14,9	13,1	très bon	2,8	-0,1	0,3	2,6
<b>MOYENNES</b>	<b>15/15</b>	<b>21,4</b>	<b>14,9</b>	<b>0,70</b>	<b>18,0</b>	<b>13,4</b>	<b>15,2</b>	<b>17,7</b>	<b>BON</b>	<b>27,2</b>	<b>14,7</b>	<b>0,5</b>	<b>15,8</b>	<b>13,5</b>	<b>14,8</b>	<b>13,8</b>	<b>BON</b>	<b>2,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,3</b>	<b>3,9</b>
<b>FEMMES</b>		20,2	14,0	0,7	17,1	12,6	14,2	16,6		24,8	13,9	0,6	14,9	12,8	13,8	12,8		2,1	-0,1	0,3	3,9
<b>HOMMES</b>		22,7	15,8	0,7	19,0	14,2	16,2	18,8		29,6	15,5	0,5	16,7	14,3	15,9	14,9		2,3	0,1	0,3	3,9

## 9. SERMENT D'HIPPOCRATE

---

## “ Au moment d’être admis(e) 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.

Admis(e) dans l’intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) 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 déshonoré(e) et méprisé(e) si j’y manque. ”

