



Evaluation structurale et inflammatoire (épanchement et synovite) par échographie dans la gonarthrose : comparaison aux données cliniques, radiographiques et IRM

Norbert Saulière

► To cite this version:

Norbert Saulière. Evaluation structurale et inflammatoire (épanchement et synovite) par échographie dans la gonarthrose : comparaison aux données cliniques, radiographiques et IRM. Sciences du Vivant [q-bio]. 2008. hal-01733759

HAL Id: hal-01733759

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01733759>

Submitted on 14 Mar 2018

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.



AVERTISSEMENT

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

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

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

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

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

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

Norbert SAULIÈRE

le 10 septembre 2008

**Evaluation structurale et inflammatoire (épanchement et synovite) par échographie
dans la gonarthrose : comparaison aux données cliniques, radiographiques et IRM**

Examineurs de la thèse :

Président : Monsieur le Professeur J. POUREL

Juges : Madame le Professeur	I. CHARY-VALCKENAERE
Monsieur le Professeur	D. LOEUILLE (Directeur de thèse)
Monsieur le Professeur	A. BLUM
Madame le Docteur	MA. D'AGOSTINO
Madame le Docteur	AC. RAT

THÈSE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement
dans le cadre du troisième cycle de Médecine Spécialisée

par

Norbert SAULIÈRE

le 10 septembre 2008

**Evaluation structurale et inflammatoire (épanchement et synovite) par échographie
dans la gonarthrose : comparaison aux données cliniques, radiographiques et IRM**

Examineurs de la thèse :

Président : Monsieur le Professeur J. POUREL

Juges : Madame le Professeur	I. CHARY-VALCKENAERE
Monsieur le Professeur	D. LOEUILLE (Directeur de thèse)
Monsieur le Professeur	A. BLUM
Madame le Docteur	MA. D'AGOSTINO
Madame le Docteur	AC. RAT

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1
FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Président de l'Université : Professeur Jean-Pierre FINANCE

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Patrick NETTER

Vice-Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Assesseeurs :

du 1^{er} Cycle :

du 2^{ème} Cycle :

du 3^{ème} Cycle :

de la Vie Facultaire :

M. le Professeur François ALLA

M. le Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI

M. le Professeur Marc BRAUN

M. le Professeur Bruno LEHEUP

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX

Professeur Jacques ROLAND

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean LOCHARD – Gabriel FAIVRE – Jean-Marie FOLIGUET

Guy RAUBER – Paul SADOUL – Raoul SENAULT

Jacques LACOSTE – Jean BEUREY – Jean SOMMELET – Pierre HARTEMANN – Emile de LAVERGNE

Augusta TREHEUX – Michel MANCIAUX – Paul GUILLEMIN – Pierre PAYSANT

Jean-Claude BURDIN – Claude CHARDOT – Jean-Bernard DUREUX – Jean DUHEILLE –

Jean-Marie GILGENKRANTZ – Simone GILGENKRANTZ

Pierre ALEXANDRE – Robert FRISCH – Michel PIERSON – Jacques ROBERT

Gérard DEBRY – Michel WAYOFF – François CHERRIER – Oliéro GUERCI

Gilbert PERCEBOIS – Claude PERRIN – Jean PREVOT – Jean FLOQUET

Alain GAUCHER – Michel LAXENAIRE – Michel BOULANGE – Michel DUC – Claude HURIET – Pierre LANDES

Alain LARCAN – Gérard VAILLANT – Daniel ANTHOINE – Pierre GAUCHER – René-Jean ROYER

Hubert UFFHOLTZ – Jacques LECLERE – Francine NABET – Jacques BORRELLY

Michel RENARD – Jean-Pierre DESCHAMPS – Pierre NABET – Marie-Claire LAXENAIRE – Adrien DUPREZ – Paul VERT –

Bernard LEGRAS – Pierre MATHIEU – Jean-Marie POLU – Antoine RASPILLER – Gilbert THIBAUT

Michel WEBER – Gérard FIEVE – Daniel SCHMITT – Colette VIDAILHET – Alain BERTRAND – Hubert GERARD

Jean-Pierre NICOLAS – Francis PENIN – Michel STRICKER – Daniel BURNEL – Michel VIDAILHET – Claude BURLET –

Jean-Pierre DELAGOUTTE – Jean-Pierre MALLIÉ – Danièle SOMMELET – Professeur Luc PICARD

Professeur Guy PETIET

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Professeur Jacques ROLAND – Professeur Gilles GROSDIDIER

Professeur Pierre LASCOMBES – Professeur Marc BRAUN

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Professeur Bernard FOLIGUET

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

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

2^{ème} sous-section : (Radiologie et imagerie médicale)

Professeur Luc PICARD – Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

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

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur Jean-Pierre CRANCE

Professeur François MARCHAL – Professeur Philippe HAOUZI

3^{ème} sous-section : (Biologie Cellulaire (type mixte : biologique))

Professeur Ali DALLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Professeur Olivier ZIEGLER

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (Bactériologie – virologie ; hygiène hospitalière)

Professeur Alain LOZNIEWSKI

2^{ème} sous-section : (Parasitologie et mycologie)

Professeur Bernard FORTIER

3^{ème} sous-section : (Maladies infectieuses ; maladies tropicales)

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (Épidémiologie, économie de la santé et prévention)

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON

Professeur Francis GUILLEMIN – Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

2^{ème} sous-section : (Médecine et santé au travail)

Professeur Guy PETIET – Professeur Christophe PARIS

3^{ème} sous-section : (Médecine légale et droit de la santé)

Professeur Henry COUDANE

4^{ème} sous-section : (Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication)

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (Hématologie ; transfusion)

Professeur Christian JANOT – Professeur Thomas LECOMPTE – Professeur Pierre BORDIGONI

Professeur Pierre LEDERLIN – Professeur Jean-François STOLTZ – Professeur Pierre FEUGIER

2^{ème} sous-section : (Cancérologie ; radiothérapie)

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Pierre BEY – Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie et réanimation chirurgicale)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Dan LONGROIS – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Paul-Michel MERTES

2^{ème} sous-section : (Réanimation médicale)

Professeur Henri LAMBERT – Professeur Alain GERARD

Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT – Professeur Bruno LÉVY

3^{ème} sous-section : (Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique)

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique)

Professeur François PAILLE – Professeur Gérard GAY – Professeur Faiez ZANNAD

49^{ème} Section : PATHOLOGIE NERVEUSE ET MUSCULAIRE, PATHOLOGIE MENTALE, HANDICAP et RÉÉDUCATION

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Gérard BARROCHE – Professeur Hervé VESPIGNANI

Professeur Xavier DUCROCQ

2^{ème} sous-section : (Neurochirurgie)

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE

Professeur Thierry CIVIT

3^{ème} sous-section : (Psychiatrie d'adultes)

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

4^{ème} sous-section : (Pédopsychiatrie)

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC

5^{ème} sous-section : (Médecine physique et de réadaptation)

Professeur Jean-Marie ANDRE – Professeur Jean PAYSANT

50^{ème} Section : PATHOLOGIE OSTÉO-ARTICULAIRE, DERMATOLOGIE et CHIRURGIE PLASTIQUE

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Jacques POUREL – Professeur Isabelle VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

2^{ème} sous-section : (Chirurgie orthopédique et traumatologique)

Professeur Daniel MOLE

Professeur Didier MAINARD – Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

3^{ème} sous-section : (Dermato-vénéréologie)

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

4^{ème} sous-section : (Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique)

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIORESPIRATOIRE et VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie)

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

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL

Professeur Christian de CHILLOU

3^{ème} sous-section : (Chirurgie thoracique et cardiovasculaire)

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT

Professeur Jean-Pierre CARTEAUX – Professeur Loïc MACE

4^{ème} sous-section : (Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire)

52^{ème} Section : MALADIES DES APPAREILS DIGESTIF et URINAIRE

1^{ère} sous-section : (Gastroentérologie ; hépatologie)

Professeur Marc-André BIGARD

Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI

2^{ème} sous-section : (Chirurgie digestive)

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Michèle KESSLER – Professeur Dominique HESTIN (Mme) – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Philippe MANGIN – Professeur Jacques HUBERT – Professeur Luc CORMIER

53^{ème} Section : MÉDECINE INTERNE, GÉRIATRIE et CHIRURGIE GÉNÉRALE

1^{ère} sous-section : (Médecine interne)

Professeur Denise MONERET-VAUTRIN – Professeur Denis WAHL

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY – Professeur Abdelouahab BELLOU

2^{ème} sous-section : (Chirurgie générale)

Professeur Patrick BOISSEL – Professeur Laurent BRESLER

Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE, ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Pierre MONIN

Professeur Jean-Michel HASCOET – Professeur Pascal CHASTAGNER – Professeur François FEILLET –

Professeur Cyril SCHWEITZER

2^{ème} sous-section : (Chirurgie infantile)

Professeur Michel SCHMITT – Professeur Pierre JOURNEAU

3^{ème} sous-section : (Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale)

Professeur Michel SCHWEITZER – Professeur Jean-Louis BOUTROY

Professeur Philippe JUDLIN – Professeur Patricia BARBARINO – Professeur Bruno DEVAL

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie et maladies métaboliques)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

55^{ème} Section : PATHOLOGIE DE LA TÊTE ET DU COU

1^{ère} sous-section : (Oto-rhino-laryngologie)

Professeur Claude SIMON – Professeur Roger JANKOWSKI

2^{ème} sous-section : (Ophtalmologie)

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

3^{ème} sous-section : (Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie)

Professeur Jean-François CHASSAGNE

=====

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (Anatomie)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT

2^{ème} sous-section : (Cytologie et histologie)

Docteur Edouard BARRAT

Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

3^{ème} sous-section : (Anatomie et cytologie pathologiques)

Docteur Béatrice MARIE

Docteur Laurent ANTUNES

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

1^{ère} sous-section : (Biophysique et médecine nucléaire)

Docteur Marie-Hélène LAURENS – Docteur Jean-Claude MAYER

Docteur Pierre THOUVENOT – Docteur Jean-Marie ESCANYE – Docteur Amar NAOUN

44^{ème} Section : BIOCHIMIE, BIOLOGIE CELLULAIRE ET MOLÉCULAIRE, PHYSIOLOGIE ET NUTRITION

1^{ère} sous-section : (Biochimie et biologie moléculaire)

Docteur Jean STRACZEK – Docteur Sophie FREMONT

Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN – Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Docteur Gérard ETHEVENOT – Docteur Nicole LEMAU de TALANCE – Docteur Christian BEYAERT

Docteur Bruno CHENUÉL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

Docteur Didier QUILLIOT – Docteur Rosa-Maria RODRIGUEZ-GUEANT

45^{ème} Section : MICROBIOLOGIE, MALADIES TRANSMISSIBLES ET HYGIÈNE

1^{ère} sous-section : (*Bactériologie – Virologie ; hygiène hospitalière*)

Docteur Francine MORY – Docteur Christine LION

Docteur Michèle DAILLOUX – Docteur Véronique VENARD

2^{ème} sous-section : (*Parasitologie et mycologie*)

Docteur Marie-France BIAVA – Docteur Nelly CONTET-AUDONNEAU – Docteur Marie MACHOUART

46^{ème} Section : SANTÉ PUBLIQUE, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ

1^{ère} sous-section : (*Epidémiologie, économie de la santé et prévention*)

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE

4^{ème} sous-section : (*Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication*)

Docteur Pierre GILLOIS

47^{ème} Section : CANCÉROLOGIE, GÉNÉTIQUE, HÉMATOLOGIE, IMMUNOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Hématologie ; transfusion*)

Docteur François SCHOONEMAN

2^{ème} sous-section : (*Cancérologie ; radiothérapie : cancérologie (type mixte : biologique)*)

Docteur Lina BEZDETNYA épouse BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (*Immunologie*)

Docteur Anne KENNEL – Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (*Génétique*)

Docteur Christophe PHILIPPE

**48^{ème} Section : ANESTHÉSIOLOGIE, RÉANIMATION, MÉDECINE D'URGENCE,
PHARMACOLOGIE ET THÉRAPEUTIQUE**

1^{ère} sous-section : (*Anesthésiologie et réanimation chirurgicale*)

Docteur Jacqueline HELMER – Docteur Gérard AUDIBERT

3^{ème} sous-section : (*Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique*)

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT – Docteur Nicolas GAMBIER

50^{ème} Section : RHUMATOLOGIE

1^{ère} sous-section : (*Rhumatologie*)

Docteur Anne-Christine RAT

**54^{ème} Section : DÉVELOPPEMENT ET PATHOLOGIE DE L'ENFANT, GYNÉCOLOGIE-OBSTÉTRIQUE,
ENDOCRINOLOGIE ET REPRODUCTION**

5^{ème} sous-section : (*Biologie et médecine du développement et de la reproduction*)

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

60^{ème} section : MÉCANIQUE, GÉNIE MÉCANIQUE ET GÉNIE CIVILE

Monsieur Alain DURAND

61^{ème} section : GÉNIE INFORMATIQUE, AUTOMATIQUE ET TRAITEMENT DU SIGNAL

Monsieur Jean REBSTOCK – Monsieur Walter BLONDEL

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE
Mademoiselle Marie-Claire LANHERS
Monsieur Franck DALIGAULT

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE
Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY
Madame Ketsia HESS – Monsieur Pierre TANKOSIC – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS
Madame Natalia DE ISLA

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE
Monsieur Nguyen TRAN

67^{ème} section : BIOLOGIE DES POPULATIONS ET ÉCOLOGIE
Madame Nadine MUSSE

68^{ème} section : BIOLOGIE DES ORGANISMES
Madame Tao XU-JIANG

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Professeur associé Alain AUBREGE
Docteur Francis RAPHAEL
Docteur Jean-Marc BOIVIN
Docteur Jean-Louis ADAM
Docteur Elisabeth STEYER

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Michel BOULANGE – Professeur Alain LARCAN - Professeur Daniel ANTHOINE
Professeur Paul VERT - Professeur Pierre MATHIEU - Professeur Gilbert THIBAUT
Mme le Professeur Colette VIDAILHET – Professeur Alain BERTRAND - Professeur Jean-Pierre NICOLAS
Professeur Michel VIDAILHET – Professeur Marie-Claire LAXENAIRE - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ
Mme le Professeur Simone GILGENKRANTZ - Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE – Professeur Danièle SOMMELET
Professeur Luc PICARD - Professeur Guy PETIET

=====

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)
Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)
Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Wanderbilt University, Nashville (U.S.A)
Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS (1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)
Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto (JAPON)
Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
Centre Universitaire de Formation et de Perfectionnement des Professionnels de Santé d'Hô Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)

**A notre maître et Président de thèse,
Monsieur le Professeur Jacques POUREL,
Professeur de Rhumatologie,
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques**

Vous nous faites l'honneur d'accepter de présider ce jury et de juger notre travail.
Réaliser une grande partie de mon internat dans votre service fut un honneur et un grand plaisir.
Nous avons eu le privilège de bénéficier de votre expérience clinique.
Qu'il nous soit permis ici d'exprimer notre gratitude et notre profond respect.

**A notre maître et Juge,
Madame le Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE,
Professeur de Rhumatologie.**

Vous nous faites l'honneur de participer au jury de notre thèse.

Nous avons apprécié votre rigueur, votre enseignement ainsi que votre expérience clinique au lit du patient.

Nous avons apprécié votre regard critique et de synthèse dans l'élaboration de ce travail.

Veillez y trouver l'expression de notre respect et de notre gratitude.

**A notre maître, Directeur de thèse et Juge,
Monsieur le Professeur Damien LOEUILLE,
Professeur de Rhumatologie.**

Nous sommes très sensibles à la confiance que vous nous avez témoigné en acceptant de diriger notre thèse.

Votre investissement à nos côtés pour la réalisation de ce travail a grandement été apprécié.

Votre collaboration et votre enseignement sur le sujet durant ces différentes années ont été très profitables.

Veillez y trouver l'expression de notre respect et de notre gratitude.

**A notre maître et Juge,
Monsieur le Professeur Alain BLUM,
Professeur de Radiologie et d'imagerie médicale.**

Vous nous faites l'honneur de participer au jury de notre thèse.
Nous avons pu bénéficier de la complicité de votre service pour la réalisation de ce travail.
Veuillez y trouver l'expression de notre respect et de notre reconnaissance.

A notre Juge,

Madame le Docteur Maria-Antonietta D'AGOSTINO,

Docteur en Rhumatologie.

Vous nous faites l'honneur de participer au jury de notre thèse.

Nous apprécions l'intérêt que vous avez porté à ce travail.

Recevez ici le témoignage de notre respect et de notre reconnaissance.

A notre Juge,
Madame le Docteur Anne-Christine RAT,
Docteur en Rhumatologie.

Vous nous faites l'honneur de participer au jury de notre thèse.
Nous apprécions la disponibilité et l'investissement fourni à ce travail.
Recevez ici le témoignage de notre respect et de notre reconnaissance.

**A notre maître,
Monsieur le Professeur Eric VIGNON
Professeur de Rhumatologie.**

Nous sommes très sensibles à l'intérêt que vous avez manifesté pour ce travail.

Nous vous sommes très reconnaissants de votre participation active dans ce travail.

Veillez y trouver l'expression de notre respect et de notre gratitude.

A Monsieur le Docteur Patrice PERE

Nous sommes très reconnaissants de votre disponibilité, de votre enseignement dans le service.

Nous avons apprécié les moments passés à vos côtés.

Recevez ici le témoignage de notre profond respect et de notre gratitude.

A mes maîtres d'internat

Madame le Professeur MONERET-VAUTRIN
Monsieur le Professeur MAY
Monsieur le Docteur AUBURTIN
Monsieur le Docteur PAUTOT

A mes aînés qui ont participé à ma formation

Madame le Docteur BATOT
Madame le Docteur HOENEN-CLAVERT
Monsieur le Docteur DINTINGER
Madame le Docteur SCHUMACHER
Madame le Docteur BEGUINOT
Monsieur le Docteur DEBLAIS
Madame le Docteur SCHULLER
Madame le Docteur BEVILACQUA

A Aurélie,

Pour son aide précieuse et son soutien sans faille

A mes parents et à Noëlie,

Pour l'aide qu'ils m'ont apporté et la confiance qu'ils ont eue en moi

A mes proches et amis

A mes collaborateurs et aux personnels du service de Rhumatologie

SERMENT

"Au moment d'être admis 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 dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu 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 et méprisé si j'y manque".

Table des matières

Table des matières	17
Introduction	21
Généralités sur la gonarthrose	22
I- Historique	22
II- Définition	24
III- Epidémiologie	25
IV- Anatomie et histologie (exemple du genou)	26
A- L'anatomie descriptive.....	26
1- Les surfaces articulaires	27
2- Les structures abarticulaires.....	27
3- Les plans de renforcement ligamentaires et musculaires	28
B- L'anatomie fonctionnelle	29
1- La stabilité articulaire	29
2- La dynamique articulaire	30
3- Les mouvements anormaux	30
C- L'histologie	31
1- Le cartilage.....	31
1-1 L'étude macroscopique.....	31
1-2 L'étude microscopique.....	32
1-3 Le chondrocyte.....	34
1-4 La matrice extracellulaire	34
1-5 Du cartilage vieillissant au cartilage arthrosique	36
2- La Membrane synoviale.....	37
2-1 Les cellules et la substance intercellulaire	37
2-2 La structure de la membrane synoviale.....	38
2-3 Les fonctions de la membrane synoviale	39
2-4 La membrane synoviale au cours de l'arthrose.....	40
V- Moyens d'évaluation en imagerie de la gonarthrose	41
A- La radiographie	41
1- L'évaluation structurale	42
2- La chondrométrie	42
B- L'IRM.....	42
1- Les généralités sur l'IRM ostéo-articulaire.....	42
2- Le cartilage en IRM	43
3- L'épanchement intra-articulaire.....	44
4- L'inflammation synoviale en IRM.....	45
5- Le kyste poplité.....	46
6- Autres structures accessibles en IRM	47
6-1 L'os sous-chondral en IRM	47
6-2 Les structures méniscales en IRM	48
6-3 Les structures ligamentaires en IRM	49
C- L'échographie.....	50
1- Le cartilage.....	50
2- L'épanchement intra-articulaire.....	52
3- La membrane synoviale	52
3-1 En mode B.....	52

3-2 En mode Doppler puissance (DP).....	53
4- Le kyste poplité.....	54
5- Autres structures accessibles en échographie	54
Travail personnel.....	55
I- Objectif du travail	55
II- Patients et méthode.....	55
A- L'inclusion et l'information des patients	55
B- L'état civil et les données cliniques	56
C- Les traitements suivis	57
D- L'évaluation de la douleur et de la qualité de vie	57
E- Le bilan biologique.....	58
F- L'imagerie.....	59
1- Les radiographies	59
1-1 La technique d'examen	59
1-2 L'évaluation structurale	60
1-3 La chondrométrie	61
2- L'IRM	61
2-1 La technique d'examen	61
2-2 Les séquences utilisées	62
2-3 L'évaluation du cartilage	62
2-3 1 Le score WORMS du cartilage	62
2-3 2 Le score IRM du cartilage.....	65
2-3 3 La mesure du volume cartilagineux	66
2-3 4 La mesure de l'épaisseur du cartilage trochléaire	69
2-4 L'épanchement intra-articulaire	69
2-4 1 Le score WORMS épanchement.....	69
2-4 2 Le score IRM semi-quantitatif d'épanchement.....	69
2-5 L'inflammation synoviale	71
2-5 1 Le score IRM semi-quantitatif de la membrane synoviale	71
2-5 2 Le volume de synovite rehaussé total	72
2-5 3 Le volume de synovite en fonction du taux de rehaussement	73
2-5 3 Le score WORMS synovite	75
2-6 La recherche d'un kyste poplité	75
3- L'échographie	76
3-1 Le cartilage.....	76
3-1 1 La cotation du cartilage en grades	77
3-1 2 La mesure du cartilage	79
3-2 L'épanchement intra-articulaire.....	80
3-2 1 Le score épanchement semi-quantitatif.....	81
3-2 2 Le score épanchement quantitatif	82
3-3 La synovite.....	82
3-3 1 Le score semi-quantitatif en mode B	82
3-3 2 L'évaluation en mode Doppler Puissance.....	82
3-3 3 L'évaluation en mode B et DP : score total de synovite échographique	83
3-4 La recherche d'un kyste poplité.....	84
G- L'étude statistique	84
III- Résultats	85
A- Description des résultats	85
1- La population et les données cliniques	85
2- L'imagerie.....	87

2-1 La radiographie	87
2-1 1 L'étude structurale par le score de Kellgren et Lawrence	87
2-1 2 La chondrométrie	87
2-2 L'IRM	88
2-2 1 Le cartilage.....	88
2-2 1 2 Le score IRM cartilage.....	88
2-2 2 L'épanchement.....	89
2-2 3 La synovite.....	90
2-3 L'échographie	91
2-3 1 L'évaluation échographique du cartilage.....	91
2-3 2 L'évaluation échographique de l'épanchement	92
2-3 3 L'évaluation échographique de la synovite	93
B- Etude comparative des techniques d'imagerie confrontées au retentissement sur la douleur et la qualité de vie et sur l'évaluation du cartilage, de l'épanchement et de la synovite	94
1- La douleur et la qualité de vie.....	94
1-1 L'examen clinique versus la douleur et la qualité de vie.....	94
1-2 L'échographie versus la douleur et la qualité de vie.....	94
1-2 1 L'évaluation structurale échographique du cartilage fémoral.....	94
1-2 2 L'évaluation échographique de l'épanchement	95
1-2 3 L'évaluation échographique de la synovite	95
1-3 La radiographie versus la douleur et la qualité de vie	95
1-4 L'IRM versus la douleur et la qualité de vie.....	95
1-4 1 L'évaluation IRM du cartilage.....	95
1-4 2 L'évaluation IRM de l'épanchement	96
1-4 3 L'évaluation IRM de la synovite	97
1-5 Synthèse sur les paramètres douleur et de qualité de vie.....	97
2- Le cartilage.....	97
2-1 L'examen clinique versus les différentes techniques d'imagerie	97
2-2 Les données échographiques versus la radiographie	98
2-2 1 Pour le compartiment fémoro-tibial interne.....	98
2-2 2 Pour le compartiment fémoro-tibial externe	98
2-3 Les données échographiques versus l'IRM	98
2-3 1 La mesure de l'épaisseur du cartilage trochléaire en IRM	98
2-3 2 Avec le score WOMS du cartilage.....	98
2-3 3 Avec le score IRM du cartilage.....	99
2-3 4 Avec les volumes cartilagineux	100
2-4 Les données radiographiques versus l'IRM.....	100
2-5 Confrontation des différentes méthodes IRM d'évaluation du cartilage	101
2-6 Place de l'échographie par rapport à la radiographie et l'IRM.....	101
2-6 1 Pour une évaluation globale.....	101
2-6 2 Pour une évaluation par compartiment	103
3- L'épanchement intra-articulaire.....	104
3-1 L'examen clinique versus les différentes approches d'imagerie	104
3-1 1 L'échographie	104
3-1 2 L'IRM	104
3-2 L'échographie versus l'IRM	104
3-2 1 Avec le score WOMS épanchement.....	104
3-2 2 Avec le score IRM d'épanchement.....	104
3-2 3 Avec les mesures IRM de l'épanchement.....	105

3-3 Confrontation des différentes méthodes IRM d'évaluation de l'épanchement ...	105
3-4 Place de l'échographie dans l'évaluation de l'épanchement	105
4- La synovite.....	106
4-1 L'examen clinique versus les différentes approches d'imagerie	106
4-1 1 L'échographie	106
4-1 2 L'IRM	106
4-2 L'échographie versus IRM pour l'évaluation de la synovite.....	106
4-2 1 Avec le score semi-quantitatif de synovite	106
4-2 2 Avec le score WORMS de synovite	107
4-2 3 Avec les volumes IRM de synovite	107
4-3 Confrontation entre les différentes techniques IRM d'évaluation de la synovite	107
4-4 Place de l'échographie dans l'évaluation de la synovite	108
D- L'évaluation d'un Kyste poplité	109
E- La reproductibilité des techniques.....	109
1- Pour la radiographie.....	109
2- Pour l'IRM.....	109
2-1 L'évaluation du cartilage	109
2-2 L'évaluation de l'épanchement.....	110
2-3 L'évaluation de la synovite.....	110
3- Pour l'échographie	110
Discussion	111
Conclusions	126
Bibliographie.....	128
Annexe.....	136

Introduction

L'arthrose est l'affection rhumatologique la plus fréquente. Sa répartition est universelle. Elle constitue un enjeu de santé publique car ses conséquences socio-économiques sont considérables. En 1998, Felson et coll. [1] ont démontré que les coûts de l'arthrose étaient trois fois supérieurs à ceux de la polyarthrite rhumatoïde aux Etats-Unis avant l'ère des anti-TNF α (Tumor Necrosis Factor α). En France, Le Pen et coll. [2] évaluaient le coût direct de l'arthrose à 1,6 milliards d'euros soit 1,7% des dépenses de l'Assurance Maladie pour l'année 2002. L'arthrose constitue le premier motif de consultation auprès du médecin généraliste et environ 40 000 prothèses de genou sont posées par an en France.

L'arthrose se définit comme la dégradation du cartilage. Or en 2008, la physiopathologie de l'arthrose reste mal connue. Une prise en charge optimale des patients nécessite une meilleure connaissance des phénomènes sous-jacents et d'avoir des outils simples et fiables dans le suivi de nos patients. Les progrès dans le domaine de l'imagerie et notamment avec l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) ont permis de déterminer certains facteurs de la progression de la perte cartilagineuse (les de lésions de l'os sous-chondral [3], les lésions méniscales [4,5] ou les atteintes du pivot central [6,7]). De même, l'IRM permet de mettre en évidence des lésions à l'origine des gonalgies (l'épanchement intra-articulaire et l'inflammation de la membrane synoviale qui sont souvent rencontrés au cours de la gonarthrose [8], jouent un rôle dans la genèse des gonalgies [9,10], comme les lésions de l'os sous-chondral [11]). Malheureusement, aujourd'hui en France l'IRM n'est pas toujours d'accès facile et son coût est non négligeable. Parallèlement, une autre technique d'imagerie qu'est l'échographie ostéo-articulaire, est venue renforcer le panel des outils à la disposition des rhumatologues, avec des résultats proches de ceux obtenus par l'IRM [12,13], pour un coût bien moindre et un accès bien plus simple.

Dans ce travail, nous étudions la perspective d'utiliser l'échographie comme moyen d'évaluation de la gonarthrose d'un point de vue structural et inflammatoire (épanchement et synovite) versus les données cliniques, radiologiques et IRM.

Généralités sur la gonarthrose

I- Historique

D'un point de vue historique, l'arthrose est une affection universelle qui touche tous les vertébrés. Chez l'Homme les premiers squelettes présentant des lésions arthrosiques sont datés du paléolithique. De l'Antiquité à la Renaissance l'arthrose n'est pas individualisée des autres affections rhumatologiques.

Au XVIII^e siècle, John Hunter qui est considéré comme le fondateur de l'anatomopathologie, est le premier à décrire des lésions dégénératives d'arthrose au genou : « *en retournant la rotule, je vis que le cartilage était presque complètement érodé ; celui-ci et l'extrémité inférieure du fémur étaient striées de rayures parallèles* » [14]. A la même époque Heberden décrit les nodosités des inter-phalangiennes distales pathognomonique de l'arthrose digitale qui porteront son nom [15]. Cruveilhier au XIX^e siècle, fait une description anatomique de l'arthrose en parlant d' « usure du cartilage » [16], et il introduisit l'idée d'abrasion passive du cartilage. Broca, entre 1850 et 1852, ajoute à cette destruction la notion de prolifération ostéophytique. Les premières synthèses anatomo-cliniques sont dues à Robert Adams (médecin irlandais) qui en 1857, dans *Traitement du rhumatisme, de la goutte et de l'arthrite chronique*, fait une description clinique, étiologique et évolutive de la coxarthrose [17], il sera suivi peu après par Jean-Marie Charcot à Paris [18].

Ce n'est que plus tard, vers 1884 que l'arthrose est individualisée des autres atteintes rhumatologiques : goutte, arthrite tuberculeuse, polyarthrite rhumatoïde grâce aux travaux de l'allemand Waldmann [19]. C'est l'avènement de la radiographie qui va faire progresser les connaissances avec d'abord l'anglais Archibald Garrod qui en 1896 introduisit le terme d' « osteoarthritis » puis en 1904 les travaux des américains Goldthwait, Painter et Osgood qui permettent de dissocier de façon radio-clinique l'arthrose de la polyarthrite rhumatoïde [20]. Durant de nombreuses années le mécanisme physiopathologique communément retenu

pour expliquer sa survenue était le surmenage supra physiologique d'un cartilage vieillissant qui tend à perdre son élasticité comme l'a décrit l'autrichien Gustav Pommer [²¹]. Cette théorie qui s'était vue confirmée par de grandes séries autopsiques, est ébranlée par la découverte à l'aide des nouvelles techniques d'imagerie que la plupart des articulations montrent précocement, dans la vie des individus, des lésions érosives du cartilage peu évolutives et cliniquement silencieuses en IRM et en échographie [^{22, 23, 24}].

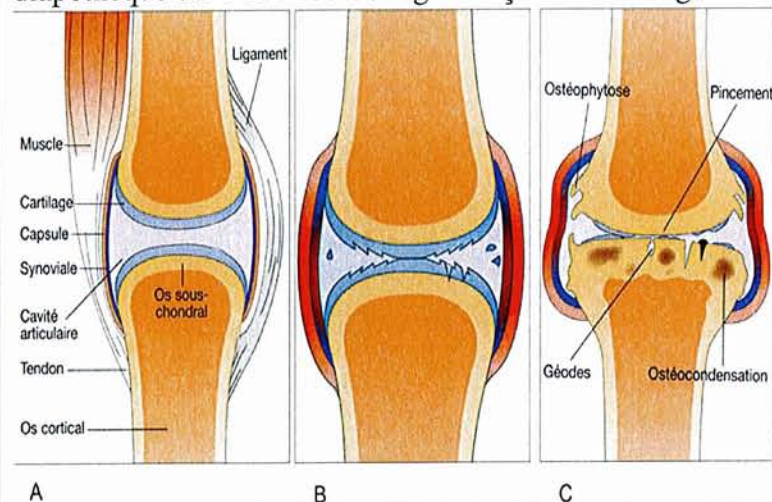
En effet, l'IRMN (Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire) plus communément appelée IRM est une technique encore récente. Si le phénomène physique a été décrit en 1946 par Bloch et Purcell [²⁵], prix Nobel de physique en 1952, les premières images chez l'homme ont été réalisées en 1979. Aujourd'hui, l'IRM est devenue une technique majeure de l'imagerie médicale moderne qui fournit des images tridimensionnelles et en coupe de grande précision anatomique [²⁶]. L'échographie médicale est vraiment apparue dans les années 70, cette technique a été développée à partir de la conjonction de plusieurs grandes découvertes comme les travaux de Colladon sur la propagation des sons en 1830, la découverte de l'effet Doppler par Doppler en 1840 et la découverte de l'effet piézoélectrique par Pierre Curie en 1910 à l'origine des travaux la même année de Paul Langevin sur la propagation des ultrasons dans l'eau et leurs réflexions (= échos) sur des objets. Mais à l'époque les sondes basses fréquences ne permettaient pas une exploration satisfaisante en imagerie ostéo-articulaire. C'est Aisen et coll. [²⁷] qui en 1984, remplaçaient l'échographie dans l'arsenal diagnostic ostéo-articulaire avec des sondes hautes fréquences. Sur ces dernières années avec les progrès des appareils et des sondes (hautes fréquences, 3D et le Doppler puissance permettant de visualiser la microvascularisation), l'échographie est devenue une aide précieuse pour les cliniciens.

Malgré les progrès dans le domaine moléculaire et de l'imagerie l'arthrose reste une affection mal connue à ce jour.

II- Définition

En 2008, la physiopathologie de l'arthrose reste mal connue d'où une difficulté de définition encore maintenant. L'arthrose se définit comme la dégradation du cartilage allant jusqu'à son usure complète associée à des remaniements de l'os sous-chondral, la production d'ostéophytes et des épisodes limités d'inflammation synoviale (schéma 1). L'arthrose est une maladie de l'articulation et non seulement une maladie du cartilage. Pour illustrer la complexité de cette affection, en 1994, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) ont proposé une ébauche de définition englobant les principales facettes de la maladie qui reste descriptive : « L'arthrose est la résultante des phénomènes mécaniques et biologiques qui déstabilisent l'équilibre entre la synthèse et la dégradation du cartilage et de l'os sous-chondral. Ce déséquilibre peut être initié par de multiples facteurs : génétiques, développements, métaboliques et traumatiques. L'arthrose touche tous les tissus de l'articulation diarthrodiale et se manifeste par des modifications morphologiques, biochimiques, moléculaires et biomécaniques des cellules et de la matrice cartilagineuse conduisant à un ramollissement, une fissuration, une ulcération et une perte du cartilage articulaire, une sclérose de l'os sous-chondral avec production d'ostéophytes et de kystes sous-chondraux. Quand elle devient symptomatique, l'arthrose entraîne douleur et raideur articulaires, un éventuel épanchement articulaire avec des degrés variables d'inflammation locale ».

Schéma 1 : Evolution d'une articulation saine vers une articulation arthrosique (extrait de la diapotheque du COFER : Collège français des enseignants en Rhumatologie)



*Fig A : articulation normale
(intégrité du cartilage et des
structures abarticulaires)*

Fig B : lésions du cartilage

*Fig C : articulation
arthrosique avec destruction
complète du cartilage et
remaniement des structures
abarticulaires.*

Actuellement le diagnostic d'arthrose est radio-clinique. L'American College of Rheumatology (ACR) a proposé des critères de classification [28]. Ces critères sont utilisés par la communauté scientifique pour les études cliniques, ils associent :

Une douleur du genou avec au moins un des critères suivants :

- un âge supérieur à 50 ans
- une raideur matinale de moins de 30 minutes
- des crépitements
- la présence d'ostéophytes à la radiographie

III- Epidémiologie

La prévalence de l'arthrose déterminée par un dépistage radiologique est de 52% des adultes pour une seule localisation, cette valeur passe à 85% pour les tranches d'âge les plus élevées. La prévalence est identique dans les deux sexes jusqu'à la ménopause puis apparaît une prépondérance féminine. Un travail italien de 2003, de Mannoni et coll. [29], sur une population de 697 sujets âgés de plus de 65 ans, retrouvait une prévalence de 29,8% de gonarthrose. Une étude grecque sur 10 647 personnes, de Andrianakos et coll. [30], retrouvait une prévalence de 6% de la gonarthrose symptomatique. Pour une tranche d'âge de 65-75 ans, la prévalence de la gonarthrose est estimée à 30% d'après les travaux de Felson et coll. sur la cohorte de Framingham [31]. La prévalence de l'arthrose symptomatique en France est évaluée à 17% soit neuf à dix millions de personnes [2].

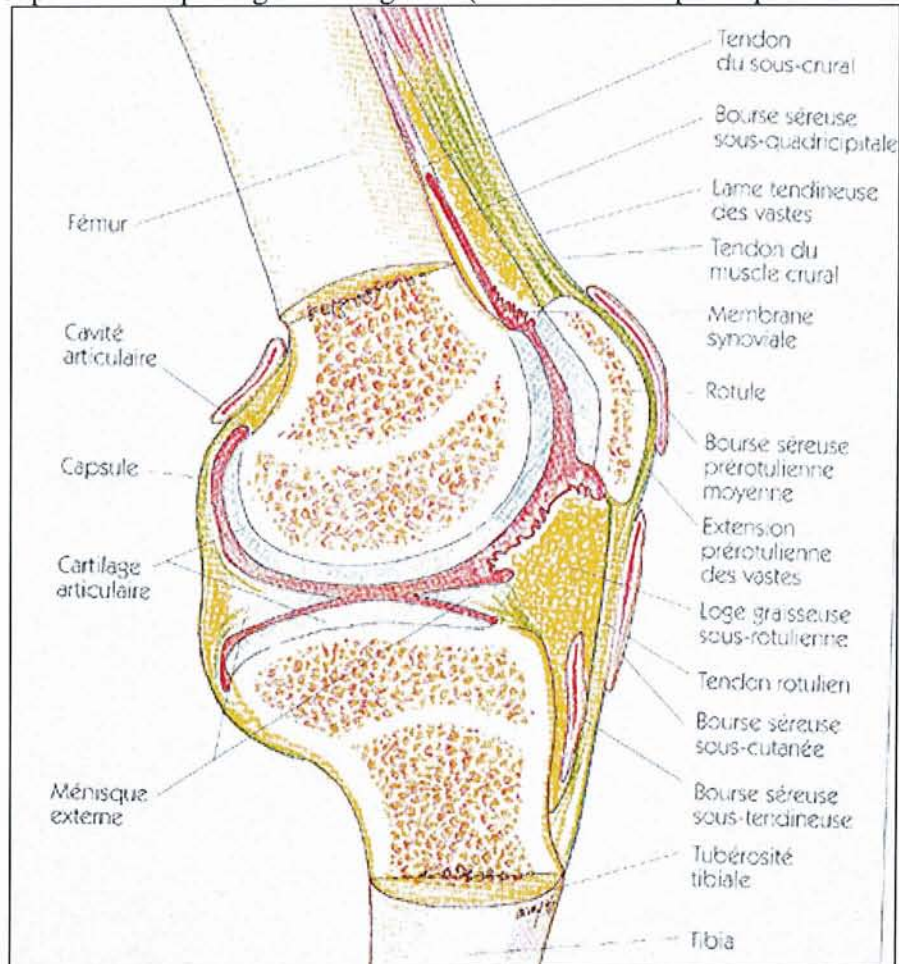
L'incidence de la maladie arthrosique est mal connue et augmente avec l'âge. Elle est estimée à 2 pour 1000 adultes par an pour la gonarthrose symptomatique contre 0,5 pour 1000 adultes par an pour la coxarthrose [32]. Une autre étude estime l'incidence de la gonarthrose à 47,3 pour 100 000 personnes-années [33].

IV- Anatomie et histologie (exemple du genou)

A- L'anatomie descriptive

L'articulation du genou unit le fémur au tibia et à la patella. Elle est constituée en fait de deux articulations qui sont l'articulation fémoro-tibiale de type bicondylienne et l'articulation fémoro-patellaire de type trochléenne. Ces deux articulations ont une même capsule et une même membrane synoviale (schéma 2).

Schéma 2 : Coupe anatomique sagittale du genou (extrait de la diapothèque du COFER)



1- Les surfaces articulaires

Sur l'épiphyse distale du fémur, présence en ventral de la surface patellaire ou trochlée qui comprend une dépression verticale ou gorge et deux joues (la facette latérale est plus large et plus saillante que la facette médiale), en dorsal présence de la surface articulaire des condyles qui sont soudés en ventral en continuité avec la surface patellaire et séparés en dorsal par la fosse intercondyloire.

Sur l'épiphyse proximale du tibia, présence de deux condyles séparés par les épines tibiales et les aires intercondyloires ventrale et dorsale. La surface articulaire médiale est légèrement concave alors que la surface articulaire latérale est plane voire légèrement convexe.

Sur la face dorsale de la patella, présence d'une surface articulaire divisée en deux par une crête verticale mousse (la surface latérale est plus large que la surface médiale).

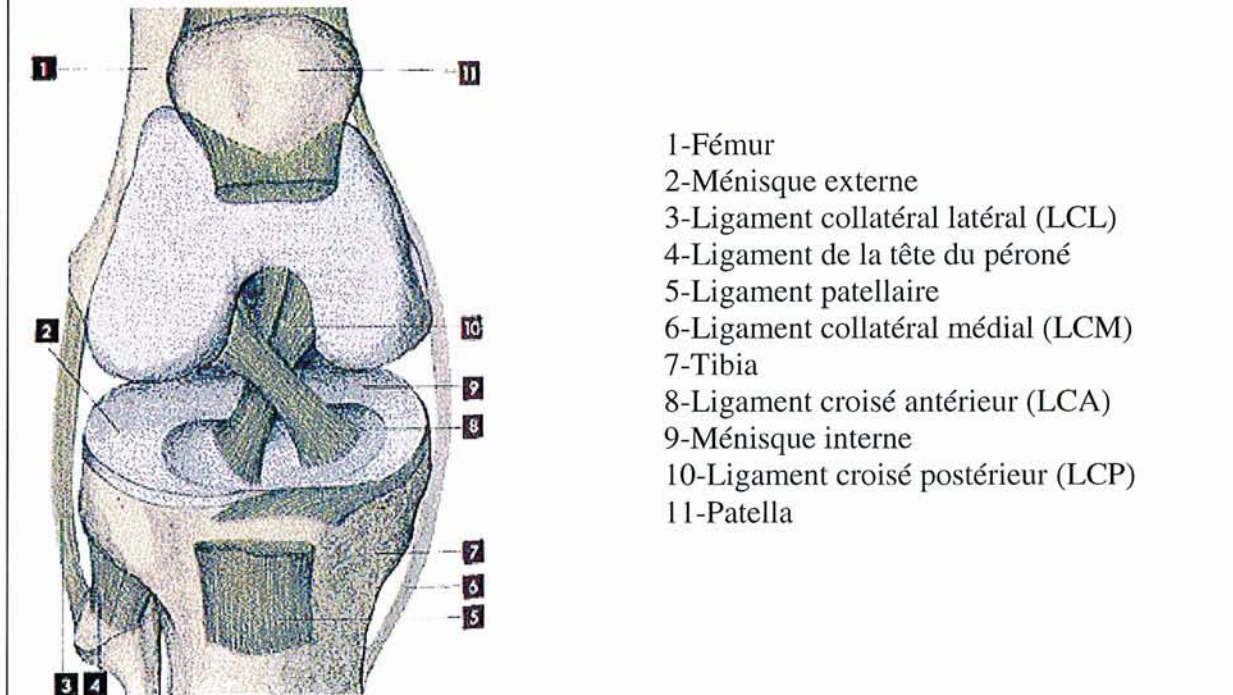
2- Les structures abarticulaires

Les ménisques (schéma 3) sont au nombre de deux (un médial et un latéral), ils sont placés entre les condyles tibiaux et fémoraux. Ils assurent une meilleure congruence des surfaces articulaires. Les ménisques sont de forme triangulaire à la coupe avec une face caudale posée sur le tibia, une face périphérique répondant à la capsule articulaire, une facette crâniale articulaire recouverte de cartilage, enfin le bord médial est libre dans l'articulation.

La capsule articulaire constitue un manchon unissant le fémur au tibia. Cette membrane fibreuse est d'inégale épaisseur car fait défaut en ventral alors qu'en dorsal elle constitue les conques condyliennes.

La membrane synoviale tapisse la capsule articulaire et forme en crânial la bourse sous-quadrilatérale et en latéral de la patella le récessus para-patellaire médial et le récessus para-patellaire latéral.

Schéma 3 : Coupe frontale de genou



Les structures ligamentaires (schéma 3) se divisent en deux groupes : ligaments extra-capsulaires et ligaments intra capsulaires (mais extra-synoviaux) :

- Les ligaments extra-capsulaires comprennent le ligament collatéral tibial ou ligament collatéral médial (LCM) allant de l'épicondyle médial à la face médiale du tibia et le ligament collatéral fibulaire ou ligament collatéral latéral (LCL) allant de l'épicondyle latéral à la tête fibulaire. A noter que ces ligaments sont tendus sur un genou en extension et relâchés sur un genou en flexion.

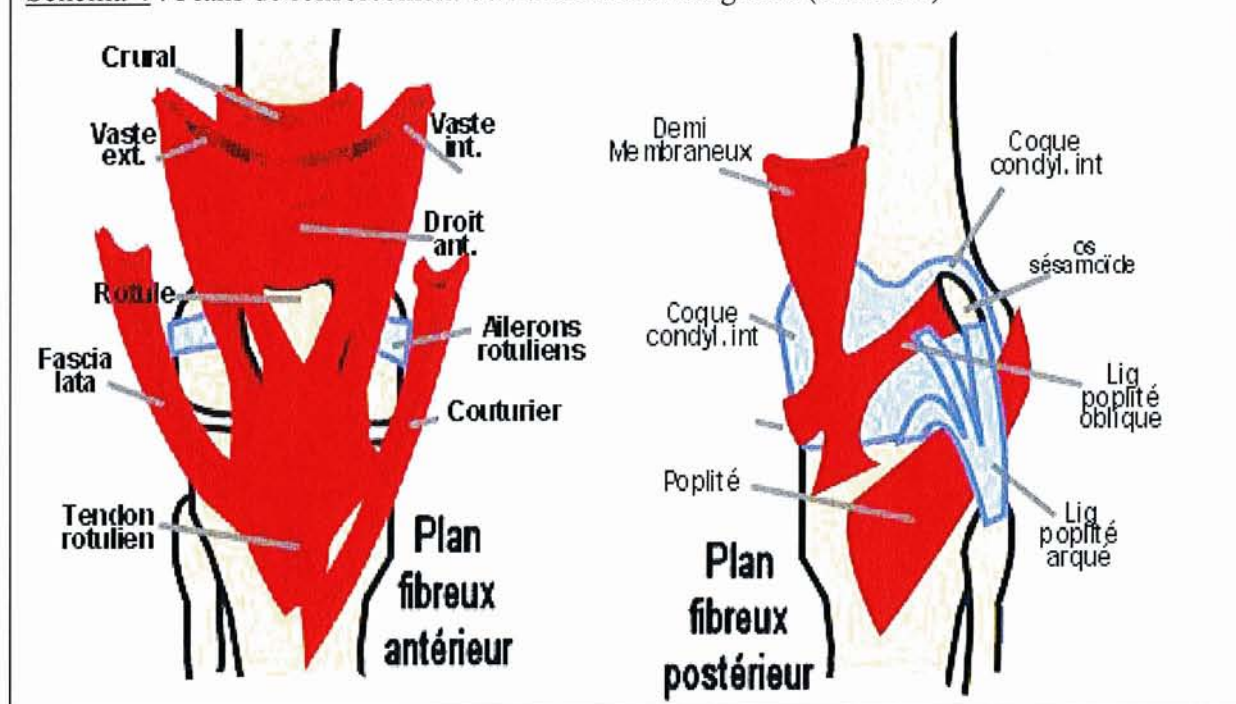
- Les ligaments intra-capsulaires constituent le pivot central avec le ligament croisé antérieur (LCA) allant de l'aire intercondyloire ventrale du tibia à la face axiale du condyle latéral du fémur et le ligament croisé postérieur (LCP) allant de l'aire intercondyloire dorsale du tibia à la face axiale du condyle médial du fémur.

3- Les plans de renforcement ligamentaires et musculaires

En ventral, le ligament patellaire va de l'apex patellaire à la tubérosité tibiale lui-même renforcé par le rétinaculum patellaire médial et latéral ainsi que par les ligaments

ménisco-ligamentaires ; en dorsal on retrouve le muscle poplité, le ligament poplité oblique et le ligament poplité arqué (schéma 4).

Schéma 4 : Plans de renforcement de l'articulation du genou (extrait...)



B- L'anatomie fonctionnelle

1- La stabilité articulaire

La stabilité articulaire est assurée dans le plan sagittal par les ligaments croisés (LCA et LCP) et le muscle quadriceps, sur le plan frontal présence des ligaments collatéraux (LCM et LCL), du tractus ilio-tibial et les muscles de la patte d'oie (le sartorius, le semi-tendineux et le gracile) enfin sur la stabilité rotatoire présence de la capsule articulaire et de l'ensemble musculo-ligamentaire.

2- La dynamique articulaire

La dynamique articulaire au genou est en théorie limitée à un degré de liberté : flexion/extension. La flexion passive est communément de 150° , la flexion active de 130° et l'extension est nulle. Le déplacement des condyles associe des phénomènes de roulement et de glissement. La flexion entraîne un déplacement dorsal des ménisques alors que l'extension entraîne un déplacement ventral. Le déplacement de la patella dans la trochlée est un mouvement de glissement. Des mouvements de rotation sont possibles seulement en flexion donnant une rotation latérale de 40° et une rotation médiale de 30° (à différencier de la rotation médiale automatique du tibia en début de flexion en raison des données morphologiques des surfaces articulaires).

3- Les mouvements anormaux

Les mouvements anormaux comprennent des défauts passifs et actifs :

- Les défauts d'axiation passifs dans le plan sagittal comprennent le recurvatum qui correspond à une extension positive, le flexum qui correspond à une extension incomplète. Dans le plan frontal, le genu varum correspond à une déviation médiale du tibia sur le fémur, le genu valgum correspond à une déviation latérale du tibia sur le fémur.

- Dans les mouvements anormaux actifs nous retrouvons les laxités qui correspondent à un bâillement interne ou externe des pièces osseuses, elles se recherchent sur un genou en extension et en flexion de 30° en comparaison avec le genou controlatéral. Il existe aussi les tiroirs qui correspondent à un déplacement anormal du tibia sur le fémur soit vers l'avant ou vers l'arrière, ils se recherchent préférentiellement sur un genou à $10-20^\circ$ de flexion (signe de Lachman [³⁴]) en comparaison au genou controlatéral.

C- L'histologie

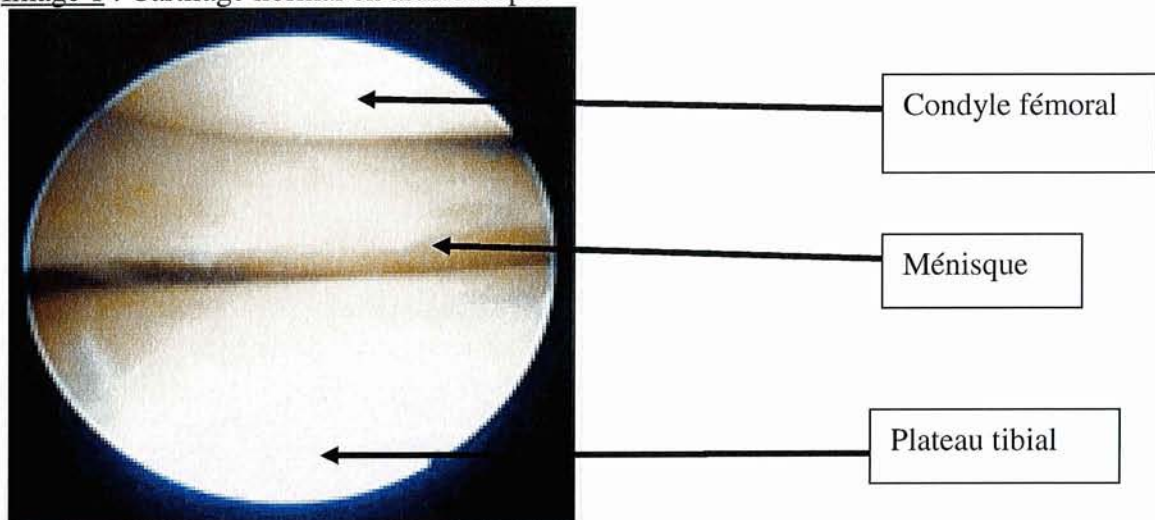
1- Le cartilage

Le cartilage articulaire normal [³⁵] est un tissu sans innervation et sans vascularisation. La nutrition du cartilage se fait par imbibition à partir du liquide synovial et de l'os sous-chondral en ce qui concerne les couches profondes du cartilage. Le cartilage hyalin est constitué de chondrocytes et de la matrice cartilagineuse. Les chondrocytes sont placés dans des logettes individuelles qui baignent dans la matrice. Les chondrocytes jouent un rôle primordial dans l'anabolisme et le catabolisme du cartilage.

1-1 L'étude macroscopique

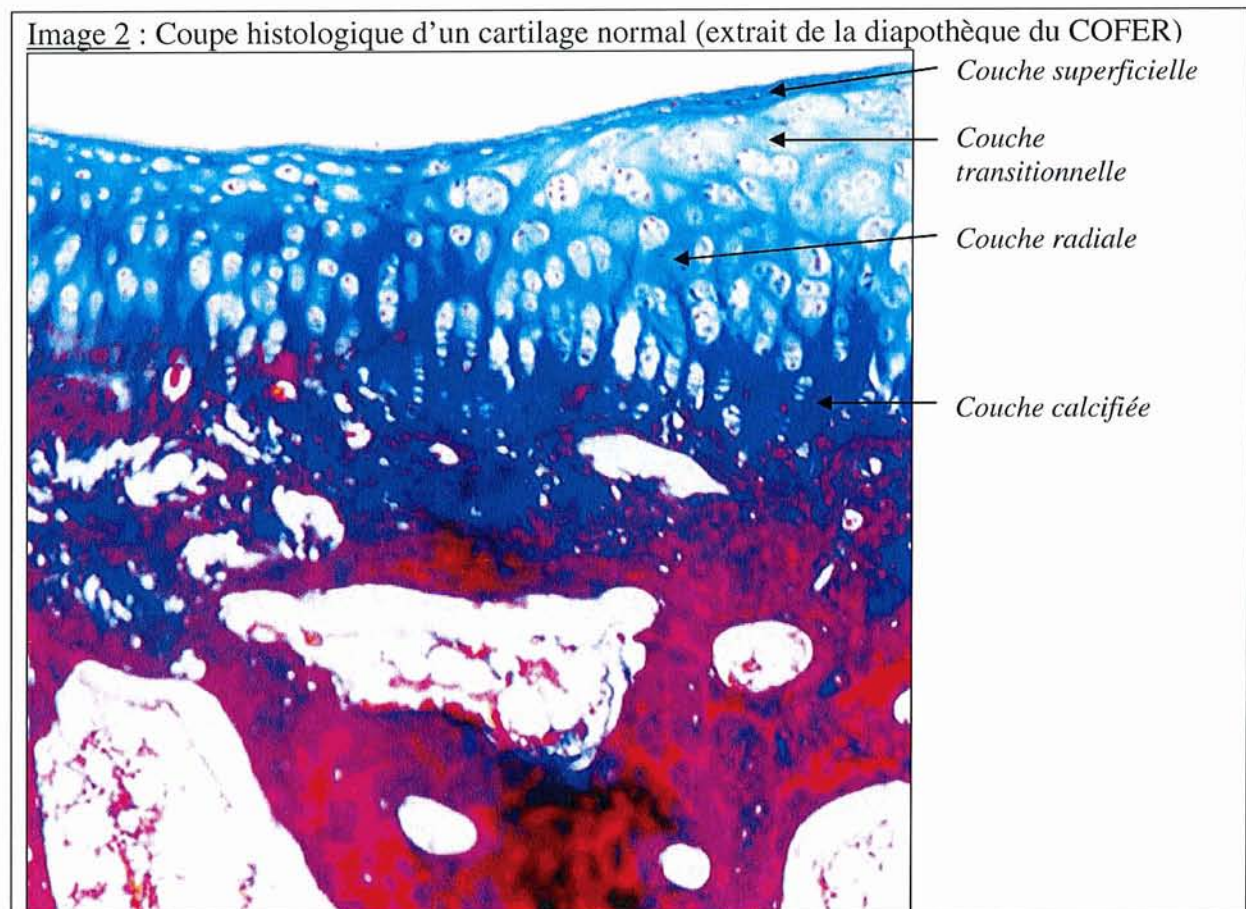
L'aspect macroscopique du cartilage articulaire normal de l'adulte est une surface blanche, un peu translucide (d'où le nom de hyalin), lisse et brillante (image 1). L'épaisseur varie en fonction des articulations. Le cartilage le plus épais est celui de l'articulation fémoro-patellaire (avec une épaisseur de l'ordre de 6-7mm), dans le compartiment fémoro-tibial, l'épaisseur est de l'ordre de 5-6mm [³⁶].

Image 1 : Cartilage normal en arthroscopie



1-2 L'étude microscopique

En microscopie (image 2), le cartilage articulaire se distingue du cartilage de croissance par une maturation cellulaire extrêmement ralentie dont le but est d'en assurer l'homéostasie.



La description classique se fait en couches (schéma 5) qui diffèrent entre elles essentiellement selon des critères biochimiques (teneur en protéoglycanes), anatomiques (disposition des fibres de collagènes : en lumière polarisée on peut observer la biréfringence du réseau de collagène qui varie de la surface à la profondeur et en nombre de cellules) et suivant les données de la microscopie électronique reprises par Clarke [37] :

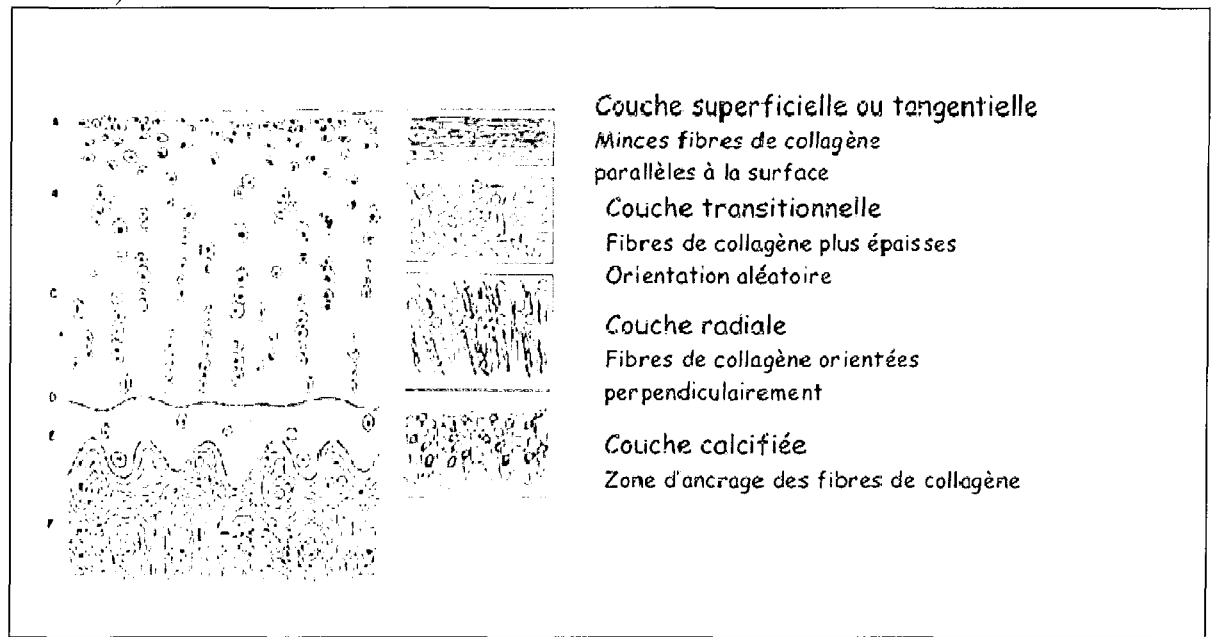
- À la surface du cartilage, il existe une zone acellulaire dénommée **lamina splend**a qui recouvre la couche superficielle. Cette zone est importante puisqu'elle permet l'accrochage de macromolécules présentes dans le liquide synovial et qui constitue ainsi une couche

protectrice pour le cartilage (notamment vis-à-vis des radicaux libres). Ainsi l'acide hyaluronique recouvre cette surface, de même que certains phospholipides et la lubricine.

- Une **couche superficielle**, où les chondrocytes sont petits et plats (allure fibroblastique), et pourraient correspondre à des préchondrocytes. Les fibres collagènes sont disposées parallèlement à la surface et cette zone est riche en fibronectine et est relativement pauvre en protéoglycanes. En raison de la disposition du réseau des fibres de collagène, cette zone résiste aux forces de tension.

- Une **couche intermédiaire** ou **moyenne** (40-45 % de la totalité de la hauteur totale) où les chondrocytes sont gros et sphériques ; le réseau des fibres collagènes n'a pas d'orientation particulière.

Schéma 5 : Coupe histologique du cartilage en quatre couches (extrait diapotheque du COFER)



- Une **couche profonde** ou **radiale** (40-45 % de la totalité la hauteur totale), où les chondrocytes sont disposés en colonnette le long de travées de collagène épaisses et disposées de façon perpendiculaire à la surface. La concentration en protéoglycanes y est élevée.

- La couche profonde repose sur une couche dite calcifiée (5-10 % de la totalité de la hauteur totale) qui vient au contact de la lame osseuse sous-chondrale. Cette zone est pauvre en protéoglycanes et les fibres de collagène gardent une orientation radiaire mais sans continuité

avec les fibres de collagène de l'os sous-jacent. La concentration en calcium y est élevée. La couche de cartilage calcifiée est séparée de la zone profonde par une ligne de démarcation basophile et ondulée (tidemark de Fawns et Landells [³⁸]) qui constitue une barrière interdisant la pénétration des vaisseaux présents dans l'os sous-chondral, mais qui laisse passer certains constituants.

1-3 Le chondrocyte

Le cartilage est composé d'un seul type de cellules : les chondrocytes qui sont enfermés dans une matrice environnante. En microscopie électronique, le chondrocyte est de forme sphérique ou ovoïde, et mesure de 30 à 40µm de diamètre. Il n'existe pas de contact intercellulaire direct au sein de la matrice cartilagineuse. Les chondrocytes occupent 10% du volume total du cartilage (1 à 10% de l'ensemble du volume sec du cartilage) mais la densité cellulaire varie selon le type d'articulation, la zone où ils se trouvent et selon l'âge de l'individu [³⁹]. La couche superficielle est la plus cellulaire et le nombre de cellules diminue avec l'âge du patient. Les chondrocytes possèdent un noyau central développé, des mitochondries et des vacuoles lysosomiales. Ces cellules fonctionnent principalement en anaérobie. Il s'agit d'un des rares tissus à fonctionner en hypoxie. Il existe un gradient hypoxique qui varie de 10 % de teneur en oxygène en surface à 1 % en profondeur. Les chondrocytes ne migrent pas et se multiplient peu ou pas dans un cartilage normal. En raison du caractère avasculaire du cartilage, l'arrivée de nutriments de base provient presque exclusivement du liquide synovial. Chaque nutriment diffuse des capillaires synoviaux vers le liquide synovial avant d'atteindre la matrice extracellulaire du cartilage.

1-4 La matrice extracellulaire

La matrice extracellulaire est composée d'eau pour 65-80% du poids humide et de macromolécules (protéines et glycosaminoglycanes) (20-35% du poids humide du cartilage). Elle est riche en cations qui équilibrent les charges négatives des protéoglycanes. La matrice extracellulaire située à distance de la cellule est dénommée zone dite « interterritoriale », elle assure l'intégrité du tissu et lui confère ses propriétés biomécaniques. Dans l'espace péricellulaire immédiat de la cellule, il existe une accumulation de molécules qui sont en

quelque sorte amarrées sur celle-ci. Parmi ces molécules, on dénombre : les collagènes de type VI, les agrégats de protéoglycanes avant qu'ils ne soient exportés dans la matrice extracellulaire, l'acide hyaluronique qui va servir à attacher les protéoglycanes néosynthétisés, les molécules non collagéniques telles que l'anchorine, la fibronectine. Chaque groupe de protéines est attaché sur des récepteurs distincts transmembranaires. Les principaux récepteurs sont des intégrines qui forment une courroie de transmission entre les protéines sous-membranaires liées au cytosquelette et les molécules de l'espace péri-cellulaire.

Les fibres de collagène de type II sont caractéristiques mais non spécifiques du cartilage, présentes également dans la cornée et le disque intervertébral. Ces fibres constituent 25% du poids sec du cartilage. Chaque molécule de collagène est composée de trois chaînes polypeptidiques dont l'assemblage forme une triple ou superhélice droite. Chaque chaîne est formée d'un ou plusieurs domaines collagéniques de taille variable, et de domaines non collagéniques, situés aux extrémités de la molécule ou entre deux domaines collagéniques. Le domaine collagénique se définit comme la répétition d'un triplet d'acides aminés Glycine-X-Y, où X et Y sont dans un cas sur trois respectivement la proline et l'hydroxyproline. Les collagènes sont sécrétés par la cellule sous la forme de procollagènes aux longues extrémités C et N-terminales, appelées propeptides et jouant un rôle dans la formation de la triple hélice. Le clivage des propeptides permet chez certains collagènes (I, II, III, V et XI) la formation de fibrilles résultant de l'assemblage de plusieurs molécules collagéniques, dont la stabilité est assurée par la présence de molécules de pontage ou *crosslinks* aux extrémités terminales. Le collagène fibrillaire, qui est la forme biologiquement active, nécessite donc plusieurs étapes de maturation post-traductionnelle. Le collagène de type II représente 95% des collagènes du cartilage. C'est un homotrimère α (II) dont il existe deux formes résultant d'un épissage alternatif de l'exon II : la forme IIA et IIB.

On distingue deux types de protéoglycanes dans le cartilage articulaire selon leur capacité d'agrégation à l'acide hyaluronique : les macroprotéoglycanes, de masse molaire élevée, majoritairement représentés par l'agrécan et les protéoglycanes de petite masse molaire : la décorine, le biglycane, la fibromoduline.

En plus des différents collagènes et des protéoglycanes, la matrice extracellulaire comporte de nombreuses autres protéines regroupées sous le terme de « glycoprotéines et protéines non collagéniques ».

Le renouvellement de la matrice extracellulaire est extrêmement lent, il est pratiquement nul pour les collagènes au cours de la vie, il est de plusieurs centaines de jours pour les protéoglycanes. Il existe un *turnover* normal faible en péri-cellulaire du collagène dans le cartilage de sujets jeunes qui augmente dans le cartilage de sujets plus âgés avec un marquage des collagènes dénaturés et dégradés plus marqué et plus diffus dont l'aspect se rapproche de celui des lésions débutantes d'arthrose (avec fibrillations de la surface) [40]. En outre, l'activité métabolique et la réponse au stress mécanique varient d'une articulation à l'autre. En particulier, il a été montré à partir de cartilages issus de la cheville que ceux-ci possédaient un taux élevé d'inhibiteurs des enzymes matricielles qui pourrait rendre compte de la très faible prévalence de l'arthrose dans cette localisation [41].

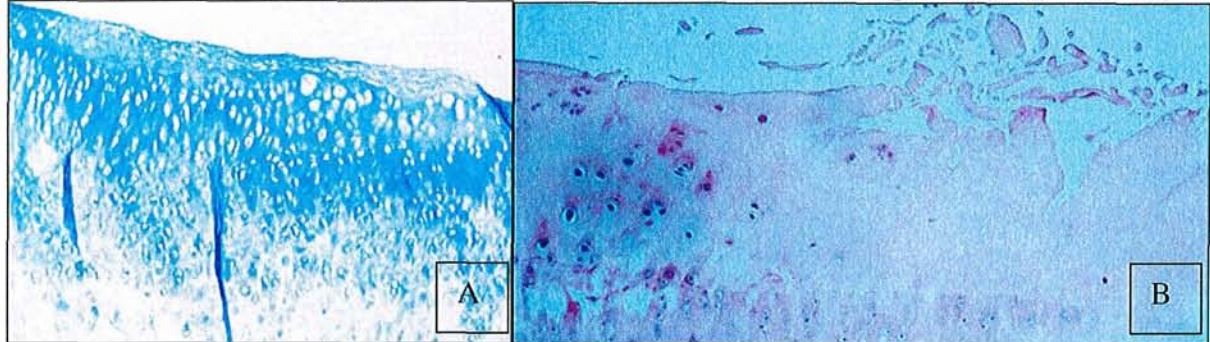
1-5 Du cartilage vieillissant au cartilage arthrosique

Il est exceptionnel, en dehors de conditions particulières, d'évoquer un diagnostic d'arthrose avant l'âge de 50 ans. Le cartilage vieillissant apparaît comme pouvant faire le lit d'une authentique arthrose. Pour autant, le cartilage sénescant n'est pas synonyme de cartilage arthrosique. Pour exemple, certaines personnes ne développeront jamais d'arthrose, ce qui fait évoquer la présence d'autres facteurs que l'âge pour la survenue de l'arthrose.

L'épaisseur du cartilage, dans les cartilages indemnes de fissures, varie peu, même à un âge avancé. La déformabilité diminue avec l'âge, témoin d'une rigidité accrue du cartilage. De même avec l'âge, le cartilage prend un aspect jaunâtre et il existe une augmentation des lésions macroscopiques du cartilage : au-delà de 60 ans, la présence d'ulcérations du cartilage de la rotule est quasi constante (> 80%) et le plus souvent asymptomatique [42]. Chez des sujets considérés « sains », des lésions cartilagineuses sont souvent retrouvées en IRM sans qu'il ait pu être démontré une relation avec la perte cartilagineuse et donc la maladie arthrosique [23]. Les premières études portant sur le cartilage sénescant à surface normale montraient un aspect irrégulier de l'organisation des fibres de collagène, un amincissement de la couche calcifiée et des irrégularités de la zone de démarcation entre la couche calcifiée et la

couche profonde et surtout on retrouvait une diminution du nombre des chondrocytes, notamment dans la couche superficielle. Les lésions focales du cartilage vieillissant sont, sur le plan histologique, indiscernables des lésions débutantes de l'arthrose : elles prédominent en surface et irradient vers la profondeur ; elles s'accompagnent d'une diminution des affinités tinctoriales pour les protéoglycanes dans la couche superficielle du cartilage ; elles s'accompagnent de prolifération clonale de chondrocytes autour des lésions (image 3).

Image 3 : Coupes histologiques d'un cartilage arthrosique (extrait diapotheque du COFER)



Désorganisation de la structure habituelle (image A) et délitement de la couche superficielle (image B).

2- La Membrane synoviale

La membrane synoviale est une membrane séreuse qui tapisse la face profonde de la capsule articulaire et sécrète le liquide synovial. Elle se réfléchit sur les pièces osseuses en formant des récessus et s'insère à la limite de la transition os-revêtement cartilagineux. La synoviale est un tissu conjonctif lâche différencié composé d'une substance intercellulaire et de synoviocytes.

2-1 Les cellules et la substance intercellulaire

Barland et coll. [43] ont distingué en microscopie électronique deux types de cellules dans l'intima, en fonction de leur morphologie et de leur contenu en organites intracytoplasmiques :

- Les **cellules A** sont les plus nombreuses. Elles possèdent des prolongements cytoplasmiques dont l'axe est occupé par des mitochondries alignées. L'appareil de Golgi est développé, de grandes vacuoles sont également présentes ainsi que des lysosomes (en relation avec une

fonction phagocytaire). Les vésicules sont souvent localisées près du bord des membranes plasmiques.

- Les **cellules B** sont moins nombreuses. Elles ont une forme plus massive, et peu de prolongements cytoplasmiques. L'appareil de Golgi est réduit, les mitochondries sont peu abondantes, ainsi que les vacuoles et les vésicules.

- Par ailleurs il existe **deux types cellulaires intermédiaires** décrits entre les cellules A et les cellules B, véritables formes transitionnelles : ces cellules intermédiaires possèdent des traits ultrastructuraux communs aux deux, avec présence conjointe dans leur cytoplasme d'un appareil de Golgi développé et d'un ergastoplasme abondant. Parfois, l'intima est composée uniquement de cellules intermédiaires.

La substance intercellulaire contient des mucopolysaccharides et des filaments apériodiques de 50 à 70 de diamètre dans les zones superficielles. Dans les zones profondes, ces filaments ont une striation périodique de 650 Å.

2-2 La structure de la membrane synoviale

La membrane synoviale s'organise en deux couches de dehors en dedans : La *couche sous-intimale*, en contact avec la capsule articulaire, la *couche bordante* (ou *intima*) en contact avec la cavité articulaire. Les deux couches sont séparées de la capsule par la *subsynoviale*, tissu conjonctif paucicellulaire dans lequel prédomine la substance intercellulaire. En fait la démarcation entre ces différentes couches n'est souvent pas très nette.

L'**intima** a une épaisseur qui varie entre 20 et 40µm selon le type de synoviale. Les cellules sont disposées en une à quatre couches de synoviocytes. Elles sont endothéliiformes et ont parfois des prolongements cytoplasmiques dirigés vers la lumière articulaire. La substance intercellulaire contient de grandes quantités d'acide hyaluronique.

La **subintima** est riche en cellules et beaucoup plus vascularisée. Elle comprend des fibroblastes pour moitié, des histiocytes, des mastocytes et des fibres collagènes. Elle contient aussi de très nombreux capillaires dans la partie la plus superficielle, des artérioles et des

vaisseaux lymphatiques. En cas d'inflammation, il se produit une modification des veinules postcapillaires et une hypertrophie des cellules endothéliales qui contribuent à une augmentation de la perméabilité vasculaire. La substance fondamentale comprend essentiellement des mucopolysaccharides. La zone subintimale forme l'axe des villosités synoviales qui se greffent à la surface des franges.

La **subsynoviale** comprend dans les couches superficielles, des cellules conjonctives banales. La substance fondamentale contient des mucopolysaccharides et des fibres collagènes lâches. Dans les couches plus profondes, on distingue des cellules adipeuses qui infiltrent le tissu conjonctif.

2-3 Les fonctions de la membrane synoviale

La membrane synoviale remplit plusieurs fonctions : Elle a un rôle de trophicité vis-à-vis de l'articulation, elle participe à ses propriétés mécaniques et à sa stabilité. Elle s'adapte aux mouvements articulaires en raison de son élasticité. Lors des mouvements de flexion-extension par exemple, elle recouvre partiellement les surfaces articulaires. Un système actif de lubrification évite son pincement, et la constitution des hémarthroses à répétition.

Elle constitue une barrière de filtration et d'échanges entre la cavité articulaire et le plasma.

Le liquide synovial est produit en faible quantité à l'état physiologique. Il se compose du dialysat des protéines plasmatiques et de l'acide hyaluronique qui lui confère sa viscosité. Le liquide synovial normal contient moins de 300 cellules/mm³. L'acide hyaluronique synthétisé par les synoviocytes, est un mucopolysaccharide acide non sulfaté complexé à des protéines par des liaisons électrostatiques. Il contribue non seulement à la lubrification de l'articulation, mais aussi à la trophicité du cartilage et des structures ligamento-capsulaires.

Enfin la membrane synoviale joue un rôle de défense contre les agressions extérieures et peut être considérée comme un organe immunitaire. Les synoviocytes de type A ont des caractères communs avec les cellules macrophagiques : elles contiennent un appareil de Golgi développé, des lysosomes ainsi que de nombreuses vésicules de pinocytose, suggérant une

activité macrophagique, concernant de petites particules (ferritine) ou même des débris cellulaires et bactériens. A l'opposé, les cellules B semblent plutôt impliquées dans la synthèse protéique. Les cellules A sont renouvelées constamment et remplacées complètement toutes les 20 semaines. Les synoviocytes portent à leur surface des antigènes qui sont directement impliqués dans les processus pathologiques tels que la synovite rhumatoïde.

2-4 La membrane synoviale au cours de l'arthrose

Au cours de l'arthrose, et de la gonarthrose en particulier, la membrane synoviale réagit à la dégradation cartilagineuse et peut prendre un aspect dit « réactionnel » voire même inflammatoire, proche de l'aspect macroscopique d'un rhumatisme inflammatoire. Les modifications, de la synoviale dite « réactionnelle », sont secondaires à une pathologie mécanique intra-articulaire, par exemple cartilagineuse ou méniscale. L'aspect de la synoviale est assez caractéristique : augmentation légère ou plus importante du nombre des villosités, conservation de leur forme bien qu'elles puissent apparaître un peu plus épaisses et un peu plus hautes, avec surtout disparition de leur transparence. Elles deviennent opaques et leur axe vasculaire n'est plus visible. Ainsi, on pourrait résumer cet état comme une prolifération de villosités fines mais opaques. Ces modifications prédominent souvent en regard de la lésion articulaire (chondropathie ou lésion méniscale), en raison de la libération de particules « irritantes » par la lésion elle-même (débris de collagène et/ou de protéoglycanes). La membrane synoviale inflammatoire, habituellement rencontrée au cours des rhumatismes inflammatoires, peut aussi se voir au cours de la gonarthrose. Elle prend l'aspect d'une prolifération de villosités hypertrophiques et hyperhémiques. Les villosités sont nombreuses, déformées en massue, très boursoufflées et de couleur rouge ; cette couleur rouge est liée à une hyper vascularisation mais le réseau vasculaire est parfois difficilement discernable.

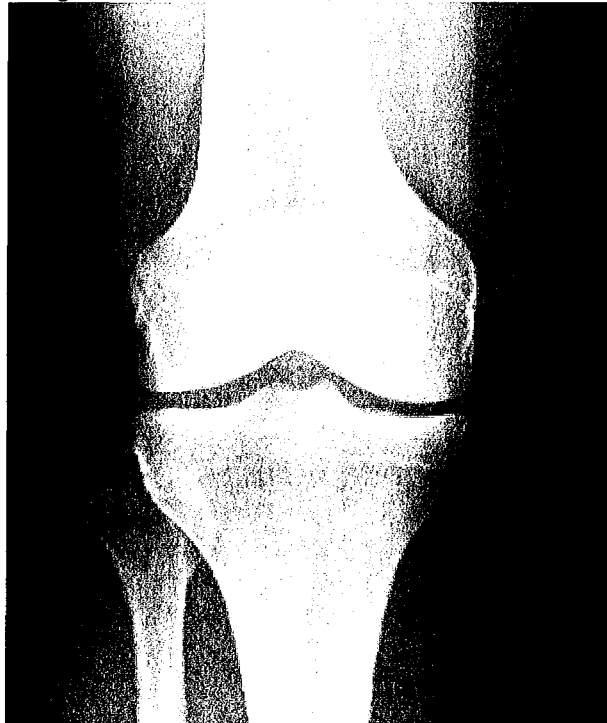
L'histologie retrouve souvent un aspect de synovite non spécifique qui ne permet pas de différencier une synoviale d'arthrose en poussée d'une synoviale d'arthrite peu évolutive. En effet, il est retrouvé une hyperplasie des cellules synoviales, une hypervascularisation et un infiltrat de cellules lymphoïdes. Seule l'analyse du liquide articulaire permet de trancher formellement.

V- Moyens d'évaluation en imagerie de la gonarthrose

A- La radiographie

La radiographie (image 4) est une technique d'imagerie par rayons X. C'est le premier examen qui a permis d'étudier l'arthrose en général et la gonarthrose en particulier. En radiographie, les lésions élémentaires rencontrées dans la gonarthrose sont le pincement de l'interligne articulaire qui est localisé au moins au début de la maladie, l'ostéophytose marginale interne ou externe, la présence d'une ostéosclérose sous-chondrale avec des géodes dans le même compartiment. En radiographie, le cartilage est radio transparent, il est donc soit étudié indirectement par l'analyse des structures adjacentes (analyse structurale) soit suivant une étude de chondrométrie correspondant à la mesure de l'interligne articulaire.

Image 4 : Radiographie de genou (cliché de face)



1- L'évaluation structurale

Une étude structurale des genoux peut être réalisée selon la classification de Kellgren et Lawrence [⁴⁴]. Ce score composite tient compte à la fois du pincement de l'interligne articulaire et de l'ostéophytose, gradé de 0 à 4. Le diagnostic de gonarthrose est certain dès le stade 2.

2- La chondrométrie

La chondrométrie nécessite une standardisation des clichés. En effet, au genou les clichés peuvent être réalisés en décharge ou en charge. En charge, l'appui peut être monopodal ou bipodal, avec un certain degré de flexion ou en extension complète et enfin avec un degré variable de rotation du membre inférieur. Les données de la littérature [⁴⁵] tendent à montrer que la technique du Schuss Lyonnais [⁴⁶] avec contrôle scopique permet une excellente reproductibilité dans les mesures et dans le suivi des patients.

La perte cartilagineuse est évaluée en chondrométrie par la mesure de l'épaisseur du cartilage dans la région la plus pincée du compartiment fémoro-tibial interne mais aussi externe. La mesure semi-automatique de l'interligne articulaire fémoro-tibial interne montre une excellente reproductibilité intra et inter-lecteur (ICC= 0,98) et une différence minimale détectable de 0,06 à 0,6mm/an [⁴⁷].

B- L'IRM

1- Les généralités sur l'IRM ostéo-articulaire

L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) constitue une technique de choix pour l'étude des atteintes articulaires et notamment arthrosiques. Le terme exact est Imagerie par Résonance Magnétique Nucléaire car elle est basée sur les propriétés des noyaux des atomes

soumis à un champ magnétique et une onde de radiofréquence. La localisation spatiale des atomes est obtenue en ajoutant un gradient directionnel. La relaxation des protons sera alors modifiée par la variation du champ magnétique. Grâce à son approche multiplanaire des surfaces articulaires, elle permet une étude précise du cartilage [26]. Le genou a particulièrement bénéficié des avancées réalisées en IRM sur l'étude quantitative et qualitative du cartilage (mesure du volume, approche biochimique par des techniques de cartographies T1 ou T2) en raison de son accessibilité et surtout du fait d'une épaisseur de cartilage importante (>3mm) facilitant son étude.

L'IRM a largement contribué à une meilleure connaissance physiopathologique de la maladie et à l'identification de nombreux facteurs pronostiques. En effet, en plus de l'atteinte cartilagineuse, l'IRM permet d'évaluer les autres structures articulaires fréquemment lésées au cours de la maladie arthrosique et de démembrer ainsi les différentes formes cliniques d'arthrose : osseuse, synoviale, abarticulaire et mixte [26]. Les travaux cliniques et expérimentaux récents ont montré une réelle avancée dans la compréhension physiopathologique de la maladie arthrosique.

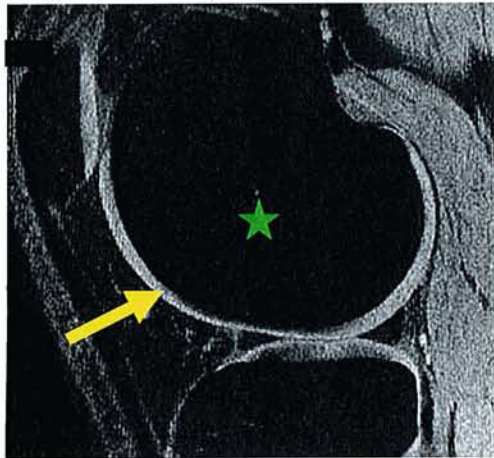
2- Le cartilage en IRM

Le signal en IRM du cartilage dépend de son organisation architecturale (l'intégrité du réseau collagénique notamment), de sa concentration en collagène et en protéoglycanes qui conditionnent le niveau d'interaction avec l'eau contenue dans la matrice extracellulaire et de la séquence utilisée.

Les séquences Fast Spin Echo (FSE) pondérées en densité de proton sont classiquement utilisées pour étudier la sévérité des lésions cartilagineuses. Sur ces séquences, le cartilage apparaît en isosignal, l'os sous-chondral en hyposignal, et le liquide synovial en hypersignal [48]. Dans des conditions optimales d'acquisition, le cartilage peut présenter un aspect laminaire : une couche superficielle fine en hyposignal, une couche intermédiaire épaisse en isosignal et une couche profonde en hyposignal correspondant au cartilage calcifié et à l'os sous chondral [49]. Sur ce type de séquence, un œdème chondral se définit par un hypersignal relatif de la lésion par rapport au cartilage adjacent, alors qu'un cartilage fibrotique se caractérise par un hyposignal. Sur les séquences pondérées T1 (Spin écho ou

écho de gradient), le cartilage est en hypersignal par rapport au liquide synovial et à l'os sous chondral. Ces séquences sont généralement moins performantes pour mettre en évidence les lésions structurales du cartilage (œdème ou fibrose) [50]. En revanche, du fait de l'excellent contraste tissulaire qu'offre le cartilage avec ses structures avoisinantes, ces séquences 3-D GRE (écho de gradient) sont utilisées pour l'étude du volume ou de l'épaisseur du cartilage au genou [51, 52] (image 5).

Image 5 : Cartilage sur coupe IRM sagittale d'un genou en séquence FGRE

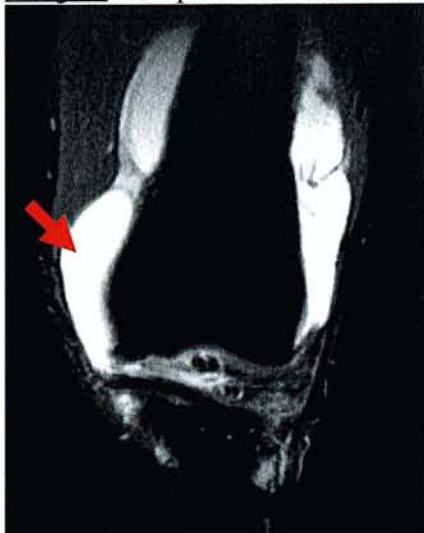


Aspect en hypersignal du cartilage (flèche jaune), l'os sous chondral est en hyposignal (étoile verte).

3- L'épanchement intra-articulaire

L'épanchement intra-articulaire apparaît sur les séquences en pondération T2 en hypersignal dans la cavité articulaire (image 6).

Image 6 : L'épanchement intra-articulaire en IRM (séquence T2FS)



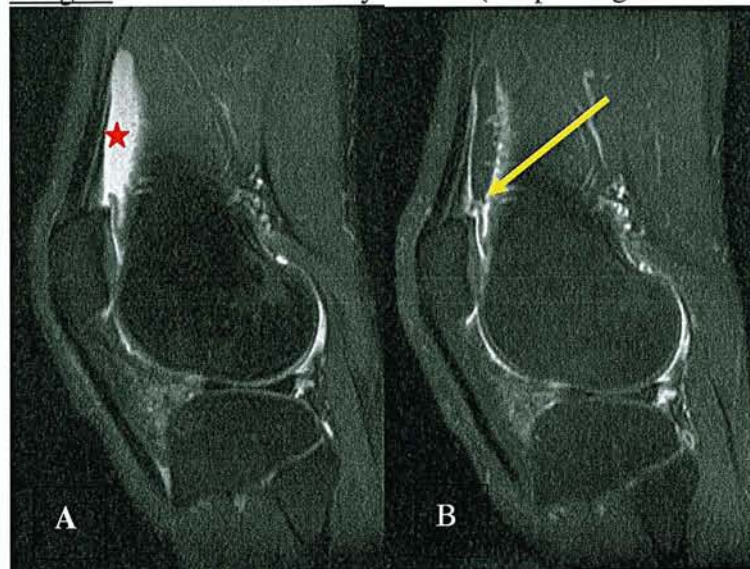
La flèche rouge désigne l'épanchement qui apparaît en hypersignal sur les séquences T2.

4- L'inflammation synoviale en IRM

L'inflammation synoviale peut être présente à tous les stades de la maladie. Sur les séquences pondérées T2, la synoviale apparaît comme un tissu en isosignal, où il est difficile de différencier l'assise adipeuse des franges synoviales inflammatoires et vascularisées. Les séquences T1 avec injection de produit de contraste permettent d'apprécier le degré d'épaississement de la synoviale inflammatoire et plus précisément, sa vascularisation. Un tissu synovial sain n'est habituellement pas rehaussé sur les séquences T1 injectées, car l'épaisseur du tissu composé de quelques assises synoviocytaires (100 µm d'épaisseur), est inférieure à la résolution spatiale obtenue avec la plupart des séquences. Ainsi, seules les membranes synoviales inflammatoires, et donc épaissies, apparaîtront rehaussées après injection de gadolinium (image 7) [53].

L'inflammation synoviale est souvent rencontrée au cours de la gonarthrose. Tarhan et coll. [54] ont mis en évidence chez 58 patients arthrosiques un épanchement dans 85% des cas en IRM, de même qu'ils ont mis en évidence la présence d'un épaississement synovial sur 50% des genoux.

Image 7 : L'inflammation synoviale (coupes sagittales IRM)



Séquences FGRE sans (A) et avec (B) injection de gadolinium : épanchement intra articulaire (étoile rouge) et rehaussement de la membrane synoviale après injection de produit de contraste (flèche jaune).

Cette inflammation synoviale est constatée aux stades précoces comme tardifs d'arthrose [55, 56]. Le rôle de cette inflammation synoviale dans les gonalgies de la gonarthrose est bien connu [8, 57, 58]. Le rôle éventuel de la synovite dans la perte cartilagineuse des patients arthrosiques est plus discuté. Dans la littérature, deux études ont évalué cette problématique.

Hill et coll. [58] en 2007 ont étudié sur 270 patients l'inflammation synoviale en IRM sans injection de gadolinium par un score semi-quantitatif versus mesure quantitative du cartilage et aucune corrélation n'a été trouvée entre synovite et perte cartilagineuse. Une étude antérieure n'utilisant pas l'IRM mais l'arthroscopie retrouvait une relation entre synovite et perte cartilagineuse ipsilatérale. En effet Ayrat et coll. [59] en 2005 dans une étude portant sur 422 patients dont le but initial était l'évaluation pharmacologique du tenidap sodique versus piroxicam sur l'arthrose fémoro-tibiale interne, ont évalué l'inflammation synoviale et la perte cartilagineuse, par arthroscopie à J0 et à 1 an. Cette étude met en évidence une corrélation significative entre détérioration du cartilage évaluée par arthroscopie et l'importance de la réaction inflammatoire de la membrane synoviale. L'odds ratio sur la progression de la chondropathie est de 2,58 (IC95% 1,37-4,85) pour l'inflammation synoviale par rapport à une synoviale saine mais n'est pas significative pour la prolifération non inflammatoire par rapport à la synoviale saine 1,11 (IC95% 0,57-2,17).

5- Le kyste poplité

Le kyste poplité est formé par la fuite postérieure d'un épanchement artriculaire à travers une communication avec la bourse séreuse du tendon du demi-membraneux et du jumeau interne. Cette communication agit comme un clapet empêchant le retour du liquide synovial vers la cavité articulaire. En IRM le kyste poplité apparaît en hyposignal T1, hypersignal T2 et rehaussement en périphérie sur les séquences T1 avec injection de gadolinium (image 8).

Image 8 : Kyste poplité en IRM



Sur coupe sagittale : Kyste poplité (étoile bleue), épanchement sous quadricipital (flèche jaune).

6- Autres structures accessibles en IRM

6-1 L'os sous-chondral en IRM

Il est habituel de décrire dans la gonarthrose (50 à 80% des patients) la présence d'un « œdème osseux » qui se définit en IRM par une zone mal limitée, en hyposignal sur les séquences pondérées T1, et en hypersignal sur les séquences pondérées T2 et T1 après injection de gadolinium (image 9). La définition anatomo-pathologique de cet « œdème » a fait l'objet d'une étude réalisée sur 16 genoux pré-prothétiques. L'incidence réelle de l'œdème osseux en histologie est paradoxalement faible, de l'ordre de 4% [60, 61]. L'œdème observé en IRM correspond en fait histologiquement à un tissu osseux souvent normal (53%), parfois à une plage nécrotique (11%), une zone fibrotique (4%) ou une sclérose des travées osseuses (8%). Des travaux présentés à l'American College of Rheumatology en 2005 ont montré une augmentation du processus de remodelage osseux, notamment de l'ostéof ormation, avec une élévation du risque de développement d'ostéophytes (x3,6) lorsqu'un œdème est préalablement présent [62]. Cet œdème génère douleur et handicap fonctionnel et doit, à ce titre, conduire à un repos articulaire.

Image 9 : l'« œdème osseux » en IRM



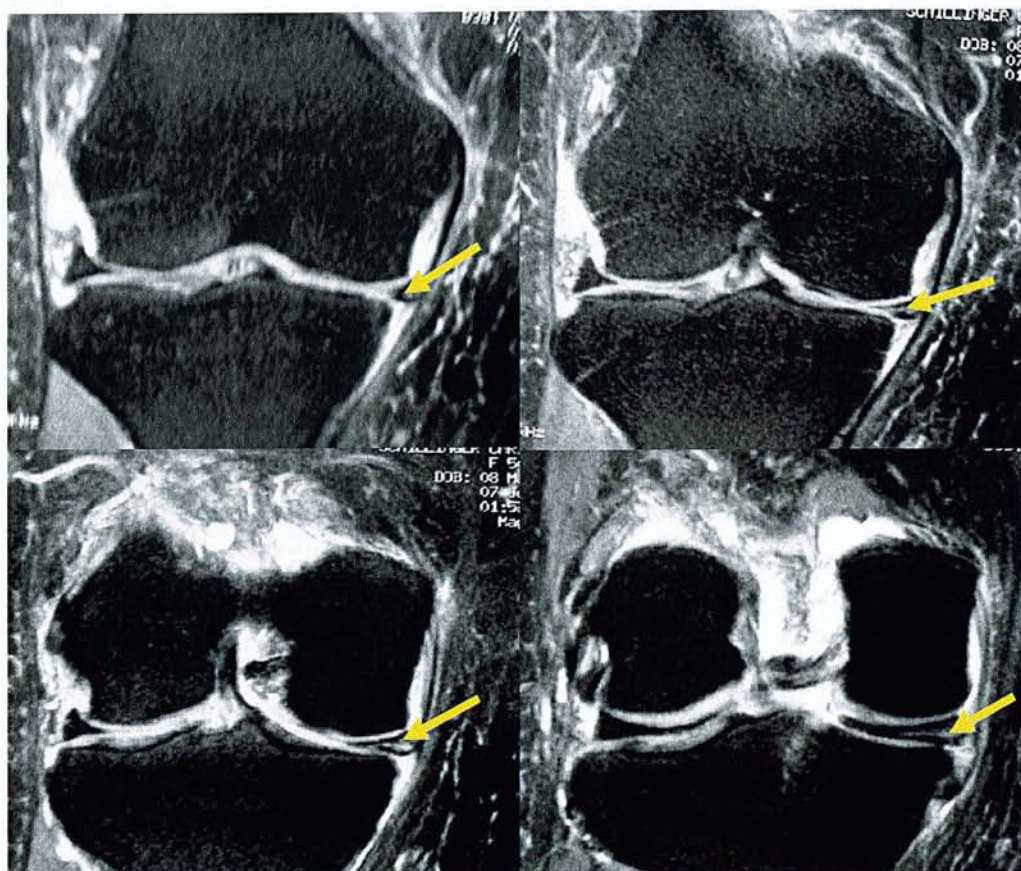
Coupe frontale T2, « œdème osseux » du plateau tibial interne (flèche blanche), limites floues en hypersignal sur cette séquence.

Felson et coll. [3] en 2003, ont mis en évidence que 36% des 75 genoux de leur étude présentaient des lésions de l'os sous-chondral dans le compartiment médial et ils retrouvaient un odds ratio de progression de 6,5 (IC95% 3,0-14,0). Cette relation s'explique en partie par son association avec un mal alignement. Raynauld et coll. [63] sur une population de 110 personnes ont retrouvé des lésions de l'os sous-chondral chez 90% des progresseurs rapides contre 54% chez les progresseurs lents.

6-2 Les structures méniscales en IRM

L'étude des ménisques en IRM présente de bonnes corrélations avec les données histologiques [64]. Les ménisques sont en hyposignal quelle que soit la séquence étudiée. Au cours du temps, ces structures peuvent présenter des anomalies de signal intra-murales n'atteignant pas le bord libre du ménisque (hypersignal sur les séquences pondérées T2) ou s'affaïssir, voire se luxer latéralement ou sagittalement (image 10).

Image 10 : Lésions méniscales en IRM



Séquence T2 avec suppression du signal de la graisse : Lésion horizontale du segment moyen et de la corne postérieure du ménisque interne (flèche jaune).

Classiquement, les lésions méniscales sont définies par des anomalies de signal qui atteignent le bord libre du ménisque et qui sont visibles sur plusieurs coupes consécutives. Ces lésions peuvent être radiaires, verticales, horizontales ou complexes.

Plusieurs études ont mis en évidence le rôle des lésions méniscales (fissures, sub-luxations) dans la progression de l'arthrose. D'abord Cicuttini et coll. [4] en 2002 qui ont comparé la perte cartilagineuse en IRM chez des patients avec méniscectomie partielle versus des sujets sains évaluée à plus de deux ans avec une différence significative de 6.9% par an (IC95% 3.4-10.3 ; $p = 0.001$) après ajustement pour l'âge, le BMI et le sexe. En 2006, Hunter et coll. [5] ont confirmé ces résultats, et Raynald et coll. [63] ont démontré une prévalence importante des extrusions (73% versus 19%) et des lésions méniscales (72% versus 23%) chez les progresseurs rapides versus les progresseurs lents. Le principal facteur de progression de la perte cartilagineuse paraît être l'extrusion méniscale.

6-3 Les structures ligamentaires en IRM

Les structures ligamentaires apparaissent en hyposignal en pondération T1 et T2. Les séquences sagittales et coronales en densité de proton permettent d'établir le diagnostic de rupture avec une sensibilité de 95% et une spécificité de 98% avec comme comparateur l'arthroscopie [65]. Quatre études mettent en évidence le rôle des lésions du pivot central dans la genèse et la progression de l'arthrose. Tout d'abord l'étude de Gillquist J et coll. [65] qui ont montré les conséquences d'une rupture du ligament croisé antérieur sur la survenue ultérieure d'une gonarthrose. Puis l'étude de Von Porat et coll. [6] en 2004 qui ont suivi à 14 ans des footballeurs ayant eut une rupture du ligament croisé antérieur (LCA), 41% des joueurs avec lésion du LCA présentaient une gonarthrose de stade supérieur ou égal à deux selon la classification de Kellgren et Lawrence contre 4% des joueurs sans lésion du LCA. Hill et coll. [7] en 2005, trouvait sur une cohorte de 360 patients avec gonarthrose symptomatique 22,8% de rupture du LCA contre 2,7% dans la population contrôle. Enfin, Amin et coll. [66] en 2008 mettait en évidence un odds ratio de 1,8 du risque de perte cartilagineuse à 15 ou 30 mois sur le compartiment fémoro-tibial interne. Ce risque existe en présence de lésions méniscales associées, car le risque n'est pas retrouvé quand les données sont ajustées aux lésions méniscales.

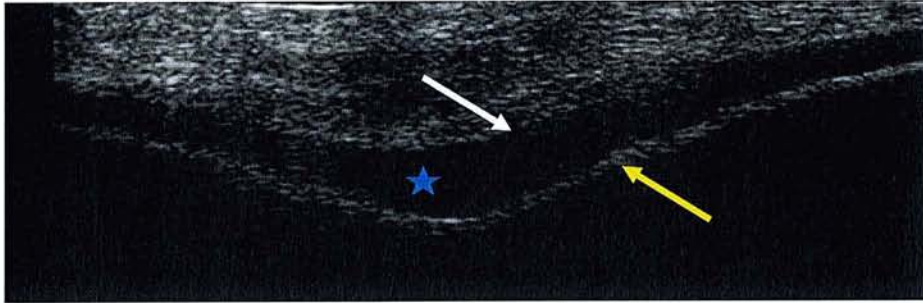
C- L'échographie

L'échographie ostéo-articulaire a connu ces dernières années un développement considérable dans la pratique des rhumatologues. Les informations obtenues se rapprochent de celles de l'IRM puisque l'échographie permet une visualisation de la cavité articulaire, du cartilage, des structures abarticulaires (bourses séreuses, tendons, ligaments, kystes synoviaux ou méniscaux) et de la membrane synoviale. L'inflammation synoviale peut être évaluée en mode B (épaisseur et aspect morphologique) et en mode Doppler puissance (DP) qui correspond à la microvascularisation synoviale. En revanche, les ultrasons étant arrêtés par la corticale osseuse, l'échographie ne permet pas d'explorer l'os trabéculaire et donc « les lésions sous chondrales ». Si cette technique reste « opérateur-dépendant », la relecture des acquisitions ainsi que les formations apportées par des rhumatologues référents, ont permis une amélioration très nette des reproductibilités intra et inter-lecteur [67]. L'examen échographique au genou doit s'effectuer sur un appareil permettant une étude morphologique (Mode B) et une exploration en mode Doppler puissance, couplé à des sondes de haute fréquence (plus de 12 MHz).

1- Le cartilage

Le cartilage est une structure bien individualisée et définie en échographie par Grassi et coll. [24] comme une bande anéchogène, délimitée par deux fines bandes hyperéchogènes (Image 11). La première, localisée à la surface du cartilage, est fine et régulière. La seconde, correspondant à la couche calcifiée du cartilage et à l'os sous chondral, est nettement plus échogène et épaisse. L'hyperéchogénicité de ces couches est expliquée par les changements d'interface tissulaire entre le tissu cartilagineux et le liquide synovial en superficie et entre le cartilage et l'os sous chondral en profondeur. L'étude du cartilage reste toutefois limitée aux surfaces articulaires accessibles, puisque toute interposition osseuse empêche sa visualisation.

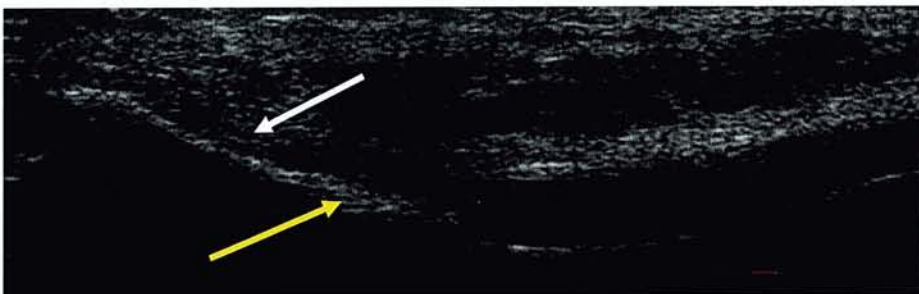
Image 11 : Cartilage normal en échographie



Coupe axiale en mode B du cartilage trochléaire : aspect de cartilage normal avec une ligne superficielle hyperéchogène (flèche blanche) une structure interne anéchogène (étoile bleue) et une interface os–cartilage calcifiée hyperéchogène (flèche jaune).

Chez l'homme, l'évaluation échographique du cartilage arthrosique a débuté en 1984, par un travail d'Aisen et coll. Ces auteurs ont proposé une évaluation du cartilage condylien avec mesure de son épaisseur, évaluation de son interface superficielle, voire de ses caractéristiques d'échogénicité interne [27]. En cas d'arthrose, la netteté de la ligne superficielle hyperéchogène s'altère, prenant un aspect discontinu, voire disparaît complètement. Le cartilage arthrosique est moins épais et l'intensité de l'interface entre les couches profondes du cartilage et l'os sous chondral s'accroît (image 12) [24]. Ces aspects morphologiques du cartilage, définis par Grassi et coll., peuvent être explorés au genou au niveau du condyle et de la trochlée mais pas au niveau patellaire et tibial. A noter que l'analyse du cartilage condyloire ne peut être faite en une seule séquence ce qui ne permet pas de s'assurer d'avoir examiné l'ensemble du condyle. Au niveau expérimental, Tsai et coll. [68] en 2007, ont démontré in vitro une bonne corrélation entre un score échographique du cartilage (gradé de I à IV) et les données anatomopathologiques, permettant d'envisager une évaluation in vivo.

Image 12 : Cartilage arthrosique en échographie



Coupe axiale en mode B du cartilage trochléaire : cartilage arthrosique sur la facette interne avec un cartilage qui présente une diminution d'épaisseur, une échogénicité interne plus importante (flèche blanche) avec une échogénicité de l'interface os sous-chondral/cartilage plus marquée (flèche jaune).

2- L'épanchement intra-articulaire

En mode B, la présence d'un épanchement se définit comme une région anéchogène, localisée dans le récessus sous-quadriceps et les rampes para-patellaire médiale et latérale sur un genou examiné en semi flexion (image 13). La mesure de l'épanchement est réalisée à partir d'une coupe axiale sur la région présentant la plus grande distension capsulaire. Un épanchement est considéré comme présent si cette mesure est supérieure à 4mm [69]. De nombreuses études prouvent la supériorité de l'échographie par rapport à l'examen clinique pour le diagnostic d'épanchement articulaire au genou : 61% de diagnostic d'épanchement en échographie contre seulement 36% à l'examen clinique [70]. Dans une population de 600 gonarthrosiques, D'Agostino et coll. ont montré qu'un épanchement articulaire est observé échographiquement dans 43,7% des cas avec une très forte association avec la synovite ($p < 0,0001$) [69]. Une association est notée entre la présence d'un épanchement et la sévérité radiographique de la gonarthrose (score de Kellgren et Lawrence > 3). De plus, une association importante est observée entre le degré d'épaississement de la synovite et l'importance de l'épanchement échographique ($r = 0,51$; $p < 0,0001$).

3- La membrane synoviale

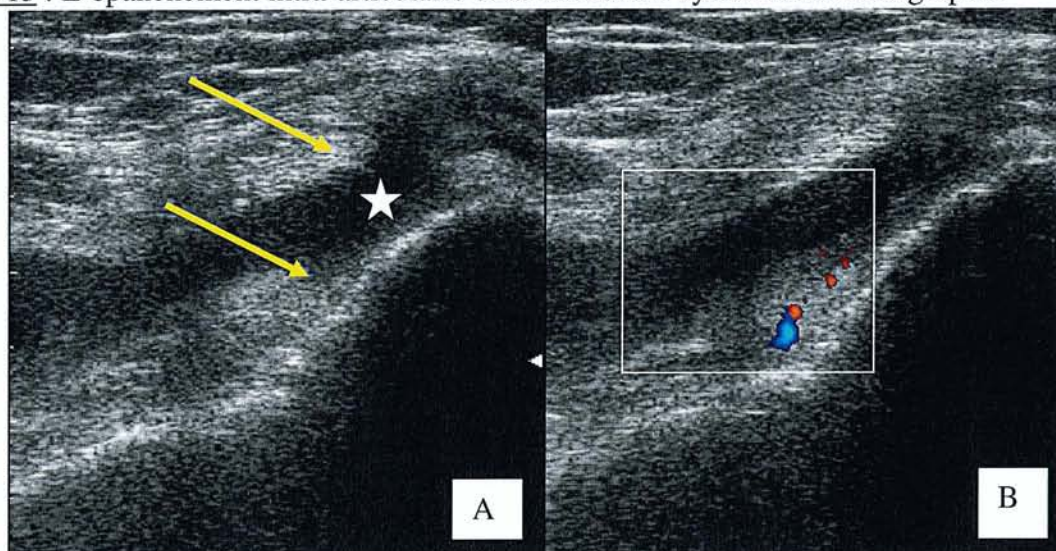
L'étude de la membrane synoviale se fait en deux temps. Un premier temps en mode B pour son aspect et un second en mode DP pour évaluer l'inflammation synoviale (image 13).

3-1 En mode B

A l'état normal, et en l'absence d'épanchement, la synoviale normale ne peut être identifiée échographiquement puisque ce tissu mesure moins de 100µm et ne peut être différenciée des autres structures tissulaires de l'articulation. En présence d'un épanchement, et sur un genou fléchi à 45°, la synovite arthrosique se définit comme un tissu faiblement échogène, hypertrophié, dont l'épaisseur est supérieure à 4mm sur une coupe longitudinale médiane. Cette synovite est soit épaissie de façon diffuse, soit au contraire épaissie de façon localisée ou nodulaire. En prenant comme « gold standard » l'arthroscopie, Karim et coll. confirment la sensibilité de l'échographie pour la détection d'une synovite en étudiant 60

genoux dont 19 arthrosiques. Ces auteurs montrent que l'échographie possède, par rapport à l'examen clinique, une sensibilité de 98% versus 85%, une spécificité de 88% versus 25%, une exactitude de 97% contre 77%, une valeur prédictive positive de 98% versus 88% et enfin une valeur prédictive négative de 88% versus 20%. Les reproductibilités intra et inter-lecteur pour l'examen échographique sont respectivement excellentes à 0,85 et bonne à 0,71 [71]. Plus récemment, D'Agostino et coll. ont montré une fréquence de 53,7% de synovite suivant les critères échographiques dans une population de 600 gonarthrosiques avec une forme diffuse observée plus fréquemment que la forme nodulaire [69]. La synovite est plus fréquemment observée en échographie au cours des formes évoluées d'arthrose (Kellgren et Lawrence >3).

Image 13 : L'épanchement intra-articulaire et la membrane synoviale en échographie



Coupe axiale du genou passant par le cul de sac sous-quadricipital en mode B (A) et en mode Doppler puissance (B). La membrane synoviale (flèche jaune) est hyperéchogène alors que l'épanchement articulaire (étoile blanche) apparaît hypoéchogène. A noter une hypervascularisation synoviale en mode Doppler puissance (B).

3-2 En mode Doppler puissance (DP)

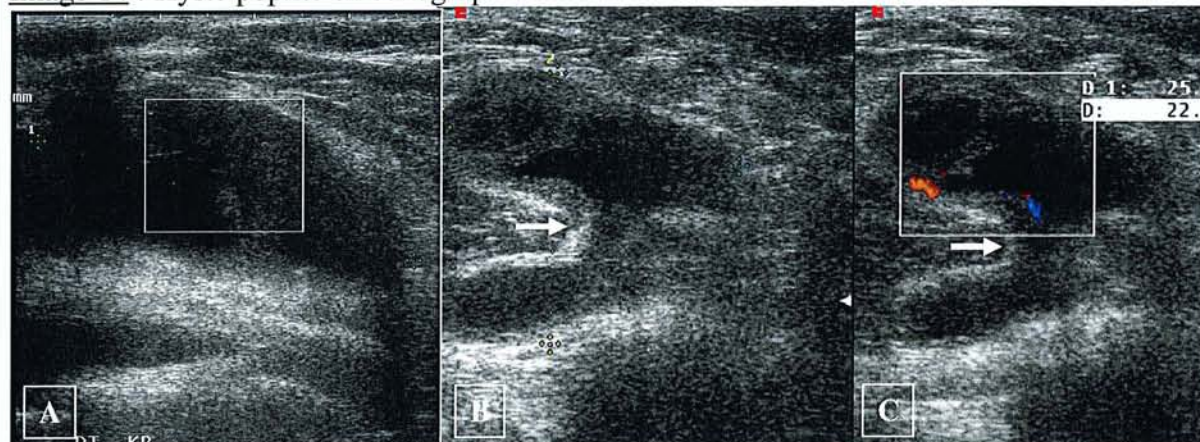
En mode Doppler puissance, il est possible d'étudier la microvascularisation des tissus et d'objectiver l'augmentation de la vascularisation à flux lent dans la synovite rhumatoïde, mais également au cours de l'arthrose. Cette activité inflammatoire peut être gradée selon le nombre de spots présents dans la fenêtre d'étude en mode Doppler puissance [72] (image 13). Walther et coll ont étudié la vascularisation de la synoviale arthrosique en échographie en mode Doppler puissance chez 13 patients atteints de gonarthrose à un stade prothétique. Ces auteurs ont montré une excellente corrélation entre l'activité de la synovite en mode DP et les

paramètres vasculaires histologiques sur les biopsies synoviales prélevées juste avant la mise en place d'une prothèse [73].

4- Le kyste poplité

Un kyste poplité est recherché entre la zone d'insertion du demi membraneux et le tendon gastrocnémien interne. L'intérêt de l'échographie dans la détection des kystes poplités de petite taille, non décelés cliniquement, est reconnu depuis de nombreuses années dans les genoux arthrosiques [74]. Il apparaît comme une structure anéchogène non compressible et différenciable d'un vaisseau sanguin par l'absence de flux important en son sein en mode DP (image 14). Ward et coll. ont montré une excellente sensibilité et une spécificité de 100%, pour la détection d'un kyste poplité [75].

Image 14 : Kyste poplité en échographie



Kyste poplité en coupe longitudinale (A) et en coupe axiales (B et C). Les coupes axiales permettent de mettre en évidence le pertuis de communication entre le kyste et la cavité articulaire (flèche blanche). En mode Doppler puissance la synoviale présente une activité modérée (C).

5- Autres structures accessibles en échographie

Les structures abarticulaires comme les ménisques, les ligaments du pivot central comme les ligaments collatéraux interne et externe sont accessibles et facilement étudiés en échographie. Des études de corrélation avec les données, arthroscopiques, IRM ou histologiques [13], ont été réalisées avec des résultats très satisfaisants.

Travail personnel

I- Objectif du travail

L'objectif de ce travail, est d'étudier l'échographie comme moyen d'évaluation de la gonarthrose d'un point de vue structural et inflammatoire (épanchement et synovite). Nous comparons l'échographie aux données cliniques, radiologiques et IRM de notre population. Nous retenons comme gold standard le score de WORMS cartilage [76] pour l'évaluation structurale, le score de WORMS épanchement [76] pour l'épanchement et le score IRM semi-quantitatif de synovite [77] pour la synovite. Dans ce travail, nous nous efforcerons de situer l'échographie dans le classement structural et inflammatoire des patients par rapports aux techniques existantes et d'établir des modalités pour un suivi ultérieur.

II- Patients et méthode

A- L'inclusion et l'information des patients

Nous avons exploité les données cliniques, biologiques et radiologiques à l'inclusion des patients du protocole CHONDROLYSE. Ce protocole a pour but de déterminer le rôle prédictif de l'inflammation synoviale dans la perte cartilagineuse, dans la gonarthrose. Nous incluons des patients des deux sexes atteints de gonarthrose débutante congestive ou non cliniquement, ayant consulté au service de Rhumatologie du CHU Nancy-Brabois de septembre 2006 à février 2008. Le recrutement est effectué par les praticiens du service. Lors

de la consultation, le consentement des patients est obtenu après lecture de la lettre d'information et de consentement (annexe page 136).

Les critères d'inclusion sont ceux de l'American College of Rheumatology (ACR) [28] qui associent une douleur du genou avec au moins un des critères suivants :

- âge supérieur à 50 ans
- raideur matinale de moins de 30 minutes
- crépitements
- présence d'ostéophytes à la radiographie

Sont non inclus les patients qui :

- refusent de signer la lettre d'information et de consentement
- présentent une contre-indication à l'Imagerie par Résonance Magnétique (claustrophobie, pace maker, corps étranger métallique intra oculaire, contre-indication au gadolinium,...)
- présentent une arthrose radiologique fémoro-tibiale interne ou externe de stade 4 suivant le score de Kellgren et Lawrence [44]
- présentent une indication chirurgicale pour une prothèse dans les 6 mois

B- L'état civil et les données cliniques

Nous collectons pour chaque patient les caractéristiques épidémiologiques (date de naissance, durée des symptômes et date du diagnostic de gonarthrose) et morphologiques suivantes : poids, taille nous permettant de calculer l'indice de masse corporelle ($IMC = \text{rapport poids (en kilogrammes) sur taille au carré (en mètres)}$) et s'exprime en Kg/m^2).

Un épanchement intra-articulaire est recherché par le signe du flot et est quantifié lorsqu'il est présent en faible, modéré ou important. La flexion maximale est mesurée en degré à l'aide d'un goniomètre. Pour l'articulation fémoro-patellaire un signe du rabot est recherché correspondant à une mobilisation douloureuse de la patella sur la trochlée. De plus nous recherchons la présence d'un kyste poplité.

C- Les traitements suivis

Nous recherchons et classons la prise d'antalgiques selon les trois niveaux de l'Organisation Mondiale de la Santé : niveau I = antalgiques non opiacés (paracétamol,...), niveau II A = antalgiques opiacés faibles (tramadol,...), niveau II B = antalgiques opioïdes mixtes (buprénorphine,...) et niveau III antalgiques opioïdes forts (chlorhydrate de morphine,...). Nous recherchons la prise d'Anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), de corticoïdes et d'Anti-Arthrosiques d'Action Lente (AAAL).

D- L'évaluation de la douleur et de la qualité de vie

Chaque patient se voit remettre un cahier comportant cinq tests de Patient-Reported Outcomes (PROs) qui permettent d'obtenir le point de vue du patient sur son vécu de la maladie. Trois tests évaluent la qualité de vie : WOMAC, AMIQual et SF-36, un test évalue la douleur et l'état général sur une Echelle Visuelle Analogique (EVA), et enfin un test évalue l'état fonctionnel des patients : Lequesne gonarthrose. Présentation des tests :

- Le **WOMAC** [⁷⁸] (Western Ontario and McMaster universities) est un score comprenant 24 questions dans trois domaines que sont la douleur, la raideur et la fonction (difficultés à accomplir les activités quotidiennes). Ces critères sont évalués par échelle visuelle analogique allant de 0 à 100. Plus le score est élevé plus l'état du patient est dégradé.

- L'**AMIQual** [⁷⁹] (Arthrose des Membres Inférieurs et qualité de vie) comprend 43 questions cotées de 0 à 10 explorant les répercussions de la gonarthrose sur la qualité de vie dans 5 domaines ramenés sur 100 : activités physiques, santé mentale, douleur, soutien social, activités sociales, ainsi que sur 3 questions concernant les activités professionnelles, la vie de couple et les relations sexuelles. Plus le score est élevé plus l'état du patient est dégradé.

- Le **SF-36** [⁸⁰, ⁸¹] (Short Form 36 item health survey) est un score reposant sur 11 questions étudiant la perception de « la santé » par les patients dans 9 domaines (activité physique, limitations dues à l'état physique, douleurs physiques, santé psychique, limitations dues à l'état psychique, vie et relation avec les autres, vitalité, santé perçue et évolution de la santé perçue) qui sont présentés par deux scores résumés : score résumé physique et score résumé psychique. Plus ces scores sont élevés plus l'état du patient est dégradé.

- Une **Echelle Visuelle Analogique** (EVA) douleur et globale sur l'ensemble des désagréments causés par la maladie, allant de 0 à 100 (avec pour la douleur : 0 =absent, 100 =douleur maximale et pour l'évaluation globale : 0 =tout va bien, 100 =désagrément majeur).

- L'**Indice algofonctionnel de Lequesne** [⁸²] est basé sur trois domaines comprenant la douleur, la raideur et la fonction. Ce score varie de 0 à 24 : <5 =gêne minime, de 5 à 7 =gêne moyenne, de 8 à 10 =gêne importante, de 11 à 13 =gêne très importante, à partir de 14 =gêne extrêmement sévère.

E- Le bilan biologique

Chaque patient bénéficie d'une prise de sang pour rechercher un syndrome inflammatoire biologique avec dosage de la Protéine-C-réactive (CRP) en milligrammes par litres (mg/L) qui est considérée comme normale sous 5 mg/L et la vitesse de sédimentation (VS) mesurée en millimètres à la 1^{ère} heure qui est communément considérée comme normale sous 25mm.

F- L'imagerie

1- Les radiographies

1-1 La technique d'examen

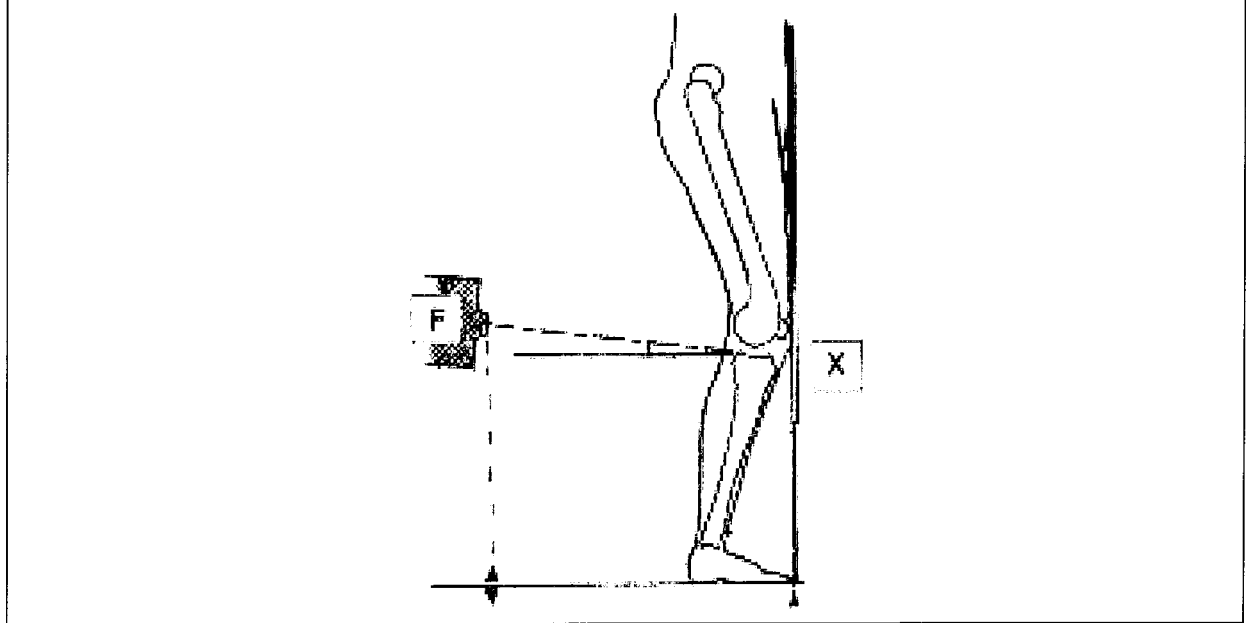
Le bilan radiographique comprend un cliché de face selon le Schuss Lyonnais [46] qui correspond à un cliché en semi-flexion de 20 à 30° avec positionnement du patient de telle manière que le gros orteil, la patella et la cuisse soient contre la plaque d'examen avec une rotation du membre inférieur de 15° vers l'extérieur (image 15). Les rayons ont une orientation postéro-antérieure. Un temps fluoroscopique est réalisé afin d'obtenir le meilleur alignement possible entre le bord antérieur et le bord postérieur du plateau tibial interne (schéma 6).

Image 15 : Positionnement du patient pour le Schuss Lyonnais



(image Pr. Vignon, CHU Lyon)

Schéma 6 : Positionnement pour le Schuss Lyonnais avec temps fluoroscopique

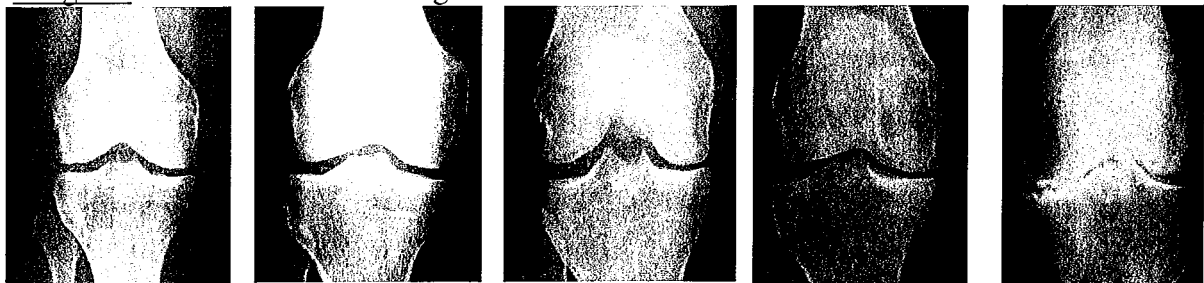


1-2 L'évaluation structurale

A partir de ces clichés nous classons les genoux selon le score de Kellgren et Lawrence [⁴⁴] qui correspond à un score composite tenant compte à la fois du pincement de l'interligne articulaire et de l'ostéophytose en cinq stades (image 16):

- stade 0 : radiographie normale
- stade 1 : modification minime de l'interligne et/ou ostéophytose débutante
- stade 2 : pincement de l'interligne ou ostéophytose
- stade 3 : pincement de l'interligne et ostéophytose
- stade 4 : contact osseux

Image 16 : Classification de Kellgren et Lawrence



stade 0

stade 1

stade 2

stade 3

stade 4

Ainsi, les patients sont classés en fonction de la sévérité radiographique de leur maladie. Nous avons réalisé une lecture par un senior (Pr. D. Loeuille) et un junior (moi-même : NS), puis nous avons retenu une lecture consensus pour l'étude.

1-3 La chondrométrie

La chondrométrie correspond à la mesure de l'interligne articulaire. Cette technique mesure indirectement l'épaisseur du cartilage dans la région la plus pincée du compartiment fémoro-tibial interne et fémoro-tibial externe. Cette mesure a été réalisée par le Professeur E. Vignon du CHU de Lyon. La mesure semi-automatique de l'interligne articulaire permet de déterminer la distance minimale de l'interligne fémoro-tibial interne (FTI JSW : Femoro-Tibial Internal Joint Space Width) et fémoro-tibiale externe (FTE JSW: Femoro-Tibial External Joint Space Width) sur le logiciel Holy[®] (Actibase, Lyon, France). La qualité de réalisation des clichés est déterminée par la mesure de la distance entre la berge antérieure et postérieure du plateau tibial interne (IMD : Inter Margin Distance), qui doit être dans l'idéal inférieure à 1,2mm mais qui reste acceptable jusqu'à une valeur de 1,6mm [⁸³].

2- L'IRM

2-1 La technique d'examen

Une IRM du genou cible est réalisée sur un appareil de 1,5Tesla. Cet examen comprend des séquences de repérage qui standardisent les acquisitions IRM d'un examen à l'autre [⁸⁴]. Sont ensuite réalisées une séquence T2 avec saturation de la graisse (T2 Fat Sat : T2FS) et des séquences trois dimensions en pondération T1 (3D-T1) sans et avec injection de gadolinium. Le cartilage, l'inflammation synoviale, l'épanchement et la présence d'un kyste poplité sont étudiés suivant des procédures et des méthodes de scores développés pour chacun d'entre eux. L'examen est réalisé alors que le patient est au repos depuis au moins 20 minutes afin de limiter au maximum les artefacts de mise en charge du tissu cartilagineux [⁸⁵].

2-2 Les séquences utilisées

- Séquences protoniques frontales T2 écho de gradient avec suppression du signal de la graisse (T2FS) : un temps de répétition [TR] = 2500ms, un temps d'écho [TE] = 90ms, une répétition des trains d'écho lors d'un TR (echo train length : ETL) [ETL] = 8, un champ d'exploration (Focal Of View : FOV) [FOV] = 14 × 14cm, une épaisseur de coupe de 4mm sans intervalle libre, une matrice de 256 × 192 avec suppression du signal de la graisse, soit un voxel égal à 0,736 x 0,494 x 4mm³.

- Séquences 3-D écho de gradient (3D-T1) avec suppression du signal de la graisse sans et avec injection de gadolinium : séquences sagittales avec un temps de répétition [TR] de 21.3ms et un temps d'écho [TE] de 5.3ms, un angle de basculement (flip angle : FA) [FA] = 20°, une focale [FOV] de 16 × 16cm, une matrice de 256 × 256 pixels, une épaisseur de coupe de 1.4mm sans intervalle libre, soit une résolution spatiale de 0,625 × 0,625 × 1.4mm³, qui sont réalisées avant et après injection de produit de contraste (0,1mmol/Kg de Gadolinium-DTPA).

2-3 L'évaluation du cartilage

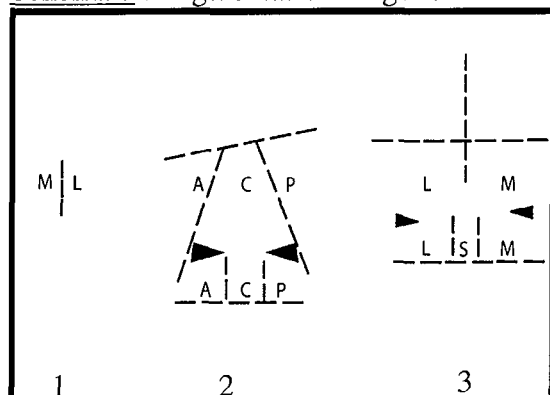
2-3 1 Le score WORMS du cartilage

Les lésions du cartilage sont étudiées sur les séquences T2FS frontales pour le cartilage tibial et fémoral et sur les reconstructions axiales des séquences 3D-T1 avec injection de gadolinium pour l'articulation fémoro-patellaire (reconstructions réalisées sur le logiciel Amira 4.1®). Les anomalies cartilagineuses sont gradées suivant le score de WORMS : *Whole-organ magnetic resonance imaging score* établi par Peterfy et coll. [76].

Ce score est basé sur une segmentation du genou en 15 régions d'intérêt (schéma 7), défini de la façon suivante :

- 4 pour l'articulation fémoro-patellaire (PFJ : Patello-Femoral Joint)
 - 2 régions patellaires
 - . la facette médiale (MP)
 - . la facette latérale (LP)
 - 2 régions fémorales
 - . facette trochléaire médiale = facette fémorale antérieure médiale (MFa)
 - . facette trochléaire latérale = facette fémorale antérieure latérale (LFa)
- 5 sur l'articulation fémoro-tibiale médiale (MFTJ : Medial Femoro-Tibial Joint)
 - 2 régions pour le fémur
 - . région fémorale médiale centrale (MFC)
 - . région fémorale médiale postérieure (MFp)
 - 3 régions pour le tibia
 - . région tibiale médiale antérieure (MTa)
 - . région tibiale médiale centrale (MTc)
 - . région tibiale médiale postérieure (MTp)
- 5 sur l'articulation fémoro-tibiale latérale (LFTJ : Lateral Femoro-Tibial Joint)
 - 2 régions pour le fémur
 - . région fémorale latérale centrale (LFC)
 - . région fémorale latérale postérieure (LFp)
 - 3 régions pour le tibia
 - . région tibiale latérale antérieure (LTa)
 - . région tibiale latérale centrale (LTc)
 - . région tibiale latérale postérieure (LTp)
- La région correspondant à la base des épines tibiales (S : spine)

Schéma 7 : Segmentation du genou dans le WORMS (d'après Peterfy)



1 : Patella : M = facette médiale, L = facette latérale
 2 : fémoro-tibiale de profil : A = zone antérieure, C = zone intermédiaire, P = zone postérieure
 3 : fémoro-tibiale de face : M = condyle ou plateau médial, L = condyle ou plateau latéral, S = épines tibiales

Pour l'étude du cartilage, seules les 14 régions recouvertes de cartilage sont étudiées (toutes sauf les épines tibiales : région S).

Dans chaque région d'intérêt le cartilage est coté de la façon suivante (schéma 8):

- grade 0 = cartilage normal
- grade 1 = cartilage d'épaisseur normale avec des anomalies de signal
- grade 2 = perte cartilagineuse partielle <1cm dans son plus grand axe
- grade 2,5 = perte cartilagineuse totale <1cm dans son plus grand axe
- grade 3 = multiples aires de pertes partielles avec des zones de cartilage normal, ou perte partielle du cartilage >1cm dans son plus grand axe mais dont l'étendue reste inférieure à 75% de la surface étudiée
- grade 4 = perte partielle du cartilage touchant plus de 75% de la région étudiée
- grade 5 = perte cartilagineuse totale >1cm mais n'atteignant pas 75% de la région étudiée
- grade 6 = mise à nu de l'os sous-chondral sur plus de 75% de la région étudiée

Les scores maximaux obtenus sont respectivement pour les compartiments fémoro-tibial médial et latéral, fémoro-patellaire et la totalité du genou de 30, 30, 24 et 84. De même nous avons défini le score correspondant au seul cartilage fémoral sur 36.

Le score WORMS du cartilage est notre gold standard de l'évaluation structurale.

Schéma 8 : Les grades du cartilage dans le WORMS (d'après WORMS Peterfy)

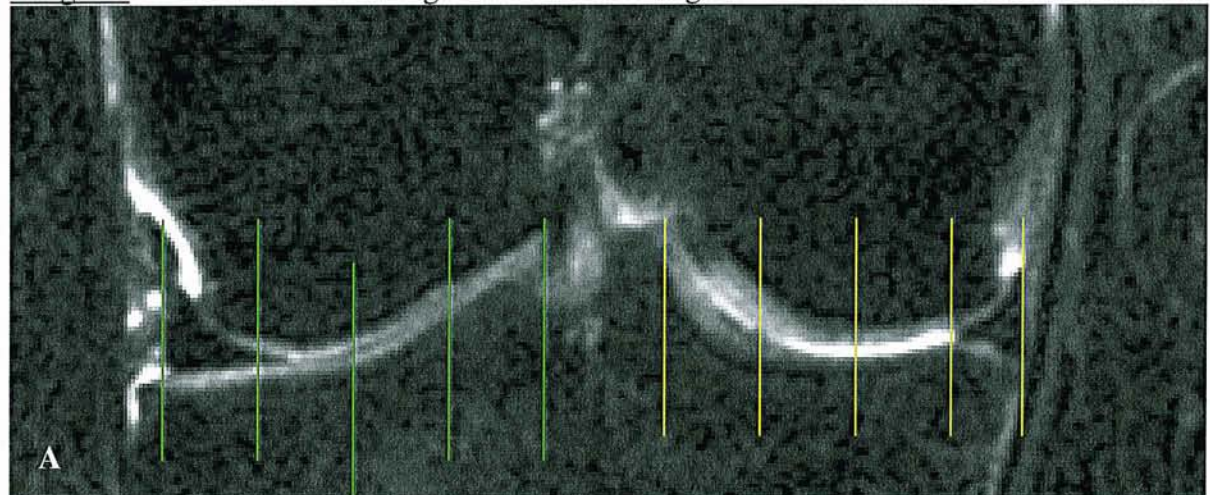
0	3
1	4
2.0	5
2.5	6

Grade 0 = cartilage normal
Grade 1 = cartilage d'épaisseur normale avec des anomalies de signal
Grade 2 = perte cartilagineuse partielle <1cm dans son plus grand axe
Grade 2,5 = perte cartilagineuse totale <1cm dans son plus grand axe
Grade 3 = multiples aires de pertes partielles avec des zones de cartilage normal, ou perte partielle du cartilage >1cm dans son plus grand axe mais dont l'étendue reste inférieure à 75% de la surface étudiée
Grade 4 = perte partielle du cartilage touchant plus de 75% de la région étudiée
Grade 5 = perte cartilagineuse totale >1cm mais n'atteignant pas 75% de la région étudiée
Grade 6 = mise à nu de l'os sous-chondral sur plus de 75% de la région étudiée

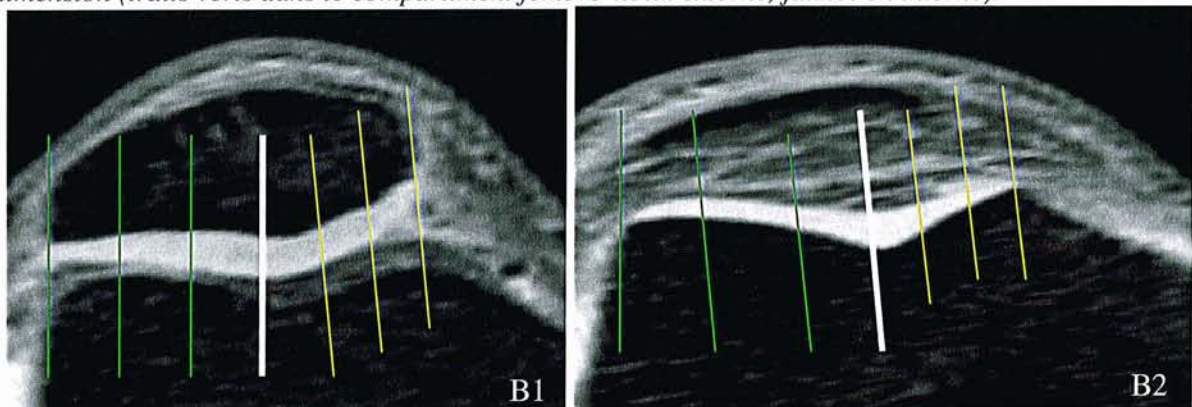
2-3 2 Le score IRM du cartilage

Le score IRM du cartilage [86] est déterminé sur les séquences frontales T2FS pour les articulations fémoro-tibiales à partir de 6 coupes centrales contiguës. Sur chacune des images frontales, le cartilage condyalaire et tibial de chaque compartiment est divisé en 4 régions d'égale dimension (sur le plan transversal). Ainsi on obtient 24 régions pour le condyle et le plateau tibial en regard, soit 48 régions par compartiment (fémoro-tibial interne : FTI et fémoro-tibial externe : FTE) où est gradé le cartilage. L'évaluation du cartilage fémoro-patellaire s'effectue sur les reconstructions axiales des séquences 3D-T1 avec injection de gadolinium. Sur chaque coupe, le cartilage patellaire, lorsqu'il est visible, est divisé en 6 régions d'intérêt d'égale dimension (trois sur la facette interne et trois sur la facette externe) comme le cartilage trochléaire (image 17).

Image 17 : Score IRM du cartilage : définition des régions d'intérêt



A : Coupe frontale T2FS, sur le compartiment fémoro-tibial interne et externe, les 6 coupes consécutives retenues sont segmentées pour chacune des surfaces articulaires en 4 régions d'égale dimension (traits verts dans le compartiment fémoro-tibial externe, jaunes en interne).



B : Reconstruction axiale 3D-T1, sur le compartiment fémoro-patellaire le cartilage patellaire (B1) et trochléaire (B2) sont segmentés en 6 régions d'égale dimension (3 sur le versant interne (traits jaunes), 3 sur le versant externe (traits verts)).

Pour chaque région d'intérêt, les lésions cartilagineuses sont gradées de la façon suivante :

- grade 0 = cartilage normal
- grade 1 = cartilage d'épaisseur normal avec des anomalies de signal (la fibrose en hyposignal et l'œdème en hypersignal)
- grade 2 = perte d'épaisseur du cartilage inférieure à 50%
- grade 3 = perte d'épaisseur du cartilage supérieure à 50%
- grade 4 = exposition de l'os sous-chondral.

L'étendue des lésions chondrales est déterminée pour chaque surface articulaire en pourcentage de la surface totale. Pour chaque surface articulaire, le score IRM du cartilage est une variable continue entre 0 et 100 et est obtenu de la façon suivante :

Le score IRM du cartilage = l'étendue (%) de grade 1 x 0,14 + l'étendue (%) de grade 2 x 0,34 + l'étendue (%) de grade 3 x 0,65 + l'étendue (%) de grade 4 x 1.

Le score maximum pour les articulations fémoro-tibiale interne, externe, fémoro-patellaire et pour le genou total est de 200, 200, 200 et 600 respectivement. Ainsi on obtient un score pour le fémur sur 300.

2-3 3 La mesure du volume cartilagineux

La mesure du volume cartilagineux [51] s'effectue sur les séquences 3D-T1. Le cartilage est segmenté semi-automatiquement à partir d'une série de 60 à 66 images selon les genoux sur le logiciel Amira 4.1® (image 18).

Après chargement de l'ensemble de l'examen IRM sur le logiciel Amira 4.1®, chacune des surfaces cartilagineuses : cartilage fémoral (condyle interne, condyle externe et trochlée), patellaire, tibial interne et tibial externe est délimité sur chaque plan de coupe (60 à 66) en utilisant un code couleur pour chaque ensemble (image 19).

Image 18 : Mesure du volume cartilagineux : sélection des séquences IRM du patient sur Amira 4.1®

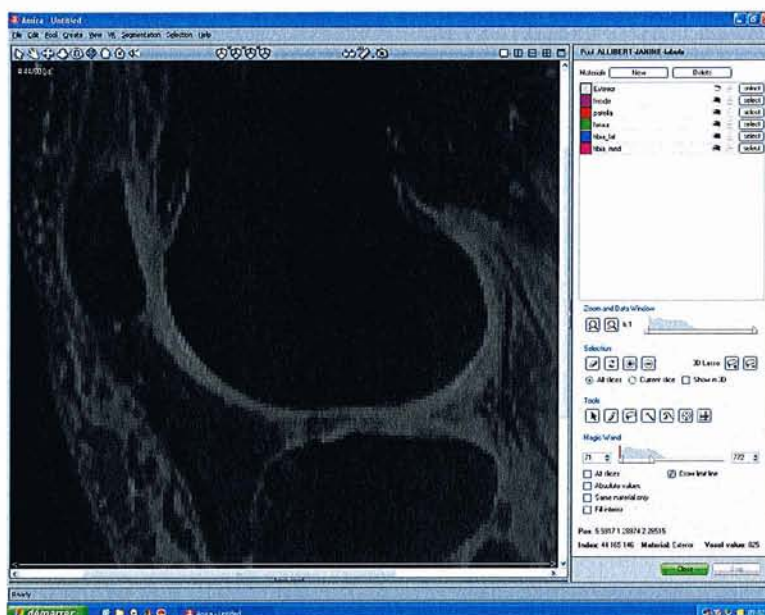
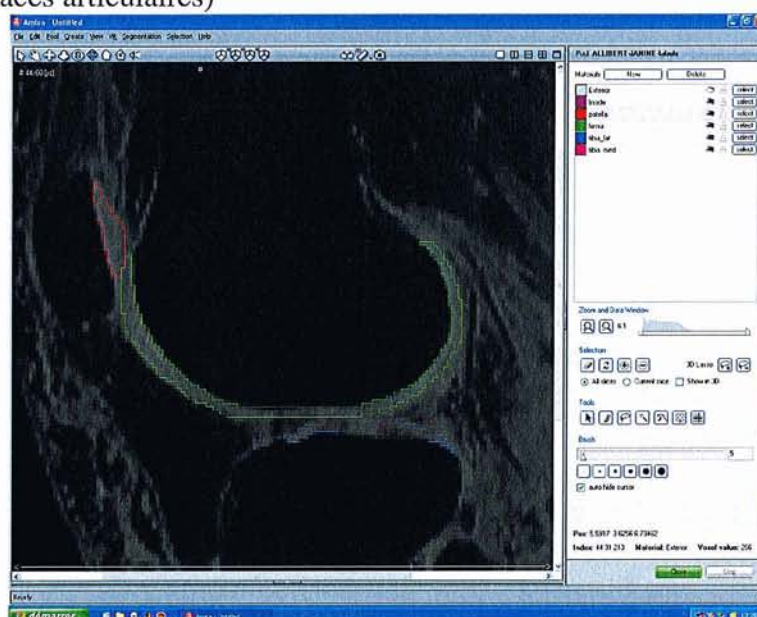
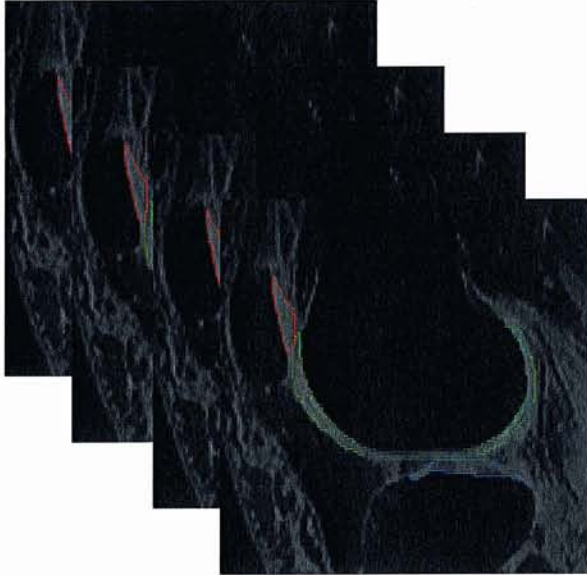


Image 19 : Mesure du volume cartilagineux : segmentation du cartilage (délimitation de chacune des surfaces articulaires)



Le calcul du volume cartilagineux est ensuite effectué automatiquement par le logiciel Amira 4.1® et exprimé en centimètres cubes de cartilage fémoral (condyle interne, condyle externe et trochlée), patellaire, tibial interne, tibial externe et enfin de l'ensemble du genou (images 20 et 21). Ce volume cartilagineux nécessite, une heure de traitement des images et a été répété deux fois pour déterminer la reproductibilité intra-lecteur (NS). Une reconstruction 3D du volume cartilagineux peut être réalisée (image 22).

Image 20 : Mesure du volume cartilagineux : sommation des différentes coupes



*Séquençage en 60 ou 62 coupes
de chaque genou, avec
délimitation des structures
cartilagineuses sur chaque coupe.*

Image 21 : Mesure du volume cartilagineux : obtention du volume cartilagineux

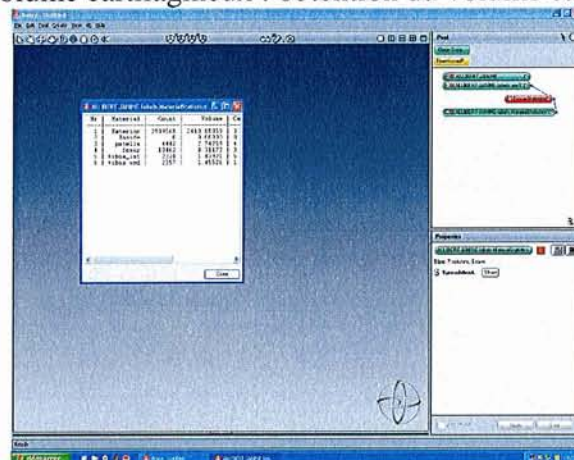


Image 22 : reconstitution 3D du cartilage d'un genou avec répartition en fonction du volume total



Cartilage patellaire
(11-22%)

Cartilage fémoral
(54-69%)

Cartilage tibial interne
(7-12%)

Cartilage tibial externe
(11-16%)

2-3 4 La mesure de l'épaisseur du cartilage trochléaire

Sur les séquences T1 sans injection, rebasculées grâce au logiciel Amira 4.1® en séquences axiales, nous avons sélectionné la coupe centrale de la trochlée (image médiane entre la première coupe où apparaît le cartilage trochléaire en crânial et la coupe où apparaît la fosse intercondylienne en caudal). Sur cette coupe, nous mesurons en millimètres, l'épaisseur du cartilage trochléaire dans la région médiane et sur les facettes interne et externe (nous avons secondairement comparé cette mesure à celle obtenue en échographie au niveau trochléaire).

2-4 L'épanchement intra-articulaire

L'épanchement intra-articulaire est étudié sur les séquences T2FS où il apparaît en hypersignal. Deux approches ont été utilisées pour le grader :

2-4 1 Le score WORMS épanchement

Dans le WORMS, Peterfy et coll. [76] ont proposé un score où l'inflammation synoviale et l'épanchement ne sont pas distingués et sont gradés ensemble de 0 à 3. Le score est établi à partir d'une estimation de la distension capsulaire maximale de la façon suivante :

- grade 0 = normal
- grade 1 = <33% de la distension maximale
- grade 2 = 33-66% de la distension maximale
- grade 3 = > 66% de la distension maximale

Le score WORMS épanchement est notre gold standard de l'évaluation de l'épanchement.

2-4 2 Le score IRM semi-quantitatif d'épanchement

Cette approche consiste en un score semi-quantitatif [87] sur des coupes axiales T2FS après reconstructions sur le logiciel Amira 4.1®. Les régions d'intérêt sont les rampes parapatellaires interne et externe évaluées au milieu du corps de la patella et le cul de sac sous-

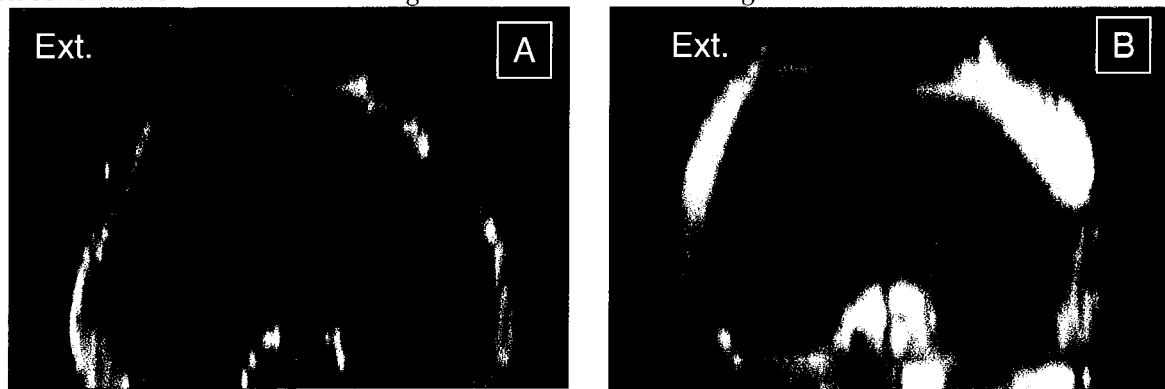
quadricipital évalué à 1cm au-dessus de la base de la patella. Chaque région est cotée de la façon suivante [88] (image 23) :

- grade 0 = pas d'épanchement
- grade 1 = épanchement minime
- grade 2 = épanchement moyen
- grade 3 = épanchement important entraînant une distension capsulaire

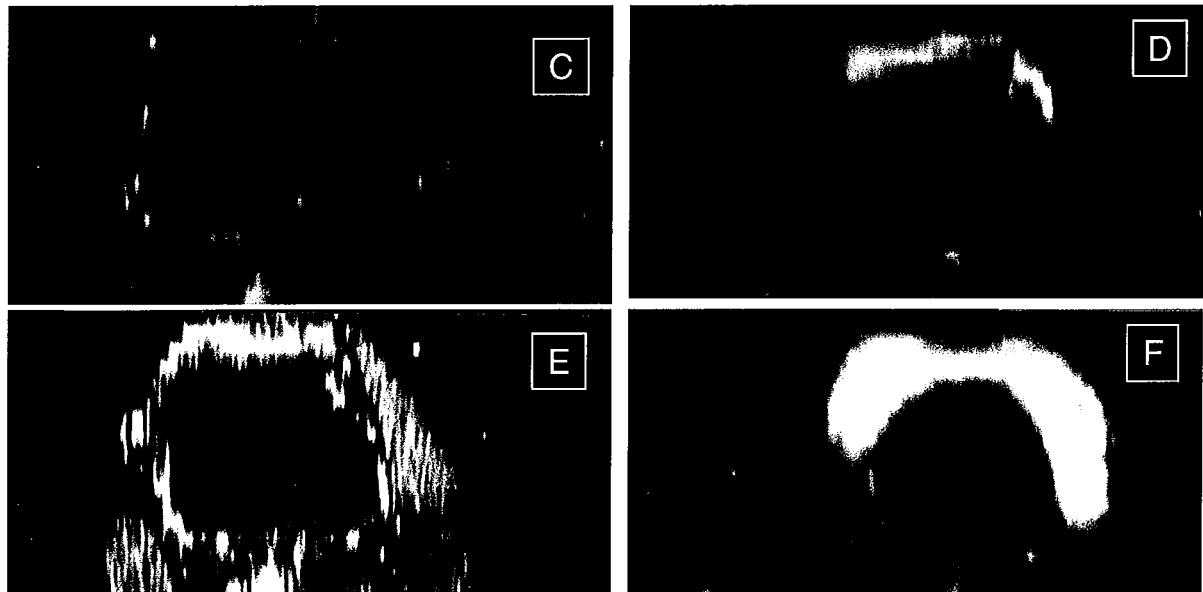
Ainsi nous obtenons un score total, après sommation des grades des trois rampes étudiées, de 0 à 9.

Image 23 : score d'épanchement (les grades)

Reconstructions axiales des images coronales T2FS sur logiciel Amira 4.1® :



Score épanchement des rampes parapatellaires externe et interne sur les coupes axiales passant au milieu de la patella, image A : grade 0 (= absence) sur la rampe externe et grade 1 (= épanchement minime) sur la rampe interne, image B : grade 2 (= épanchement moyen) sur la rampe externe et grade 3 (= épanchement important) sur la rampe interne.



Score épanchement du récessus sous-quadricipital à 1 cm au dessus de la base de la patella, image C : grade 0 (= absence), image D: grade 1 (= épanchement minime), image E : grade 2 (= épanchement moyen), image F : grade 3 (= épanchement important).

Parallèlement nous avons effectué une mesure de cet épanchement dans les trois régions d'intérêt exprimée en millimètres.

2-5 L'inflammation synoviale

L'inflammation synoviale s'étudie sur les séquences 3-D-T1 écho de gradient avec suppression du signal de la graisse avec et sans injection de gadolinium [89].

Nous évaluons l'inflammation synoviale selon trois modalités [10] : (1) un score semi-quantitatif total, (2) une mesure du volume de membrane synoviale rehaussée et (3) une mesure du volume de la membrane synoviale en fonction du taux de rehaussement.

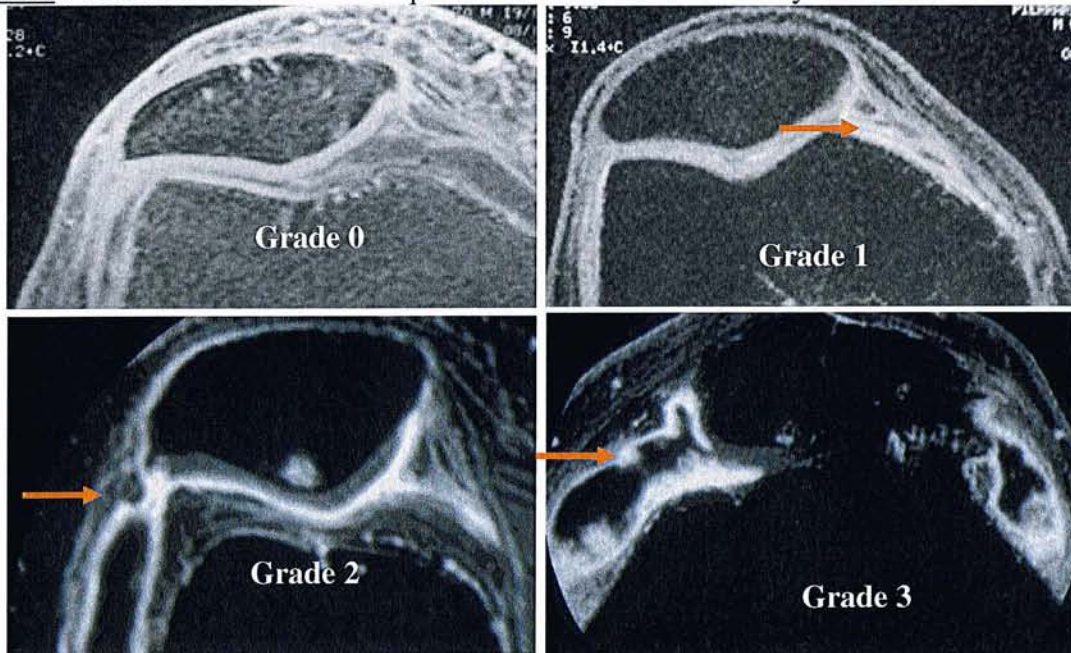
2-5 1 Le score IRM semi-quantitatif de la membrane synoviale

Ce score semi-quantitatif de la membrane synoviale est basé sur l'épaississement de la membrane synoviale mesuré sur 5 régions d'intérêt du genou [77]. Ce score est réalisé sur des coupes axiales, les coupes sagittales en séquence 3D-T1 avec injection de gadolinium sont rebasculées à l'aide du logiciel Amira 4.1® en coupes axiales. L'épaississement synovial est déterminé de la manière suivante (image 24) :

- stade 0 = absence de rehaussement de la membrane synoviale
- stade 1 = épaississement linéaire inférieur à 2mm
- stade 2 = épaississement linéaire compris entre 2 et 4mm
- stade 3 = épaississement irrégulier et supérieur à 4mm

Le score total d'inflammation IRM est la somme des stades pour les 5 régions étudiées. Les 5 régions d'intérêt (ROI) sont localisées pour 3 d'entre elles à la base de la patella (rampe médiale, rampe latérale et trochlée) et deux d'entre elles près de la pointe de la patella (bord interne et bord externe). Pour standardiser la mesure, la plage d'étude de la base est prise à 10 coupes sous l'apparition de la base et pour la pointe à 10 coupes au-dessus. Ce score offre une excellente reproductibilité intra et inter lecteur (ICC >0,89) et présente de bonnes corrélations aux paramètres microscopiques d'inflammation synoviale, en particulier pour l'infiltration ($r=0,47$; $p= 0,05$) [77].

Image 24 : Gradation du score semi-quantitatif de l'inflammation synoviale



Sur ces coupes axiales pondérées T1 avec injection de gadolinium et suppression du signal de la graisse, l'inflammation synoviale est gradée de la manière suivante : grade 0 = absence de rehaussement; grade 1 = rehaussement linéaire inférieur à 2 mm (flèche orange); grade 2 = rehaussement linéaire compris entre 2 et 4 mm (flèche orange) et grade 3 = rehaussement linéaire > 4 mm (pannus) (flèche orange).

Le score semi-quantitatif de synovite est notre gold standard de l'évaluation de la synovite.

2-5 2 Le volume de synovite rehaussé total

Comme l'avait décrit Østergaard antérieurement, le volume synovial est déterminé ^[90] à partir d'une soustraction des images 3D-T1 avec et sans injection de gadolinium. Les acquisitions IRM sont lues et travaillées sur le logiciel Amira 4.1®. Dans un premier temps, un seuillage est appliqué permettant de retenir uniquement les structures articulaires présentant un rehaussement supérieur à 45% ^[90]. Le masque obtenu permet d'éliminer les structures non synoviales rehaussées pour l'ensemble des 60 à 66 couples d'images (vaisseaux, masses musculaires, œdèmes osseux...). Le volume total de synovite (VST) est calculé en centimètre cube (image 25) selon la formule suivante où le VST est égal à la somme des aires de synovite segmentées (ST), multipliée par l'épaisseur de coupe A (A = 1,4mm) :

$$VST = \Sigma (A \times ST)$$

Le volume ainsi obtenu présente une excellente corrélation avec les données histologiques dans la polyarthrite rhumatoïde [^{90,91}].

2-5 3 Le volume de synovite en fonction du taux de rehaussement

Dans la littérature, il a été démontré l'intérêt de définir le volume de synovite en fonction de son taux de rehaussement car la synovite à rehaussement important ($\geq 1\%/s-1$) est corrélée aux paramètres histologiques de congestion vasculaire [^{91,92}]. Sur le volume total de synovite est déterminé, grâce au logiciel Amira 4.1® : (a) le pourcentage de volume de synovite présentant un taux de rehaussement faible ($< 0,3\%/s-1$), (b) le pourcentage de volume de synovite présentant un taux de rehaussement modéré (compris entre $\geq 0,3$ et $< 1\%/s-1$), et (c) le pourcentage de volume de synovite présentant un taux de rehaussement important ($\geq 1\%/s-1$) (image 26). Le taux de rehaussement E, correspond au rapport des différences d'intensité I des pixels au temps zéro (t0) et au bout de 180secondes (t180) sur l'intensité au t0 :

$$E (ij) = \frac{(I_{t180(ij)} - I_{t0(ij)}) \times 100}{I_{t0(ij)} \times t}$$

Le volume de synovite en fonction du taux de rehaussement (VS) est calculé en centimètres cube selon la formule suivante où le VS est égal à la somme des aires de synovite segmentées à ce taux de rehaussement (SE), multipliée par l'épaisseur de coupe A (A = 1,4mm) :

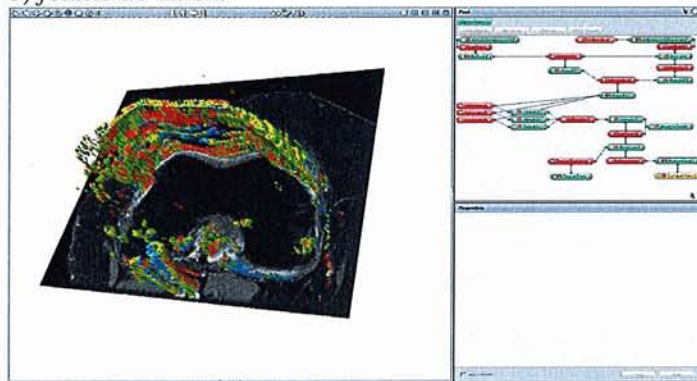
$$VS = \Sigma (A \times SE)$$

Ainsi on obtient le volume de synovite présentant un taux de rehaussement faible (VSL pour « low »), le volume de synovite présentant un taux de rehaussement modéré (VSM pour « moderate »), et le volume de synovite présentant un taux de rehaussement important (VSH pour « high »).

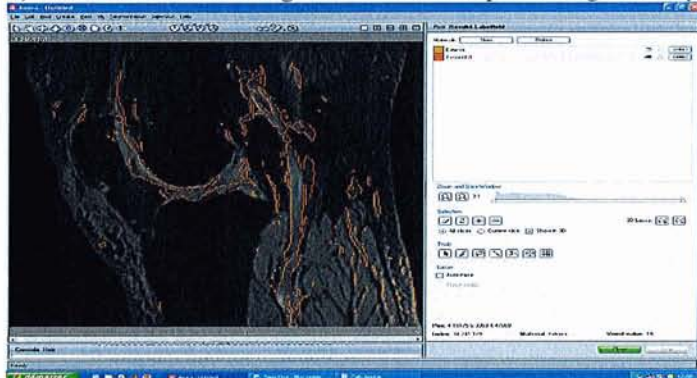
Valeur de E	Couleur	Niveau d'activité de la synovite
$E < 0.3$	Pixels bleus	synovite faible (VSL)
$0.3 \leq E < 1$	Pixels verts	synovite modérée (VSM)
$1 \leq E$	Pixels rouges	synovite importante (VSH)

Image 25 : Calcul du rehaussement de la membrane synoviale

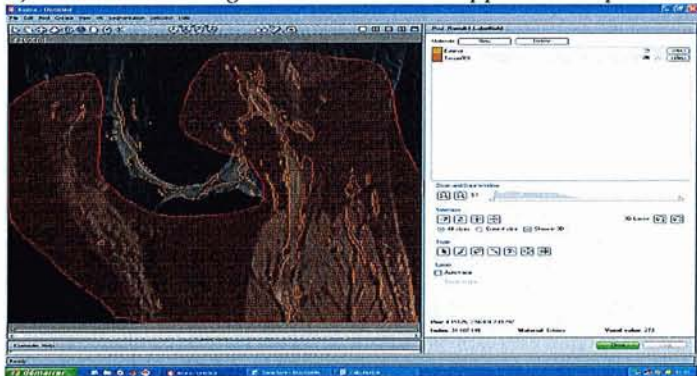
1) feuille de calcul



2) détermination des régions rehaussées par le logiciel : synoviale, vaisseaux, masses musculaires



3) exclusion des régions rehaussées n'appartenant pas à la membrane synoviale



4) seule la membrane synoviale rehaussée est conservée

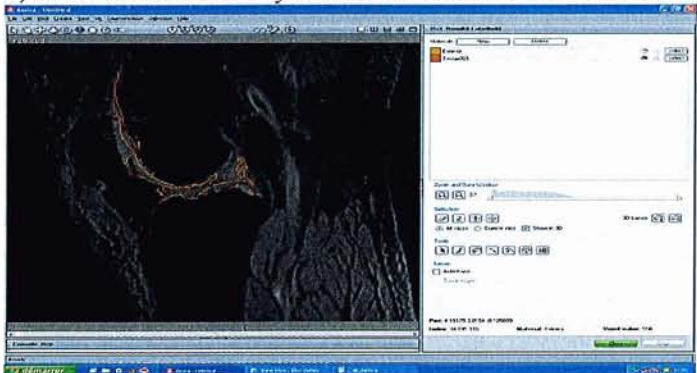
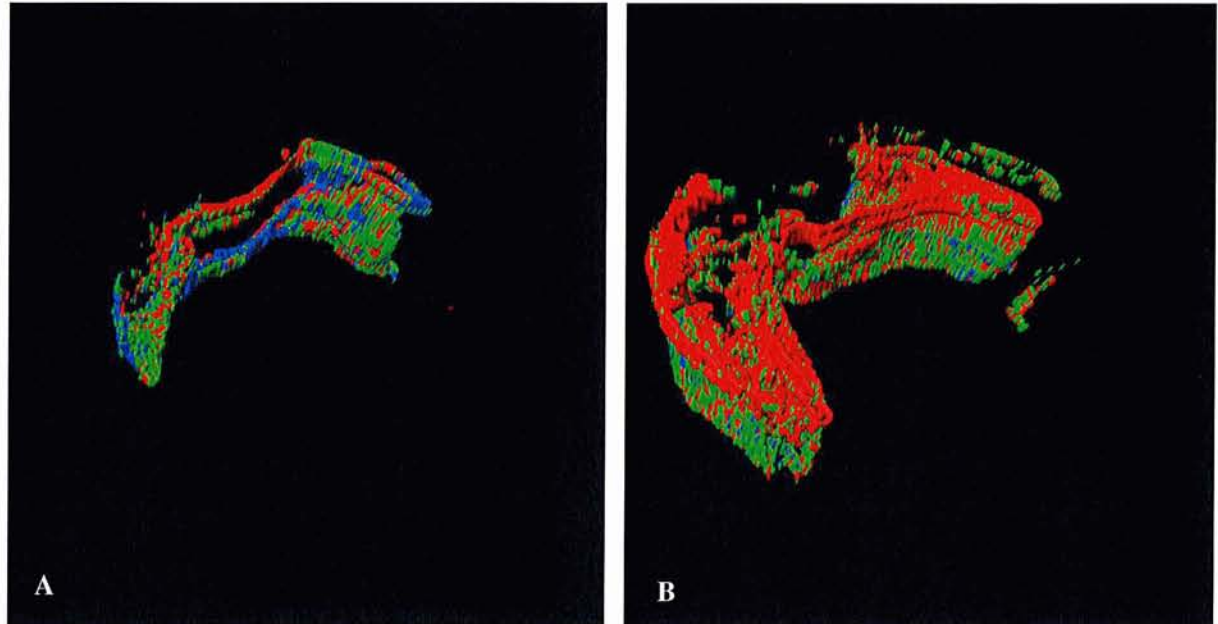


Image 26 : Reconstruction 3D de la synovite en fonction de sa vitesse de rehaussement en IRM



A : volume de synovite arthrosique faible (3cm³) avec une vitesse de rehaussement modérée (couleur bleue et verte). B : volume de synovite arthrosique important (15cm³) avec une synovite présentant un pourcentage élevé de tissu synovial dont la vitesse de rehaussement est > 1 %/S-1 (couleur rouge). Les zones à vitesse de rehaussement élevées (région rouge) sont fortement corrélées aux paramètres histologiques de congestion vasculaire.

2-5 3 Le score WORMS synovite

Comme nous l'avons vu plus haut, l'inflammation synoviale et l'épanchement dans le WORMS [76] ne sont pas distingués et sont gradés ensemble de 0 à 3. Pour des raisons didactiques nous avons artificiellement nommé différemment les deux scores mais ils n'en font qu'un.

2-6 La recherche d'un kyste poplité

Nous le rechercherons entre la zone d'insertion du demi membraneux et le tendon gastrocnémien interne. Il apparaît en hypersignal sur les séquences T2 et se situe à la face postéro-interne du creux poplité avec visualisation du pertuis le reliant à la cavité articulaire. Nous le codifierons de façon binaire en présent (= 1) ou non (= 0).

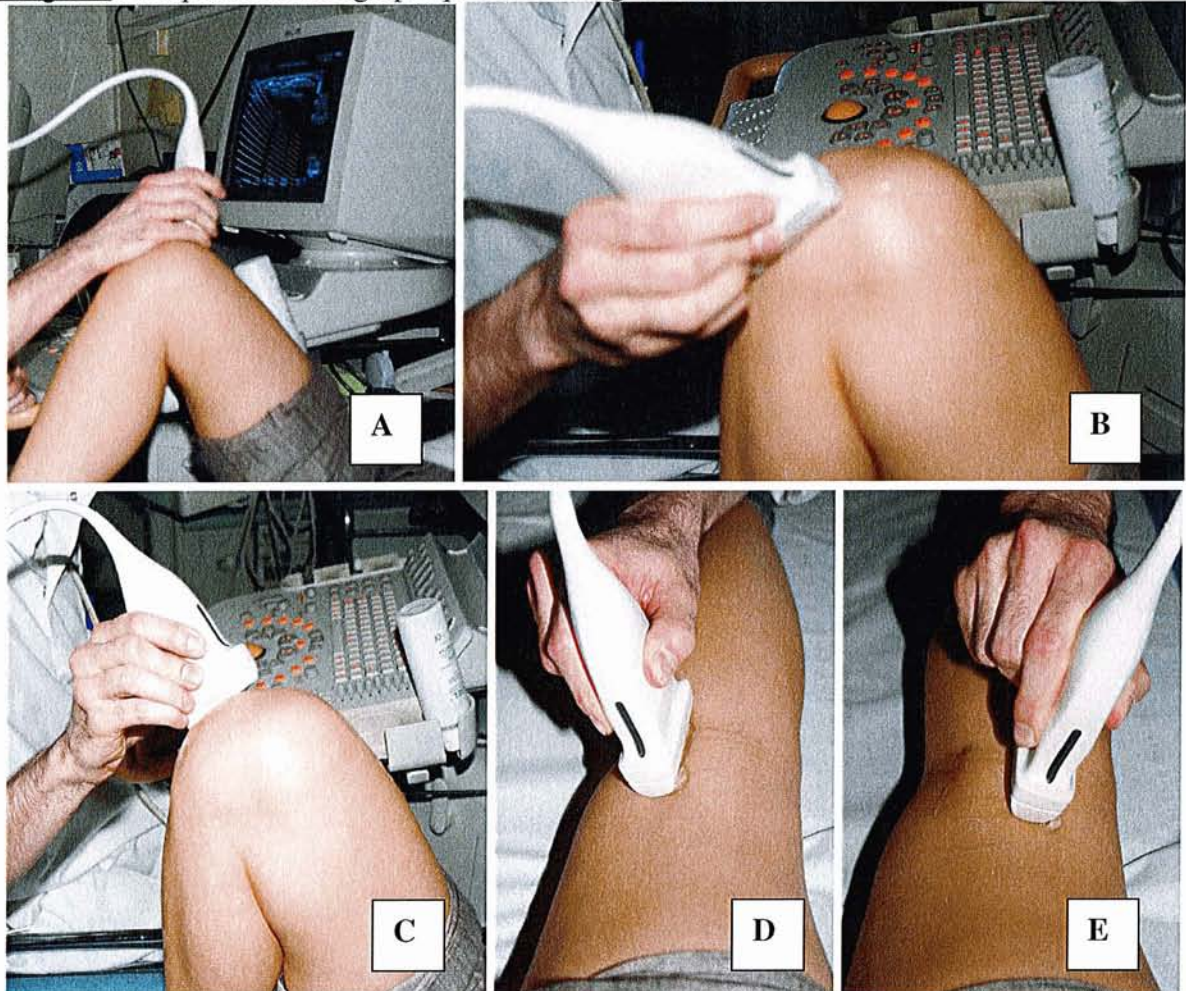
3- L'échographie

L'examen est réalisé sur un échographe Philips HD11 avec une sonde de 12,5MHz. Lors de l'examen en mode B nous utilisons un mode présélectionné avec une focale à 5, en mode Doppler puissance la focale est également à 5, les PRF (Pulse Repetition Frequency) sont à 500Hz et le gain est adapté au cas par cas jusqu'à suppression du signal de fond aux environs de 50 décibels (dB) [93]. Lors de cet examen nous étudions le cartilage, la présence d'un épanchement articulaire, la membrane synoviale et l'inflammation de la membrane synoviale en Mode B. La vascularisation synoviale est déterminée en mode DP. Chaque structure étant définie préalablement dans la littérature [24, 27, 94, 95].

3-1 Le cartilage

Le cartilage est étudié uniquement au niveau fémoral en échographie. Sur un genou en flexion de 45° nous explorons la trochlée sur une coupe axiale (facette interne, facette externe et au niveau de la gorge de la trochlée) (image27). Sur un genou en flexion maximale, les cartilages condyliens interne et externe sont étudiés dans leur partie antérieure sur une coupe sagittale passant par la partie antéro-supérieure du plateau tibial et le ménisque ipsilatéral. L'évaluation du cartilage condylien est effectuée là où le faisceau ultrasonore est perpendiculaire à la couche superficielle du cartilage. En procubitus ventral, sur un genou en extension, le cartilage condylien postérieur médial et latéral est étudié sur une coupe sagittale là où le diamètre antéro-postérieur du condyle est le plus important. Sur ces sept régions prédéfinies nous évaluons l'aspect et nous mesurons l'épaisseur maximale du cartilage.

Image 27 : Acquisition échographique du cartilage fémoral



Sur un genou droit, patient en décubitus dorsal : image A : coupe axiale de la trochlée, image B : coupe sagittale du condyle interne face antérieure, image C : coupe sagittale du condyle externe face antérieure. Sur genou gauche, patient en décubitus ventral : image D : coupe sagittale du condyle interne face postérieure et image E : coupe sagittale du condyle externe face postérieure.

3-1 1 La cotation du cartilage en grades

Dans chaque région d'intérêt, le cartilage est coté en 5 grades suivant son aspect (image 28). Nous avons défini les 5 grades de la façon suivante à partir de la définition du cartilage normal et arthrosique de Grassi et coll. [²⁴]:

- grade 0 = aspect normal du cartilage
- grade 1 = disparition de la netteté de la ligne superficielle voire sa disparition avec une épaisseur normale
- grade 2 = disparition de la ligne superficielle, augmentation de l'échogénicité ne dépassant pas 50 % de l'épaisseur du cartilage

- grade 3 = disparition de la ligne superficielle, augmentation de l'échogénicité dépassant les 50 % de l'épaisseur du cartilage et une augmentation de l'échogénicité de la plaque osseuse sous-chondrale qui est plus irrégulière
- grade 4 = mise à nu de l'os sous-chondral

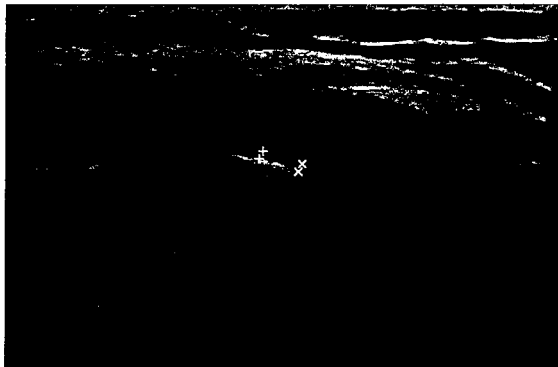
Image 28 : Les grades cartilagineux en échographie



Grade 0 : cartilage normal



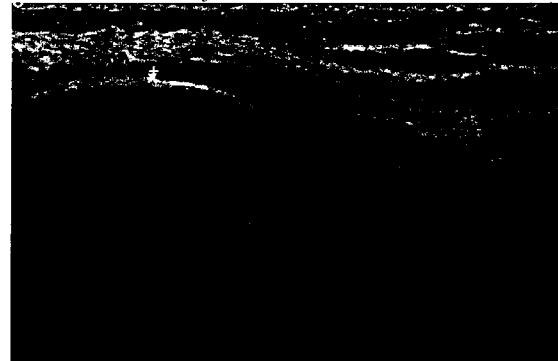
Grade 1 : disparition de la ligne superficielle



Grade 2 : disparition de la ligne superficielle, aspect anormal du cartilage avec perte de substance inférieure à 50%



Grade 3 : disparition de la ligne superficielle, avec aspect hyperéchogène de la ligne profonde et perte de substance supérieure à 50%



Grade 4 : disparition complète du cartilage

A partir de ces résultats, nous avons défini un score pour certaines régions en additionnant les résultats, ce qui nous donne respectivement :

- Score échographique total du genou de 0 à 28
- Score échographique condyle médial de 0 à 8
- Score échographique condyle latéral de 0 à 8
- Score échographique trochlée de 0 à 12

3-1 2 La mesure du cartilage

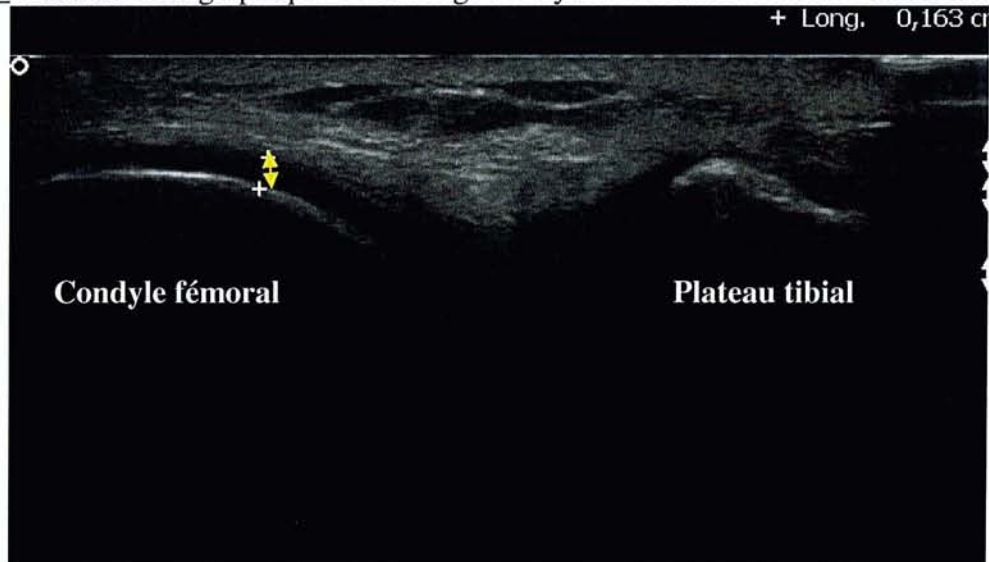
L'épaisseur maximale du cartilage est mesurée au dixième de millimètres sur les sept régions d'intérêt, au niveau de la trochlée (image 29), sur les condyles interne et externe dans leur partie antérieure (image 30) et dans leur partie postérieure (image 31). Nous avons par la suite moyenné les mesures pour le genou total, le condyle médial, le condyle latéral et la trochlée.

Image 29 : Mesure échographique du cartilage trochléaire



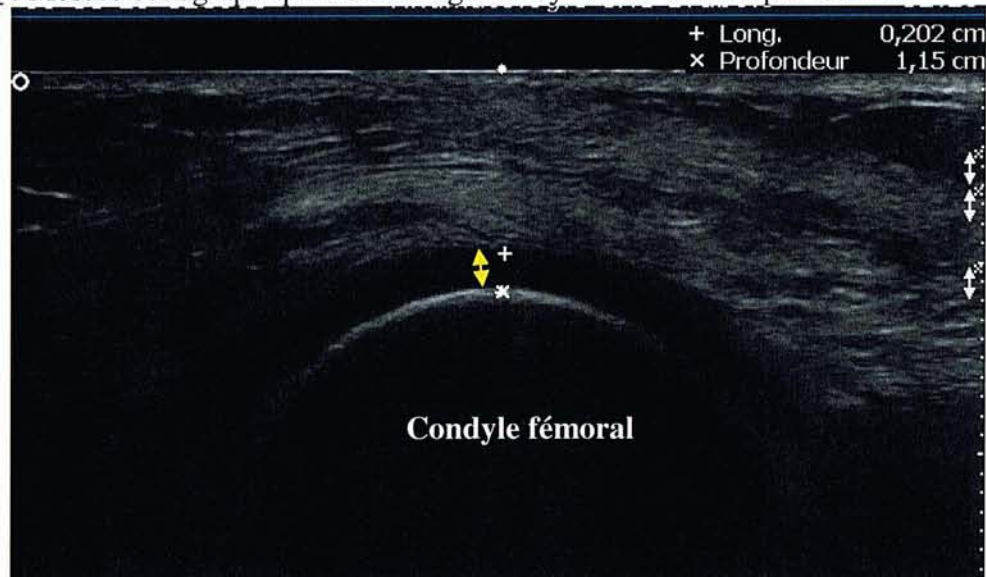
Sur genou fléchi, mesure de l'épaisseur du cartilage au niveau de la gorge de la trochlée (flèche jaune), de la facette interne (flèche bleue) et de la facette externe (flèche verte).

Image 30 : Mesure échographique du cartilage condylien interne sur sa face antérieure



Sur genou en flexion, mesure du cartilage du condyle interne (flèche jaune) sur sa face ventrale.

Image 31 : Mesure échographique du cartilage condylien sur sa face postérieure



Sur genou en extension, mesure du cartilage du condyle interne (flèche jaune) sur sa face dorsale.

3-2 L'épanchement intra-articulaire

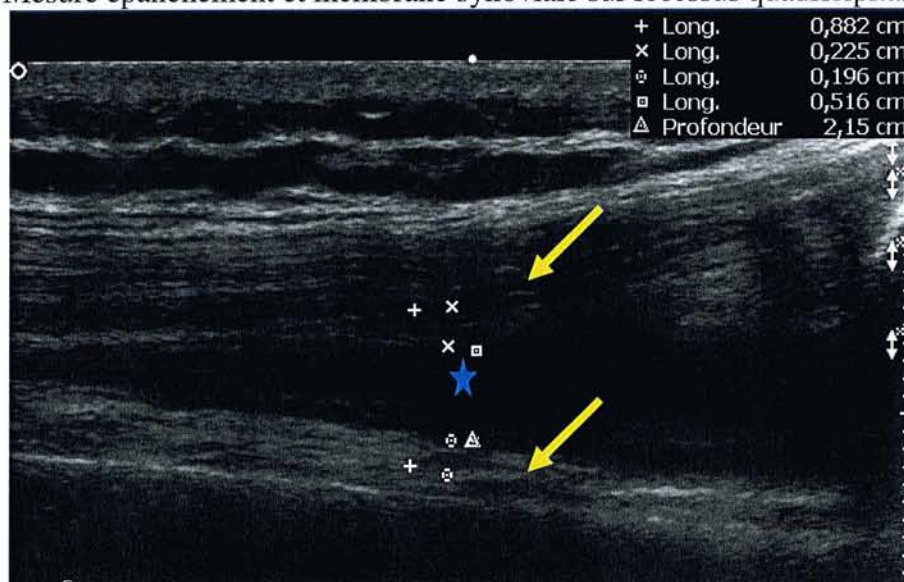
En mode B, l'épanchement se définit comme une région anéchogène, dépressible, localisée dans le récessus sous-quadricipital (image 32) et dans les rampes para-patellaires latérale et médiale, sur un genou examiné en semi flexion. La mesure en millimètres de l'épanchement est réalisée à partir d'une coupe longitudinale sur la région présentant la plus grande distension capsulaire dans les trois régions sus-citées (image 33). A partir de ces résultats nous avons défini un score épanchement suivant deux modalités.

Image 32 : Acquisition échographique de l'épanchement intra-articulaire et de la synovite



Sur genou droit, patient en décubitus dorsal, image A : coupe sagittale du récessus sous-quadricipital, image B : coupe sagittale du récessus para-patellaire latéral et image C : coupe sagittale du récessus para-patellaire médial.

Image 33 : Mesure épanchement et membrane synoviale sur récessus quadricipital



Les flèches jaunes correspondent à la membrane synoviale, l'étoile bleue correspond à l'épanchement (anéchoïque).

3-2 1 Le score épanchement semi-quantitatif

Nous avons gradé l'importance de l'épanchement en échographie avec les cut-offs de 4 et 10mm à partir des données de la littérature. L'EULAR (European League Against Rheumatism) a défini au genou, comme significatif un épanchement artériel de plus de 4mm [69] et Tarhan et coll. [54] ont retenu la valeur de 10mm comme un épanchement important. Le score semi-quantitatif d'épanchement est la somme du score épanchement dans les 3 rampes évalué de la façon suivante :

- grade 0 = pas d'épanchement
- grade 1 = épanchement < 4mm
- grade 2 = épanchement entre 4 et <10mm
- grade 3 = épanchement ≥ 10mm

Ainsi, on obtient un score d'épanchement semi-quantitatif allant de 0 à 9.

Par ailleurs, nous avons retenu pour chaque rampe la présence d'un épanchement avec le seuil de 4mm (<4mm = 0 et ≥4mm = 1). Ainsi on obtient un score allant de 0 à 3 sur l'ensemble du genou.

3-2 2 Le score épanchement quantitatif

Score quantitatif reprenant la valeur moyenne en millimètres des mesures d'épaisseur de l'épanchement sur les 3 rampes.

3-3 La synovite

En présence d'un épanchement, la synovite arthrosique se définit comme un tissu faiblement échogène, hypertrophié et non dépressible. Cette synovite ainsi définie est étudiée sur une coupe longitudinale dans la région sous-quadricipitale, para-patellaire médiale et para-patellaire latérale. Cette synovite est soit épaissie de façon diffuse, soit au contraire épaissie de façon localisée ou nodulaire. Nous mesurons son épaisseur maximale (image 33).

3-3 1 Le score semi-quantitatif en mode B

Nous avons gradé l'aspect en mode B de la synovite, dans les trois rampes de la façon suivante :

- grade 0 = absente
- grade 1 = diffuse
- grade 2 = nodulaire

Nous avons additionné ces résultats pour donner un score de synovite en mode B allant de 0 à 6.

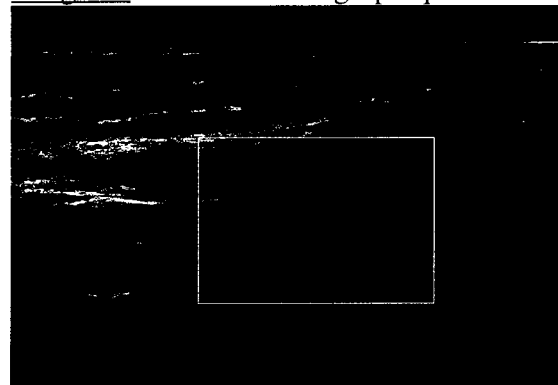
3-3 2 L'évaluation en mode Doppler Puissance

L'inflammation synoviale est évaluée en mode Doppler puissance (DP) qui étudie la microvascularisation des tissus et permet d'objectiver l'augmentation de la vascularisation à flux lent dans la synoviale. Cette activité inflammatoire peut être gradée selon le nombre de spots présents dans la fenêtre d'étude en mode Doppler puissance [⁷²] (image 34) :

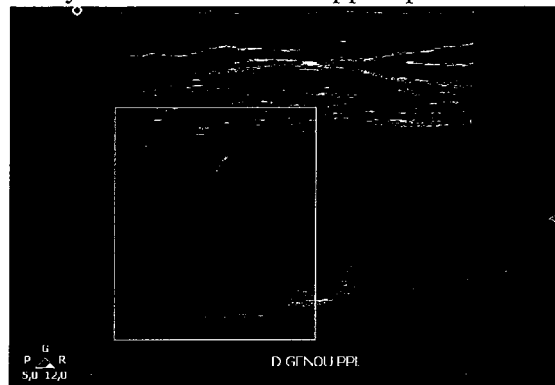
- grade 0 : pas d'activité
- grade 1 : un à deux spots
- grade 2 : > 2 spots mais moins de 50 % de la surface de synovite
- grade 3 : > 50% de la surface de la synovite

Ainsi, en additionnant les scores obtenus pour les trois rampes, on obtient un score de synovite en mode DP allant de 0 à 9.

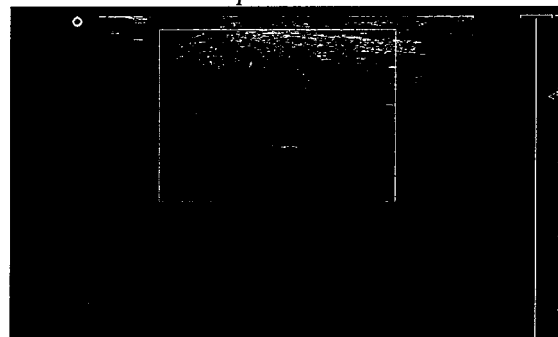
Image 34 : Cotation échographique de l'inflammation synoviale en mode doppler puissance



Grade 0 : pas d'activité



Grade 1 : 1 à 2 spots



Grade 2 : >2 spots mais moins de 50% de la surface de synovite

Pas de cas rencontré lors de l'étude

Grade 3 : > 50% de la surface de la synovite

3-3 3 L'évaluation en mode B et DP : score total de synovite échographique

Nous avons additionné le score en mode B et en mode doppler puissance répondant à la formule suivante :

$$\text{Score de synovite écho total} = [(X_{SQ} + DP_{SQ}) + (X_{PPM} + DP_{PPM}) + (X_{PPL} + DP_{PPL})]$$

Où X correspond à l'aspect en mode B de la membrane synoviale, coté de la façon suivante : 0 = absente, 1 = diffuse et 2 = nodulaire ; et DP correspond aux grades en mode doppler puissance (de 0 à 3) pour chaque rampe. Ce score varie de 0 à 15.

3-4 La recherche d'un kyste poplité

Un kyste poplité est recherché entre la zone d'insertion du demi membraneux et le tendon gastrocnémien interne, en réalisant un balayage de la fosse poplité. Il apparaît comme une structure anéchogène non compressible et différenciable d'un vaisseau sanguin par l'absence de flux important en son sein en mode DP. Nous le codifions de façon binaire en présent (= 1) ou non (= 0). Lorsqu'il est présent la membrane synoviale du kyste est examinée en échographie comme pour la synoviale articulaire en mode B (aspect hypertrophié diffus ou nodulaire) et en mode Doppler puissance à la recherche d'une activité gradée de 0 à 3.

G- L'étude statistique

Les caractéristiques démographiques et cliniques des patients ont été décrites par les médianes et les extrêmes pour les variables continues et par des fréquences absolues et relatives pour les variables qualitatives. Les scores de qualité de vie et de capacités fonctionnelles ont été calculés selon les recommandations publiées. Les différences entre groupes ont été analysées par des tests non paramétriques de Wilcoxon pour les variables quantitatives et par des tests du Chi2 ou des tests exacts de Fisher pour les variables qualitatives. Les corrélations entre données cliniques ou biologiques et données d'imagerie ou entre données d'imagerie entre elles ont été analysées par des coefficients de corrélation de Pearson lorsqu'il s'agissait de variables continues ou par des coefficients de corrélation de Spearman lorsque les variables étaient discontinues (scores semi-quantitatifs IRM ou échographiques). La sensibilité et la spécificité de l'échographie ont été calculées par rapport à la radiographie standard (arthrose selon les stades de Kellgren et Lawrence) ou l'IRM (scores de WOMS, scores IRM du cartilage et synovite). La reproductibilité a été étudiée par des coefficients de corrélation intra-classe et par les plus petites différences détectables (SDD) pour les variables quantitatives et par des coefficients kappa pour les variables qualitatives. Les valeurs de $p < 0.05$ ont été considérées comme statistiquement significatives. Les analyses ont été réalisées avec le Statistical Analysis System version 9.1 (SAS® Institute Inc., 2002).

III- Résultats

A- Description des résultats

1- La population et les données cliniques

Nous avons examiné 28 patients de septembre 2006 à février 2008 qui ont accepté le protocole. Seulement 23 ont été inclus pour l'étude CHONDROLYSE et notre évaluation échographique (deux patients avaient un stade 4 radiologique et pour trois autres les examens IRM étaient non exploitables pour l'ensemble des paramètres). Les données démographiques, les paramètres douleur et de qualité de vie, l'examen clinique, les résultats biologiques et les traitements sont transcrits dans le tableau 1.

En raison du faible effectif nous parlerons plutôt de médiane que de moyenne pour les paramètres suivants. Notre population comprend 91,3% de femmes avec un âge médian de 58 ans (30-77). L'Indice de Masse Corporelle médian est de 27,7Kg/m² (17,9-48,4). Selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) de l'obésité notre population se répartit ainsi : poids normal (IMC entre 18,5 et 24,9) n=7, en état de pré-obésité (IMC entre 25 et 29,9) n=8, patients obèses (IMC au-delà de 30) n=7 qui se divisent en trois classes : classe 1 entre 30 et 34,9 (n=3), classe 2 entre 35 et 39,9 (n=2) et classe 3 au-delà de 40 ce qui correspond à une obésité massive (n=2). A noter qu'une seule patiente avait un IMC inférieur à 18,5. Nos patients présentent une maladie d'évolution récente avec une durée médiane des symptômes de 2 ans et un diagnostic d'arthrose datant de moins d'un an (10 mois).

Du point de vue fonctionnel et de la douleur nos patients présentent des niveaux élevés à chacun des tests utilisés (tableau 1). A noter qu'en raison de données manquantes les 3 questions de l'AMiQual concernant les activités professionnelles, la vie de couple et les relations sexuelles ne seront pas développées ultérieurement.

Tableau 1 : Données cliniques, biologiques et de qualité de vie des patients

		Médiane (total n=23)	Valeurs extrêmes ou pourcentage
Démographie	Age (années)	58	30-77
	Sexe (femmes/hommes)	21/2	91,3%
	IMC (Kg/m ²)	27,7	17,9-48,4
	Durée des symptômes (années)	2	0,2-15,3
	Durée de la maladie (années)	0,8	0,1-5,83
Qualité de vie	EVA		
	douleur	47	0-95
	globale	63	5-91
	Lequesne total	13	3,5-21
	WOMAC		
	douleur	49,4	1,6-85
	Raideur	56,5	0-87
	Fonction	54,1	0-83,6
	SF-36		
	Résumé physique	31,6	17,1-54,9
	Résumé psychique	35,8	16,4-57,2
	AMIQual		
	Activités physiques	39,3	9,4-98,1
	Santé mentale	55	13,1-96,9
	Douleur	23,8	0-97,5
	Soutien social	71,3	12,5-100
	Activités sociales	63,3	6,7-100
	Activités professionnelles	40	0-100
	Vie de couple	90	10-100
	Relations sexuelles	90	30-100
Clinique	Epanchement	n=10	43,5%
	Flexion maximale	120	95-160
	Syndrome Fémoro-patellaire (%)	34,8%	-
	Kyste poplité	n=2	-
Biologie	CRP=Protéine C Réactive (mg/L)	2,95	0,2-9,7
	VS=Vitesse de Sédimentation (mm/1 ^h)	20	1-59
Traitements	Anti Inflammatoire Non Stéroïdien	n=3	13%
	Corticoïdes	n=2	8,7%
	Antalgiques	n=15	65,2%
	Palier I	n=7	30,4%
	Palier II	n=9	39,1%
	Palier III	n=2	8,7%
	Anti-Arthrosique d'Action lente	n=7	30,4%
	Aucun traitement	n=6	26,1%

Abréviations : IMC= Indice de Masse Corporelle, EVA= Echelle Visuelle Analogique, WOMAC= Western Ontario and McMaster universities, SF-36= Short Form 36, AMIQual= Arthrose des Membres Inférieurs et qualité de vie.

Cliniquement, un épanchement a été trouvé chez 10 patients soit 43,5% des cas (épanchement faible n=7, épanchement moyen n=2 et épanchement important n=1).

Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre les paramètres biologiques (VS ou CRP) et la présence d'un épanchement, le grade radiologique des patients et les différents scores échographiques ou IRM du cartilage, de l'épanchement ou de la synovite.

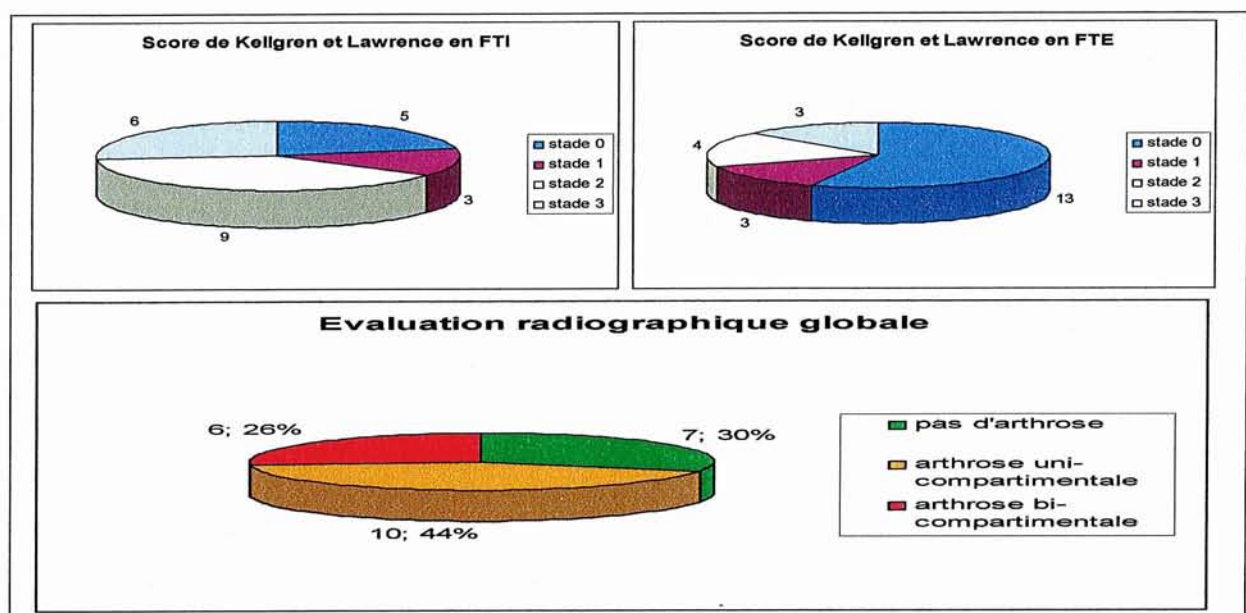
2- L'imagerie

2-1 La radiographie

2-1 1 L'étude structurale par le score de Kellgren et Lawrence

La lecture consensus des radiographies donne la répartition suivante (tableau 2): patients non arthrosiques n=7, arthrose uni-compartimentale n=10 (9 en Fémoro-Tibial Interne : FTI) et arthrose bi-compartimentale n=6.

Tableau 2 : Répartition radiographique des patients



Une patiente présente une méniscocalcinose du compartiment Fémoro-Tibial Externe (FTE).

2-1 2 La chondrométrie

La distance entre les deux berges du plateau tibial interne (IMD) est mesurée en moyenne à 1,1mm (0,15-3,88) : <1,2mm (= idéal) n=15, ≤1,6mm (= satisfaisant) n=19 et >1,6mm (= mesure non interprétable) n=4.

Sur les 19 patients présentant un IMD ≤1,6mm la mesure moyenne au compartiment interne est de 3,79mm (1,93-5,6) avec une médiane à 3,91mm et est de 5,23mm (1,08-6,93) avec une médiane à 5,49mm en externe. L'étude statistique sera réalisée sur ces 19 patients.

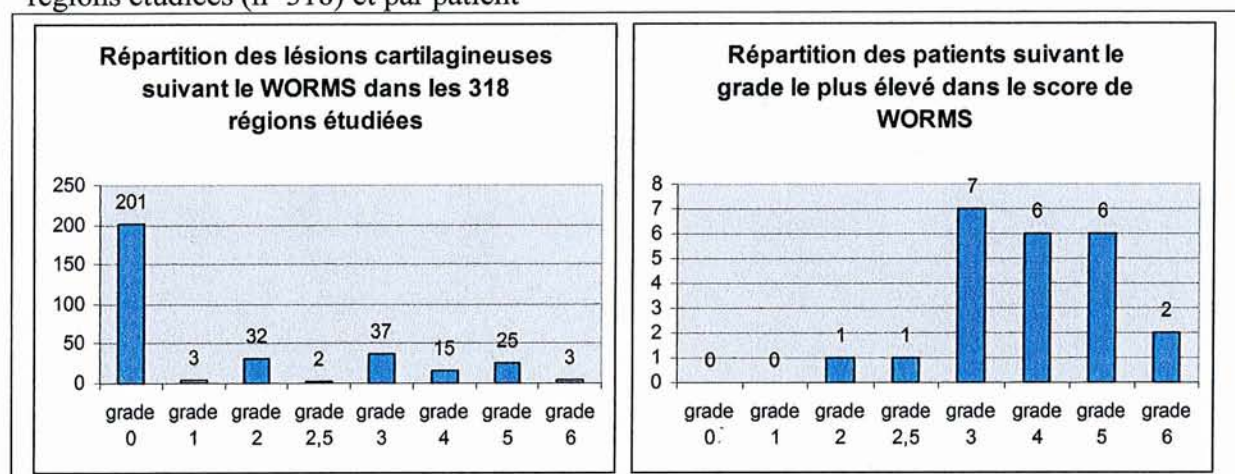
2-2 L'IRM

2-2 1 Le cartilage

2-2 1 1 Le WORMS cartilage

Suivant le score WORMS du cartilage, réalisé sur 22 patients, tous nos patients présentaient une lésion cartilagineuse sur au moins une des 4 surfaces articulaires (condyle fémoral, plateau tibial interne, plateau tibial externe, patella). Le score moyen est de 17,7 sur 84 (2-51) avec une médiane à 14,5. Dans notre population, 14 patients présentent au moins une lésion cartilagineuse sévère (avec un grade ≥ 4 = perte partielle du cartilage touchant plus de 75% de la région étudiée) sur une des 14 régions d'intérêt étudiées (tableau 3).

Tableau 3 : Distribution des lésions cartilagineuses selon le score WORMS sur l'ensemble des régions étudiées (n=318) et par patient



L'évaluation du score WORMS au fémur met en évidence une lésion du cartilage chez 20 patients avec un score moyen de 7,25 sur 36 (0-26) avec une médiane à 6.

2-2 1 2 Le score IRM cartilage

Suivant le score IRM du cartilage, réalisé sur 22 patients, tous nos patients présentaient une lésion cartilagineuse sur au moins une des surfaces articulaires. Le score moyen est de 54,9 sur 600 (2-235,3) avec une médiane à 32,8. Sur cette population, 18 patients ont au moins un grade ≥ 3 (= perte d'épaisseur du cartilage supérieure à 50%) correspondant à une lésion focale sévère.

2-2 1 3 Le volume cartilagineux

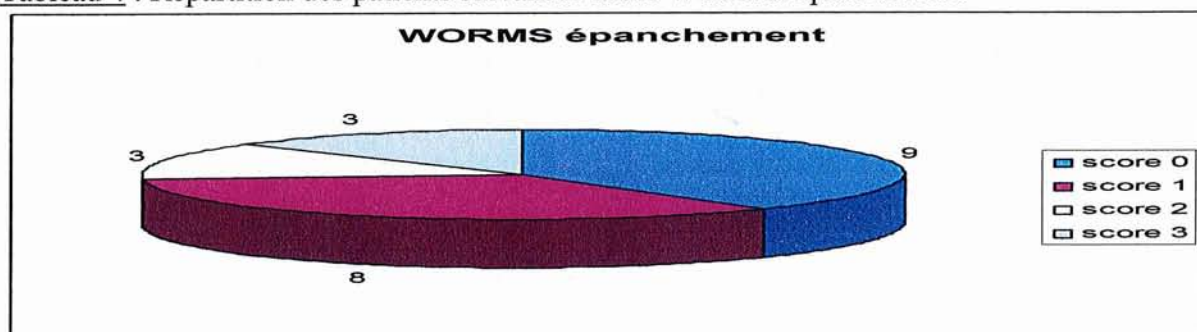
Le volume cartilagineux total moyen est de $14,1\text{cm}^3$ (7,9-23,5). La proportion des différentes régions est la suivante : cartilage fémoral : $8,99\text{cm}^3$ (5,2-15) soit 63,6% du volume total, cartilage patellaire : 2cm^3 (0,9-4) soit 15,1%, cartilage tibial interne : $1,4\text{cm}^3$ (0,8-2,1) soit 9,8%, cartilage tibial externe : $1,6\text{cm}^3$ (0,8-3,3) soit 11,5%. Ces mesures ne permettent pas de classer les patients en fonction de la gravité de la maladie.

2-2 2 L'épanchement

2-2 2 1 Le WORMS épanchement

Avec ce score, 14 patients ont un épanchement (tableau 4).

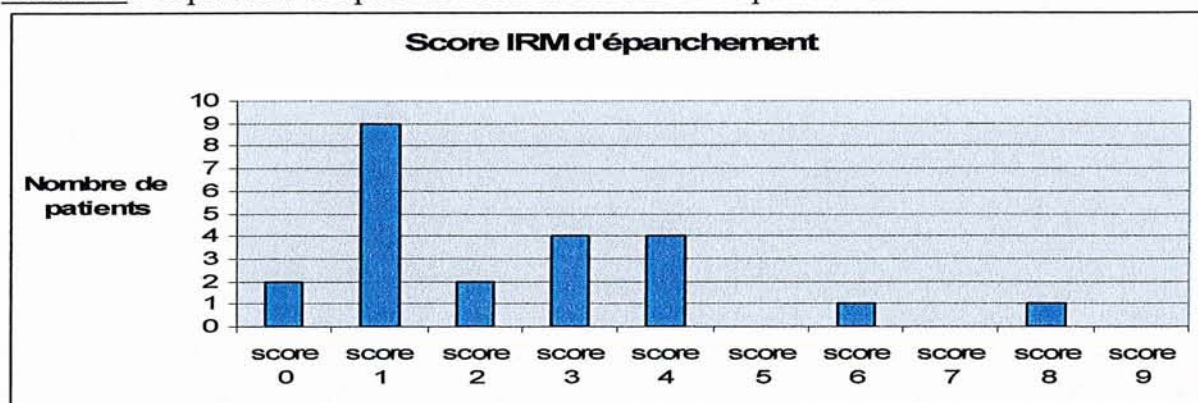
Tableau 4 : Répartition des patients suivant le score WORMS épanchement



2-2 2 2 Le score IRM d'épanchement

Avec ce score, deux patients n'ont pas d'épanchement et deux ont un épanchement considéré comme important (tableau 5). Le score total moyen est de 2,4 (0-8) sur 9.

Tableau 5 : Répartition des patients selon le score IRM d'épanchement



2-2 2 3 La mesure IRM de l'épanchement

La mesure effectuée sur les 69 rampes donne les résultats suivants :

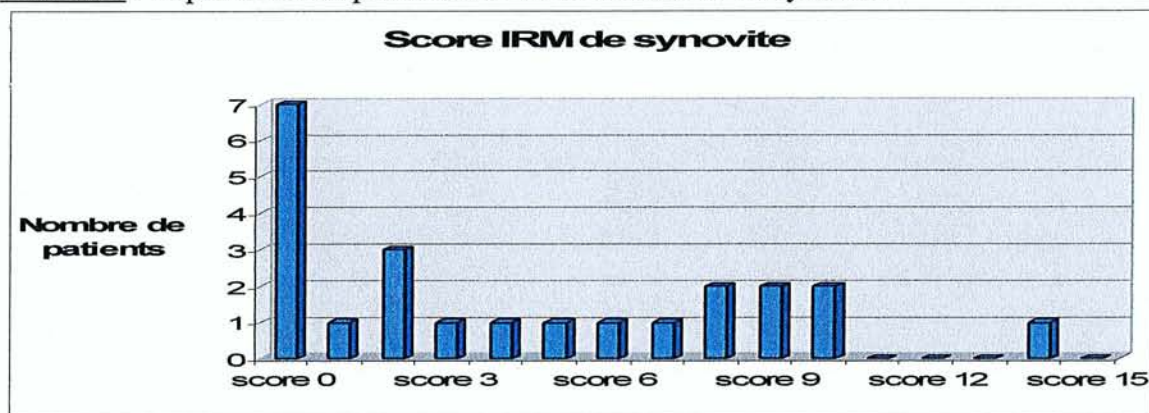
	Ensemble du genou	Rampe sous-quadriceps	Rampe para-patellaire médiale	Rampe para-patellaire latérale
Epanchement (millimètres)	2,1 (0-12,7)	0,9 (0-6,3)	2,6 (0-12,7)	2,9 (0-9,5)

2-2 3 La synovite

2-2 3 1 Le score semi-quantitatif de synovite

Sur cette population, on obtient un score moyen de 4,4 sur 15 (0-14) avec une médiane à 3. Avec ce score trois patients ont une synovite considérée comme sévère (>9).

Tableau 6 : Répartition des patients suivant le score IRM de synovite



3-2 3 2 Le volume de synovite

Le volume de synovite total (VST) moyen est calculé à $10,3\text{cm}^3$ (0,01-80,5). Le volume de synovite à rehaussement faible (VSL) représente 69,5% (61,4-100%) du volume total, le volume de synovite à rehaussement modéré (VSM) représente 30% (0-38,2%) du volume total et le volume synovite à rehaussement important (VSH) représente 0,5% (0-2,7%) du volume total.

3-2 3 3 Le score de WORMS synovite

L'épanchement et la synovite ne sont pas distingués dans le score de WORMS, ainsi 14 patients ont une synovite (score 1 n=8, score 2 n=3 et un score 3 n=3).

2-3 L'échographie

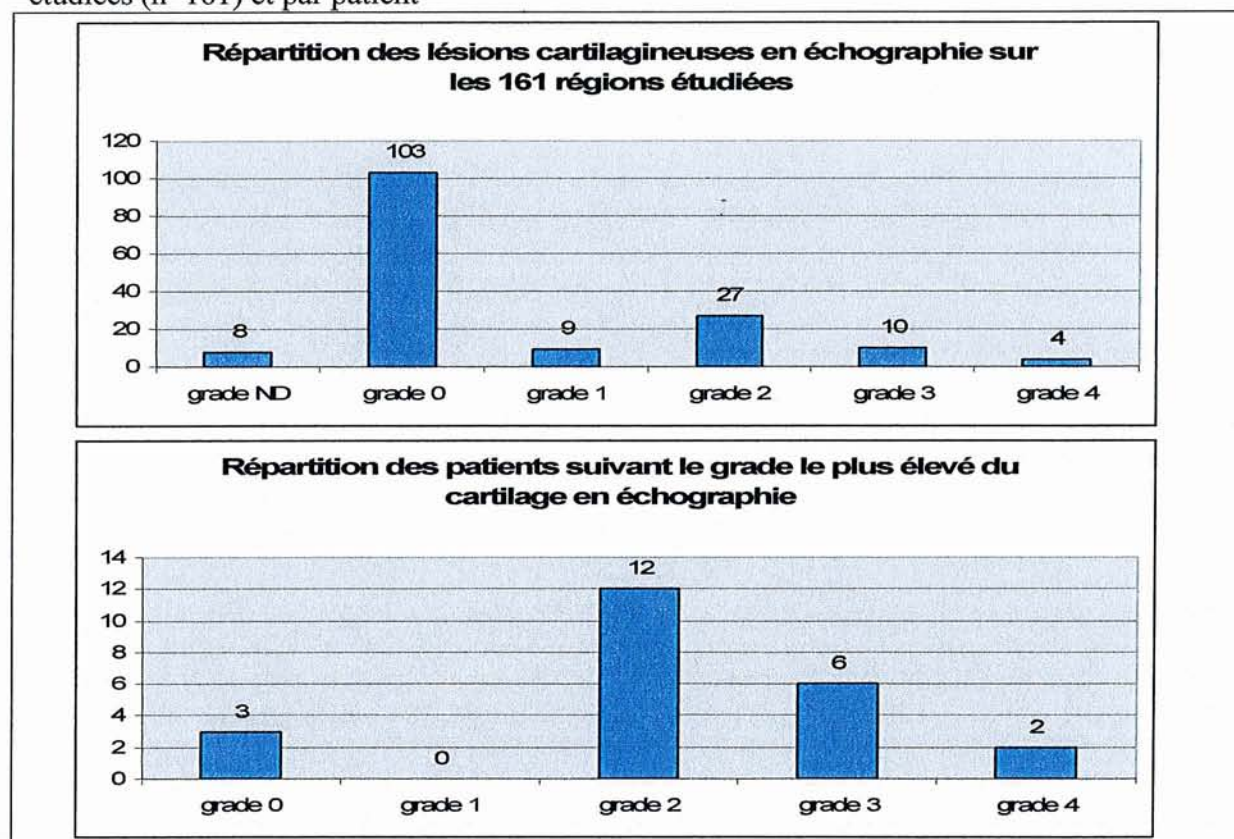
2-3 1 L'évaluation échographique du cartilage

En échographie nous avons évalué le cartilage sur 153 des 161 régions prédéfinies. Les 8 régions manquantes correspondent pour 6 d'entre elles aux faces postérieures des condyles qui n'ont pas été étudiée chez les 3 premiers patients de l'étude et pour un patient 2 régions étaient inaccessibles en raison d'une hypo-échogénicité importante (facette latérale de la trochlée et face postérieure du condyle latéral). L'aspect, le score et l'épaisseur du cartilage dans les 7 régions explorées en échographie sont résumés dans les tableaux 7 et 8.

Tableau 7 : Evaluation du cartilage en échographie sur les 23 patients

	Le genou (les 7 régions)	Condyle médial	Condyle latéral	Trochlée
Arthrose sur la zone explorée (n=23)	n=20	n=9	n=12	n=16
Score moyen échographique (en grades) / sur score maximal	4,7 (0-13) / sur 28	1 (0-4) / sur 8	1,5 (0-4) / sur 8	2,2 (0-7) / sur 12
Epaisseur moyenne du cartilage (mm)	2,3 (1,6-3,5)	2,2 (1,1-5,1)	1,5 (0-2,8)	2,8 (1,7-4,1)

Tableau 8 : Grades des lésions cartilagineuses en échographie sur l'ensemble des régions étudiées (n=161) et par patient



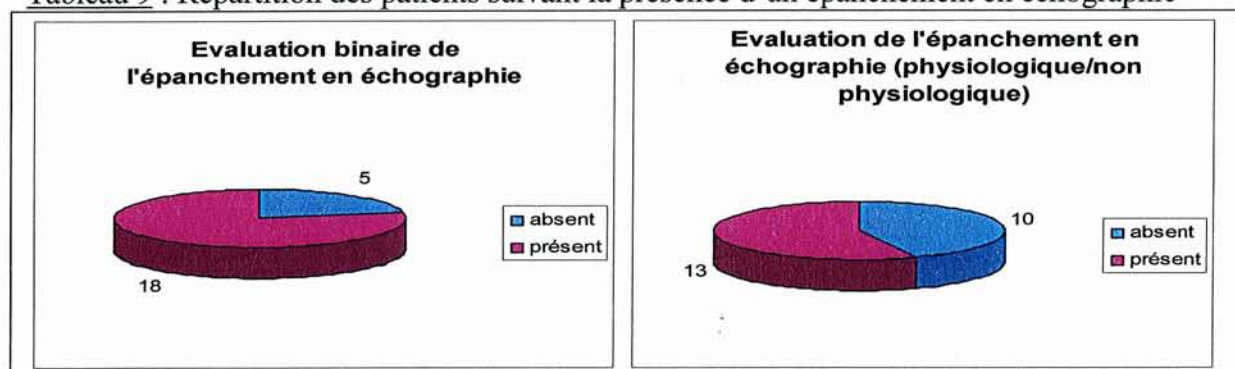
En échographie, 8 patients présentent au moins une lésion cartilagineuse sévère (avec un grade ≥ 3 = disparition de la ligne superficielle, augmentation de l'échogénicité dépassant les 50 % de l'épaisseur du cartilage et une hyper-échogénicité de la plaque osseuse sous-chondrale qui est plus irrégulière) sur une des 7 régions d'intérêt étudiées (tableau 8).

2-3 2 L'évaluation échographique de l'épanchement

En échographie, sur les 69 rampes étudiées, 43 rampes (62,3%) avaient un épanchement et seulement 24 rampes (34,8%) si on considère un épanchement supérieur à 4mm. Le score échographique moyen d'épanchement (somme des grades) est de 3 (0-8) avec une médiane à 4 sur un score total de 9.

En considérant qu'un genou sans épanchement est un genou où aucun grade >1 ($<4\text{mm}$) n'est observé dans les trois rampes, seulement 13 patients (56,5%) sont considérés comme ayant un épanchement significatif (tableau 9).

Tableau 9 : Répartition des patients suivant la présence d'un épanchement en échographie



La mesure moyenne de l'épanchement en échographie est de 3,1mm (0-17,9) sur l'ensemble des rampes étudiées (tableau 10). Pas de différence significative retrouvée entre les mesures des différentes rampes.

Tableau 10 : Mesures échographiques de l'épanchement et de la synovite en échographie

Mesures en millimètres	Ensemble du genou	Rampe sous-quadriceps	Rampe para-patellaire médiale	Rampe para-patellaire latérale
Epanchement (étude binaire)	3,1 (0-17,9)	2,5 (0-9)	2,9 (0-12,6)	3,9 (0-17,9)
Epanchement ($\geq 4\text{mm}$)	6,8 (4-17,9)	6,3 (5-9)	6 (4-12,6)	8,1 (4,2-17,9)
Synovite (étude binaire)	2,1 (0-6,8)	1,7 (0-6,5)	2 (0-7,6)	2,6 (0-6,8)
Synovite ($\geq 4\text{mm}$)	5,9 (4-7,6)	6,1 (5,7-6,5)	6 (4,4-7,6)	5,5 (4-6,8)

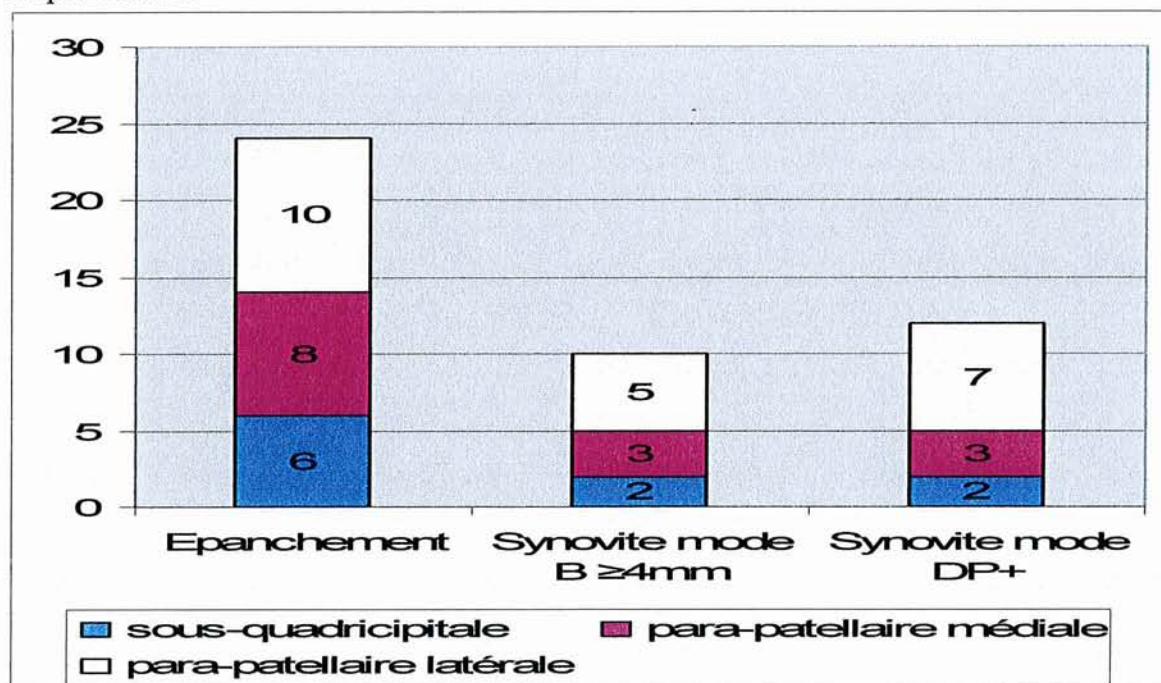
2-3 3 L'évaluation échographique de la synovite

En mode B, nous avons mis en évidence une synovite sur 46 des 69 rampes étudiées (66,6%) appartenant à 21 patients avec une épaisseur moyenne de 2,1mm (0-6,8). Avec un seuil à 4mm, nous observons une synovite sur 10 des 69 rampes étudiées (14,5%) appartenant à 9 patients (39,1%). La répartition par rampe de cette synovite est la suivante : en sous-quadricipital n=2, en para-patellaire médial n=3 et en para-patellaire latéral n=5. En mode B, le score moyen échographique de synovite est de 3 (0-6) avec une médiane de 3 (tableau 11).

Nous avons mis en évidence la présence d'un signal Doppler puissance sur 12 des 69 rampes étudiées (17,4% des cas). En mode DP, 8 patients (34,8%) ont au moins un signal positif sur une rampe (sur une seule rampe n=5, sur 2 rampes n=2 et sur les 3 rampes n=1). Le score moyen échographique du signal DP sur l'ensemble du genou est de 0,7 (0-6) avec une médiane à 0. La répartition du signal en fonction de la localisation figure dans le tableau 11.

Sur notre population, 14 patients (60,9%) ont soit une synovite en mode B ≥ 4 mm et/ou un signal DP (mode B seul n=6, mode DP seul n=5 et les deux n=3). Le score moyen de synovite en mode B et DP est de 3,7 (0-12) avec une médiane à 4 (tableau 11).

Tableau 11 : Répartition de l'épanchement et de la synovite en échographie en fonction des rampes étudiées



B- Etude comparative des techniques d'imagerie **confrontées au retentissement sur la douleur et la qualité** **de vie et sur l'évaluation du cartilage, de l'épanchement et** **de la synovite**

1- La douleur et la qualité de vie

1-1 L'examen clinique versus la douleur et la qualité de vie

Pas de corrélation entre les paramètres douleur ou de qualité de vie et la présence d'un épanchement ou d'un syndrome fémoro-patellaire clinique. Analyse non effectuée pour la présence d'un kyste poplité car l'effectif était trop faible (n=2).

1-2 L'échographie versus la douleur et la qualité de vie

1-2 1 L'évaluation structurale échographique du cartilage fémoral

Les résultats sont présentés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Corrélation des paramètres cliniques avec les données échographiques du cartilage (*= p<0,05)

		Score échographique du cartilage en grades	Mesures échographiques du cartilage
EVA	douleur	0,20	-0,12
	globale	0,28	0,04
Lequesne total		0,31	-0,08
WOMAC	douleur	0,39	-0,14
	raideur	0,44*	-0,24
	fonction	0,34	-0,13
SF-36	Résumé physique	-0,29	0,06
	Résumé psychique	-0,56*	0,20
AMIQual	Activités physiques	-0,37	0,08
	Santé mentale	-0,51*	-0,13
	Douleur	-0,49*	0,04
	Soutien social	-0,04	-0,08
	Activités sociales	-0,22	0,17

Aucune corrélation n'est trouvée avec les mesures du cartilage. L'évaluation échographique du cartilage en grades est corrélée seulement avec la composante raideur du WOMAC, le résumé psychique du SF-36 et les domaines santé mentale et douleur de l'AMIQual (tableau 12).

1-2 2 L'évaluation échographique de l'épanchement

Pas de corrélation entre les paramètres de la douleur et de la qualité de vie et l'évaluation échographique de l'épanchement en grades ou en mesures.

1-2 3 L'évaluation échographique de la synovite

Il n'existe pas de corrélation entre les paramètres de la douleur et de la qualité de vie et l'évaluation échographique de la synovite quelle qu'en soit la modalité.

1-3 La radiographie versus la douleur et la qualité de vie

En fonction du grade de Kellgren et Lawrence (KL) au compartiment FTI et FTE nous ne trouvons pas de corrélation avec l'EVA (douleur ou globale), le score de Lequesne et le WOMAC. Par contre une corrélation inverse est trouvée entre le score de KL au compartiment FTI et le score résumé psychique du SF-36 ($r=-0,47$; IC95%=-0,75- -0,07 ; $p=0,0205$) et les activités sociales de l'AMIQual ($r=-0,48$; IC95%=-0,75- -0,06 ; $p=0,0222$).

Les mesures de chondrométrie réalisées sur le compartiment fémoro-tibial interne et externe ne sont pas corrélées aux scores de qualité de vie et de la douleur.

1-4 L'IRM versus la douleur et la qualité de vie

1-4 1 L'évaluation IRM du cartilage

Pas de corrélation significative entre le score WORMS du cartilage total ou fémur et les différents paramètres que sont l'EVA (douleur ou globale), le score de Lequesne, le WOMAC, le SF-36 et l'AMIQual (tableau 13).

Tableau 13 : Corrélation entre les différentes évaluations IRM du cartilage et les paramètres cliniques (* = $p < 0,005$)

		WORMS cartilage total	Score IRM du cartilage total	Volume cartilagineux total
EVA	douleur	0,15	0,11	-0,31
	globale	0,06	-0,02	-0,15
Lequesne total		0,08	0,05	-0,16
WOMAC	douleur	0,02	-0,04	-0,16
	raideur	0,38	0,28	-0,37
	fonction	0,15	0,08	-0,33
SF-36	Résumé physique	-0,17	-0,12	0,27
	Résumé psychique	-0,32	-0,29	-0,02
AMIQual	Activités physiques	-0,24	-0,18	0,27
	Santé mentale	-0,30	-0,29	-0,19
	Douleur	-0,16	-0,12	0,03
	Soutien social	0,13	0,11	-0,12
	Activités sociales	-0,12	-0,14	0,06

Au compartiment FTI, on note une corrélation inverse du score compartiment interne du WORMS avec le résumé psychique du SF-36 à $r = -0,50$ (IC95% -0,76- -0,11 ; $p = 0,0134$) et une tendance avec l'EVA-globale ($r = 0,36$; IC95% -0,06- 0,67 ; $p = 0,0852$) et avec le Lequesne ($r = 0,36$; IC95% -0,06- 0,67 ; $p = 0,0837$) mais pas avec l'EVA-douleur ou le WOMAC. Pas de corrélation pour le compartiment FTE et fémoro-patellaire pour l'ensemble des paramètres cliniques.

Des résultats similaires sont trouvés avec le score IRM du cartilage.

Le volume cartilagineux total, évalué en IRM, n'est pas corrélé de façon significative avec les paramètres de qualité de vie. A noter une tendance inverse entre l'EVA-douleur et le volume cartilagineux total ($r = -0,31$ IC95% -0,64-0,116, $p = 0,1419$). De même aucune corrélation n'est trouvée avec les volumes cartilagineux : fémoral, patellaire et tibial externe. Pour le volume tibial interne, une corrélation inverse est observée pour l'EVA-douleur ($r = -0,54$; IC95% = -0,78- -0,17 ; $p = 0,0055$), l'EVA-globale ($r = -0,47$; IC95% = -0,74- -0,07 ; $p = 0,0197$) et le score fonctionnel du WOMAC ($r = -0,48$; IC95% = -0,74- -0,09 ; $p = 0,0159$).

1-4 2 L'évaluation IRM de l'épanchement

Le score WORMS épanchement et le score IRM d'épanchement ne sont pas corrélés aux divers scores de qualité de vie.

1-4 3 L'évaluation IRM de la synovite

Le score semi-quantitatif IRM d'évaluation de la synovite, le score WOMS synovite, le volume de synovite total et les volumes de synovite en fonction du taux de rehaussement ne sont pas corrélés à la douleur et aux paramètres de qualité de vie.

1-5 Synthèse sur les paramètres douleur et de qualité de vie

Dans cette population au niveau structural, il n'est pas trouvé de franche corrélation entre les différentes techniques d'imagerie (radiographique, IRM ou échographique) et les paramètres classiques de la douleur et de la qualité de vie. Les seules corrélations trouvées sont celles du volume tibial interne et l'EVA (douleur et globale) sans que soit trouvé de corrélation avec le compartiment fémoro-tibial interne en radiographie ou en score semi-quantitatifs du cartilage. En échographie, il existe une corrélation entre l'évaluation en grades du cartilage et certains paramètres de l'évaluation clinique (composante raideur du WOMAC, le résumé psychique du SF-36 et les domaines douleur et santé mentale de l'AMIQual) mais pas avec la douleur et la fonction (EVA-douleur ou globale et le score de Lequesne). Absence de corrélation pour les mesures d'épaisseur échographique du cartilage avec les paramètres douleur et de qualité de vie.

Pour l'épanchement et la synovite, il n'est pas trouvé de corrélation entre les paramètres de la douleur et de la qualité de vie et l'évaluation clinique, échographique ou IRM.

2- Le cartilage

2-1 L'examen clinique versus les différentes techniques d'imagerie

Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre la présence d'un syndrome fémoro-patellaire clinique et l'évaluation échographie du cartilage ou le score WOMS cartilage.

2-2 Les données échographiques versus la radiographie

2-2 1 Pour le compartiment fémoro-tibial interne

Il existe une tendance entre le score de Kellgren et Lawrence au compartiment FTI et l'évaluation échographique en grades sur l'ensemble du genou ($r=0,31$; IC95% -0,12-0,64 ; $p=0,1466$) mais pas avec l'étude des condyles. Il n'existe pas de corrélation entre les données chondrométriques du compartiment FTI et les mesures du cartilage en échographie.

2-2 2 Pour le compartiment fémoro-tibial externe

Il existe une corrélation entre le score de Kellgren et Lawrence au compartiment FTE et l'évaluation échographique en grades globale ($r=0,53$; IC95% 0,14-0,77 ; $p=0,0072$) et l'évaluation échographique au condyle externe ($r=0,55$; IC95% 0,19-0,78 ; $p=0,0042$). Il existe une corrélation entre les données chondrométriques du compartiment FTE et les mesures du cartilage de l'ensemble du genou en échographie, $r=0,54$ (IC95% 0,10-0,80 ; $p=0,0157$) et une tendance pour les mesures au condyle externe $r=0,40$ (IC95% -0,08-0,73 ; $p=0,0878$).

2-3 Les données échographiques versus l'IRM

2-3 1 La mesure de l'épaisseur du cartilage trochléaire en IRM

La concordance des mesures d'épaisseur du cartilage en échographie par rapport aux données IRM d'épaisseur du cartilage trochléaire n'est observée que sur la facette latérale de la trochlée ($r=0,36$; IC95% -0,03-0,67 ; $p=0,0358$).

2-3 2 Avec le score WORMS du cartilage

Présence d'une corrélation entre le score WORMS cartilage total et l'évaluation échographique totale en grades du cartilage ($r=0,43$; $p=0,042$). Une tendance est notée entre le score WORMS fémur et les grades échographiques ($r=0,36$; $p=0,095$). Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre le score de WORMS du cartilage et les mesures échographiques d'épaisseur du cartilage (tableau 14).

Tableau 14 : Corrélations entre les différentes approches du cartilage (*= $p<0,05$)

	Score échographique en grades total	Score échographique en grades au condyle médial	Score échographique en grades au condyle latéral	Score échographique en grades à la trochlée	Score échographique en mesures du cartilage total
WORMS total	0,43*	0,35	0,22	0,32	-0,04
WORMS FTI	0,15	0,37	-0,41	0,04	0,15
WORMS FTE	0,47*	0,17	0,47*	0,42*	0,01
WORMS FP	0,14	0,22	0,14	-0,02	-0,33
WORMS fémur	0,36	0,18	0,12	0,38	-0,10
WORMS plateau tibial médial	-0,01	0,25	-0,13	-0,14	0,18
WORMS plateau tibial latéral	0,62*	0,05	0,57*	0,62*	-0,05
WORMS patella	0,05	0,24	0,15	-0,14	-0,24
Score IRM total	0,33	0,10	0,26	0,27	-0,03
Score IRM FTI	0,14	0,33	-0,06	0,21	0,29
Score IRM FTE	0,49*	0,21	0,42*	0,47*	-0,02
Score IRM FP	0,15	0,10	0,28	-0,05	-0,25
Score IRM fémur	0,42*	0,16	0,12	0,48*	-0,01
Score IRM plateau tibial médial	-0,01	0,25	-0,13	-0,13	0,29
Score IRM plateau tibial latéral	0,50*	-0,11	0,44*	0,54*	-0,03
Score IRM patella	0,10	0,23	0,24	-0,20	-0,27
Volume total	0,01	-0,41*	0,17	0,17	0,47*
Volume fémur	0,10	-0,41*	0,22	0,20	0,51*
Volume plateau tibial médial	0,09	-0,40	0,30	0,28	0,21
Volume plateau tibial latéral	-0,06	-0,35	0,11	0,08	0,20
Volume patella	0,10	-0,34	0,25	0,16	0,47*
KL FTI	0,30	0,22	0,03	0,27	0,12
KL FTE	0,53*	-0,11	0,56*	0,51*	0,02
FTI JSW	0,04	-0,02	0,47*	-0,12	-0,14
FTE JSW	-0,20	0,03	-0,40	-0,11	0,54*

Abréviations : FTI = Fémoro-Tibial Interne, FTE = Fémoro-Tibial Externe et JSW = Joint Space Width.

Il existe une corrélation entre l'évaluation échographique en grades du condyle externe et le score de WORMS au compartiment FTE avec $r=0,47$ (IC95% 0,07-0,74 ; $p=0,02$). Par contre nous trouvons qu'une tendance entre l'évaluation échographique au condyle interne et le score de WORMS au compartiment FTI avec $r=0,37$ (IC95% -0,05-0,68 ; $p=0,075$) et pas de corrélation entre les grades échographiques de la trochlée et le score de WORMS fémoro-patellaire.

2-3 3 Avec le score IRM du cartilage

Nous trouvons une corrélation entre l'évaluation échographique en grades du cartilage et le score IRM du cartilage sur le fémur seul ($r=0,42$; $p=0,047$) et de façon non significative avec le genou total ($r=0,33$; $p=0,121$). Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre le score IRM du cartilage et les mesures d'épaisseur en échographie.

Il existe une corrélation entre l'évaluation échographique en grades du condyle externe et le score IRM du cartilage au compartiment FTE ($r=0,42$; $p=0,041$) mais pas sur les compartiments FTI et fémoro-patellaire.

2-3 4 Avec les volumes cartilagineux

Il existe une corrélation entre les mesures échographiques du cartilage et le volume déterminé en IRM tant sur le genou total ($r=0,47$; $p=0,019$) que sur le fémur seul ($r=0,51$; $p=0,011$). A noter une corrélation entre ces mesures et le volume patellaire ($r=0,47$; $p=0,02$).

Les grades des lésions cartilagineuses du genou, du condyle externe et de la trochlée en échographie ne sont pas corrélés aux différents volumes cartilagineux. Par contre l'évaluation au condyle interne est inversement corrélée au volume cartilagineux total du genou ($r=-0,41$; IC95% $-0,71$ - $-0,003$; $p=0,044$) et du fémur ($r=-0,41$; IC95% $-0,70$ - $-0,003$; $p=0,046$) avec une tendance pour le volume cartilagineux du plateau tibial interne ($r=-0,40$; $p=0,054$).

2-4 Les données radiographiques versus l'IRM

Les résultats sont résumés dans le tableau 15. Au compartiment fémoro-tibial interne, le score de Kellgren et Lawrence n'est corrélé de façon significative qu'avec le score de WORMS au fémur seul ($r=0,43$; IC95% $0,01$ - $0,72$; $p=0,0424$). En chondrométrie nous ne mettons pas en évidence de corrélation avec les scores semi-quantitatifs IRM du cartilage (WORMS ou score IRM du cartilage) ni même avec les volumes cartilagineux. A noter une corrélation non significative entre le volume cartilagineux du plateau tibial interne et la chondrométrie au compartiment FTI ($r=0,32$; $p=0,1689$).

Au compartiment fémoro-tibial externe, le score de Kellgren et Lawrence n'est pas corrélé avec le score de WORMS ou IRM du cartilage total ou fémoral. Par contre il existe une corrélation avec le score de WORMS au compartiment FTE ($r=0,68$; IC95% $0,38$ - $0,86$; $p=0,0001$). Pas de corrélation entre le score de KL au compartiment externe avec les différents volumes cartilagineux. En chondrométrie il existe une très bonne corrélation inverse avec le score WORMS cartilage du plateau tibial latéral ($r=-0,78$; IC95% $-0,91$ - $-0,50$; $p<0,0001$) et une corrélation inverse non significative avec le WORMS total ($r=-0,45$;

IC95% -0,76- 0,02 ; $p=0,0524$) et le WORMS fémur ($r=-0,44$; IC95% -0,75- 0,03 ; $p=0,057$). Nous ne trouvons pas de corrélation entre les données de chondrométrie et les volumes cartilagineux.

Tableau 15 : Corrélation entre les données IRM et radiographiques pour l'évaluation structurale et chondrométrie (*= $p<0,05$)

	WORMS total	KL FTI	KL FTE	FTI JSW	FTE JSW
WORMS total	1	0,37	0,33	0,46	-0,45
WORMS FTI	-	0,28	-	-0,15	-
WORMS FTE	-	-	0,68*	-	-0,77*
WORMS fémur	-	0,43*	0,25	-0,06	-0,44
WORMS plateau tibial médial	-	0,21	-0,16	-0,16	0,21
WORMS plateau tibial latéral	-	0,08	0,75*	0,35	-0,78*
Score IRM total	0,93*	0,39	0,30	0,05	-0,46*
Score IRM FTI	-	0,34	-	-0,23	-
Score IRM FTE	-	-	0,68*	-	-0,80*
Score IRM fémur	-	0,51*	0,37	-0,01	-0,44
Volume total	-0,17	0,22	0,18	0,13	0,18
Volume fémur	-0,20	0,22	0,20	0,12	0,23
Volume plateau tibial médial	-0,11	-0,02	0,19	0,32	-0,11
Volume plateau tibial latéral	-0,11	0,16	0,02	0,17	0,08
Volume patella	-0,11	0,24	0,23	0,02	0,13

Abréviations : FTI = Fémoro-Tibial Interne, FTE = Fémoro-Tibial Externe et JSW = Joint Space Width.

2-5 Confrontation des différentes méthodes IRM d'évaluation du cartilage

Le score IRM total du cartilage est fortement corrélé au score de WORMS total cartilage à 0,93 (IC95% 0,84-0,97 ; $p<0,0001$) de même que pour chaque région articulaire.

Il n'existe pas de corrélation entre le score WORMS cartilage total et les différents volumes cartilagineux comme pour le score IRM du cartilage total.

2-6 Place de l'échographie par rapport à la radiographie et l'IRM

2-6 1 Pour une évaluation globale

Dans la pratique clinique, la radiographie reste l'examen de référence pour classer les patients en arthrosiques ou non mais de nombreux travaux ont montré que l'IRM est beaucoup plus sensible. Nos travaux confirment ces résultats. En effet, pour les compartiments fémoro-tibiaux, 16 patients présentent une arthrose radiologique contre 20 en

IRM (6 patients présentent une arthrose infra-radiologique). A noter que 2 patients avec arthrose radiologique n'ont pas d'arthrose IRM. En échographie, chez 17 patients nous avons mis en évidence des lésions chondrales condyliennes. Sur ces 17 patients 5 présentaient des lésions chondrales dont les radiographies étaient normales (correspondant à 5 des 6 patients récupérés par l'IRM). A noter que 4 patients classés avec une arthrose radiologique et IRM n'ont pas de lésions chondrales en échographie.

Sur les 22 patients qui ont eu une évaluation complète du score de WORMS cartilage, la sensibilité du score échographique en grades par rapport au WORMS cartilage total est de 86,3%. En l'absence de score de WORMS cartilage total à zéro nous n'avons pas pu déterminer de spécificité. Si nous comparons les données échographiques au WORMS cartilage fémur seul, nous trouvons une sensibilité de 90% et une spécificité de 50%.

Tableau 16 : Répartition des lésions cartilagineuses suivant la technique d'évaluation

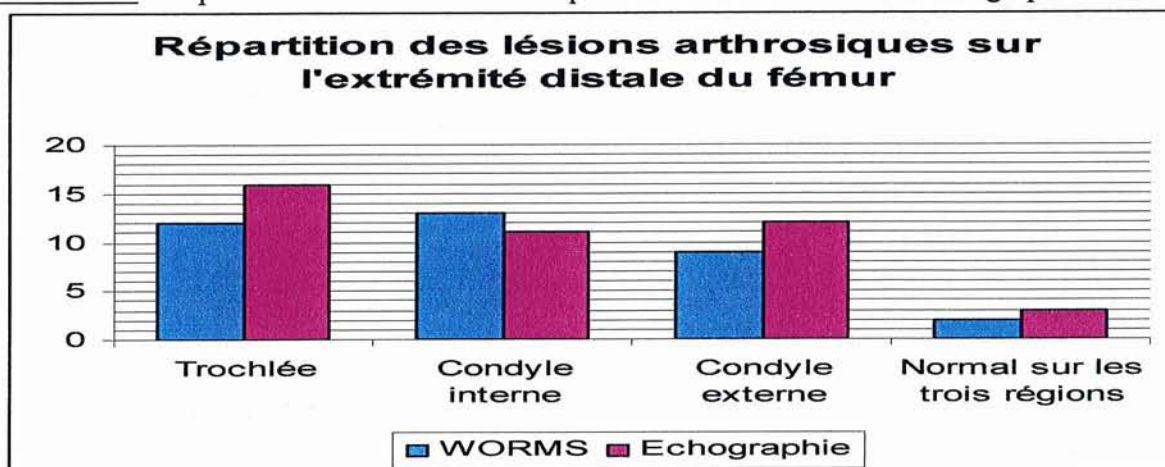
Techniques		Cas d'arthrose
WORMS		
	Total	22/22
	Fémur	20/22
	Plateau tibial interne	10/23
	Plateau tibial externe	5/23
	Patella	20/23
	Compartiment fémoro-tibial interne	15/23
	Compartiment fémoro-tibial externe	13/23
	Compartiment fémoro-patellaire	21/22
Radiographie		
	Total	16/23
	Compartiment fémoro-tibial interne	15/23
	Compartiment fémoro-tibial externe	7/23
Echographie		
	Total	20/23
	Condyle interne	11/23
	Condyle externe	12/23
	Trochlée	16/23

De la même manière on met évidence une sensibilité de la radiographie par rapport au score de WORMS cartilage total à 68%. Avec le score WORMS cartilage au fémur nous trouvons pour la radiographie une sensibilité de 75% et une spécificité de 100%.

Comparativement au score de Kellgren et Lawrence, la sensibilité pour le diagnostic d'arthrose de l'échographique du cartilage (score total) est excellente à 93,8% mais avec une faible spécificité à 28,6%. La comparaison des données radiographiques aux données

échographiques limitées aux deux condyles permet d'obtenir une sensibilité de 25% et une spécificité de 71,4%.

Tableau 17 : Répartition des lésions arthrosiques au fémur en IRM et en échographie



2-6 2 Pour une évaluation par compartiment

Au compartiment FTI, on obtient une meilleure sensibilité et spécificité de l'échographie par rapport à la radiographie vis-à-vis de l'IRM pour le diagnostic d'arthrose avec respectivement une sensibilité de 82,4% contre 76,5% et une spécificité de 66,7% contre 33,3%.

Au compartiment FTE, on obtient une meilleure sensibilité de l'échographie par rapport à la radiographie vis-à-vis de l'IRM pour le diagnostic d'arthrose mais une spécificité moins bonne avec respectivement pour la sensibilité 61,5% contre 53,8% et pour la spécificité 61,5% contre 100%.

Au total, l'évaluation échographique du cartilage permet de déterminer si le patient présente une gonarthrose avec une excellente sensibilité (>86%) par rapport à l'IRM. L'évaluation échographique en grades du cartilage est corrélée aux scores semi-quantitatifs du cartilage alors que les mesures d'épaisseur du cartilage sur les sept régions sont bien corrélées à l'évaluation quantitative du cartilage. Dans ce travail, l'échographie couplée à l'examen radiographique permet de dénombrer le même nombre de patients arthrosiques que l'IRM.

3- L'épanchement intra-articulaire

3-1 L'examen clinique versus les différentes approches d'imagerie

3-1 1 L'échographie

Il existe une bonne corrélation entre la présence d'un épanchement clinique et l'évaluation échographique de l'épanchement en grades $r=0,56$ (IC95% 0,19-0,79 ; $p=0,004$) ou en mesures $r=0,68$ (IC95% 0,37-0,85 ; $p=0,0002$).

3-1 2 L'IRM

La présence d'un épanchement clinique est bien corrélée au score WORMS épanchement à 0,63 (IC95% 0,29-0,83 ; $p=0,0008$) et au score IRM d'épanchement que ce soit en grades à $r=0,63$ ($p=0,0007$) ou en mesures à $r=0,74$ ($p<0,0001$).

3-2 L'échographie versus l'IRM

3-2 1 Avec le score WORMS épanchement

L'évaluation échographique de l'épanchement en mode binaire est bien corrélée au score de WORMS épanchement avec un coefficient de corrélation à 0,59 (IC95% 0,23-0,80 ; $p=0,0021$) pour l'évaluation en grades et à 0,65 (IC95% 0,33-0,84 ; $p=0,0004$) pour les mesures en échographie. Avec un seuil de 4mm (physiologique/ non physiologique), le coefficient de corrélation avec les grades échographiques est de 0,73 (IC95% 0,46-0,89 ; $p<0,0001$).

3-2 2 Avec le score IRM d'épanchement

L'évaluation échographique binaire de l'épanchement est bien corrélée au score IRM d'épanchement avec un coefficient de corrélation à 0,60 (IC95% 0,24-0,81 ; $p=0,0016$) pour l'évaluation en grades et à 0,65 (IC95% 0,32-0,84 ; $p=0,0004$) pour les mesures.

3-2 3 Avec les mesures IRM de l'épanchement

Il existe une excellente corrélation entre les mesures IRM d'épanchement et les mesures échographiques à 0,87 (IC95% 0,71-0,94 ; $p < 0,0001$).

3-3 Confrontation des différentes méthodes IRM d'évaluation de l'épanchement

Le score IRM d'épanchement est fortement corrélé au WORMS à 0,88 (IC95% 0,74-0,95 ; $p < 0,0001$). Les mesures IRM d'épanchement sont bien corrélées au score de WORMS avec $r = 0,85$ (IC95% 0,68-0,94 ; $p < 0,0001$). Les mesures IRM d'épanchement sont bien corrélées au score IRM d'épanchement avec $r = 0,92$ (IC95% 0,81-0,96 ; $p < 0,0001$).

3-4 Place de l'échographie dans l'évaluation de l'épanchement

Par rapport au score de WORMS épanchement la sensibilité et la spécificité du score échographique épanchement avec un seuil à 4mm est de 71,4% et de 77,8% respectivement.

Tableau 18 : Définition d'un épanchement suivant les différentes techniques utilisées

Techniques	Présence d'un épanchement
WORMS	14/23
Score IRM d'épanchement (>0)	21/23
Clinique	10/23
Echographie	
Evaluation binaire (cut-off à 0mm)	18/23
Physiologique/non physiologique (cut-off à 4mm)	13/23

Tableau 19 : Corrélation entre les différentes approches de l'épanchement (* = $p < 0,05$)

	Score IRM en grades	Mesures IRM	Score échographique en grades	Mesures échographiques	Examen clinique
WORMS Epanchement	0,88*	0,86*	0,59*	0,65*	0,62*
Score IRM en grades	1	0,92*	0,60*	0,65*	0,63*
Mesures IRM	-	1	0,74*	0,87*	0,74*
Score échographique (grades)	-	-	1	0,94*	0,56*
Mesures échographiques	-	-	-	1	0,68*

Au total, il existe de bonnes corrélations ($>0,59$) entre les données échographiques et IRM pour l'épanchement. L'évaluation échographique de l'épanchement présente une bonne sensibilité et spécificité ($>71\%$) par rapport au score WORMS épanchement.

4- La synovite

4-1 L'examen clinique versus les différentes approches d'imagerie

4-1 1 L'échographie

Il existe une corrélation entre l'épanchement clinique et les divers scores échographiques d'évaluation de la synovite. Les coefficients de corrélation sont respectivement de $r=0,49$ (IC95% 0,10-0,75 ; $p=0,0139$) pour le mode B, $r=0,44$ (IC95% 0,04-0,72 ; $p=0,0305$) pour le mode DP et $r=0,51$ (IC95% 0,12-0,76 ; $p=0,011$) pour le mode B et DP.

4-1 2 L'IRM

L'épanchement clinique est corrélé aux différentes techniques d'évaluation de la synovite en IRM. Corrélation à $r=0,57$ avec le score semi-quantitatif de la synovite (IC95% 0,20-0,79 ; $p=0,0034$), à $r=0,63$ (IC95% 0,29-0,83 ; $p=0,0008$) avec le score WORMS synovite et avec les volumes de synovite (données variant de $r=0,46$; $p=0,023$ pour le volume de synovite à rehaussement important à $r=0,57$; $p=0,0028$ pour le volume total de synovite).

4-2 L'échographie versus IRM pour l'évaluation de la synovite

4-2 1 Avec le score semi-quantitatif de synovite

Nous trouvons une bonne corrélation entre les scores échographiques et le score semi-quantitatif de synovite. La corrélation est à $r=0,71$ (IC95% 0,43-0,87 ; $p<0,0001$) pour l'évaluation échographique en mode B, à $r=0,51$ (IC95% 0,13-0,76 ; $p=0,0093$) pour l'évaluation en mode DP et à $r=0,75$ (IC95% 0,49-0,89 ; $p<0,0001$) pour l'évaluation couplée modes B et DP.

Si on compare les données par rampe (para-patellaire médiale et latérale), il existe une bonne corrélation. En mode B la corrélation est de $r=0,54$ ($p=0,0052$) en médial et de $r=0,42$ ($p=0,0392$) en latéral. En mode Doppler puissance, nous trouvons une corrélation sur la rampe

latérale $r=0,52$ ($p=0,0077$) mais pas avec la rampe médiale $r=0,22$ ($p=0,3174$). Enfin en mode B couplé au mode DP présence d'une corrélation sur les deux rampes calculée à $0,54$ ($p=0,0056$) en médial et à $r=0,62$ ($p=0,0011$) en latéral.

4-2 2 Avec le score WORMS de synovite

Il existe également une corrélation entre le score de WORMS synovite et l'évaluation échographique à $r= 0,65$ (IC95% $0,33-0,84$; $p=0,0004$) pour le mode B, à $r=0,52$ (IC95% $0,13-0,77$; $p=0,0092$) pour le mode DP et à $r= 0,71$ (IC95% $0,41-0,87$; $p<0,0001$) pour l'évaluation en mode B et DP.

4-2 3 Avec les volumes IRM de synovite

Lorsque l'on recherche une corrélation entre le volume de synovite total et en fonction du taux de rehaussement et l'évaluation échographique, nous trouvons une corrélation souvent significative sauf pour le volume de synovite à taux de rehaussement élevé (tableau 20).

Tableau 20 : Corrélation échographie et volumes de synovite (*= $p<0,05$)

	VST	VSL	VSM	VSH
Echo mode B	0.49*	0.53*	0.47*	0.38
Echo mode DP	0.35	0.37	0.31	0.28
Echo mode B et DP	0.47*	0.50*	0.42*	0.37

4-3 Confrontation entre les différentes techniques IRM d'évaluation de la synovite

Nous trouvons de bonnes corrélations entre le score semi-quantitatif de synovite et les volumes de synovite : VST $r=0,67$ (IC95% $0,35-0,85$; $p=0,0002$), VSL $r=0,66$ (IC95% $0,34-0,84$; $p=0,0003$), VSM $r=0,59$ (IC95% $0,24-0,81$; $p=0,0018$) et VSH $r=0,64$ (IC95% $0,31-0,83$; $p=0,0006$). Le score semi-quantitatif de synovite et le score de WORMS sont bien corrélés à $0,75$ (IC95% $0,49-0,89$; $p<0,0001$).

Le score de WORMS synovite est corrélé aux volumes de synovite : VST $r=0,58$ (IC95% $0,21-0,80$; $p=0,0028$), VSL $r=0,59$ (IC95% $0,24-0,81$; $p=0,0019$), VSM $r=0,54$ (IC95% $0,16-0,78$; $p=0,0058$) et VSH $r=0,54$ (IC95% $0,17-0,78$; $p=0,0056$).

4-4 Place de l'échographie dans l'évaluation de la synovite

Par rapport au score semi-quantitatif de synovite, la sensibilité et la spécificité des scores échographiques sont les suivantes :

- en mode B sensibilité de 93,8% et une spécificité de 28,6%
- en mode DP sensibilité de 50% et spécificité de 100%
- en modes B et DP couplés sensibilité de 93,8% et spécificité de 28,6%

Pour l'examen clinique la sensibilité par rapport au score semi-quantitatif de synovite est de 56,3% et la spécificité est de 85,7%.

Tableau 21 : Définition de la synovite suivant les différentes techniques utilisées

Techniques	Présence d'une synovite
IRM score de synovite	16/23
Clinique	10/23
Echographie	
En mode B	21/23
En mode B (physiologique)	9/23
En mode DP	8/23
En mode B et DP	20/23
En mode B (physiologique) et DP	14/23

Tableau 22 : Corrélation entre les différentes approches de la synovite (*= p<0,05)

	WORMS E	VST	VSL	VSM	VSH	Echo mode B	Echo mode DP	Echo mode B et DP	Epanchement clinique
Score DL	0.75*	0.67*	0.66*	0.59*	0.64*	0.71*	0.51*	0.75*	0,57*
Echo mode B	0.65*	0.49*	0.53*	0.47*	0.38	1	-	-	0,49*
Echo mode DP	0.52*	0.35	0.37	0.31	0.28	-	1	-	0,44*
Echo mode B et DP	0.71*	0.47*	0.50*	0.42*	0.37	-	-	1	0,51*
WORMS E	1	0.58*	0.59*	0.54*	0.54*	0.65*	0.52*	0.71*	0,63*
Epanchement clinique	0,63*	0,57*	0,57*	0,52*	0,46*	0,49*	0,44*	0,51*	1

Au total, l'échographie est plus performante que l'examen clinique. Bonne corrélation de l'échographie avec les données IRM des séquences injectées. L'évaluation de la synovite en échographie paraît être mieux appréhendée lorsqu'on combine les données en mode B et en mode Doppler puissance.

D- L'évaluation d'un Kyste poplité

Nous avons mis en évidence un kyste poplité chez deux patients cliniquement et par échographie et chez trois patients en IRM. En considérant l'IRM comme gold standard le coefficient de corrélation de l'échographie par rapport à l'IRM est bon à 0,80 et mauvais pour l'examen clinique à 0,45.

E- La reproductibilité des techniques

1- Pour la radiographie

Dans la littérature, les données de reproductibilité de la chondrométrie par le Professeur E. Vignon (CHU Lyon) sont excellentes à 0,98 au compartiment fémoro-tibial interne [⁹⁶] et à 0,93 au compartiment fémoro-tibial externe [⁹⁷].

2- Pour l'IRM

2-1 L'évaluation du cartilage

Le coefficient intra-classe (ICC) de reproductibilité de la mesure du volume cartilagineux est excellent pour le volume total à 0,99 (IC 95% =0,98-0,99 ; $p<0.0001$) ainsi que pour le volume fémoral, patellaire et tibial externe (ICC= 0,99 ; 0,98 ; 0,88 respectivement avec $p<0,0001$) et légèrement moins bon pour le cartilage tibial interne (ICC= 0,69 ; $p<0,0001$). La plus petite différence détectable (SDD) a été calculée à 1,09 pour le volume total, 0,63 pour le volume fémoral, 0,58 pour le volume tibial interne, 0,48 pour le volume tibial externe et 0,25 pour le volume patellaire.

2-2 L'évaluation de l'épanchement

La reproductibilité intra-lecteur du score de WORMS épanchement est excellente avec un kappa à 0,96 (IC95% 0,88-1,00), dans la littérature la reproductibilité inter-lecteur est de 0,74. Les coefficients de corrélation du score IRM d'épanchement sont excellents en intra-classe à 0,87 (IC95% 0,75-0,94 ; $p < 0,0001$) et en inter-classe à 0,83 (IC95% 0,68-0,92 ; $p < 0,0001$).

2-3 L'évaluation de la synovite

La reproductibilité inter-classe du score semi-quantitatif de synovite est excellente à 0,93 (IC95% 0,84-0,97 ; $p < 0,0001$). La reproductibilité des mesures du volume de synovite en intra-classe est excellente $> 0,99$ ($p < 0,0001$) tant pour le volume total qu'en fonction du taux de rehaussement.

3- Pour l'échographie

Les échographies ont été réalisées par un senior expérimenté (DL). Actuellement nous sommes en train de réaliser un travail de reproductibilité en intra (DL) et inter (NS) pour la réalisation des échographies suivant le protocole présenté ci-dessus.

Discussion

Généralités :

Avec ce travail, nous présentons les premiers résultats d'une étude échographique dans la gonarthrose visant à évaluer le cartilage fémoral, l'épanchement intra-articulaire et l'inflammation synoviale comparés aux données cliniques, radiographiques et IRM.

Il en ressort que l'évaluation échographique du cartilage est plus sensible que la radiographie pour le diagnostic de gonarthrose par rapport à notre gold standard qu'est le score WOMBS du cartilage avec une sensibilité de 86,3% pour l'échographie versus 68% pour la radiographie. L'échographie permettant dans notre population de diagnostiquer des arthroses IRM infra radiologiques (5 sur 6). L'évaluation en grades du cartilage est corrélée aux scores semi-quantitatifs IRM du cartilage et notamment le WOMBS ($r=0,43$; $p=0,042$) alors que l'évaluation de l'épaisseur du cartilage est corrélée aux volumes cartilagineux ($r=0,47$; $p=0,019$) déterminés sur le logiciel Amira 4.1®.

Il existe une bonne corrélation entre l'évaluation échographique de l'épanchement et l'IRM ($r=0,59$; $p=0,0021$) qui est même presque excellente ($r=0,73$; $p<0,0001$) lorsqu'on retient une valeur seuil de 4mm pour définir la présence de l'épanchement en échographie. De même il existe une excellente concordance dans la mesure de cet épanchement entre échographie et IRM ($r=0,87$; $p<0,0001$).

En échographie, l'évaluation de la synovite est mieux corrélée aux paramètres de synovite IRM quand on associe l'évaluation en mode B et en mode Doppler puissance et ce pour le score semi-quantitatif de synovite ($r=0,75$; $p<0,0001$) qui a montré une corrélation aux paramètres histologiques de la membrane synoviale ainsi qu'avec le volume total de synovite ($r=0,47$; $p=0,0198$).

Nous ne trouvons pas de corrélation entre le niveau de la douleur, les paramètres de qualité de vie et fonctionnels et les paramètres structuraux et inflammatoires échographiques. Cette relation n'est pas non plus retrouvée en IRM et en radiographie.

La population :

D'un point de vue démographique, notre population est représentative des données de la littérature concernant les patients souffrant de gonarthrose.

En effet l'âge médian de notre population est de 58 ans avec une surreprésentation féminine (91,3%). Dans ce travail, cette surreprésentation féminine a été majorée par le fait que trois des patients non inclus pour problèmes techniques étaient des hommes. L'âge et le sexe féminin sont des facteurs de risque bien connus de gonarthrose. L'augmentation de fréquence de la maladie après la ménopause a fait suggérer que les œstrogènes sont protecteurs d'autant que les femmes gonarthrosiques sont plus souvent hystérectomisées que les autres, mais cette donnée n'a pas été confirmée par l'étude de Framingham [⁹⁸].

Cette population présente un surpoids. Selon la définition de l'obésité par l'Organisation Mondiale de la Santé ($IMC \geq 25 \text{Kg/m}^2$), notre population est majoritairement en surpoids avec 15 patients sur 23 (65,2%). Même s'il n'existe pas de terrain génétique commun [⁹⁹] entre l'arthrose des membres inférieurs (notamment la gonarthrose) et la présence d'une surcharge pondérale, le rôle de cette dernière dans la survenue d'une gonarthrose est bien connu avec un odds ratio >9 à 5 ans pour les patients avec un $IMC \geq 25 \text{Kg/m}^2$ [¹⁰⁰].

Nos patients présentent une maladie récente puisque l'on estime à 10 ans le délai entre le début des signes et la mise en place d'une prothèse, ici la durée médiane de la maladie est de 10 mois et la durée médiane des symptômes est de 2 ans. Ceci s'explique par le fait que cette population a été sélectionnée pour avoir une maladie peu avancée sur le plan radiographique en vue d'un suivi prospectif en IRM.

Dans cette population le niveau de la douleur est élevé (EVA-douleur à 47 et EVA-globale à 63 sur 100), la raideur est sévère (avec un indice de WOMAC >56 sur 100) et la gêne fonctionnelle est importante (score total de Lequesne à 13 sur 24) proche de celui d'une indication d'arthroplastie [¹⁰¹]. Ceci se confirme par un haut niveau de prescription d'antalgiques (65%).

Nous n'avons pas mis en évidence de syndrome inflammatoire biologique patent chez nos patients comme très souvent dans la gonarthrose. Aucune relation n'a été trouvée entre le taux des marqueurs de l'inflammation (Vitesse de sédimentation et Protéine C réactive) et les données cliniques ou d'imagerie.

Les paramètres algo-fonctionnels et de qualité de vie :

Dans cette étude nous confirmons la présence d'une dissociation radio-clinique dans l'arthrose. Dans notre étude nous ne trouvons pas de corrélation entre le stade radiographique ou IRM des lésions cartilagineuses et l'importance de la douleur. Dans la littérature, les résultats sont divergents. Wluka et coll. [¹⁰²] en 2004 ne trouvaient qu'une faible corrélation avec le WOMAC et l'EVA alors que Hayes et coll. en 2005 [⁵⁷] mettaient en évidence une corrélation plus forte et enfin Koornat et coll. en 2006 [¹⁰³] ne retrouvaient pas de corrélation entre l'importance de la douleur et la sévérité des défauts cartilagineux.

En ce qui concerne la corrélation entre les paramètres algo-fonctionnels et les stades échographiques, nous sommes les premiers à l'avoir évaluée. Nous n'avons pas trouvé de corrélation entre la mesure d'épaisseur du cartilage en échographie et les différents paramètres cliniques. De même que nous n'avons pas trouvé de corrélation entre l'importance des grades des lésions cartilagineuses échographiques et l'EVA douleur ou globale. Pour le score de Lequesne une tendance à une faible corrélation est observée ($r=0,31$; $p=0,138$). Par contre nous avons mis en évidence une corrélation entre les grades échographiques et certains paramètres comme la composante raideur du WOMAC ($r=0,29$; $p=0,03$), le score résumé psychique du SF-36 ($r=-0,56$; $p=0,0048$) et la composante santé mentale ($r=-0,51$; $p=0,0125$) et douleur ($r=-0,49$; $p=0,0168$) de l'AMIQual. Ces résultats doivent être pondérés par le faible effectif de patients ($n=23$).

Dans la littérature, toutes les études qui ont évalué l'épanchement en IRM [⁸, ⁵⁷, ¹⁰³, ¹⁰⁴] ou en échographie [¹⁰⁵, ¹⁰⁶] ont toujours retrouvé cette corrélation avec le paramètre douleur. Dans notre étude nous ne mettons pas en évidence de corrélation entre l'importance de l'épanchement et la douleur ou la dégradation de la qualité de vie en échographie mais aussi par l'examen clinique ou par l'IRM.

Dans la littérature, la synovite évaluée en IRM n'est pas toujours corrélée avec la douleur. Si plusieurs études [8, 57, 104] mettent en évidence une corrélation entre ces deux paramètres celle de Hill et coll. [58] en 2007 ne trouvait pas cette corrélation comme nous dans ce travail. Plusieurs études échographiques évaluant la synovite ont mis en évidence une corrélation avec la douleur sur des effectifs soit importants (n=600) [69] soit de moindre importance (n=41) [107]. Toutefois, comme dans ce travail, l'étude de Kristoffersen et coll. [108] de 2006 sur 71 patients, ne trouve pas de relation entre la présence d'un signal Doppler puissance et la douleur évaluée par EVA ou le WOMAC.

Cette dissociation des paramètres douleur et qualité de vie avec les données structurales, inflammatoires (épanchement et synovite) que ce soit en échographie, en IRM mais aussi avec l'examen clinique et la radiographie est sûrement due au faible effectif de notre population et au niveau élevé des paramètres cliniques de la quasi-totalité des patients.

L'évaluation structurale :

Pour le cartilage, même si la radiographie est habituellement utilisée dans les études cliniques pour démembler les patients en arthrosiques ou non, nous avons défini comme gold standard de l'évaluation structurale le score de WOMBS du cartilage. Nous avons opté pour un score IRM car cette technique est plus sensible que la radiographie dans le diagnostic des arthroses précoces [22]. Le score de WOMBS est validé dans la littérature même s'il n'a pas été comparé à l'arthroscopie ou aux données anatomo-pathologiques. Ce score IRM a pour intérêt d'étudier le genou pour chaque surface articulaire, pour chaque compartiment ce qui est impossible avec la mesure du volume cartilagineux utilisée pour le suivi des patients du protocole CHONDROLYSE (ex : dissociation condyle et trochlée). Dans la pratique clinique, le WOMBS est plus simple à réaliser que le volume cartilagineux et se réalise en une vingtaine de minutes alors que le calcul du volume cartilagineux est plus fastidieux (1 heure de segmentation) et reste du domaine de la recherche. De plus la pertinence du volume cartilagineux réside plus dans le suivi des patients que pour une évaluation structurale transversale.

Au niveau de l'IRM, comme cela est exposé dans la description des techniques d'imagerie, aucune séquence ne permet en un seul temps une évaluation idéale de toutes les structures articulaires. A ce titre le plan de coupe, la séquence et l'utilisation de produit de

contraste doit être discutée en fonction de la structure articulaire à étudier (des coupes axiales pour l'articulation fémoro-patellaire, des coupes coronales et sagittales pour les ménisques, des séquences injectées pour l'inflammation synoviale, des séquences T2 pour « l'œdème » de l'os sous-chondral, des séquences 3D pour une étude volumique,...). Il nous était impossible pour des raisons évidentes de coût et de durée d'examen, de réaliser toutes ces séquences. D'autre part, la population étudiée bénéficie d'un suivi annuel pour l'évaluation de la perte cartilagineuse déterminée sur le volume et le score de WORMS. C'est pour ces différentes raisons que nous avons opté pour ces deux types de séquence : T1 3D FGRE et T2FS. Les séquences T1 3D FGRE [⁵²,¹⁰⁹,¹¹⁰,¹¹¹] sont relativement longues (338 secondes). Elles sont optimales en termes de résolution spatiale et de contraste tissulaire pour une étude volumique du cartilage. Les séquences FSE T2 en coupes coronales et axiales sont utilisées pour le score de WORMS du cartilage, et l'évaluation des lésions méniscales et de l'œdème osseux.

La détermination du volume cartilagineux sur le logiciel Amira 4.1® nécessite une heure de traitement par genou (NS) réalisée à deux reprises pour calculer la reproductibilité et la plus petite différence détectable qui se révèlent satisfaisantes (cf paragraphe reproductibilité des techniques). Le volume moyen et les volumes cartilagineux des différentes surfaces articulaires (patella, fémur, plateau tibial interne et externe) sont similaires à celles publiées dans la littérature [¹¹²,¹¹³].

Au niveau radiologique, certaines remarques sont à faire sur les choix et la réalisation des clichés. Premièrement, le score structural de Kellgren et Lawrence (KL) dont le principal intérêt est de classer les patients en arthrosiques ou non, a été développé sur des clichés de face sans que soit précisé si le genou était en charge ou en décharge, en extension ou avec un certain degré de flexion [⁴⁴]. Dans notre travail pour ne pas multiplier les radiographies nous avons appliqué le score de KL aux clichés en schuss choisis pour la chondrométrie. Cela peut créer un biais pour le pincement articulaire mais nous l'avons appliqué à tous et cela ne modifie pas l'interprétation de l'ostéophytose. A noter que des clichés en incidence fémoro-patellaire auraient été un complément intéressant à notre étude structurale, leur absence s'explique par l'inclusion initiale de patients ne souffrant que d'arthrose fémoro-tibiale (ces clichés ont été réalisés chez les patients nouvellement inclus). Deuxièmement, les mesures chondrométriques dans ce travail, même si elles ont été exécutées par un expert international (Professeur E. Vignon), n'ont été optimales que dans 65% des cas en raison d'un défaut

d'alignement entre les berges antérieures et postérieures du plateau tibial interne (IMD) (patients avec IMD supérieur à 1,2mm n=8, dont 4 patients avec un IMD supérieur à 1,6mm). Les données de la chondrométrie ont un intérêt dans le suivi des patients mais n'ont pas de signification clinique à un temps donné pour classer les patients.

Pour l'échographie, n'existant pas de score validé et utilisé en pratique clinique dans la gonarthrose, nous avons opté pour une évaluation structurale du cartilage à partir des données de la littérature tant sur la définition des structures [24, 27, 95] que dans la façon de grader les anomalies observées [27, 71]. Nous proposons pour la première fois un score échographique structural du cartilage évalué sur les 7 surfaces articulaires accessibles à la sonde : la trochlée (3 régions), les parties antérieures et postérieures des condyles latéral et médial. La surface trochléaire correspond à une surface articulaire portante, ce qui n'est pas le cas des régions antérieures et postérieures des condyles.

Les études échographiques effectuées jusqu'alors sont soit à visées méthodologiques [114, 115] soit à visées expérimentales [68]. Pour l'évaluation du cartilage condylien (épaisseur, structure), l'échographie a été validée en terme de reproductibilité [116] avec des résultats satisfaisants tant sur les données IRM [12, 54, 117], macroscopiques réalisées sur des pièces anatomiques issues d'arthroplasties porcines puis humaines [118], que microscopiques [119]. A noter que Disler et coll. [118] en 2000, ont proposé un score échographique du cartilage étalonné sur des articulations de porcs puis sur des genoux humains bénéficiant d'une arthroplastie. Ce score qui comprend 5 grades, est assez semblable à notre méthode d'évaluation avec un grade 0 = cartilage normal, grade 1 = lésion superficielle, grade 2 = lésion partielle n'atteignant pas l'os sous-chondral, grade 3 = lésion importante atteignant l'os sous-chondral sans modification l'interface et grade 4 = lésion de l'os sous-chondral. Toutefois, ils ne l'ont pas confronté aux données cliniques par la suite. Dans notre étude, un patient est considéré comme arthrosique en échographie s'il présente au moins un stade >0 sur une des 7 régions étudiées.

Il existe peu d'études dans la littérature qui ont comparé les données échographiques du cartilage à la radiographie et à l'IRM comme nous l'avons fait ici. L'étude réalisée par Jonsson et coll. [117] en 1992 montrait que la mesure d'épaisseur du cartilage par la radiographie était plus précise dans sa reproductibilité que l'échographie qui elle-même était plus précise que l'IRM. La critique majeure à cette étude est l'absence de comparaison à un

gold standard (étude histologique de l'épaisseur cartilagineuse par exemple). En revanche dans ce travail, la reproductibilité intra-lecteur qui était le principal objectif se révèle bonne. Un second article de El-Miedany et coll. [120] étudiait les trois modalités d'imagerie chez des patients atteints d'arthrite juvénile. Dans cette étude, les auteurs montrent une plus grande sensibilité de l'échographie par rapport à la radiographie en prenant comme gold standard l'IRM pour le diagnostic des lésions chondrales.

Dans notre étude, un peu moins « d'un tiers » de nos patients (n=7) n'ont pas d'atteinte radiographique en fémoro-tibial interne et externe (gonarthroses débutantes), toutefois la radiographie sous-estime l'atteinte cartilagineuse car tous nos patients ont une atteinte d'au moins un compartiment avec le score de WORMS ce qui correspond à ce que l'on retrouve dans la littérature puisque environ 13% des patients avec des radiographies normales ont une perte significative du volume cartilagineux [22] et la radiographie sous-estime la perte cartilagineuse par rapport à l'IRM [23]. Sur notre population, 6 des 7 patients sans arthrose radiologique ont des lésions chondrales IRM sur les compartiments fémoro-tibiaux qui sont diagnostiquées en échographie pour 5 d'entre eux. Devant ces gonarthroses débutantes les scores IRM et échographiques sont peu élevés et la sensibilité de la radiographie est moins bonne que l'échographie par rapport à l'IRM.

Si la radiographie est prise comme examen de référence, l'examen échographique présente une très bonne sensibilité (93,8%) avec une faible spécificité (28,6%). Si on compare compartiment par compartiment, seule l'atteinte du compartiment fémoro-tibiale externe est corrélée aux données échographiques ($r=0,55$; $p=0,0042$). De même il existe une corrélation entre les données chondrométriques au compartiment fémoro-tibial externe avec les mesures du cartilage en échographie sur l'ensemble du genou ($r=0,54$; $p=0,0157$) et pour le condyle externe ($r=0,40$; $p=0,0878$) mais pas avec les données du compartiment fémoro-tibial interne.

Si l'IRM est prise comme examen de référence, la sensibilité du score échographique en grades est de 86,3% contre 68% pour la radiographie. Il apparaît que l'évaluation échographique du cartilage permet de déterminer si le patient présente une gonarthrose avec une excellente sensibilité (>86%) avec comme gold standard l'IRM.

Ainsi nous avons obtenu un classement satisfaisant de nos patients par rapport à l'IRM. Pour la première fois un score échographique du cartilage au genou est proposé et

comparé au score de WORMS avec une corrélation intéressante sur l'ensemble du genou ($r=0,43$; $p=0,042$) et sur le compartiment fémoro-tibial externe ($r=0,47$; $p=0,02$).

De même, l'évaluation de l'épaisseur du cartilage en échographie est corrélée aux volumes cartilagineux ($r=0,47$; $p=0,019$), ce qui n'avait pas été évalué jusqu'alors. En revanche, les confrontations de l'épaisseur du cartilage trochléaire en IRM par rapport à l'échographie se révèlent décevantes. Les études réalisées par Mathiesen et coll. et Østergaard et coll. montraient une bonne concordance entre l'épaisseur mesurée par échographie et celles établies à partir de l'histologie [¹¹⁹] ou de l'IRM [¹²]. Dans notre étude, la concordance des mesures d'épaisseur du cartilage est mauvaise à l'exception des mesures réalisées sur la facette latérale ($r=0,36$; $p=0,0358$). Cette différence avec les données de la littérature s'explique par le fait que la mesure IRM a été effectuée à posteriori. La mesure IRM a toujours été réalisée au même endroit dans la partie la plus centrale de la trochlée, et à postériori des mesures échographiques. L'étude du cartilage trochléaire en échographie s'effectue sur un genou fléchi à 45° avec un balayage de toute la trochlée et l'acquisition de l'image se fait sur la région pathologique avec réalisation des mesures sur ce plan d'acquisition. De plus le positionnement de la sonde et l'angle d'incidence par rapport à la peau n'ont pas été standardisés.

L'évaluation de l'épanchement :

Pour l'épanchement, nous avons défini comme gold standard le score de WORMS. Nous n'avons pas retenu l'examen clinique qui peut facilement être mis à défaut surtout chez des patients obèses. De plus nous ne disposons pas d'une ponction articulaire raison pour laquelle l'évaluation IRM nous paraissait être le meilleur choix. En IRM, trois scores ont été proposés pour évaluer l'épanchement : le WORMS de Peterfy et coll. [⁷⁶], le KOOS (Knee Osteoarthritis Scoring System) de Kornaat et coll. [¹²¹] et le BLOKS (Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score) de Hunter et coll. [¹²²], tous trois sont cotés de 0 à 3, le KOOS et le BLOKS ont une cotation spécifique pour l'épanchement ce qui n'est pas le cas du WORMS comme nous le reverrons. Le KOOS une fois validé dans l'article princeps n'a pas été utilisé depuis et la description du score épanchement du BLOKS ne figure que dans l'appendice de la publication de validation du score pour les lésions de l'os sous-chondral. Dans ces conditions nous avons retenu le WORMS-épanchement synovial qui objective la présence

d'un épanchement articulaire chez 14 de nos patients (médiane =1) avec une excellente reproductibilité intra et inter-lecteur.

Dans la littérature, les différentes études qui évaluaient l'épanchement en échographique comparaient les données à l'IRM soit en mesurant son épaisseur [12, 54], soit sous forme de scores. L'ensemble de ces études proposaient une stratification de l'épanchement en grades de 0 à 3 avec des définitions différentes suivant les études. Dans l'étude de Tarhan et coll. un grade 0 correspond à un épanchement absent [54] (0 = absent ou <2mm), un grade 1 = épanchement de faible quantité inférieure à 5mm, un grade 2 = un épanchement de moyenne quantité compris entre 5 et 10mm et un grade 3 = épanchement sévère supérieur à 10mm. Dans l'étude de Song et coll. [107] la sévérité de l'épanchement s'effectue de la manière suivante : grade 0 = <5mm, grade 1 = 5-<8mm, grade 2 = 8-<11mm et grade 3 = ≥11mm. Nous avons décidé d'évaluer l'épanchement à la fois en terme quantitatif (puisque nous avons les mesures IRM comparatives) et par un score semi-quantitatif où le grade 0 est défini comme l'absence d'épanchement, un grade 1 un épanchement inférieur à 4mm ce qui correspond au seuil de significativité d'un épanchement sur une étude de 600 personnes menée sous l'égide de l'EULAR [69], un grade 2 à un épanchement compris entre 4 et 10mm et un grade 3 à un épanchement >10mm en se référant aux travaux de Tarhan et coll. [54]. Dans un deuxième temps, nous avons gradé l'épanchement en physiologique et non physiologique avec un seuil à 4 mm [69] sur chaque rampe.

Nous sommes les premiers à comparer un score échographique global d'épanchement du genou à un score IRM validé. Dans la littérature seulement trois études ont évalué l'épanchement sur l'ensemble du genou en échographie [54, 108, 123]. En effet, souvent seul le récessus sous-quadricipital est évalué et comparé soit à l'IRM avec une bonne concordance [12, 107] soit à la clinique [69, 105, 106]. Pour les études évaluant l'épanchement sur la globalité du genou seul Tarhan et coll. [54] ont comparé leurs résultats à l'IRM contrairement à Kristoffersen et coll. en 2006 [108] et Zukotynski et coll. en 2007 [123] avec de bons résultats.

Dans ce travail, nous confirmons les données de la littérature qui retrouvent une excellente corrélation entre les données échographiques et les données IRM dans l'évaluation de l'épanchement intra-articulaire [12, 54, 107]. Nous trouvons une excellente corrélation pour la mesure de l'épanchement ($r=0,87$; $p<0,0001$). La corrélation de l'évaluation de l'épanchement par le score WORMS avec les grades échographiques est bonne ($r=0,59$;

$p=0,0021$) de même qu'avec les mesures échographiques ($r=0,65$; $p=0,0004$). Cette corrélation n'est pas excellente, mais devient meilleure lorsqu'on évalue les données échographiques de l'épanchement avec un seuil à 4mm ($r=0,73$; $p<0,0001$). La sensibilité et la spécificité de l'échographie (avec un seuil à 4mm) avec le score WORMS sont très bonnes avec respectivement 71,4% et 77,8%. Nous n'avons pas retrouvé de différence significative entre les mesures de l'épanchement dans les trois rampes. Cette évaluation quantitative de l'épanchement fait actuellement l'objet d'une étude de reproductibilité en intra et inter opérateur.

L'évaluation de la synovite :

Comme pour l'évaluation de l'épanchement, le choix du gold standard de la synovite s'est porté sur l'IRM avec le score IRM de synovite [77] qui a été validé à partir de données macroscopiques et microscopiques obtenues lors d'une arthroscopie. En effet le score de WORMS qui a été utilisé pour l'évaluation de l'inflammation synoviale dans deux études [104, 124] présente comme principal défaut, à notre avis, de ne pas discerner la synovite de l'épanchement sur les coupes pondérées T2. Or, nous avons récemment soumis à publication [87] un travail où nous avons évalué le WORMS par rapport au score IRM d'épanchement et de synovite. Il apparaît que par rapport aux données histologiques, le WORMS n'est pas corrélé aux paramètres histologiques ($r=0,20$; $p=0,296$) alors que le score IRM de synovite l'est ($r=0,46$; $p=0,01$).

En ce qui concerne l'étude volumique de l'inflammation synoviale, très peu d'études ont été réalisées au cours de l'arthrose et l'essentiel des données concernent la polyarthrite rhumatoïde où l'on note une très bonne corrélation avec les paramètres histologiques (infiltration de leucocytes, dépôts de fibrine, prolifération vasculaire et la formation de granulome) [90]. Dans l'arthrose, peu d'études ont été réalisées, on peut dissocier deux approches. Premièrement, les études évaluant la synovite sans injection de produit de contraste en utilisant des séquences T2 où la distinction synovite et inflammation graisseuse est difficile [53, 58, 76, 125]. La confrontation histologique réalisée sur 10 prélèvements montre une corrélation uniquement avec l'épaississement synovial. Deuxièmement, pour les études ayant utilisé un produit de contraste [91, 126, 127], une seule a montré une corrélation satisfaisante entre les données inflammatoires IRM et les données histologiques et l'infiltration synoviale ($r=0,46$; $p<0,0001$) sur plus de 100 biopsies synoviales [77].

L'approche volumique de la membrane synoviale a été étudiée principalement par l'équipe d'Østergaard ^[90, 91] dans la polyarthrite rhumatoïde. Dans ses études, Østergaard compare les données synoviales de patients souffrant de rhumatisme inflammatoire chronique à des synoviales de patients souffrant d'arthrose. Il trouve un volume de synovite inférieur dans l'arthrose (5-79cm³) par rapport à la polyarthrite rhumatoïde (4-93 cm³), un score microscopique de 0.25 dans l'arthrose contre 1,25 dans la polyarthrite rhumatoïde et un score macroscopique de 2 dans les deux affections. Nous avons montré récemment (article soumis ^[92]) que le volume de synovite calculé sur des séquences T1 FMP-SPGR d'une durée de 186 secondes est corrélé aux données macroscopiques ($r=0,60$; $p=0,02$). Par rapport au score semi-quantitatif, l'approche volumique de la synovite montre une meilleure corrélation avec la congestion microscopique ($r=0,63$; $p=0,01$) de même que le volume de synovite à rehaussement élevé qui est fortement corrélé à la congestion ($r=0,79$; $p=0,01$). Nous réalisons pour la seconde fois une approche volumique de la synovite arthrosique chez des patients débutant une gonarthrose fémoro-tibiale. Nous avons couplé cette approche volumique de la synoviale à une approche dynamique calculée à partir du taux de rehaussement de la membrane synoviale à 338 secondes. Pour déterminer le taux de rehaussement sur ces séquences injectées à 338 secondes nous avons étudié les données issues de la littérature. Østergaard et coll. ont montré que le calcul du rehaussement de la membrane synoviale est optimal à 5 minutes (300 secondes) ^[89]. Les travaux d' Østergaard et coll. ^[128] et de Tamai et coll. ^[126] ont montré que le taux de rehaussement maximum de la membrane synoviale dans la polyarthrite rhumatoïde est obtenu à 180 secondes et reste stable au cours des 220 secondes suivantes ^[127] avant de décroître de façon progressive. Enfin, Loeuille et coll. ^[92] ont montré une corrélation histologique entre les paramètres de l'inflammation synoviale et la mesure des taux de rehaussement au temps de 186 secondes. Considérant que le taux de rehaussement maximum reste inchangé entre 180 et 400 secondes nous avons pu calculer une vitesse de rehaussement (%/s-1) sur une base de 180 secondes. Nous avons déterminé le volume synovial selon les modalités décrites par Østergaard et coll. ^[90] à partir d'une soustraction des images obtenues sur les séquences 3-D écho de gradient avec injection de gadolinium avec celles obtenues sans injection de gadolinium. Seules les structures présentant un seuil de rehaussement supérieur à 45% étaient gardées sur le masque (synovite, vaisseaux, muscles...) puis seule la synovite était segmentée manuellement (NS). Cette segmentation réalisée à deux reprises sur le logiciel Amira 4.1® nécessite pour chaque genou un traitement d'une heure des images.

Les valeurs absolues moyennes et extrêmes du volume de synovite total et en fonction du taux de rehaussement sont comparables à ceux décrits dans la littérature [92, 129, 130]. Toutefois nous trouvons un volume de synovite à faible rehaussement en plus grande quantité que dans les travaux antérieurs 69,5% versus 31%, et un plus faible volume à fort rehaussement 0,5% versus 21% [92]. Ces différences peuvent s'expliquer par la différence d'inflammation synoviale observée entre les deux populations mais également à la technique d'IRM et à l'acquisition plus longue dans cette étude. De façon surprenante nous ne trouvons pas de corrélation entre la synovite fortement rehaussée et la synovite présentant un signal Doppler puissance. La sensibilité du Doppler puissance de l'échographe peut être un autre facteur confondant.

Pour l'évaluation de la synovite [69, 108], les données de la littérature retrouvent une bonne corrélation entre les données échographiques et les données microscopiques [131], arthroscopiques [71] et IRM [12, 107]. Dans la gonarthrose, la synovite a été objectivée en échographie soit par mesure de l'épaississement synovial comparé à l'IRM [12] soit par l'utilisation du Doppler puissance comparé aux données histologiques [131, 132, 133]. Une seule équipe a proposé un protocole échographique d'évaluation systématique du genou pour l'épanchement et la synovite chez les patients hémophiles pour diagnostiquer au mieux les récurrences d'hémarthrose et les synovites réactionnelles préjudiciables pour l'intégrité articulaire [123]. Cette approche est assez similaire à notre étude sauf que les auteurs définissent un grand nombre de plans d'acquisition (36 régions : 13 coupes sagittales et 23 coupes axiales). Nous avons limité l'exploration aux rampes principales (sous-quadriceps, para-patellaire médiale et para-patellaire latérale). L'aspect de la synovite en mode B a fait l'objet d'une gradation parallèle aux travaux réalisés en arthroscopie avec un stade nodulaire considéré comme plus sévère (grade 2) qu'une hypertrophie diffuse (grade 1) [134]. Pour la gradation de la synovite par Doppler puissance, nous avons retenu la classification proposée par Szkudlarek et coll. [72] dans la polyarthrite rhumatoïde et reprise par Song et coll. [107] car elle a l'avantage d'avoir une approche semi-quantitative et non d'être une appréciation globale comme celle utilisée par Newman et coll. [135].

Dans notre travail, nous trouvons une bonne corrélation ($r=0,75$, $p<0,0001$) entre les données échographiques et IRM. La meilleure corrélation est obtenue lorsque l'évaluation de la synovite associe l'aspect en mode B et l'activité en Doppler puissance. Dans la littérature,

trois études ont comparé la synovite échographique aux données IRM. La première menée par Østergaard et coll. en 1995 [12] n'étudiait la synovite que sur le récessus sous-quadricepsal sans Doppler puissance avec un coefficient de corrélation excellent à 0,86. La deuxième étude, était réalisée par Tarhan et coll. [54] en 2003 qui évaluait la synovite sur les trois rampes mais sans Doppler puissance. Enfin, Song et coll. [107] en 2007 étudiaient la synovite sur les trois rampes avec les données Doppler puissance quantifiées sur une échelle à 4 grades comparativement à un nouveau produit de contraste échographique, là aussi une bonne concordance était retrouvée pour le Doppler puissance. A la différence de Song et coll. nous avons comparé les résultats échographiques au score semi-quantitatif d'inflammation synoviale [77] et au volume de synovite rehaussée après injection de gadolinium [90] qui ont tout deux montré une bonne corrélation avec les paramètres histologiques d'inflammation synoviale.

La reproductibilité de nos techniques :

Dans notre travail, la reproductibilité des mesures échographiques n'a pas été évaluée, toutefois les échographies ont été réalisées par un échographiste expérimenté (Pr. D. Loeuille). Les données de la littérature montrent une bonne reproductibilité dans l'acquisition des données échographiques. Un premier travail de Castriota-Scanderbeg et coll. [136] de 1996 mettait en évidence un écart type des mesures au niveau du condyle fémoral de -0.56 à +0.48mm en inter-lecteur et de -0.51 à +0.41mm en intra-lecteur. Un deuxième travail de Spannow et coll. [116] évaluait la reproductibilité en échographie des mesures d'épaisseur du cartilage sur le genou chez des adolescents avec des résultats « surprenants » puisque la différence moyenne avec déviation standard des mesures de l'épaisseur cartilagineuse n'était pas significativement différente entre les médecins expérimentés et non expérimentés : $-0,04 \pm 0,22\text{mm}$ (IC95% -0,13-0,04) et $-0,15 \pm 0,75$ (IC95%-0,47-0,16) respectivement. Le principal facteur de mauvaise reproductibilité des mesures est la différence d'acquisition des coupes anatomiques. Ce biais a été minimisé dans notre travail grâce à une standardisation des plans de coupes. Comme nous l'avons décrit plus haut les mesures du cartilage étaient réalisées sur les mêmes plans de coupes.

Dans ce travail, la lecture chondrométrique a été réalisée dans les conditions optimums auprès du Professeur E. Vignon (CHU Lyon) pour le suivi ultérieur de nos patients. En effet, les données de reproductibilité en chondrométrie du Professeur E. Vignon (CHU Lyon) sont

excellentes à 0,98 au compartiment fémoro-tibial interne [⁹⁶] et à 0,93 au compartiment fémoro-tibial externe [⁹⁷].

La reproductibilité intra et inter-lecteur du score WORMS cartilage et du score IRM du cartilage doivent être prochainement effectuées.

La détermination des volumes cartilagineux est satisfaisante avec un excellent coefficient intra classe à 0,99 ($p < 0,0001$) pour le volume cartilagineux total ainsi que pour les autres surfaces articulaires (volume fémoral, patellaire et tibial externe avec ICC à 0,99 ; 0,98 ; 0,88 respectivement avec $p < 0,0001$) et légèrement moins bon pour le cartilage tibial interne (ICC 0,69 ; $p < 0,0001$). Ainsi a été déterminé la plus petite différence détectable (SDD) à 1,09 pour le volume total (soit 7,7% du volume), 0,63 pour le volume fémoral (7%), 0,58 pour le volume tibial interne (41,4%), 0,48 pour le volume tibial externe (30%) et 0,25 pour le volume patellaire (12,5%) ce qui nous permettra d'évaluer la perte cartilagineuse ultérieurement.

La reproductibilité intra-lecteur du score de WORMS épanchement est excellente avec un kappa à 0,96 (IC95% 0,88-1,00), comme celle du score IRM d'épanchement à 0,87 (IC95% 0,75-0,94 ; $p < 0,0001$). De même nous trouvons un coefficient inter-classe du score IRM d'épanchement à 0,83 (IC95% 0,68-0,92 ; $p < 0,0001$) alors que dans la littérature, la reproductibilité inter-lecteur du WORMS est à 0,74.

La reproductibilité inter-classe du score semi-quantitatif de synovite est excellente à 0,93 (IC95% 0,84-0,97 ; $p < 0,0001$). La reproductibilité des mesures du volume de synovite en intra-classe est excellente $> 0,99$ ($p < 0,0001$) tant pour le volume total qu'en fonction du taux de rehaussement.

Ces différents coefficients de reproductibilité sont au minimum bons voire excellents pour la plupart nous permettant d'étalonner les résultats échographique à des données fiables.

L'objectif de ce travail est de déterminer les outils d'évaluation en imagerie qui pourraient être pertinents et utiles pour l'évaluation des patients souffrant de gonarthrose.

Au niveau structural, le but de cette étude est de positionner l'exploration échographique dans la perspective de pouvoir classer les patients en arthrosiques ou non et de quantifier le tissu cartilagineux (épaisseur du cartilage, scores semi-quantitatifs, volume).

Au niveau inflammatoire, le but de ce travail est de positionner l'échographie dans l'évaluation de l'épanchement et de la synovite par rapport au gold standard qu'est l'IRM pour le classement et la quantification (scores et mesure d'épaisseur).

Tout cela est réalisé pour répondre à une question non encore résolue qu'est le rôle de l'inflammation synoviale dans la perte cartilagineuse des patients souffrant de gonarthrose.

Conclusions

Nous présentons un travail sur 23 patients évalués cliniquement, radiographiquement, par IRM et par échographie. Notre population présente un âge moyen de 58 ans avec un surpoids (IMC moyen=27,7Kg/m²). Seize patients ont une arthrose femoro-tibiale avec un score de Kellgren et Lawrence supérieur ou égal à 2. Nos patients se caractérisent par une arthrose symptomatique (traitée par antalgiques dans 65% des cas) se définissant par les paramètres élevés suivants : EVA-douleur à 47 (0-95), EVA-globale à 63 (5-91), score de Lequesne moyen à 13 (3,5-21) et des domaines douleurs, fonction et raideur du WOMAC > 49/100.

En prenant comme gold standard l'IRM pour l'évaluation structurale, tous nos patients présentent une gonarthrose alors que l'échographie n'en diagnostique que 20 et la radiographie 16. Nous proposons pour la première fois en échographie une évaluation structurale, sur les 7 surfaces articulaires accessibles du genou. Ainsi, 20 patients présentent une arthrose échographique sur au moins une des 7 surfaces articulaires. En prenant comme gold standard le score de WORMS, l'échographie est plus sensible que la radiographie pour détecter les lésions chondrales (sensibilité). Il existe une bonne corrélation entre l'évaluation en grades du cartilage en échographie et le score de WORMS ($r=0,43$; $p=0,042$) et entre les mesures d'épaisseur du cartilage en échographie et le volume cartilagineux ($r=0,47$; $p=0,019$). En ce qui concerne la chondrométrie, une corrélation significative est retrouvée entre la mesure de l'interligne articulaire fémoro-tibiale externe et l'échographie ($r=0,54$; $p=0,0157$).

En ce qui concerne les paramètres d'épanchement et de synovite 14 patients ont un épanchement en IRM (gold standard) alors que 10 épanchements sont retrouvés cliniquement et 13 en échographie (valeur seuil de 4mm). Les corrélations entre l'IRM et l'échographie sont bonnes que se soit pour les grades (en binaire $r=0,59$; $p=0,0021$ ou avec le seuil à 4mm $r=0,73$; $p<0,0001$) et pour les mesures d'épaisseur ($r=0,87$; $p<0,0001$). La sensibilité et la spécificité de l'échographie sont respectivement de 71,4 et 77,8 % avec comme gold standard l'IRM. Pour la synovite, le score semi-quantitatif IRM permet de retenir le diagnostic de synovite active chez 16 patients. En échographie avec un seuil de 4mm, 9 patients ont une

synovite en mode B, 8 patients ont une synovite en mode Doppler puissance et 14 patients ont une synovite en mode B (seuil de 4mm) couplé au mode Doppler puissance. Cette étude montre une bonne corrélation entre le score IRM d'inflammation et l'évaluation échographique de la synovite étudiée simultanément en mode B et en mode Doppler puissance ($r=0,75$; $p<0,0001$).

Dans cette étude, nous confirmons l'existence d'une discordance radio-clinique dans l'arthrose objectivée par l'absence de corrélation entre les paramètres algo-fonctionnels classiques (EVA et Lequesne) ou de qualité de vie et les différentes modalités d'imagerie.

Ces travaux préliminaires montrent que l'examen échographique du genou n'est pas superfétatoire, mais paraît être un outil complémentaire à la radiographie pour l'évaluation structurale et inflammatoire des patients souffrant de gonarthrose. Même si le suivi structural échographique des patients semble être une piste intéressante non encore validée, l'échographie se révèle être un excellent examen pour évaluer l'épanchement et la synovite active par rapport à l'IRM avec des séquences injectées. Ces données nécessiteront d'être confirmées sur une population plus importante et au cours d'un suivi longitudinal pour en évaluer la pertinence, la reproductibilité et la sensibilité au changement. Ces travaux échographiques et IRM ouvrent des perspectives intéressantes sur le rôle de la synovite au cours de la gonarthrose et devrait permettre d'évaluer le rôle délétère de l'inflammation synoviale sur la perte cartilagineuse. Ces résultats permettent de classer les patients souffrant de gonarthrose au cours des études (formes congestives ou non), de quantifier leur épanchement, leur degré d'inflammation synoviale et d'évaluer ainsi de façon plus objective l'impact des traitements locaux ou généraux.

Bibliographie

- ¹ Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis Rheum* 1998;41:1343-55.
- ² Le Pen C, Reygrobelle C, Gerentes I. Financial cost of osteoarthritis in France. The "COART" France study. *Joint Bone Spine*. 2005;72:567-70.
- ³ Felson DT, Mc Laughlin S, Goggins J, Lavalley M, Gale E, Totterman S, Li W, Hill C, Gale D. Bone marrow edema and its relation to progression of knee osteoarthritis. *Ann Intern Med* 2003;139:330-36.
- ⁴ Cicuttini FM, Forbes A, Yuanyuan W, Rush G, Stuckey SL. Rate of knee cartilage loss after partial meniscectomy. *J Rheumatol* 2002;29:1954-6.
- ⁵ Hunter DJ, Zhang YQ, Niu JB, Tu X, Amin S, Clancy M, Guermazi A, Grigorian M, Gale D, Felson DT. The association of meniscal pathologic changes with cartilage loss in symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2006;54:795-801.
- ⁶ Von Porat A, Roos EM, Roos H. High prevalence of osteoarthritis 14 years after an anterior cruciate ligament tear in male soccer players: a study of radiographic and patient relevant outcomes. *Ann Rheum Dis*. 2004;63:269-73.
- ⁷ Hill CL, Seo GS, Gale D, Totterman S, Gale ME, Felson DT. Cruciate ligament integrity in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*. 2005;52:794-9.
- ⁸ Hill CL, Gale DG, Chaisson CE, Skinner K, Kazis L, Gale ME, Felson DT. Knee effusions, popliteal cysts, and synovial thickening: association with knee pain in osteoarthritis. *J Rheumatol*. 2001;28:1330-7.
- ⁹ Hill CL, Gale DR, Chaisson CE, Skinner K, Kazis L, Gale ME, Felson DT. Periarticular lesions detected on magnetic resonance imaging: prevalence in knees with and without symptoms. *Arthritis Rheum*. 2003;48:2836-44.
- ¹⁰ Chary-Valckenaere I, Goebel JC, Champigneulle J, Rat AC, Dinitnger H, Toussaint F, Watrin-Pinzano A, Blum A, Netter P, Gillet P, Pourel J, Loeuille D. Evaluation IRM par trois approches différentes de l'inflammation synoviale dans la gonarthrose: comparaison aux données macroscopiques, microscopiques et cliniques. *Rev Rhum* 2005;72,10-11:P.09.
- ¹¹ Felson DT, Chaisson CE, Hill CL, Totterman SM, Gale ME, Skinner KM, Kazis L, Gale DR. The association of bone marrow lesions with pain in knee osteoarthritis. *Ann Intern Med*. 2001;134:541-9.
- ¹² Østergaard M, Court-Payen M, Gideon P, Wieslander S, Cortsen M, Lorenzen I, Henriksen O. Ultrasonography in arthritis of the knee. A comparison with MR imaging. *Acta Radiol*. 1995;36:19-26.
- ¹³ Khan Z, Faruqi Z, Ogyunbiyi O, Rosset G, Iqbal J. Ultrasound assessment of internal derangement of the knee. *Acta Orthop Belg*. 2006;72:72-6.
- ¹⁴ Hunter J. *An Account of the Dissection of Morbid Bodies* 1759.
- ¹⁵ Heberden W. *Commentaries on the history and cure of disease*. London : T Payne, 1802.
- ¹⁶ Cruveihier J. Observations sur les cartilages diarthrodiaux et les maladies des articulations. *Arch Gen M* 1824;4:161-198.
- ¹⁷ Adams R. *A treatise on rheumatic gout or chronic rheumatic arthritis of all the joints*. London : J Churchill, 1857.
- ¹⁸ Charcot JM. *Leçons cliniques sur les maladies des vieillards et les maladies chroniques*. Paris: Lecrosnier et Babé, 1890.

- ¹⁹ Waldmann, W. Arthritis deformans und chronischer Gelenkrheumatismus. Leipzig, 1884.ca. 20pp. Sammlung Klin. Vorträge herausg. by R.Volkmann no. 238 or.pr.wrps.
- ²⁰ Goldthwait, J.E.The differential diagnosis and treatment of the so-called rheumatoid diseases. (Proceedings) 1904;15:251.
- ²¹ Pommer G über die mikroskopischen Kennzeichen und die Entstehungsbedingungen des Arthritis deformans (nebstrienen Beiträgen zur Kenntnis der Knorpelknötchen). Virchows Arch 1927;263:434-514.
- ²² Jones G, Ding C, Scott F, Glisson M, Cicuttini F. Early radiographic osteoarthritis is associated with substantial changes in cartilage volume and tibial bone surface area in both males and females. Osteoarthritis Cartilage. 2004;12:169-74.
- ²³ Cicuttini F, Ding C, Wluka A, Davis S, Ebeling PR, Jones G. Association of cartilage defects with loss of knee cartilage in healthy, middle-age adults: a prospective study. Arthritis Rheum. 2005;52:2033-9.
- ²⁴ Grassi W, Lamanna G, Farina A, Cervini C. Sonographic imaging of normal and osteoarthritic cartilage. Semin Arthritis Rheum. 1999;28:398-403. Review.
- ²⁵ Brockbank W. The MRI story. Manch Med Gaz. 1969;48(1):4-10.
- ²⁶ Loeuille D, Olivier P, Mainard D, Gillet P, Netter P, Blum A. Review: Magnetic resonance imaging of normal and osteoarthritic cartilage. Arthritis Rheum. 1998;41:963-75. Review.
- ²⁷ Aisen AM, McCune WJ, MacGuire A, Carson PL, Silver TM, Jafri SZ, Martel W. Sonographic evaluation of the cartilage of the knee. Radiology. 1984;153:781-4.
- ²⁸ Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K, Christy W, Cooke TD, Greenwald R, Hochberg M, et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis. Classification of osteoarthritis of the knee. Diagnostic and Therapeutic Criteria Committee of the American Rheumatism Association. Arthritis Rheum. 1986;9:1039-49.
- ²⁹ Mannoni A, Briganti MP, Di Bari M, Ferrucci L, Costanzo S, Serni U, Masotti G, Marchionni N. Epidemiological profile of symptomatic osteoarthritis in older adults: a population based study in Dicomano, Italy. Ann Rheum Dis. 2003;62:576-8.
- ³⁰ Andrianakos AA, Kontelis LK, Karamitsos DG, Aslanidis SI, Georgountzos AI, Kaziolas GO, Pantelidou KV, Vafiadou EV, Dantis PC; ESORDIG Study Group. Prevalence of symptomatic knee, hand, and hip osteoarthritis in Greece. The ESORDIG study. J Rheumatol. 2006;33:2507-13.
- ³¹ Felson DT, Naimark A, Anderson J, Kazis L, Castelli W, Meenan RF. The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. Arthritis Rheum. 1987;30:914-8.
- ³² Felson DT. Epidemiology of the rheumatic diseases. In : McCarty DJ, Koopman WJ eds. Arthritis and allied conditions. 2 vol. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993:17-47.
- ³³ Wilson MG, Michet CJ Jr, Ilstrup DM, Melton LJ 3rd. Idiopathic symptomatic osteoarthritis of the hip and knee: a population-based incidence study. Mayo Clin Proc. 1990;65:1214-21.
- ³⁴ Torg JS, Conrad W, Kalen V. clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. Am. J. Sport. Med. 1976;4:84-91.
- ³⁵ Chevalier X. et Richette P. Cartilage articulaire normal : anatomie, physiologie, métabolisme, vieillissement. Encycl Méd Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris, tous droits réservés), Appareil locomoteur, 14-003-A-10, 2005.
- ³⁶ Chevalier X. Physiopathology of arthrosis. The normal cartilage. Presse Med 1998;27:75-80.
- ³⁷ Clarke IC. Articular cartilage: a review and scanning electron microscope study. 1. The interterritorial fibrillar architecture. J Bone Joint Surg Br. 1971;53:732-50.

-
- ³⁸ Fawns HT, Landells JW. Histochemical studies of rheumatic conditions. I. Observations on the fine structures of the matrix of normal bone and cartilage. *Ann Rheum Dis.* 1953;12:105-13.
- ³⁹ Corvol MT. The chondrocyte: from cell aging to osteoarthritis. *Joint Bone Spine* 2000;67:557-560.
- ⁴⁰ Wu W, Billingham RC, Pidoux I, Antoniou J, Zukor D, Tanzer M, et al. Sites of collagenase cleavage and denaturation of type II collagen in aging and osteoarthritic articular cartilage and their relationship to the distribution of matrix metalloproteinase 1 and matrix metalloproteinase 13. *Arthritis Rheum* 2002;46:2087-2094.
- ⁴¹ Cole AA, Margulis A, Kuettner KE. Distinguishing ankle and knee articular cartilage. *Foot Ankle Clin* 2003;8:305-316.
- ⁴² Hudelmaier M, Glaser C, Hohe J, Englmeier KH, Reiser M, Putz R, et al. Age related changes in the morphology and deformational behavior of knee joint cartilage. *Arthritis Rheum* 2001;44:2556-2561.
- ⁴³ Barland P, Novikoff AB, Hamerman D. Electron microscopy of the human synovial membrane. *J Cell Biol* 1962;14:207-220.
- ⁴⁴ Kellgren JH, Lawrence DM. Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann. Rheum. Dis.* 1957;16:494-502.
- ⁴⁵ Gossec L, Jordan JM, Mazucca SA, Lam MA, Suarez-Almazor ME, Renner JB, Lopez-Olivo MA, Hawker G, Dougados M, Maillefert JF; For the OARSI-OMERACT task force "total articular replacement as outcome measure in OA". Comparative evaluation of three semi-quantitative radiographic grading techniques for knee osteoarthritis in terms of validity and reproducibility in 1759 X-rays: report of the OARSI-OMERACT task force Extended report. *Osteoarthritis Cartilage.* 2008 Apr 14.
- ⁴⁶ Piperno M, Hellio Le Graverand MP, Conrozier T, Bochu M, Mathieu P, Vignon E. Quantitative evaluation of joint space width in femorotibial osteoarthritis: comparison of three radiographic views. *Osteoarthritis Cartilage.* 1998;6:252-9.
- ⁴⁷ Ravaud P, Gireaudeau B, Audeley GR, Drape JL, Rousselin B, Paolozzi L, Chastang C, Dougados M. Variability in knee radiographing: implication for definition of radiographical progression in medial knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 1998;57:624-9.
- ⁴⁸ Lehner KB, Rechl HP, Gmeinwieser JK, Heuck AF, Lukas HP, Kohl HP. Structure, function, and degeneration of bovine hyaline cartilage: assessment with MR imaging *in vitro*. *Radiology* 1989;170:495-9.
- ⁴⁹ Modl JM, Sether LA, Haughton VM, Kneeland JB. Articular cartilage: correlation of histologic zones with signal intensity at MR imaging. *Radiology* 1991;181:853-5.
- ⁵⁰ Olivier P, Loeuille D*, Watrin A, Walter F, Etienne S, Netter P, Gillet P, Blum A. Structural evaluation of articular cartilage: potential contribution of MR techniques used in clinical practice. *Arthritis Rheum* 2001;44:2285-2295 (* equal contribution).
- ⁵¹ Peterfy CG, van Dijke CF, Janzen DL, Gluer CC, Namba R, Majumdar S, Lang P, Genant HK. Quantification of articular cartilage in the knee with pulsed saturation transfer subtraction and fat-suppressed MR imaging: optimization and validation. *Radiology.* 1994;192:485-91.
- ⁵² Burgkart R, Glaser C, Hyhlik-Durr A, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. Magnetic resonance imaging-based assessment of cartilage loss in severe osteoarthritis: accuracy, precision, and diagnostic value. *Arthritis Rheum* 2001;44:2072-7.
- ⁵³ Fernandez-Madrid F, Karvonen RL, Teitge RA, Miller PR, An T, Negendank WG. Synovial thickening detected by MR imaging in osteoarthritis of the knee confirmed by biopsy as synovitis. *Magn Reson Imaging.* 1995;13:177-83.
- ⁵⁴ Tarhan S, Unlu Z. Magnetic resonance imaging and ultrasonographic evaluation of the patients with knee osteoarthritis: a comparative study. *Clin Rheumatol.* 2003;22:181-8.
- ⁵⁵ Pelletier JP, Martel-Pelletier J, Abramson SB. Osteoarthritis, an inflammatory disease: potential implication for the selection of new therapeutic targets. *Arthritis Rheum.* 2001;44:1237-47.

-
- ⁵⁶ Benito MJ, Veale DJ, FitzGerald O, van den Berg WB, Bresnihan B. Synovial tissue inflammation in early and late osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2005;64:1263-7.
- ⁵⁷ Hayes CW, Jamadar DA, Welch GW, Jannausch ML, Lachance LL, Capul DC, Sowers MR. Osteoarthritis of the knee: comparison of MR imaging findings with radiographic severity measurements and pain in middle-aged women. *Radiology*. 2005;237:998-1007.
- ⁵⁸ Hill CL, Hunter DJ, Niu J, Clancy M, Guermazi A, Genant H, Gale D, Grainger A, Conaghan P, Felson DT. Synovitis detected on magnetic resonance imaging and its relation to pain and cartilage loss in knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2007;66:1599-603.
- ⁵⁹ Ayral X, Pickering EH, Woodworth TG, Mackillop N, Dougados M. Synovitis: a potential predictive factor of structural progression of medial tibiofemoral knee osteoarthritis -- results of a 1 year longitudinal arthroscopic study in 422 patients. *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13:361-7.
- ⁶⁰ Bergman AG, Willen HK, Lindstrand AL, Pettersson HT. Osteoarthritis of the knee: correlation of subchondral MR signal abnormalities with histopathologic and radiographic features. *Skeletal Radiol*. 1994;23:445-8.
- ⁶¹ Zanetti M, Bruder E, Romero J, Hodler J. Bone marrow edema pattern in osteoarthritic knees: correlation between MR imaging and histologic findings. *Radiology* 2000;215:835-40.
- ⁶² Lo GH, Zhang Y, LaValley MP, Niu J, Clancy M, Goggins J, Peterfy C, Genant HK, Felson D. Enlarging bone marrow lesions predict enlarging osteophytes. *Arthritis Rheum* 2005;52, 9S:S69.
- ⁶³ Raynaud JP, Martel-Pelletier J, Berthiaume MJ, Beaudoin G, Choquette D, Haraoui B, Tannenbaum H, Meyer JM, Beary JF, Cline GA, Pelletier JP. Long term evaluation of disease progression through the quantitative magnetic resonance imaging of symptomatic knee osteoarthritis patients: correlation with clinical symptoms and radiographic changes. *Arthritis Res Ther*. 2006;8:R21.
- ⁶⁴ Hodler J, Haghighi P, Pathria MN, Trudell D, Resnick D. Meniscal changes in the elderly: correlation of MR imaging and histologic findings. *Radiology*. 1992;184:221-5.
- ⁶⁵ Gillquist J, Messner K. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sports Med*. 1999;27:143-56. Review.
- ⁶⁶ Amin S, Guermazi A, Lavalley MP, Niu J, Clancy M, Hunter DJ, Grigoryan M, Felson DT. Complete anterior cruciate ligament tear and the risk for cartilage loss and progression of symptoms in men and women with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2008 Jan 17.
- ⁶⁷ D'Agostino MA, Maillefert JF, Said-Nahal R, Breban M, Ravaud P, Dougados M. Detection of small joints synovitis by ultrasonography: the learning curve of rheumatologists. *Ann Rheum Dis* 2004;63:1284-7.
- ⁶⁸ Tsai CY, Lee CL, Chai CY, Chen CH, Su JY, Huang HT, Huang MH. The validity of in vitro ultrasonographic grading of osteoarthritic femoral condylar cartilage--a comparison with histologic grading. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007;15:245-50.
- ⁶⁹ D'Agostino MA, Conaghan P, Le Bars M, Baron G, Grassi W, Martin-Mola E, Wakefield RJ, Brasseur JL, So A, Backhaus M, Malaise M, Burmester G, Schidely N, Ravaud P, Dougados M, Emery P. EULAR report on the use of ultrasonography in painful knee osteoarthritis. Part 1: prevalence of inflammation in osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 2005;64:1703-9.
- ⁷⁰ Kane D, Balint PV, Sturrock RD. Ultrasonography is superior to clinical examination in the detection and localization of knee joint effusion in rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 2003;30:966-71.
- ⁷¹ Karim Z, Wakefield RJ, Quinn M, Conaghan PG, Brown AK, et al. Validation and reproducibility of ultrasonography in the detection of synovitis in the knee: a comparison with arthroscopy and clinical examination. *Arthritis Rheum* 2004;50:387-94.

-
- ⁷² Szkudlarek M, Narvestad E, Klarlund M et al. Ultrasonography of the metatarsophalangeal joints in rheumatoid arthritis, compared with magnetic resonance, conventional radiography and clinical examination. *Arthritis Rheum* 2004;50:2103-2112.
- ⁷³ Walther M, Harms H, Krenn V, Radke S, Faehndrich TP, et al. Correlation of power Doppler sonography with vascularity of the synovial tissue of the knee joint in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 2001;44:331-8.
- ⁷⁴ Fam AG, Wilson SR, Holmberg S. Ultrasound evaluation of popliteal cysts on osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 1982;9:428-34.
- ⁷⁵ Ward EE, Jacobson JA, Fessell DP, Hayes CW, van Holsbeeck M. Sonographic detection of Baker's cysts: comparison with MR imaging. *Am J Roentgenol* 2001; 176:373-80.
- ⁷⁶ Peterfy CG, Guermazi A, Zaim S, Tirman PFJ, Miaux Y, White D, Kothari M, Lu Y, Fye K, Zhao S, Genant HK. Whole-organ magnetic resonance imaging score (WORMS) of the knee in osteoarthritis. *Osteoarthritis cartilage* 2004;12:177-80.
- ⁷⁷ Loeuille D, Chary-Valckenaere I, Champigneulle J, Rat AC, Toussaint F, Pinzano-Watrin A, , Goebel JC, Mainard D, Blum A, Pourel J, Netter P, Gillet P. Macroscopic and Microscopic Features of Synovial Membrane Inflammation in the Osteoarthritic Knee Correlating Magnetic Resonance Imaging Findings with Disease Severity. *Arthritis Rheum* 2005;52:3492-3501.
- ⁷⁸ Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol*. 1988;15:1833-40.
- ⁷⁹ Rat AC, Coste J, Pouchot J, Baumann M, Spitz E, Retel-Rude N, Le Quintrec JS, Dumont-Fischer D, Guillemin F. OAKHQOL: a new instrument to measure quality of life in knee and hip osteoarthritis. *J Clin Epidemiol*. 2005;58:47-55.
- ⁸⁰ Leplege A, Ecosse E, Verdier A, Perneger TV. The French SF-36 Health Survey: translation, cultural adaptation and preliminary psychometric evaluation. *J Clin Epidemiol*. 1998;51:1013-23.
- ⁸¹ Hawker G, Melfi C, Paul J, Green R, Bombardier C. Comparison of a generic (SF-36) and a disease specific (WOMAC) (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) instrument in the measurement of outcomes after knee replacement surgery. *J Rheumatol*. 1995;22:1193-6.
- ⁸² Lequesne MG, Mery C, Samson M, Gerard P. Indexes of severity for osteoarthritis of the hip and knee. Validation-value in comparison with other assessment tests. *Scand J Rheumatol Suppl*. 1987;65:85-9. Erratum in: *Scand J Rheumatol* 1988;17:following 241. *Scand J Rheumatol Suppl* 1988;73:1.
- ⁸³ Conrozier T, Mathieu P, Piperno M, Favret H, Colson F, Vignon M, Conrozier S, Vignon E. Selection of knee radiographs for trials of structure-modifying drugs in patients with knee osteoarthritis: a prospective, longitudinal study of Lyon Schuss knee radiographs with the definition of adequate alignment of the medial tibial plateau. *Arthritis Rheum*. 2005;52:1411-7.
- ⁸⁴ Glaser C, Burgkart R, Kutschera A, Englmeier KH, Reiser M, Eckstein F. Femoro-tibial cartilage metrics from coronal MR image data: Technique, test-retest reproducibility, and findings in osteoarthritis. *Magn Reson Med*. 2003;50:1229-36.
- ⁸⁵ Eckstein F, Tieschky M, Faber SC, Haubner M, Kolem H, Englmeier KH, Reiser M. Effect of physical exercise on cartilage volume and thickness in vivo: MR imaging study. *Radiology* 1998;207:243-8.
- ⁸⁶ Loeuille D, Perard D, Mainard D, Gillet P, Pourel J, Netter P, Blum A. MRI quantitative score of knee articular cartilage correlated to the SFA-arthroscopic score . 63rd National Scientific Meeting of the American College of Rheumatology, Boston, 13-17 Novembre 1999. *Arthritis and Rheumatism*, 1999, 42, S146.
- ⁸⁷ Loeuille D, Saulière N*, Champigneulle J, Blum A, Rat AC, Chary-Valckenaere I. What is the most accurate MRI approach to assess synovitis and/or effusion in knee OA? (*equal contribution) [abstract ACR 2008].

-
- ⁸⁸ Hunter DJ, Lo GH, Gale D, Grainger AJ, Guermazi A, Conaghan PG. The reliability of a new scoring system for knee osteoarthritis MRI and the validity of bone marrow lesion assessment: BLOKS (Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score). *Ann Rheum Dis*. 2008;67:206-11.
- ⁸⁹ Østergaard M, Klarlund M. Importance of timing of post-contrast MRI in rheumatoid arthritis: what happens during the first 60 minutes after IV gadolinium-DTPA? *Ann Rheum Dis*. 2001;60:1050-4.
- ⁹⁰ Østergaard M, Stoltenberg M, Lovgreen-Nielsen P, Volck B, Jensen CH, Lorenzen I. Magnetic resonance imaging-determined synovial membrane and joint effusion volumes in rheumatoid arthritis and osteoarthritis: comparison with the macroscopic and microscopic appearance of the synovium. *Arthritis Rheum* 1997;40:1856-67.
- ⁹¹ Østergaard M, Stoltenberg M, Løvgreen-Nielsen P, Volck B, Sonne-Holm S, Lorenzen I. Quantification of synovitis by MRI: correlation between dynamic and static gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging and microscopic and macroscopic signs of synovial inflammation. *Magn Reson Imaging*. 1998;16:743-54.
- ⁹² Loeuille D, Rat AC*, Goebel JC, Champigneulle J, Blum A, Netter P, Gillet P, Chary-Valckenaere I. Magnetic resonance imaging in osteoarthritis: which method best reflects synovial membrane inflammation? Correlations with clinical, macroscopic and microscopic features. (*equal contribution) [sous presse].
- ⁹³ Joshua F, Edmonds J, Lassere M. Power Doppler ultrasound in musculoskeletal disease: a systematic review. *Semin Arthritis Rheum*. 2006;36:99-108. Review.
- ⁹⁴ Backhaus M, Burmester GR, Gerber T, Grassi W, Machold KP, Swen WA, Wakefield RJ, Manger B; Working Group for Musculoskeletal Ultrasound in the EULAR Standing Committee on International Clinical Studies including Therapeutic Trials. Guidelines for musculoskeletal ultrasound in rheumatology. *Ann Rheum Dis*. 2001;60:641-9.
- ⁹⁵ Wakefield RJ, Balint PV, Szkudlarek M, Filippucci E, Backhaus M, D'Agostino MA, Sanchez EN, Iagnocco A, Schmidt WA, Bruyn GA, Kane D, O'Connor PJ, Manger B, Joshua F, Koski J, Grassi W, Lassere MN, Swen N, Kainberger F, Klauser A, Østergaard M, Brown AK, Machold KP, Conaghan PG; OMERACT 7 Special Interest Group. Musculoskeletal ultrasound including definitions for ultrasonographic pathology. *J Rheumatol*. 2005;32:2485-7. Erratum in: *J Rheumatol*. 2006;33:440.
- ⁹⁶ Vignon E, Piperno M, Le Graverand MP, Mazzuca SA, Brandt KD, Mathieu P, Favret H, Vignon M, Merle-Vincent F, Conrozier T. Measurement of radiographic joint space width in the tibiofemoral compartment of the osteoarthritic knee: comparison of standing anteroposterior and Lyon schuss views. *Arthritis Rheum*. 2003;48:378-84.
- ⁹⁷ Merle-Vincent F, Vignon E, Brandt K, Piperno M, Coury-Lucas F, Conrozier T, Mathieu P, Hellio Le Graverand MP. Superiority of the Lyon schuss view over the standing anteroposterior view for detecting joint space narrowing, especially in the lateral tibiofemoral compartment, in early knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2007;66:747-53.
- ⁹⁸ Hannan MT, Felson DT, Anderson JJ, Naimark A, Kannel WB. Estrogen use and radiographic osteoarthritis of the knee in women. The Framingham Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum*. 1990;33:525-32.
- ⁹⁹ Manek NJ, Hart D, Spector TD, MacGregor AJ. The association of body mass index and osteoarthritis of the knee joint : an examination of genetic and environmental influences. *Arthritis Rheum* 2003; 48:1024-9.
- ¹⁰⁰ Cooper C, Snow S, McAlindon TE, Kellingray S, Stuart B, Coggon D, Dieppe PA. Risk factors for the incidence and progression of radiographic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2000;43:995-1000.
- ¹⁰¹ Merle-Vincent F, Couris CM, Schott AM, Perier M, Conrozier S, Conrozier T, Piperno M, Mathieu P, Vignon E. Cross-sectional study of pain and disability at knee replacement surgery for osteoarthritis in 299 patients. *Joint Bone Spine*. 2007;74:612-6.
- ¹⁰² Wluka AE, Wolfe R, Stuckey S, Cicuttini FM. How does tibial cartilage volume relate to symptoms in subjects with knee osteoarthritis? *Ann Rheum Dis*. 2004;63:264-8.

- ¹⁰³ Kornaat PR, Bloem JL, Ceulemans RY, Riyazi N, Rosendaal FR, Nelissen RG, Carter WO, Hellio Le Graverand MP, Kloppenburg M. Osteoarthritis of the knee: association between clinical features and MR imaging findings. *Radiology*. 2006;239:811-7.
- ¹⁰⁴ Torres L, Dunlop DD, Peterfy C, Guermazi A, Prasad P, Hayes KW, Song J, Cahue S, Chang A, Marshall M, Sharma L. The relationship between specific tissue lesions and pain severity in persons with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14:1033-40.
- ¹⁰⁵ Naredo E, Cabero F, Palop MJ, Collado P, Cruz A, Crespo M. Ultrasonographic findings in knee osteoarthritis: a comparative study with clinical and radiographic assessment. *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13:568-74.
- ¹⁰⁶ de Miguel Mendieta E, Cobo Ibanez T, Uson Jaeger J, Bonilla Hernan G, Martin Mola E. Clinical and ultrasonographic findings related to knee pain in osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14:540-4.
- ¹⁰⁷ Song IH, Althoff CE, Hermann KG, Scheel AK, Knetsch T, Schoenharting M, Werner C, Burmester GR, Backhaus M. Knee Osteoarthritis Efficacy of a new method of contrast-enhanced musculoskeletal ultrasonography in detection of synovitis in patients with knee osteoarthritis in comparison with magnetic resonance imaging. *Ann Rheum Dis*. 2007 May 14.
- ¹⁰⁸ Kristoffersen H, Torp-Pedersen S, Terslev L, Qvistgaard E, Holm CC, Ellegaard K, Bliddal H. Indications of inflammation visualized by ultrasound in osteoarthritis of the knee. *Acta Radiol*. 2006;47:281-6.
- ¹⁰⁹ Heron CW, Calvert PT. Three-dimensional gradient-echo MR imaging of the knee: comparison with arthroscopy in 100 patients. *Radiology*. 1992;183:839-44.
- ¹¹⁰ Disler DG, McCauley TR, Wirth CR, Fuchs MD. Detection of knee hyaline cartilage defects using fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo MR imaging: comparison with standard MR imaging and correlation with arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol*. 1995;165:377-82.
- ¹¹¹ Karantanas AH, Zibis AH, Kitsoulis P. Fat-suppressed 3D-T1-weighted-echo planar imaging: comparison with fat-suppressed 3D-T1-weighted-gradient echo in imaging the cartilage of the knee. *Comput Med Imaging Graph*. 2002;26:159-65.
- ¹¹² Eckstein F, Schnier M, Haubner M, Priebsch J, Glaser C, Englmeier KH, Reiser M. Accuracy of cartilage volume and thickness measurements with magnetic resonance imaging. *Clin Orthop Relat Res*. 1998;:137-48.
- ¹¹³ Cicuttini F, Forbes A, Morris K, Darling S, Bailey M, Stuckey S. Gender differences in knee cartilage volume as measured by magnetic resonance imaging. *Osteoarthritis Cartilage*. 1999;7:265-71.
- ¹¹⁴ Hattori K, Ikeuchi K, Morita Y, Takakura Y. Quantitative ultrasonic assessment for detecting microscopic cartilage damage in osteoarthritis. *Arthritis Res Ther*. 2005;7:R38-46.
- ¹¹⁵ Saarakkala S, Laasanen MS, Jurvelin JS, Toyras J. Quantitative ultrasound imaging detects degenerative changes in articular cartilage surface and subchondral bone. *Phys Med Biol*. 2006;51:5333-46.
- ¹¹⁶ Spannow AH, Stenboeg E, Pfeiffer-Jensen M, Herlin T. Ultrasound measurement of joint cartilage thickness in large and small joints in healthy children: a clinical pilot study assessing observer variability. *Pediatr Rheumatol Online J*. 2007;5:3.
- ¹¹⁷ Jonsson K, Buckwalter K, Helvie M, Niklason L, Martel W. Precision of hyaline cartilage thickness measurements. *Acta Radiol*. 1992;33:234-9.
- ¹¹⁸ Disler DG, Raymond E, May DA, Wayne JS, McCauley TR. Articular cartilage defects: in vitro evaluation of accuracy and interobserver reliability for detection and grading with US. *Radiology*. 2000;215:846-51.
- ¹¹⁹ Mathiesen O, Konradsen L, Torp-Pedersen S, Jørgensen U. Ultrasonography and articular cartilage defects in the knee: an in vitro evaluation of the accuracy of cartilage thickness and defect size assessment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2004;12:440-3.

- ¹²⁰ El-Miedany YM., Housny LH, Mansour HM., Mourad HG., Mehanna AMN., Monier A. Megeed. Ultrasound versus MRI in the evaluation of juvenile idiopathic arthritis of the knee. *Joint Bone Spine*. 2001; 68 : 222-30.
- ¹²¹ Kornaat PR, Ceulemans RY, Kroon HM, Riyazi N, Kloppenburg M, Carter WO, Woodworth TG, Bloem JL. MRI assessment of knee osteoarthritis: Knee Osteoarthritis Scoring System (KOSS)--inter-observer and intra-observer reproducibility of a compartment-based scoring system. *Skeletal Radiol*. 2005;34:95-102.
- ¹²² Hunter DJ, Lo GH, Gale D, Grainger AJ, Guermazi A, Conaghan PG. The reliability of a new scoring system for knee osteoarthritis MRI and the validity of bone marrow lesion assessment: BLOKS (Boston Leeds Osteoarthritis Knee Score). *Ann Rheum Dis*. 2008;67:206-11.
- ¹²³ Zukotynski K, Jarrin J, Babyn PS, Carcao M, Pazmino-Canizares J, Stain AM, Doria AS. Sonography for assessment of haemophilic arthropathy in children: a systematic protocol. *Haemophilia*. 2007;13:293-304.
- ¹²⁴ Hunter DJ, Conaghan PG, Peterfy CG, Bloch D, Guermazi A, Woodworth T, Stevens R, Genant HK. Responsiveness, effect size, and smallest detectable difference of Magnetic Resonance Imaging in knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2006;14 Suppl A:A112-5.
- ¹²⁵ Fernandez-Madrid F, Karvonen RL, Teitge RA, Miller PR, Negendank WG. MR features of osteoarthritis of the knee. *Magn Reson Imaging* 1994;12:703-9.
- ¹²⁶ Tamai K, Yamato M, Yamaguchi T, Ohno W. Dynamic magnetic resonance imaging for the evaluation of synovitis in patients with rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum*. 1994;37:1151-7.
- ¹²⁷ Cimmino MA, Innocenti S, Livrone F, Magnaguagno F, Silvestri E, Garlaschi G. Dynamic gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of the wrist in patients with rheumatoid arthritis can discriminate active from inactive disease. *Arthritis Rheum*. 2003;48:1207-13.
- ¹²⁸ Østergaard M, Lorenzen I, Henriksen O. Dynamic gadolinium-enhanced MR imaging in active and inactive immunoinflammatory gonarthrosis. *Acta Radiol*. 1994;35:275-81.
- ¹²⁹ Østergaard M, Gideon P, Henriksen O, Lorenzen I. Synovial volume--a marker of disease severity in rheumatoid arthritis? Quantification by MRI. *Scand J Rheumatol*. 1994;23:197-202.
- ¹³⁰ Rhodes LA, Keenan AM, Grainger AJ, Emery P, McGonagle D, Conaghan PG. The relationship between limited MRI section analyses and volumetric assessment of synovitis in knee osteoarthritis. *Clin Radiol*. 2005;60:1295-9.
- ¹³¹ Schmidt WA, Volker L, Zacher J, Schlafke M, Ruhnke M, Gromnica-Ihle E. Colour Doppler ultrasonography to detect pannus in knee joint synovitis. *Clin Exp Rheumatol*. 2000;18:439-44.
- ¹³² Koski JM, Saarakkala S, Helle M, Hakulinen U, Heikkinen JO, Hermunen H. Power Doppler ultrasonography and synovitis. Correlating ultrasound imaging to histopathological findings and evaluating performance of the ultrasound equipments. *Ann Rheum Dis*. 2006;65:1590-5.
- ¹³³ Walther M, Harms H, Krenn V, Radke S, Faehndrich TP, Gohlke F. Correlation of power Doppler sonography with vascularity of the synovial tissue of the knee joint in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum*. 2001;44:331-8.
- ¹³⁴ Beguin JA, Heron JF, Sabatier JP, Locker B, Souquieres G. [Arthroscopy of the knee. Diagnostic value. 1005 cases]. *Nouv Presse Med*. 1982;11:3619-21.
- ¹³⁵ Newman JS, Laing TJ, McCarthy CJ, Adler RS. Power Doppler sonography of synovitis: assessment of therapeutic response--preliminary observations. *Radiology*. 1996;198:582-4.
- ¹³⁶ Castriota-Scanderbeg A., De Micheli V., Scarale MG., Bonetti MG., Cammisa M. Precision of sonographic measurement of articular cartilage: inter- and intraobserver analysis. *Skeletal Radiol*. 1996;25:545-9.

Annexe

Information et consentement pour le protocole CHONDROLYSE

Je soussigné(e) :
Né(e) le :
demeurant à :
Déclare accepter de participer volontairement à un suivi par IRM de mon arthrose du genou, sachant que la possibilité m'est toutefois donnée de revenir sur ma décision. Mon éventuel refus d'y participer n'aurait aucune conséquence sur les soins qui me seront dispensés.

Trois IRM ainsi que trois examens radiographiques seront réalisés tous les six mois pendant un an. Les informations obtenues permettront d'adapter la prise en charge thérapeutique de ma maladie. Cet examen est réalisé en externe dans le service d'Imagerie Guilloz du Professeur Alain BLUM et je serai systématiquement revu en hospitalisation de jour dans le service de Rhumatologie par le Professeur Damien LOEUILLE ou l'un de ses assistants. Au cours de cette hospitalisation, un examen clinique, un recueil d'informations (questionnaires), un bilan biologique et un examen échographique du genou seront effectués.

Les données IRM et échographiques obtenues permettront de mieux comprendre l'origine de mes douleurs liées à ma maladie.

J'ai été informé de la nature du projet de recherche, de ses objectifs et de ses contraintes ainsi que des bénéfices à participer à cette étude.

Le
Signature du patient précédée
de la mention « lu et approuvé »

Le
Signature du médecin donnant
l'information précédée
de la mention « lu et approuvé »

En cas d'empêchement, nous vous demandons de bien vouloir nous prévenir en Rhumatologie au : 03.83.15.31.93 et d'informer également le service d'imagerie Guilloz au : 03.83.85.18.11.

VU

NANCY, le 11 juillet 2008

Le Président de Thèse

Professeur J. POUREL

NANCY, le 21 juillet 2008

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Par délégation

Mme le Professeur M.C. BÉNÉ

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE

NANCY, le 28 juillet 2008

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY 1

Professeur J.P. FINANCE

Evaluation structurale et inflammatoire (épanchement et synovite) par échographie dans la gonarthrose : comparaison aux données cliniques, radiographiques et IRM

RÉSUMÉ DE LA THÈSE

Dans l'arthrose, la radiographie est l'examen de référence en pratique clinique mais demeure peu sensible par rapport à l'IRM pour détecter les lésions cartilagineuses précoces et abarticulaires. Nous proposons pour la première fois une évaluation échographique complète du genou arthrosique comportant une exploration du cartilage fémoral, de l'épanchement et de l'inflammation synoviale. Les données échographiques obtenues chez 23 patients, ont été comparées aux données cliniques, radiographiques et IRM. Au niveau structural, 16 patients sont arthrosiques sur le plan radiographique, 20 en échographie et 23 en IRM. L'évaluation structurale réalisée pour la première fois sur 7 régions d'intérêts (4 sur les condyles et 3 sur la trochlée) permet une étude qualitative et quantitative des surfaces articulaires accessibles. Les premiers résultats montrent l'absence de corrélation entre la sévérité de l'arthrose (toutes modalités d'imagerie confondues) et la douleur et/ou l'handicap. En considérant l'IRM comme technique de référence, l'échographie est moyennement corrélée à l'IRM pour l'évaluation du cartilage ($r=0,43$; $p<0,05$). Pour la radiographie la corrélation est faible pour le compartiment interne ($r=0,39$; $p=0,0644$) et meilleure pour le compartiment externe ($r=0,68$; $p=0,0001$). Sur le plan inflammatoire, 10 patients présentent un épanchement articulaire à l'examen clinique, 13 en échographie et 14 en IRM. Aucune corrélation n'est observée entre l'épanchement articulaire ou la synovite (toutes modalités d'imagerie confondues) et la douleur et/ou l'handicap. En revanche l'évaluation de l'épanchement ($r=0,73$; $p<0,0001$) et de la synovite ($r=0,75$; $p<0,0001$) se révèle performante par échographie. En conclusion, l'échographie se positionne comme une alternative complémentaire à la radiographie dans l'évaluation structurale et se révèle bien corrélée à l'IRM dans l'évaluation de l'épanchement et de l'inflammation synoviale au cours de la gonarthrose.

TITRE EN ANGLAIS

Structural and inflammatory (joint effusion and synovitis) assessments of osteoarthritic knee by ultrasonography: comparison to clinical, radiographical and MRI data

RÉSUMÉ DE LA THÈSE EN ANGLAIS

In osteoarthritis (OA), X-rays are usually considered as the gold standard in clinical practice but they are a lot less sensitive than MRI in detecting early cartilage lesions and abarticular abnormalities. However, MRI is time consuming and expensive. Here, we studied for the first time the performances of an ultrasound (US) examination of knee OA: cartilage lesions in femoral condyles, joint effusion and synovial membrane inflammation were assessed with this technique. US data from 23 patients suffering from knee OA were compared to clinical and imaging data (X-rays and MRI). Sixteen patients had an OA diagnosis according to X-rays, 20 according to US and 23 according to MRI. No correlation was found between cartilage damages, joint effusion and synovitis and pain or disability (for all imaging technique). Correlations between MRI and US data were moderate for cartilage damages ($r=0.43$; $p<0.05$) and joint effusion ($r=0.73$; $p<0.0001$), and good for synovial inflammation ($r=0.75$; $p<0.0001$). In comparison, correlations between structural damages seen in X-rays and MRI were moderate to good for medial and lateral tibio-femoral compartment: $r=0.39$ and $r=0.68$ ($p<0.05$) respectively. In conclusion, in knee OA, US is a valuable imaging technique and could be advantageously added to X-ray evaluation to assess cartilage and abarticular lesions (joint effusion and synovial inflammation).

THÈSE : MÉDECINE SPÉCIALISÉE RHUMATOLOGIE - ANNÉE 2007-2008

MOTS CLEFS : Arthrose, Genou, Echographie, IRM, Cartilage, Epanchement, Synovite

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'U.F.R. :

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex