HAL
open science

Évaluation de l'impact de l'ultra trail sur l'articulation du genou par IRM : une étude pilote

Thibault Della Rosa

▶ **To cite this version:**

Thibault Della Rosa. Évaluation de l'impact de l'ultra trail sur l'articulation du genou par IRM : une étude pilote. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03184047

HAL Id: dumas-03184047

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03184047

Submitted on 29 Mar 2021

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.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de l'archive ouverte DUMAS (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter la page de DUMAS présentant le document. Si l'auteur l'a autorisé, son adresse mail apparaîtra lorsque vous cliquerez sur le bouton « Détails » (à droite du nom).

Dans le cas contraire, vous pouvez consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

UFR DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Année : 2021

EVALUATION DE L'IMPACT DE L'ULTRA TRAIL SUR L'ARTICULATION DU GENOU PAR IRM : UNE ETUDE PILOTE

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DIPLÔME D'ÉTAT

Thibault DELLA ROSA

[Données à caractère personnel]

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Le : 26/03/2021

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury :

M. le Professeur Jérôme TONETTI

Membres :

M. le Professeur Régis PAILHE (directeur de thèse)

M. le Docteur Stéphane DOUTRELEAU

M. le Docteur Brice RUBENS DUVAL

M. le Docteur Pierre CHAPUIS

M. le Docteur Éric MONTBARBON

L'UFR de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.

UGA FACULTÉ DE MÉDECINE Université Grenoble Alpes

Doyen de la Faculté : **Pr. Patrice MORAND**

Année 2020-2021

ENSEIGNANTS DE L'UFR DE MEDECINE

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH	APTEL Florent	Ophtalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
MCF Ass.MG	BENDAMENE Farouk	Médecine Générale
PU-PH	BENHAMOU Pierre-Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
PU-PH	BLAISE Sophie	Chirurgie vasculaire ; **médecine vasculaire**
PR Ass. Méd.	BOILLOT Bernard	
MCU-PH	BOISSET Sandrine	**Bactériologie-virologie** ; Hygiène hospitalière
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Nutrition
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PR Ass.MG	BOUCHAUD Jacques	Médecine Générale
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	**Médecine interne** ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
MCU-PH	BOUSSAT Bastien	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	BOUZAT Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH émérite	BRAMBILLA Christian	Pneumologie
PU-PH émérite	BRAMBILLA Elisabeth	Anatomie et cytologie pathologiques
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	**Thérapeutique-médecine de la douleur** ; Addictologie
PU-PH émérite	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH émérite	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PR Ass.MG	CARRILLO Yannick	Médecine Générale
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
MCF Ass.MG	CHAMBOREDON Benoît	Médecine Générale
PU-PH	CHARLES Julie	Dermato-vénéréologie
MCF Ass.MG	CHAUVET Marion	Médecine Générale
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	**CHIQUET Christophe**	**Ophtalmologie**
PU-PH	**CHIRICA Mircea**	**Chirurgie viscérale et digestive**
PU-PH	**CINQUIN Philippe**	**Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**
MCU-PH	**CLAVARINO Giovanna**	**Immunologie**
PU-PH	**COHEN Olivier**	**Histologie, embryologie et cytogénétique**
PU-PH	**COURVOISIER Aurélien**	**Chirurgie infantile**
PU-PH	**COUTTON Charles**	**Génétique**
PU-PH	**COUTURIER Pascal**	Médecine interne ; **gériatrie et biologie du vieillissement** ; addictologie
PU-PH	**CRACOWSKI Jean-Luc**	Pharmacologie fondamentale ; **pharmacologie clinique** ; addictologie
PU-PH	**DEBATY Guillaume**	**Médecine d'Urgence**
PU-PH	**DEBILLON Thierry**	**Pédiatrie**
PU-PH	**DECAENS Thomas**	**Gastroentérologie ; hépatologie** ; addictologie
PR Ass. Méd.	**DEFAYE Pascal**	**Cardiologie**
PU-PH	**DEGANO Bruno**	**Pneumologie** ; addictologie
PU-PH	**DEMATTEIS Maurice**	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; **addictologie**
PU-PH émérite	**DEMONGEOT Jacques**	**Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**
MCU-PH	**DERANSART Colin**	**Physiologie**
PU-PH	**DESCOTES Jean-Luc**	**Urologie**
PU-PH	**DETANTE Olivier**	**Neurologie**
MCU-PH	**DIETERICH Klaus**	**Génétique**
MCU-PH	**DOUTRELEAU Stéphane**	**Physiologie**
MCU-PH	**DUMESTRE-PERARD Chantal**	**Immunologie**
PU-PH	**EPAULARD Olivier**	**Maladies infectieuses ; Maladies tropicales**
PU-PH	**ESTEVE François**	**Biophysique et médecine nucléaire**
MCU-PH	**EYSSERIC Hélène**	**Médecine légale et droit de la santé**
PU-PH	**FAUCHERON Jean-Luc**	**Chirurgie viscérale et digestive**
MCU-PH	**FAURE Julien**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH	**FERRETTI Gilbert**	**Radiologie et imagerie médicale**
PU-PH	**FEUERSTEIN Claude**	**Physiologie**
PU-PH	**FONTAINE Éric**	**Nutrition**
PU-PH	**FRANCOIS Patrice**	**Epidémiologie, économie de la santé et prévention**
MCU-MG	**GABOREAU Yoann**	**Médecine Générale**
PU-PH	**GARBAN Frédéric**	**Hématologie ; Transfusion**
PU-PH	**GAUDIN Philippe**	**Rhumatologie**
PU-PH	**GAVAZZI Gaétan**	Médecine interne ; **gériatrie et biologie du vieillissement** ; addictologie
PU-PH	**GAY Emmanuel**	**Neurochirurgie**
MCU-PH	**GILLOIS Pierre**	**Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**
PU-PH	**GIOT Jean-Philippe**	**Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique** ; Brûlologie
MCU-PH	**GRAND Sylvie**	**Radiologie et imagerie médicale**
PU-PH émérite	**GRIFFET Jacques**	**Chirurgie infantile**
MCU-PH	**GUZUN Rita**	**Nutrition**
PU-PH	**HAINAUT Pierre**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH émérite	**HALIMI Serge**	**Nutrition**
PU-PH	**HENNEBICQ Sylviane**	**Biologie et médecine du développement et de la reproduction** ; gynécologie médicale
PU-PH	**HOFFMANN Pascale**	**Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale**
PU-PH émérite	**HOMMEL Marc**	**Neurologie**
PU-MG	**IMBERT Patrick**	**Médecine Générale**

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH émérite	**JOUK Pierre-Simon**	**Génétique**
PU-PH	**KAHANE Philippe**	**Physiologie**
MCU-PH	**KASTLER Adrian**	**Radiologie et imagerie médicale**
PU-PH	**KRAINIK Alexandre**	**Radiologie et imagerie médicale**
PU-PH	**LABARERE José**	**Epidémiologie, économie de la santé et prévention**
MCU-PH	**LABLANCHE Sandrine**	**Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques**
MCU-PH	**LANDELLE Caroline**	Bactériologie – virologie ; **Hygiène hospitalière**
PU-PH	**LANTUEJOUL Sylvie**	**Anatomie et cytologie pathologiques**
PR Ass. Méd.	**LARAMAS Mathieu**	**Cancérologie** ; radiothérapie
MCU-PH	**LARDY Bernard**	**Biochimie et biologie moléculaire**
MCU - PH	**LE GOUELLEC LE PISSART Audrey**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH	**LECCIA Marie-Thérèse**	**Dermato-vénéréologie**
MCF Ass.MG	**LEDOUX Jean-Nicolas**	**Médecine Générale**
PU-PH émérite	**LETOUBLON Christian**	**Chirurgie viscérale et digestive**
PU-PH	**LEVY Patrick**	**Physiologie**
PU-PH	**LONG Jean-Alexandre**	**Urologie**
MCU-PH	**LUPO Julien**	**Bactériologie-virologie** ; Hygiène hospitalière
PU-PH	**MAIGNAN Maxime**	**Médecine d'urgence**
PU-PH	**MAITRE Anne**	**Médecine et santé au travail**
MCU-PH	**MALLARET Marie-Reine**	Bactériologie – virologie ; **Hygiène hospitalière**
MCU-PH	**MARLU Raphaël**	**Hématologie ; Transfusion**
PR Ass. Méd.	**MATHIEU Nicolas**	**Gastroentérologie ; hépatologie** ; addictologie
MCU-PH	**MAUBON Danièle**	**Parasitologie et mycologie**
PU-PH	**MAURIN Max**	**Bactériologie-virologie** ; Hygiène hospitalière
MCU-PH	**MC LEER Anne**	**Histologie, embryologie et cytogénétique**
MCU-PH	**MONDET Julie**	**Histologie, embryologie et cytogénétique**
PU-PH	**MORAND Patrice**	**Bactériologie-virologie** ; Hygiène hospitalière
PU-PH	**MOREAU-GAUDRY Alexandre**	**Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**
PU-PH	**MORO Elena**	**Neurologie**
PU-PH	**MORO-SIBILOT Denis**	**Pneumologie** ; addictologie
MCU-PH	**MORTAMET Guillaume**	**Pédiatrie**
PU-PH	**MOUSSEAU Mireille**	**Cancérologie** ; radiothérapie
PU-PH émérite	**MOUTET François**	**Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie**
MCF Ass.MG	**ODDOU Christel**	**Médecine Générale**
PR Ass. Méd.	**ORMEZZANO Olivier**	**Cardiologie**
MCU-PH	**PACLET Marie-Hélène**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH	**PAILHE Régis**	**Chirurgie orthopédique et traumatologie**
PU-PH	**PALOMBI Olivier**	**Anatomie**
PU-PH	**PARK Sophie**	**Hématologie** ; Transfusion
PU-PH	**PASSAGGIA Jean-Guy**	**Anatomie**
PR Ass.MG	**PAUMIER-DESBRIERES Françoise**	**Médecine Générale**
PU-PH	**PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François**	**Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire**
MCU-PH	**PAYSANT François**	**Médecine légale et droit de la santé**
MCU-PH	**PELLETIER Laurent**	**Biologie cellulaire**
PU-PH	**PELLOUX Hervé**	**Parasitologie et mycologie**
PU-PH	**PEPIN Jean-Louis**	**Physiologie**
PU-PH	**PERENNOU Dominique**	**Médecine physique et de réadaptation**

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	**PERNOD Gilles**	Chirurgie vasculaire ; **Médecine vasculaire**
PU-PH	**PIOLAT Christian**	**Chirurgie infantile**
PU-PH	**PISON Christophe**	**Pneumologie** ; Addictologie
PU-PH	**PLANTAZ Dominique**	**Pédiatrie**
PU-PH	**POIGNARD Pascal**	**Bactériologie-virologie** ; Hygiène hospitalière
PU-PH	**POLACK Benoît**	**Hématologie** ; Transfusion
PU-PH	**POLOSAN Mircea**	**Psychiatrie d'adultes** ; Addictologie
PU-PH	**RAMBEAUD Jean-Jacques**	**Urologie**
PU-PH	**RAY Pierre**	**Biologie et médecine du développement et de la reproduction** ; gynécologie médicale
PR Ass. Méd.	**RECHE Fabian**	**Chirurgie viscérale et digestive**
MCU-PH	**RENDU John**	**Biochimie et biologie moléculaire**
MCU-PH émérite	**RIALLE Vincent**	**Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication**
PU-PH	**RIETHMULLER Didier**	**Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale**
PU-PH	**RIGHINI Christian**	**Oto-rhino-laryngologie**
PU-PH émérite	**ROMANET Jean Paul**	**Ophtalmologie**
PU-PH	**ROSTAING Lionel**	**Néphrologie**
PU-PH	**ROUSTIT Matthieu**	**Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie**
MCU-PH	**ROUX-BUISSON Nathalie**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PR Ass.MG	**ROYER DE VERICOURT Guillaume**	**Médecine Générale**
PU-PH émérite	**SARAGAGLIA Dominique**	**Chirurgie orthopédique et traumatologie**
MCU-PH	**SATRE Véronique**	**Génétique**
PU-PH	**SAUDOU Frédéric**	**Biologie cellulaire**
PU-PH	**SCHMERBER Sébastien**	**Oto-rhino-laryngologie**
PU-PH	**SCHWEBEL Carole**	**Médecine intensive-réanimation**
PU-PH	**SCOLAN Virginie**	**Médecine légale et droit de la santé**
MCU-PH	**SEIGNEURIN Arnaud**	**Epidémiologie, économie de la santé et prévention**
PU-PH émérite	**STAHL Jean-Paul**	**Maladies infectieuses ; Maladies tropicales**
PU-PH	**STANKE Françoise**	**Pharmacologie fondamentale** ; pharmacologie clinique ; addictologie
MCU-PH	**STASIA Marie-José**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH	**STURM Nathalie**	**Anatomie et cytologie pathologiques**
PU-PH	**TAMISIER Renaud**	**Physiologie**
PU-PH	**TERZI Nicolas**	**Médecine intensive-réanimation**
PU-PH	**THEVENON Julien**	**Génétique**
MCU-PH	**TOFFART Anne-Claire**	**Pneumologie** ; Addictologie
PU-PH	**TONETTI Jérôme**	**Chirurgie orthopédique et traumatologie**
PU-PH	**TOUSSAINT Bertrand**	**Biochimie et biologie moléculaire**
PU-PH	**VALMARY-DEGANO Séverine**	**Anatomie et cytologie pathologiques**
PU-PH	**VANZETTO Gérald**	**Cardiologie**
PU-PH	**VUILLEZ Jean-Philippe**	**Biophysique et médecine nucléaire**
PU-PH	**WEIL Georges**	**Epidémiologie, économie de la santé et prévention**
PU-PH	**ZAOUI Philippe**	**Néphrologie**
PU-PH émérite	**ZARSKI Jean-Pierre**	**Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie**

PU-PH : Professeur des Universités - Praticiens Hospitaliers
MCU-PH : Maître de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers
PU-MG : Professeur des Universités de Médecine Générale
MCU-MG : Maître de Conférences des Universités de Médecine Générale
PR Ass. Méd. : Professeur des Universités Associé de Médecine
PR Ass.MG : Professeur des Universités Associé de Médecine Générale
MCF Ass.MG : Maître de Conférences Associé de Médecine Générale

Mis à jour le 4 septembre 2020 Page 4 sur 4

REMERCIEMENTS

A mes maîtres, Professeurs, PH, chefs de cliniques et assistants qui m'ont accompagné durant toutes ces études

Au Professeur TONETTI, vous me faites l'honneur de présider ce jury.
Merci de m'avoir accompagné, les semestres à Nord étant redoutés surtout lorsque l'on commence ! Votre ouverture d'esprit et votre soif de progrès montrent qu'il ne suffit pas de savoir opérer pour être un bon chirurgien. Vous savez également écouter les volontés de vos internes, et les guider quand il le faut. Merci de nous représenter

Au Professeur Régis PAILHE, tu m'as fait l'honneur de diriger ce travail, où tu as réussi à combiner mon goût pour le sport à mon travail de thèse. Ton expertise chirurgicale est sans limite et ton aisance force l'admiration. Ton charisme ne t'empêche pas d'être là pour nous au quotidien, merci pour tout. J'espère être digne de ton enseignement

Au Docteur Brice RUBENS DUVAL, merci de m'avoir accueilli à Sud. Tes conseils avisés, ton expérience chirurgicale et tes valeurs humaines sont des exemples à suivre. Tu m'as fait confiance et je t'en suis reconnaissant. J'espère pouvoir encore recevoir de ta part tes trucs et astuces, un jour peut être au détour d'un match de Tennis !

Au Docteur Loïc SIGWALT, tu m'as vu grandir mais moi aussi ! Je t'ai côtoyé jeune assistant puis PH. Tu m'as montré ce qu'était de commencer l'assistanat, puis avec ton expérience grandissante tu m'as guidé dans mon travail scientifique. Ensuite, tu m'as (nous as) corrigé au babyfoot pour asseoir ton autorité. J'espère prendre un jour ma revanche ! Merci aussi pour les pizzas de garde, qui augmentent un peu le niveau culinaire de ces longs week-end

Au Docteur Benoit ORFEUVRE. D'abord en pédiatrie puis à Sud, et même un peu à Chambéry on s'est beaucoup suivi ! Tu m'as accordé ta confiance ce qui ne doit pas être facile quand on débute l'assistanat et je t'en remercie beaucoup ! J'ai vraiment apprécié opérer avec toi et le côté boite de nuit auto-tuning me manquera autant que ta Borfitude ;)

Au Docteur Jean Charles GIUNTA. On s'est quand même bien marré durant les 2 semestres passés ensemble ! Ton franc parlé et ta sympathie sont autant appréciables que ton expertise en pied et cheville, domaine que je maitrise peu ! De ta première garde à la fin de ton clinicat je n'ai passé que des bons moments et j'espère que l'on arrivera à s'organiser une sortie vélo depuis le temps qu'on en parle ;)

Au Docteur Gabriel RAYBAUD. Co-interne pour mon premier semestre j'ai ensuite opéré sous ton œil critique ! Tu m'auras fait rire avec ta vision du monde *so american*

Au Docteur Clément HORTEUR. Jeune assistant tu as déjà une dextérité impressionnante. A défaut d'avoir pu profiter de tes talents de skieurs ou de tennisman tu nous as fait profiter de ta soif de savoir ! Si l'occasion se présente d'aller sur le terrain je répondrai présent ;)

Au Docteur Olivier SEURAT, on voit que ton père est maître d'école, comme lui tu as le sens de l'enseignement et commencer mon internat au côté d'un voisin était rassurant !

Au Docteur Medhi BOUDISSA, champion de sympathie et de savoir, débuter à tes côtés rassure et ton excentricité au bloc me manquera

Au Docteur Gaël KERSCHBAUMER, tout comme Medhi, on a l'impression que tes connaissances sont sans limites ! Il faut croire que ton calme et ta sérénité sont l'apanage des chirurgiens rachidiens !

Au Docteur Sébastien RUATTI pour les plus beaux *Samba sign* que j'ai vu ! J'ai eu la chance de profiter de ton expertise en ligamentoplastie dès le 2ème semestre ce qui m'a conforté dans mon choix ! Merci !

Au Docteur Benoit MARQUES tu m'as laissé des PIH dès mon deuxième semestre, je m'en souviens encore !

Merci à toute ma Famille que j'aime inconditionnellement

A mes parents pour votre soutien, votre amour et votre dévouement indéfectibles. Toutes ces années sont aussi les vôtres, et je vous dois ma réussite. Pour tout ce que vous nous avez apporté et que vous continuez de donner, je n'espère qu'une chose : vous rendre fiers.

A ma grande sœur Joanna qui a toujours veillé à ce que je garde les yeux ouverts en dehors de la médecine. Protectrice, tu joues ton rôle de sœur aînée à la perfection. J'espère que l'on pourra également revivre des soirées mémorables comme à Toulouse ;)

A Benoît, mon vrai jumeau et compagnon d'aventure également. On a toujours tout partagé, ce qui était presque insupportable adolescent est devenu indispensable avec le temps. Tu m'as toujours compris, et tu ne m'en as jamais voulu de jouer au grand frère. Tu m'as maintenant bien dépassé dans la vie ! Sur ce point je m'incline mais j'ai toujours une revanche sportive à prendre ;)

A mes grands-parents papy Yvan et mamie Thérèse. Vous nous avez toujours chouchouté lors de nos séjours à St Christol, et vous continuez à le faire comme si nous étions encore enfants. Je sais que cela ne changera jamais pour vous, et je n'ai qu'un regret celui de ne pas venir vous voir autant que je le voudrais pour vous rendre la pareille

A Mamie Zet' pour tous ces bons moments au parcours santé, dans la petite cabane du fond du jardin qui me semblait alors immense, ou ces innombrables tours de vélos dont on ne se lassait pas. Ces moments d'enfances restent et resteront des souvenirs heureux qui ont participé à mon épanouissement de petit enfant

A papy Jeannot

A Gaby, car oui tu fais partie de la famille. T'as timidité s'estompe peu à peu mais je tiens à te remercier rien que pour le bonheur que tu apportes à mon frère. Vous formez un couple exceptionnel et je ne vois personne rire autant réunit !

A Kamel, pour rendre ma sœur heureuse au quotidien

Aux oncles et tantes, cousins cousines…. Les réunions familiales sont toujours de sacrés moments. L'unité de notre famille fait chaud au cœur, j'espère que cela continuera comme ça longtemps !

Merci aux Québécois pour avoir supporté nos bêtises enfants, et pour votre présence que vous savez rendre chaleureuse malgré la distance, cela compte beaucoup pour moi

A la FF

Un clan a part, 28ans d'âge déjà et un lien si fort ! Depuis le lycée les routes se sont quelque peu éloignées mais on n'arrive toujours à se rassembler, et je n'aurais pu rêver meilleurs compagnons d'aventures ! Hâte de vivre la prochaine ! Merci à vous tous :

A Flo pour ton dévouement inconditionnel

A Hugo pour ton sens pratique et l'organisation de beaucoup de nos vacances

A Jules pour ton humour taquin, même si ta passion a pris le dessus, on arrive à te retrouver le temps des vacances !

Et spécialement à Paul Émile, pour ton amitié qui m'est si chère Jack & Jo ont connu une belle épopée ! Toujours présent pour les meilleurs comme pour les pires moments de ces études. Ces 11 longues années n'auraient sûrement pas eu le même goût sans toi. Tu es comme un deuxième frère même si le premier est irremplaçable

A tous mes co-internes ! Pour les galères, votre soutien, les dépannages et surtout pour tous les bons moments !

A Vibert : Tu as toujours soutenu tes jeunes collègues dont je faisais partie lorsque nous n'étions pas en nombre, merci pour ta bienveillance !

A la Gaule imitateur émérite, pour tes talents d'orateur et de diplomate qui égaient les journées d'hospit ! Présent pour les meilleurs comme pour les pires semestres ça a toujours été un plaisir de travailler ensemble, et cela va surement continuer pour l'assistanat, cela nous donnera l'occasion de voir si tu as progressé au rameur ;)

A Max imitateur hors pair également, je suis heureux d'avoir partagé autant de moments avec toi, tant du point de vu professionnel que personnel. Tu m'as invité dans ta petite famille et je compte bien continuer à voir grandir tes deux filles ;) Tu es unique en ton genre, tant par ta culture que part ton humour ! J'espère que notre amitié ne changera pas !
J'en profites aussi pour te remercier Malo car sans toi Max ne serait pas Max ! Tu nous as toujours reçu comme des Rois avec Anna, j'espère en profiter encore longtemps ☺ Ta gentillesse et ton altruisme font de toi un hôte hors pair.

A Manaute, notre représentante en Chef et ma râleuse préférée. J'ai beaucoup compté sur toi pendant l'internat et tu as toujours répondu présente ! Ton dévouement au service et à la chirurgie est une force qu'il te faut garder (mais ne pas en abuser), et j'espère que l'on continuera à refaire le monde autour d'une bonne bouffe car notre amitié va bien au-delà du travail

A Valentin, Mr MERLE DU BOURG, bourreau des cœurs et maitre de la séduction, tu resteras mon principal rival sportif ;) J'ai été ravis de partager autant de semestres avec toi et d'avoir pu concrétiser quelques sorties sportives ! Hâte de renouveler nos soirées improvisées (les meilleures^^), ou de se dépasser à nouveau en montagne

A Chevallier, je t'ai connu 1er puis 5ème semestre. Je dois dire que le changement m'a impressionné ! Tu as doublé ton investissement professionnel et développé un humour pince sans rire exceptionnel ! Ne change rien ;) (si ne pousse pas le bouchon trop loin^^)

A Laoura qui a su s'intégrer parfaitement dès son premier semestre dans cette lourdeur qu'est (parfois) le monde orthopédique, tu as fait ta place et c'est toujours un plaisir de se croiser !

Et tous les plus jeune, Renaud, Chalmot, Laugier que j'ai pu côtoyer avec plaisir ! Et à Virgil notre représentant en Chef. Rôle pas évident à tenir mais tu fais ça à merveille. Merci pour ton implication et ton efficacité, ton avenir est prometteur.
Abdula courage pour la suite, tes études sont encore plus longues que les nôtres !

A Crabi ! pour ces 6 mois chez les enfants et ton sens du sacrifice ;) Je te garde une place au chaud pour ton prochain semestre (tmtc)

A Alex, pour ce semestre à Chambéry. Ton parcours est impressionnant et montre que « quand on veut, on peut ! ». « FFI » exceptionnel, j'espère que l'on se recroisera !

A Fahd que j'aurais autant vu chir ortho que chir Cardiaque, tu fais également parti de ceux qui ne s'arrêtent jamais, tu feras un excellent chirurgien ! (je ne parle pas de ton sens de la fête…)

A Pauline pour ton aide précieuse concernant ce travail

A la Team Grenobloise, la meilleure

A Marvin, mon premier colloc' et pas des moindres ! On a commencé ensemble la vie d'étudiant et on l'aura bien poncée ! Ces 2 deux ans étaient mémorables depuis les séances muscu, aux révisions infernales en passant par les séances Rugby 08 (TMTC) et les kilo de céréales carrefour discount…les temps ont bien changé ;)

A Léo, il me manque notre duo infernal ! Les souvenirs de « l'appart » sont gravés et je suis toujours nostalgique quand je passe devant l'immeuble. Merci d'avoir été là pour moi, même si je n'ai pas toujours su en profiter…

A Elé pour ta bonne humeur éternelle, pour ta mémoire d'éléphant, ton oreille toujours disponible et pour ta langue bien pendue aussi ! Merci pour tous ces moments passés ensemble et ceux à venir !

A Luce pour ton côté grognon mais souriante, pour toutes ces vacances exceptionnelles et ces innombrables dîner depuis la D1. Tu es une personne sincère et cette amitié qui dure compte beaucoup pour moi !

A Gomar pour ton excentricité hilarante, pour ces aventures depuis la D1 et ton rentre dedans légendaire ! Je suis heureux de te compter dans mes amis proches ☺

A Linette, ton amitié m'est chère. J'ai toujours pu compter sur toi depuis la P2, j'espère que cela continuera longtemps. Tous ces lieux découverts ensembles sont des souvenirs inoubliables ! A quand le prochain ??

A la corpo'chtron, la plus belle des corpos !
A Chouff pour ton excentricité border ligne
A Chenevas pour ton comportement théâtral en toutes circonstances, et ses vacances sportives qu'il me tarde de renouveler ;)
Et vla-t-il pas Rem'ton, le daron du groupe ! A moto ou à vélo, j'hâte de la prochaine sortie j'espère que t'es affuté ;)
A Nyfa pour faire partie de la bande des vrais bonhommes ! Je t'ai rarement vu refuser une sortie !
A Noelle , le sens de l'organisation incarné (il en faut un heureusement !) ; un seul regret ne pas assister à ton mariage :(
A Barry qui reste un des seuls à rigoler à mon humour de râleur lourdingue
A Curtos, le mangeur de cailloux, attention à ne pas t'étouffer avec, on va finir par te perdre ! Mais merci pour cette première grande voie qui restera tout de même magique
A Pili pour tes arguments sans appels (*Roooo ça va ! ça passe !)* Les soirées Pizza bière play me manquent haha !
A LaBroch' et son rire démoniaque
A AnneSo' qui aura fait don de son appart à toute l'équipe durant ces belles années
A Anne PoPo la maman de cette corpo, Marraine pour la P2 et pour la vie ;)

Et à tous les autres membres de la team de l'externat… ou peu importe le nom qu'on lui donne c'est une sacrée équipe ! Nos vacances et soirées sont toujours inoubliables, il ne faut pas qu'on faiblisse ! Picpic, CaCa, Cassou, Marielle, Marie et tout(es) les autres que de bons moments en souvenir, ne changez rien !

A tous les copains d'internat :

A Camille CuCu, ton caractère bien trempé et ta générosité te rendent exceptionnelle et je compte bien partager d'autres week-end ou soirées qui sont à chaque fois uniques et pleines de surprises ! J'espère que ton projet futur se réalisera bientôt !!

A Manu et Marie d'abord voisin, puis partenaires de carte, maintenant bien plus ! Avec vous, on ne s'ennuie jamais ! Le Covid aura eu au moins un bon côté : il nous aura beaucoup rapproché ☺
J'espère que nos soirées ne s'arrêteront pas et que l'on continuera de voir grandir le petit Basile :D
A quand la prochaine contrée ??

A toute l'équipe d'Annecy du 1er semestre qui restera mémorable ! Je croise encore la route de certains et c'est toujours un plaisir

A Gaëlle Helias que j'ai eu la surprise et le plaisir de revoir au travail alors que l'on s'est si souvent loupé en dehors ! La gériatrie a de la chance de te compter parmi eux et moi j'ai la chance de t'avoir comme amie ☺

A Duramé, ça fait bien trop longtemps qu'on n'a pas bu un coup ! Je ne sais pas si tu t'es assagit mais on a passé des moments mémorables ! A refaire vite !

A Greg, d'abord co-interne puis (quasi) voisin c'est toujours un plaisir de vous recevoir avec Amélie et Gaston ! C'est avec regret qu'on ne sera pas dans la même branche chirurgicale mais ça ne nous empêchera pas de partager un court de tennis ;)

A toute la team Sainte Hélène !
Julien, Sophia, Marine, Niels, Mathieu, Mathilde x 2, Thibault, Siam, Léa, Nordine, Yanis…… et tous les autres ! Dommage que l'on ait attendu 5 mois pour le *ventriglisse* mais on aura quand même passé un bon semestre ! J'espère que l'on se recroisera au détour d'un verre ou d'un café, pour certain(e) c'est déjà fait ;)

Enfin Merci à toutes les équipes que j'ai pu croiser durant mon internat :

A toute l'équipe de pédiatrie ! Passage obligatoire que vous avez su rendre mémorable ! Vous êtes une super équipe et j'ai ~~presque~~ apprécié travailler avec les ~~gamins~~ enfants ! Merci à vous ! ☺

A l'équipe d'Annecy :
Vous avez confirmé mon choix d'internat dès mes débuts passés à vos côtés. Vous m'avez beaucoup appris et je ne regrette qu'un chose : ne pas avoir profiter plus de votre expérience ! Merci à vous Mr Chirpaz, Stephan, Baptise, Sebastian, Charline, Guy et Julie sans oublier Laurie ! Et Marie, promis un jour je te ferai faire le tour du lac à moto ;)

A toute l'équipe de Chambéry !
A Éric merci d'avoir accepté de participer à mon jury et de m'avoir accordé ta confiance au bloc…Et également pour m'avoir poussé à réaliser mon projet d'inter CHU vahiné !
A Emmanuel, pour m'avoir donné une autre vision de la chirurgie du membre supérieur et pour les découvertes à vélo
A Pedro pour ton amitié, ta simplicité et ton souci de formations des internes
A Cristian pour ta force chirurgical, le bulldozer de l'orthopédie !
A Thierry, pour ta gentillesse ta méticulosité hors pair, rien n'est laissé au hasard !
Et bien sûr aux IBODE aussi, spéciale dédicace à Lolo !

Au Docteur Stéphane DOUTRELEAU d'avoir accepté de faire partie de mon Jury et pour ton aide précieuse durant tout ce travail. Tout ça dans la bonne humeur !

Au Docteur Samuel VERGES, merci pour m'avoir bien accompagné tout au long de la recherche, ton encadrement était indispensable et ma grandement aidé à mener ce projet à bien !

Au Docteur Pierre CHAPUIS pour ton expertise radiologique, ta sympathie et pour avoir accepté de juger mon travail

A mes voisins Cyrille et Véro ! Merci pour ces multiples dîners et pour votre exceptionnelle disponibilité (et merci pour votre chat dont on profite à outrance !)

A toutes les équipes paramédicales pour votre présence précieuse et chaleureuse au quotidien

A Béa pour ton aide indispensable concernant l'orthopédie à Nord ! C'est bon de savoir qu'on peut toujours compter sur toi

A Toute l'équipe de Sud !
Secrétaires, infirmières, cadres vous nous aidez tous les jours ! Anne Laure, Christelle, Audrey vous gérez !

A l'équipe des urgences paramédicales comme médicale ! Adrien, Eliott, Arthur j'espère que vos successeurs seront à votre hauteur ;)

Aux IBODE (et même les « justes » IBO ☺) merci à toutes pour votre bonne humeur au quotidien !
Amélie pour ta gentillesse, tu nous manques ! Val pour les checks pré-op indispensables ! Maud et Mélanie pour votre humour douteux dépassant les compétences du chirurgien, et pour votre rire inimitable ! Isa pour ta rigueur et ta bienveillance, Christine pour ton savoir et tes bavardages incessants, Marianne pour ton accent du Grésivaudan qui fait toujours sourire, et tous les autres : Axel pour ta bonne humeur, Guillaume (ton plaide nous réchauffe à chaque garde ;)), Pauline, Mag, Angèle, Damien, et toutes celles et ceux que j'oublie !
A Audrey, tu serais mieux avec nous à Sud que chez les enfants :D
A Armanda pour ton franc parlé, dommage que tu ais quitté l'équipe !

A tous les brancardiers également, pour faire notre job au quotidien quand il s'agit d'installer les patients (hein Max ;))

Et à toute l'équipe d'anesthésie pour nous supporter au quotidien

Merci aussi à Samuel et Aureline pour leur efficacité ! Car pas de manip, pas d'IRM !

Merci également à tous les coureurs m'ayant permis la réalisation de ce travail.

Et surtout merci à toi Anna. Je ne vais pas me lancer dans une déclaration d'amour, mon travail paraitrait inconsistant après. Radieuse comme orageuse, c'est pour tes rires et sourires que vivre à tes côtés m'est devenu indispensable. Merci d'être toi, et de l'être avec moi

EVALUATION DE L'IMPACT DE L'ULTRA TRAIL SUR L'ARTICULATION DU GENOU PAR IRM : UNE ETUDE PILOTE

EVALUATION OF THE IMPACT OF ULTRA-TRAIL RUNNING ON KNEE JOINT USING MRI : A PILOT STUDY

Thibault DELLA ROSA

Ne présentant pas de conflit d'intérêt

MeSH tems : IRM (MRI), T2 mapping (T2 mapping), cartilage articulaire (articular cartilage), ménisque (meniscus), ultra-trail (ultra-marathon), genou (knee), arthrose (osteoarthritis)

TABLE DES MATIERES

1 RESUME DE LA RECHERCHE 22

2 INTRODUCTION 24

2.1 PREAMBULE 24

2.2 RAPPELS ANATOMO-PATHOLOGIQUES 24

2.2.1 Le cartilage 24

2.2.2 L'arthrose 25

2.3 L'ULTRA-TRAIL & SES CONSEQUENCES 25

2.4 L'IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE 27

2.5 CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES EXPLORATIONS PREVUES 28

2.6 L'ETUDE 28

3 MATERIEL & METHODE 29

3.1 POPULATION 29

3.1.1 Recrutement 29

3.1.2 Sujets 30

3.1.3 Suivi 31

3.2 IMAGERIE PAR RESONANCE MAGNETIQUE 31

3.3 ANALYSE DES DONNEES MORPHOLOGIQUES 32

3.4 SEGMENTATION DU CARTILAGE & MESURE T2 33

3.5 ANALYSES STATISTIQUES 34

4 RESULTATS 34

4.1 POPULATION 34

4.2 COURSE 36

4.3 PARAMETRES SPORTIFS PRE ET POST-COURSE 36

4.4 IRM 37

4.4.1 Analyse en T2 mapping 37

4.4.2 Analyse morphologique 39

5 DISCUSSION 41

5.1 VARIATIONS T2 APRES UN ULTRA-TRAIL 41

5.1.1 Post course immédiat 41

5.1.2 Après un mois 43

5.2 LESIONS ANATOMIQUES DE L'ULTRA-TRAILEUR A L'IRM MORPHOLOGIQUE 44
5.3 LIMITES DE L'ETUDE 47

6 CONCLUSION 47
7 BIBLIOGRAPHIE 49
8 ANNEXES 59
8.1 ANNEXE 1 : LISTE DES INVESTIGATEURS 59
8.2 ANNEXE 2 : AVIS FAVORABLE DU CPP 60
8.3 ANNEXE 3 : LETTRE D'INFORMATION POUR APPEL A VOLONTAIRES 61
8.4 ANNEXE 4 : EXEMPLE D'IMAGE EN T2 MAPPING 63

LISTE DES ABREVIATIONS

ANSM	:	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé
ARC	:	Attaché de Recherche Clinique
BPC	:	Bonnes Pratiques Cliniques
COMP	:	Cartilage Oligomeric Matrix Protein
CRF	:	Case Report Form = cahier observation
CHU	:	Centre Hospitalier et Universitaire
CSP	:	Code de la Santé Publique
CPP	:	Comité de Protection des Personnes
CS	:	Comité Scientifique
CNIL	:	Commission Nationale Informatique et Liberté
CFL	:	Condyle Fémoral Lateral
CFM	:	Condyle Fémoral Médial
DRCI	:	Délégation à la Recherche Clinique et à l'Innovation
EVA	:	Echelle Visuelle Analogique
GAG	:	Glycosaminoglycanes
IRM	:	Imagerie par Résonnance Magnétique
IMC	:	Indice de Masse Corporel
ICH	:	International Conference of Harmonization
ITRA	:	International Trail Running Association
MEC	:	Matrice extracellulaire
ME	:	Ménisque externe
MI	:	Ménisque interne
OPG	:	Ostéoprotégérine
PTL	:	Plateau Tibial Lateral
PTM	:	Plateau Tibial Médial
ROIs	:	Régions d'intérêts (« *Region of interest* »)
SD	:	Standard-Deviation (écart-type)
UT4M	:	Ultra Tour des 4 massifs
UTV	:	Ultra Trail du Vercors

1 RESUME DE LA RECHERCHE

Introduction : La course à pied en montagne ou « trail » est pratiquée par de nombreux sportifs. L'ultra-trail, un trail de distance supérieure à un marathon, est en plein développement en France et ailleurs dans le monde. Il associe des contraintes physiologiques et mécaniques spécifiques liées en particulier à la durée des efforts réalisés (plusieurs heures) et au terrain (dénivelé important, sol technique). Cette pratique sportive intensive pose des questions nouvelles aux coureurs, aux organisateurs, aux entraîneurs et aux médecins en particulier concernant son impact ostéoarticulaire sur les genoux des coureurs et son potentiel arthrosique à long terme. Certaines études ont exploré les conséquences articulaires de la course à pied à plat mais l'impact des épreuves d'ultra-trail sur le cartilage du coureur et sa cinétique de récupération reste à explorer.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude pilote, prospective, monocentrique réalisée sur 20 participants de l'Ultra Trail du Vercors, une course de 55km et 2600m de dénivelé. Les volontaires étaient de sexe masculin, et n'avaient pas d'antécédent médical ou chirurgical du genou étudié. L'objectif principal était de quantifier les modifications cartilagineuses via l'analyse IRM des temps de relaxation T2 du genou droit à 3 reprises : avant la course (IRM V0), immédiatement après (IRM V1) et 1 mois après la course (IRM V2). Les objectifs secondaires étaient de déterminer les conséquences cartilagineuses et méniscales de telles courses et les variables impactant ces mesures (IMC, classement, temps de course, entrainements personnels…etc).

Résultats : Les mesures T2 étaient significativement augmentées sur l'IRM V1 par rapport à V0. Elles restaient augmentées 1 mois après la course (IRM V2) malgré une diminution significative par rapport aux mesures à V1. Aucune des variables secondaires étudiées n'était significativement associée à ces modifications de T2. Les séquences morphologiques ont révélé 65% de lésions cartilagineuses et 65% de lésions méniscales, dont 100% sur la corne postérieure du ménisque interne. Seulement 1 sujet (5%) ne présentait aucune anomalie. Les lésions se sont révélées stables entre les différents temps de mesure.

Conclusion : L'ultra-trail entraine des modifications de l'ultrastructure cartilagineuse du genou, persistante dans le temps pendant au moins 1 mois. Ces modifications sont similaires à celles rencontrées au début de la pathogénèse arthrosique, et peuvent donc avoir des conséquences néfastes pour le genou. En outre, les coureurs réguliers d'ultra-trail présentent plus de lésions cartilagineuses et méniscales de bas grade que la population générale ou les marathoniens du même âge.

Mot clés : Genou ; cartilage articulaire ; ménisque ; ultra-trail ; IRM ; T2 mapping

ABSTRACT

Introduction: Off-road mountain running or "trail running" is popular with many sportsmen and women. Ultra-marathon trails or "ultra-trails" - covering longer distances than marathons - are gaining in popularity in France and worldwide. These endurance runs involve a combination of specific physiological and mechanical constraints, linked particularly to the duration of exercise (several hours) and the environment (elevation changes, off-road terrain). Such intensive sporting activity raises new questions among runners themselves, race organisers, coaches and doctors, particularly regarding the osteoarticular impact on the knees and the long-term risk of osteoarthritis. Certain studies have explored the articular consequences of flat-terrain running, but the impact of ultra-trail running on athletes' knees, and the recovery have yet to be investigated.

Materials and method: This is a prospective, monocentric pilot study, involving 20 participants in the *Ultra Trail du Vercors*, a 55 km race involving total elevation changes of 2600 metres. The primary objective was to quantify cartilage modifications, using relaxed T2 MRI on 3 specific dates: prior to the race (IRM V0), immediately after the race (IRM V1) and one month after the race (IRM V2). Secondary objectives were to determine the consequences on cartilage and menisci following this type of race and the variables affecting these measurements (BMI, race ranking, race times, personal preparation etc).

Results: T2 measurements were significantly increased in V1 from V0 and remained so one month after the race (V2), despite a significant reduction from V1. None of the secondary variables were significantly linked to these changes in T2. Morphological sequences revealed that 65% had cartilage damage and 65% meniscal damage, 100% of which affected the posterior horn of the medial meniscus. Only one subject (5%) presented no anomaly whatsoever. Damage appeared to be stable between the assessments.

Conclusion: Ultra-trail running leads to damage in the knee cartilage ultrastructure, which persists for at least one month after the event. These modifications are similar to those found in the early stages of osteoarthritic pathogenesis and can have severe consequences for the knee. Furthermore, regular ultra-trail runners present more low-grade cartilage and meniscus lesions than the general public, but also than marathon runners of a similar age.

2 INTRODUCTION

2.1 PRÉAMBULE

Ce travail de thèse s'inscrit dans le projet recherche intitulé « UT4M2020 » relatif à l'évaluation des conséquences physiologiques de l'ultra-trail chez le sportif, et plus spécifiquement des modifications cartilagineuses du genou. Il a été rendu possible grâce à l'étroite collaboration entre les responsables de l'Ultra Tour des 4 Massifs (UT4M) et ceux de l'Ultra Trail du Vercors (UTV) avec l'équipe de médecine du sport, de radiologie et de chirurgie orthopédique du Centre Hospitalo-Universitaire (CHU) site Sud de Grenoble. Le protocole initial a fait l'objet de plusieurs amendements du fait de la crise sanitaire de la Covid-19, et se poursuivra sur l'année 2021. Cette thèse rapporte les résultats préliminaires du projet.

2.2 RAPPELS ANATOMO-PATHOLOGIQUES

2.2.1 Le cartilage

Le cartilage est un tissu enveloppant l'os et sert de surface de glissement entre deux segments osseux formant une articulation. Son rôle principal est la transmission et la répartition des forces sous l'effet de la charge. Tissu composite, il contient des cellules cartilagineuses (les chondrocytes) et une matrice protéique extracellulaire (MEC) riche en eau. Cette MEC a deux composants principaux : des fibres de collagène (de type II essentiellement) et des glycosaminoglycanes (GAG). Le collagène forme l'armature du cartilage et va lui permettre de supporter les contraintes mécaniques. Les GAG quant à eux sont des glycoprotéines hydrophiles et assurent à la matrice une forte charge hydrique et des qualités biomécaniques protégeant le collagène.[3]

Ces composants suivent une architecture bien définie qui varie avec la profondeur, permettant au cartilage de résister à des pressions élevées.[17] Lorsque celles-ci augmentent, la composante liquidienne sort à travers le tissu comme lorsque l'on écrase une éponge. L'eau représentant 80% de la phase liquide dans la couche superficielle du cartilage et 65% dans la

zone profonde,[3] elle contrôle la résistance à la pression et la déformation réversible du cartilage. Son rôle est primordial dans le développement de l'arthrose.[3]

2.2.2 L'arthrose

L'arthrose correspond à une destruction du cartilage et l'OMS en a proposé une définition englobant les différentes étiologies : génétique, congénitale, métabolique et traumatique.[85] Elle concerne 16% de la population dans les pays développés soit 10 millions de français.[38,68] Plus spécifiquement pour le genou, elle touche 4,7 % des hommes et 6,6% des femmes en France. Elle représente un problème médico-économique majeur dans le monde.[82]

Des changements précoces se produisent avant la perte macroscopique de cartilage.[28] Ces changements consistent en une réduction des protéoglycanes, une déstructuration du collagène, et une perturbation du contenu en eau. L'altération du collagène constitue une lésion irréversible de la matrice cartilagineuse, précédant l'érosion du cartilage.[28] La conservation de la microstructure cartilagineuse est essentielle pour la préservation de l'articulation. A un stade avancé, l'arthrose est source d'une altération de la qualité de vie due à la douleur et au handicap qui en résultent.[8] Dans sa forme la plus sévère elle conduit au remplacement de l'articulation par la mise en place d'une prothèse totale de genou.

2.3 L'ULTRA-TRAIL & SES CONSÉQUENCES

Récemment les sports d'ultra-endurance et notamment les ultra-trails se sont développés. Ils consistent en des épreuves de course en montagne de distances supérieures à 42 km avec des dénivelés positifs et négatifs importants. Le nombre de courses et de participants a augmenté de façon très importante ces 20 dernières années ; en France il est passé de quelques dizaines dans les années 2000 à plus de 400 en 2019 (fig. 1).[76] Elles sont devenues un challenge ultime dans l'accomplissement sportif de beaucoup d'amateurs et / ou professionnels.[35,46] Ainsi, de nombreux auteurs se sont intéressés à cette discipline et en ont analysé les conséquences sur l'organisme. L'ultra-trail serait source d'altération transitoire de la fonction neuro-musculaire,[56] d'augmentation aiguë mais transitoire de la diffusion de l'eau cérébrale[87] et d'augmentation des

marqueurs immunitaires présents habituellement chez les patients polytraumatisés.[23] Les scientifiques se sont intéressés à la biomécanique du traileur. Celui-ci adapte son type de foulée et la longueur de son pas en fonction de la distance, et du dénivelé positif ou négatif.[5,16,24,81] L'ultra-traileur a donc largement été étudié mais les conséquences articulaires, notamment sur le genou, n'ont fait l'objet d'aucune publication.

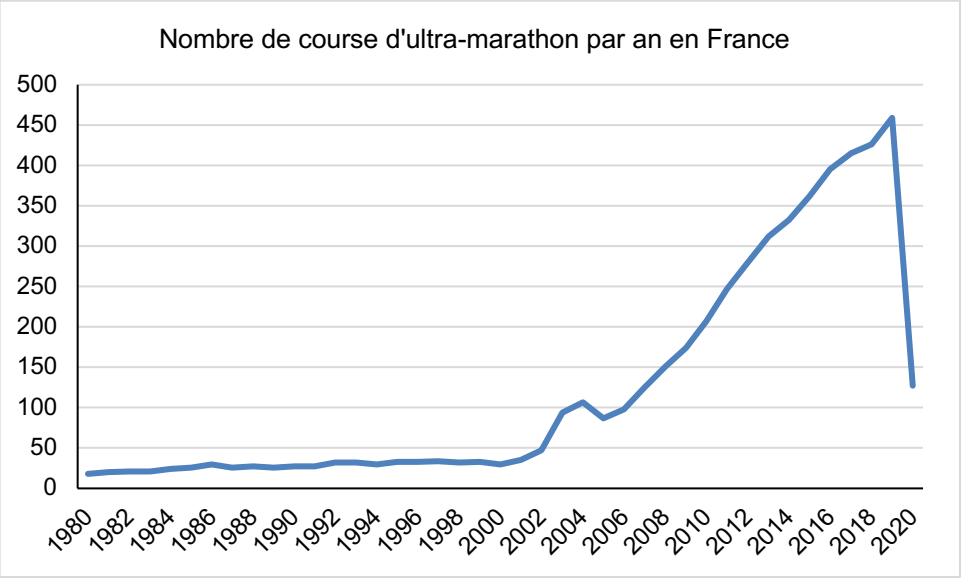


Figure 1. Évolution du nombre de course d'ultra-marathon par an en France depuis 1995

Le genou subit un stress constant du fait du poids du corps, stress grandement majoré lors des activités sportives. Par ailleurs les bénéfices du sport sont de plus en plus prônés afin de diminuer la morbi-mortalité évitable dans les pays développés.[84] La course-à-pied en particulier est pratiquée par 12 millions de personnes en France et ses bénéfices semblent bien établis.[4,50] Une mise en charge modérée de l'articulation serait même bénéfique chez les patients à risque d'arthrose.[31,70] Cependant, 83% des participants à une course de seulement 16km se blessent dont 27% aux genoux.[54] Or les dommages articulaires survenus lors de traumatismes sont des facteurs reconnus comme précurseurs dans le développement de l'arthrose.[85]

Franciozi et al.[21] ont montré chez le rat que la course pratiquée à l'excès entraîne des signes d'altérations histologiques, histochimiques et moléculaires du cartilage du genou.

Quelques études ont déjà montré un impact réel mais indirect de l'activité sportive intense sur le cartilage, en analysant les marqueurs biologiques de destruction cartilagineuse : la Cartilage Oligomeric Matrix Protein (COMP),[55] et l'ostéoprotégérine (OPG).[69] Ainsi, la concentration sanguine de COMP triple après une course à pied de 200 km[41,42] et est corrélée à la distance parcourue.[73] L'OPG est également augmentée après une course longue.[73] L'élévation de ces marqueurs sanguins est corrélée aux variations de volume du cartilage après une mise en charge de l'articulation.[39,62] Cependant, pour la mise en évidence précoce de lésions pré-arthrosiques, l'étude de la structure même du cartilage paraît essentielle. Les courses étudiées précédemment sont très différentes des ultra-trails de montagne combinant dénivelés et kilométrages importants. Le genou étant mis à rude épreuve durant les compétitions d'ultra-trails,[27,81] il serait intéressant d'analyser l'impact de cette activité sur l'articulation du sportif.

2.4 L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE

L'étude des différents tissus de l'organisme fait appel à de multiples techniques d'imageries, comme les radiographies standards, le scanner, l'arthro-scanner ou encore l'imagerie par résonance magnétique (IRM). A côté de ces examens « anatomiques » des techniques d'imageries fonctionnelles sont apparues, permettant l'étude des propriétés biochimiques et biomécaniques du cartilage.[49] L'IRM est largement utilisée tant pour la description architecturale du cartilage[63] que pour son étude biomécanique[61] et l'étude de la pathogénèse arthrosique.[47]

Les chercheurs ont développé des modalités permettant de quantifier la structure détaillée, la morphologie, le mouvement et les propriétés matérielles du tissu articulaire.[61] La cartographie IRM des temps de relaxation T2, plus communément appelé T2 mapping, en fait partie. Cette séquence IRM est sensible aux changements de composition en eau, en collagène, et est également fonction de l'anisotropie tissulaire.[58] Les molécules d'eau libres et celles liées aux glycosaminoglycanes n'ont pas le même temps de relaxation et le signal T2 augmente avec la quantité d'eau libre.[26]

Les dommages subis par le cartilage entraînent une augmentation de la perméabilité de la matrice extracellulaire et une plus grande mobilité de l'eau.[58] L'analyse IRM permet une mesure quantitative de l'intégrité de la matrice extracellulaire et de son interaction avec les composants solides à une échelle moléculaire.[58] Cet examen non invasif est donc très utile pour la détection et la quantification des lésions cartilagineuses.[43,58,75]

2.5 CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES EXPLORATIONS PRÉVUES

La course à pied (à plat) a déjà fait l'objet de publications dans le domaine des lésions cartilagineuses du genou. L'utilisation du T2 mapping dans l'évaluation du cartilage en réponse à la mise en charge lors d'une activité physique a été validée par l'équipe de Mosher et al.[60] dans une étude de faisabilité. Chen et al.[9] ont également montré l'intérêt de cette séquence pour comparer l'impact de différentes activités sur le cartilage. Dans leur étude, la réponse du cartilage à la marche était significativement différente de la course ou de la montée d'escalier. La cartographie des temps de relaxation T2 semble donc très intéressante dans l'analyse de l'impact de différents sports sur le cartilage.

Hoessly et al.[34] ont réalisé une revue de la littérature en 2016 afin de synthétiser les conclusions des études évaluant les genoux des coureurs par IRM. Sur plus de 300 articles analysés, 14 concernent directement l'analyse du cartilage après une course à pied et seulement 6 ont utilisé du T2 mapping. C'est peu si l'on considère l'ampleur que prend l'ultra-trail depuis ces 20 dernières années.

2.6 L'ÉTUDE

Si les effets bénéfiques d'une activité sportive sur le cartilage sont admis pour une activité modérée,[1] les conséquences d'une pratique intensive fait encore débat.[80] L'ultra-trail reste peu étudié et le potentiel arthrogène de ces courses est une question encore en suspens. Ainsi l'objectif principal de cette étude était de quantifier par IRM les modifications cartilagineuses du genou induites par une épreuve d'ultra-trail. Les objectifs secondaires étaient

de déterminer les conséquences cartilagineuses et méniscales d'une pratique régulière de telles courses, ainsi que d'analyser les caractéristiques cliniques et sportives des coureurs afin de savoir si elles avaient une influence sur les variations IRM inter- et intra-individuelles.

3 MATERIEL & METHODE

Il s'agit d'une étude pilote, exploratoire, prospective, monocentrique et non randomisée réalisée dans le cadre de la Chaire Universitaire « Sport, Altitude, Santé » de la Fondation Université Grenoble Alpes et dont le promoteur est le CHU de Grenoble-Alpes site Sud. Cette étude a été réalisée conformément à la Déclaration d'Helsinki et a été approuvée par le Comité de Protection des Personnes (CPP) d'Ile de France IV le 30 mars 2020 ainsi que de la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL). Elle inclut les courses de l'Ultra Tour des 4 Massifs (UT4M) 2021 ainsi que l'Ultra Trail du Vercors 2020 (UTV 2020). Cette thèse présente les résultats préliminaires concernant l'UTV 2020 : une course de 55 kilomètres pour 2600 mètres de dénivelé dans le massif du Vercors. Tous les participants ont donné leur consentement écrit avant leur participation.

3.1 POPULATION

3.1.1 Recrutement

Un appel à volontaires auprès de l'ensemble des inscrits a été relayé par les organisateurs de l'UTV selon différentes modalités : mail descriptif, site internet de l'événement et réseaux sociaux. Les sujets volontaires devaient retourner aux investigateurs un questionnaire de renseignement qui faisait office de demande de participation. La sélection finale s'est faite dans un second temps en fonction des réponses données. Le but était d'inclure des volontaires sains et asymptomatiques concernant le genou étudié. Du fait des contraintes techniques inhérentes à la réalisation d'une IRM chez une femme en âge de procréer, celles-ci n'ont pas été incluses dans le protocole.

3.1.2 Sujets

Les critères d'inclusions étaient :

- Sexe masculin
- Age : entre 18 et 65ans
- Absence de pathologie chronique cardiovasculaire, respiratoire, métabolique ou neuromusculaire.
- Pratique du trail supérieur à deux ans avec au moins une course annuelle de plus de 40 km terminée.
- Certificat médical de non contre-indication à la pratique du trail
- Sujets assujettis à un régime de sécurité sociale
- Sujets aptes à signer le consentement éclairé
- Sujets disponibles à Grenoble avant et après la course

Les critères de non inclusions étaient :

- Sexe féminin
- Antécédent traumatique ou chirurgical du genou étudié (droit)
- Douleur chronique du genou étudié
- Contre-indication à la réalisation d'une IRM
- Traitements médicamenteux susceptibles d'interagir avec les mesures de l'étude
- Pathologies psychiatriques ou antécédent de troubles du comportement
- Personnes sous tutelle ou non assujetties à un régime de sécurité sociale
- Personne privée de liberté par décision judiciaire ou administrative
- Personne faisant l'objet d'une mesure de protection légale, ne pouvant pas être incluse dans les essais cliniques
- Personnes refusant de signer la fiche d'information

3.1.3 Suivi

Chaque sujet a été vu à trois reprises au CHU Grenoble Alpes et a répondu initialement à un questionnaire retraçant ses paramètres cliniques et sportifs (taille, poids, historiques des courses, entrainements…etc). La première visite (V0) a consisté en la réalisation de l'IRM V0 pré-course dans la semaine précédant la compétition. Une deuxième visite (V1) a été réalisée le jour de la course, dans les 6 heures après la fin de course de chaque coureur et a inclus la réalisation de l'IRM post course (IRM V1). Enfin une dernière visite a eu lieu 1 mois après la course (visite V2) avec réalisation de la dernière IRM (IRM V2). Les sujets n'avaient réalisé aucune activité sportive au moins 12h avant les visites V0 et V2. Lors de chaque visite un examen clinique du patient a été réalisé, et un questionnaire complémentaire portant sur les entrainements récents réalisés par le coureur était renseigné.

3.2 IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE

Trois IRM du genou droit ont été pratiquées sur l'ensemble des sujets inclus. Tous les sujets étaient positionnés en décubitus dorsal, après une période de repos assis d'au moins 30 minutes. Le genou droit était placé dans une antenne spécifique, rotule au zénith et maintenu par des cales dédiées afin d'éviter les mouvements parasites et d'assurer la reproductibilité de l'examen. Les séquences ont été réalisées sur une IRM 1.5 Tesla (SALTEA Siemens, Munich, Allemagne).

Les caractéristiques morphologiques, l'épaisseur du cartilage et l'évaluation qualitative des structures ostéo-articulaires du genou ont été évaluées par une séquence 3D DP FS avec un temps de répétition de 900 ms, matrice de 320 x 240 pixels, FOV de 180 x 180 mm, 1 seul signal acquis, une épaisseur de coupe de 0,7 mm pour un temps d'acquisition de 4 min 23 secondes.

La matrice cartilagineuse a été évaluée par des séquences de T2 mapping (séquence MESE), avec un temps de répétition de 100 ms, une matrice de 192 x 256 pixels, un FOV de 160 x 160 mm et 5 échos acquis à différents temps. Les coupes étaient axiales sur la rotule, sagittales sur les deux condyles fémoraux et le plateau tibial, avec une épaisseur de 0,7 mm

pour un temps d'acquisition de 4 min 43 secondes. Le temps d'acquisition total des images était de 9 min et 6 secondes par patient.

3.3 ANALYSE DES DONNÉES MORPHOLOGIQUES

Les données morphologiques ont été analysées sur le logiciel Picture Archiving and Communications System (PACS Agfa Enterprise Imaging XERO Viewer 8.1.2, Mortsel, Belgique) par une radiologue formée en imagerie musculo-squelettique (PP). Les données ont bénéficié d'une double lecture par un deuxième radiologue expérimenté en imagerie musculo-squelettique (CP). La répétition du même protocole strict de réalisation des images a permis une comparaison reproductible des IRM d'un même patient.

Les lésions cartilagineuses retrouvées ont été classées selon la classification de Recht et al.[66] basées sur le score arthroscopique modifié de Noyes and Stabler[64] :

- Grade 1 : Signal inhomogène du cartilage
- Grade 2 : défect cartilagineux de moins de 50 % de l'épaisseur
- Grade 3 : défect cartilagineux de plus de 50 % de l'épaisseur
- Grade 4 : exposition de l'os sous chondral

Les lésions méniscales ont été classées selon la classification IRM de Crues[11] :

- Grade 1 : Hypersignal méniscal punctiforme n'atteignant pas les surfaces articulaires
- Grade 2 : Hypersignal méniscal linéaire n'atteignant pas les surfaces articulaires
- Grade 3 : Hypersignal méniscal atteignant les surfaces articulaires : fissure
- Grade 4 : fissure complexe

3.4 SEGMENTATION DU CARTILAGE & MESURE T2

La segmentation du cartilage en régions d'intérêts (ROIs) a été réalisée à l'aide du logiciel SYNGO.VIA VB30A V5.1 (Siemens Healthcare GmbH, Erlangen, Allemagne). Le cartilage articulaire a été divisé en 13 régions fémorales, 8 tibiales et 4 patellaires soit un total de 25 ROIs par genou (figure 2). Afin d'assurer l'homogénéité des mesures, le temps de relaxation a été mesuré sur une surface de 0,5mm^2 au centre de chaque ROIs.[14,58] Le traçage a été réalisé manuellement par un seul radiologue à l'aide d'une technique semi-automatisée, une fois les 3 IRM réalisées afin d'assurer la comparabilité des mesures entre chaque IRM. Le logiciel donnait une valeur absolue de temps de relaxation T2 en millisecondes. Un regroupement de ROIs représentant les 6 régions anatomiques du genou a été effectué pour compléter les analyses (Patella ; Trochlée ; Condyle Fémoral Médial (MFC) ; Condyle Fémoral Latéral (LFC) ; Plateau Tibial Médial (MTP) ; Plateau Tibial Latéral (LTP)) (figure 2).

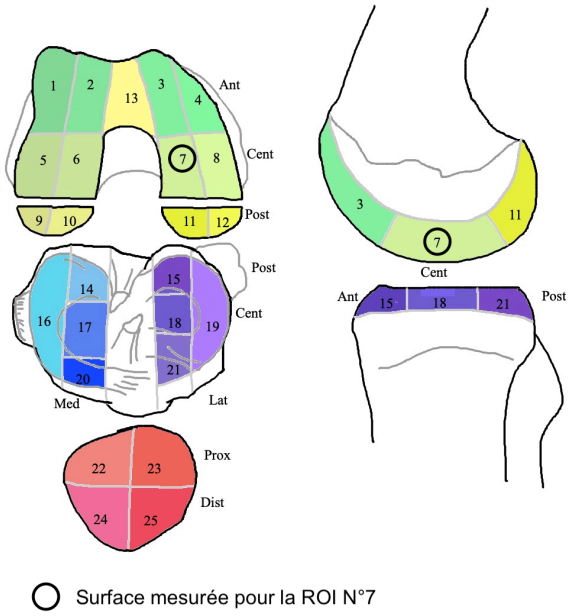


Figure 2. Représentation des Régions d'intérêts (ROIs). Patella = ROIs 22+23+24+25 ; Trochlée = ROIs 1+2+13+3+4 ; CFM = ROIs 5+6+9+10 ; CFL = ROIs 7+8+11+12 ; PTM = ROIs 14+16+17+20 ; PTL = ROIs 15+18+19+21

3.5 ANALYSES STATISTIQUES

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel Statview V5.0 (SAS Institute, Cary, NC, USA) par le Dr VS, chercheur Inserm au sein du laboratoire Hypoxie et physiopathologie cardiovasculaire et respiratoire (HP2) à l'Université de Grenoble-Alpes. Les données qualitatives ont été exprimées en fréquences et pourcentages, et les données quantitatives en moyennes ± écart type (min-max). Après confirmation de la normalité des données, les différences entre les visites concernant les valeurs T2 des différentes ROIs ont été évaluées par analyse de variance (ANOVA) à 2 facteurs (temps × ROI). Lorsque l'ANOVA indiquait un effet significatif, une analyse post-hoc de comparaison des temps ou ROI deux à deux était effectuée par test Bonferroni. Pour rechercher des variables associées aux modifications de T2, des tests de corrélations de Pearson ont été effectués. Le risque α de première espèce a été fixé à 0,05.

4 RESULTATS

4.1 POPULATION

Vingt-huit volontaires ont répondu à notre appel. Deux avaient des antécédents de douleurs mécaniques du genou droit, 1 s'est désisté avant la visite d'inclusion. Sur les 25 restant, 20 ont été sélectionnés par les investigateurs sur dossier, afin d'homogénéiser la population. Ainsi un coureur de 64 ans, un coureur ayant une tendinite encore active du genou controlatéral, et trois autres coureurs avec peu d'expérience d'ultra-trail n'ont pas été inclus. Vingt coureurs ont été inclus dans le protocole et un seul a été perdu de vue après inclusion. Le Flow Chart est présenté dans la figure 3.

Les coureurs étaient âgés de 40 ans ± 9 (27-60). Ils pratiquaient le trail depuis 9 ans ± 4 (3-16) en moyenne, avec 3,4 entrainements hebdomadaires ± 0,9 (1-5). Un seul coureur avait une expérience de trail inférieure à 5ans. L'indice de masse corporel (IMC) moyen était de 22,0 $kg \cdot m^{-2}$ ± 1,4 (20-25) et la côte ITRA (classement international des coureurs de l'International Trail Running Association) de 563 ± 77 (406-691). Concernant le morphotype, 7 coureurs

(35%) présentaient un genu varum contre 13 normo-axés (65%). Aucun ne présentait de genu valgum. La douleur évaluée à la visite d'inclusion et cotée d'après une échelle visuelle analogique sur 10 (EVA) était nulle pour 17 coureurs, et inférieure à 5 pour 3 autres. Un coureur a signalé avoir quelques douleurs face antérieure de la rotule, étiquetées syndrome rotulien devant un bilan radio-IRM négatif. Les 2 autres avaient eu des douleurs autour du genou suite à une tendinite, mais tous étaient asymptomatiques au quotidien au moment du recrutement.

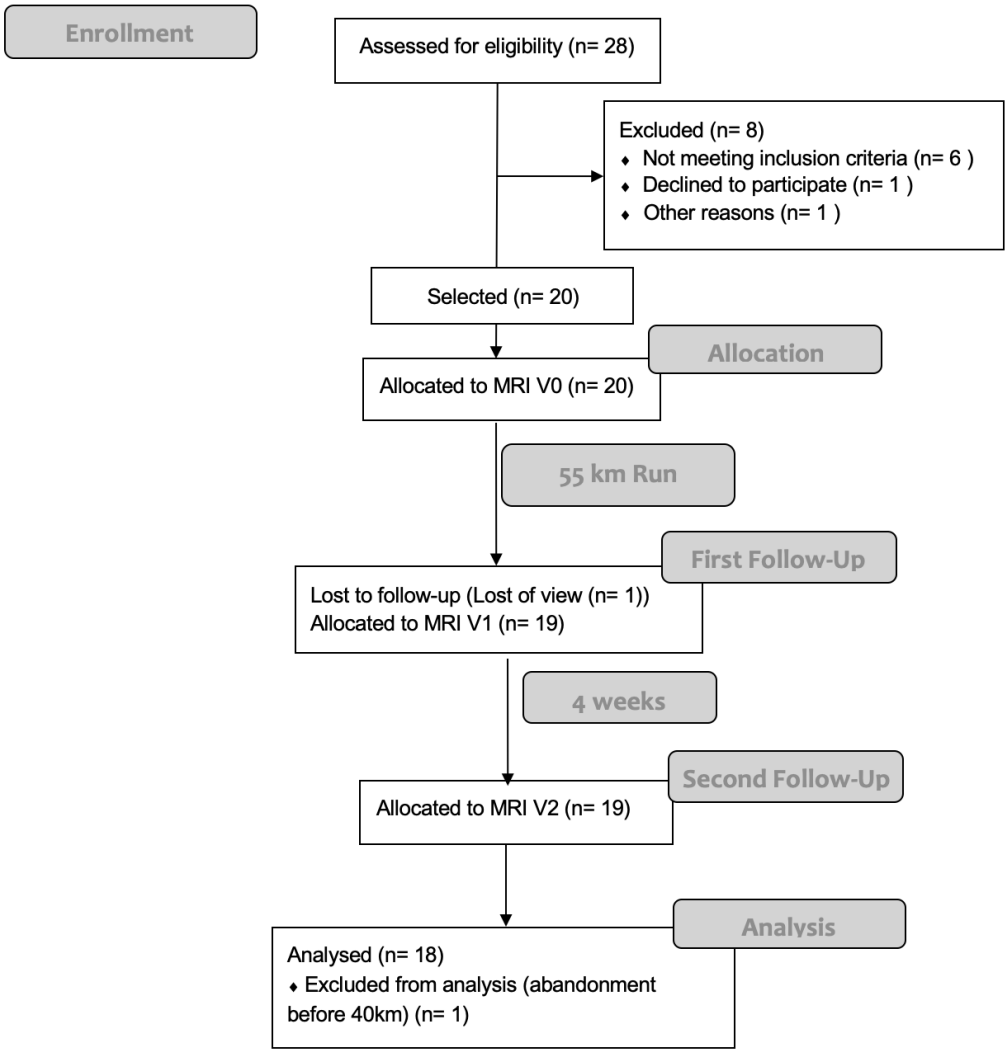


Figure 3. Flow Chart

4.2 COURSE

Sur les 20 traileurs, 17 ont terminé la course. Un a présenté des crampes et n'a pas poursuivi la suite de l'étude (considéré comme perdu de vue), un autre s'est foulé la cheville après 17km et 4h de course. Un autre n'a pas franchi à temps la barrière horaire des 40 km (disqualifié) mais a été inclus dans l'analyse car il a dépassé 40 km de distance (pour plus de 6 heures de course). Le temps de course moyen des 18 coureurs inclus était de 532 min ± 77 (422-695). La moitié des coureurs étaient classés dans les 112 premiers, sur 433 coureurs classés et 143 abandons. Le détail est présenté dans le tableau 2.

Paramètres		Moyenne ± SD (min-max)
Temps de course	(en min)	532 ± 77 (422-695)
Classement	scratch	157 ± 122 (20-410)
	catégorie	31 ± 26 (3-99)
Délais arrivée- IRM V1 (en min)		183 ± 69 (92-360)
Délais IRM V1-IRM V2 (en jours)		30 ± 6 (26-53)

Tableau 2. Résultats de la course et délais avant la réalisation des IRM.

4.3 PARAMÈTRES SPORTIFS PRÉ ET POST-COURSE

Concernant l'historique sportif des coureurs, 8 (40%) avaient participé à un ultra-trail dans le mois précédant la course. Dans ce même mois, tous effectuaient des entraînements en montagne > 20km, avec en moyenne 3,9 entraînements ± 3,6 (1-15) dans le dernier mois. En revanche, seulement 9 coureurs (45%) ajoutaient à cela des entraînements > 40 km. Après la course, entre les IRM V1 et V2, les volontaires ont peu couru : seulement 5 coureurs (25%) ont effectué un ou plusieurs entraînements > 40 km (tableau 3). Aucun n'a participé à une course d'ultra-trail entre ces 2 IRM, et tous les coureurs ont diminué considérablement leur entraînement.

Paramètres		Pourcentage de coureurs concerné	Moyenne	Médiane
Nombre d'entrainements 1 mois avant la course	20-40 km	100 % des coureurs	3,9 ± 3,6 (1-15)	3
	> 40 km	45% des coureurs	1,2 ± 1,9 (0-6)	0
Entrainements 72h avant IRM (en nombre de coureurs, toutes distances confondues)	IRM V0	10%	2	
	IRM V2	17%	3	
Nombre d'ultra-trail en 2020	1 mois avant la course	40% des coureurs	0,4 ± 0,5 (0-1)	0
	3 mois avant la course	45% des coureurs	0,6 ± 0,7 (0-2)	0
	Total 2020	100% des coureurs	1,8 ± 0,9 (1-4)	2
Nombres d'entrainements entre IRM V1 et V2	20-40 km	50% des coureurs	0,7 ± 0,9 (0-3)	0
	>40 km	25% des coureurs	0,3 ± 0,6 (0-2)	0

Tableau 3 : Historique des entrainements des coureurs

4.4 IRM

Les 20 IRM pré-course (V0) ont été analysées pour les données morphologiques, mais seulement 18 IRM ont été incluses dans l'analyse du cartilage en T2 mapping correspondant aux 18 coureurs ayant dépassé les 40km de course. L'IRM V1 a été réalisée en moyenne 183 minutes ± 69 (92-360) après le passage de la ligne d'arrivée. L'IRM V2 a été réalisée entre 26 et 32 jours après l'IRM V1. Un seul coureur a eu un délai > 32 jours dû à un report de l'examen pour problème technique.

4.4.1 Analyse en T2 mapping

Les temps de relaxation T2 moyens pour l'ensemble des ROIs et pour les six régions anatomiques sont représentés dans les figures 3 et 4 respectivement. L'analyse ANOVA des valeurs de T2 indiquait un effet temps significatif ($p<0,0001$) ainsi qu'un effet ROI significatif ($p<0.001$). La variation dans le temps des valeurs de T2 n'était en revanche pas significativement différente entre les ROIs (interaction temps × ROI : $p=0,239$). L'analyse post hoc montrait des valeurs T2 significativement plus élevées à V1 (T2 = 40,17 ± 5,11 ms) qu'à V0 (T2 = 37,91 ± 5,24 ms ; $p<0,0001$). Elles restaient toujours significativement augmentées à

V2 (T2 = 38,67ms ± 5,19) par rapport à V0 (p=0,008) mais significativement diminuées en comparaison à V1 (p<0,0001). Aucune corrélation significative entre les valeurs ou variations de T2 et les caractéristiques sportives et cliniques n'a été obtenue (results not shown, all p>0,05).

Concernant les analyses des différentes régions anatomiques, la variation dans le temps des valeurs de T2 n'était pas significativement différente, mais l'analyse post hoc montrait des valeurs T2 significativement plus élevées dans la région du condyle fémoral médial (p<0,0001). De même le condyle fémoral latéral et la trochlée avait des valeurs T2 augmentées par rapport aux régions du tibia et de la patella. Cette dernière présentait des valeurs T2 significativement plus basses que toutes les autres régions (p<0,0001).

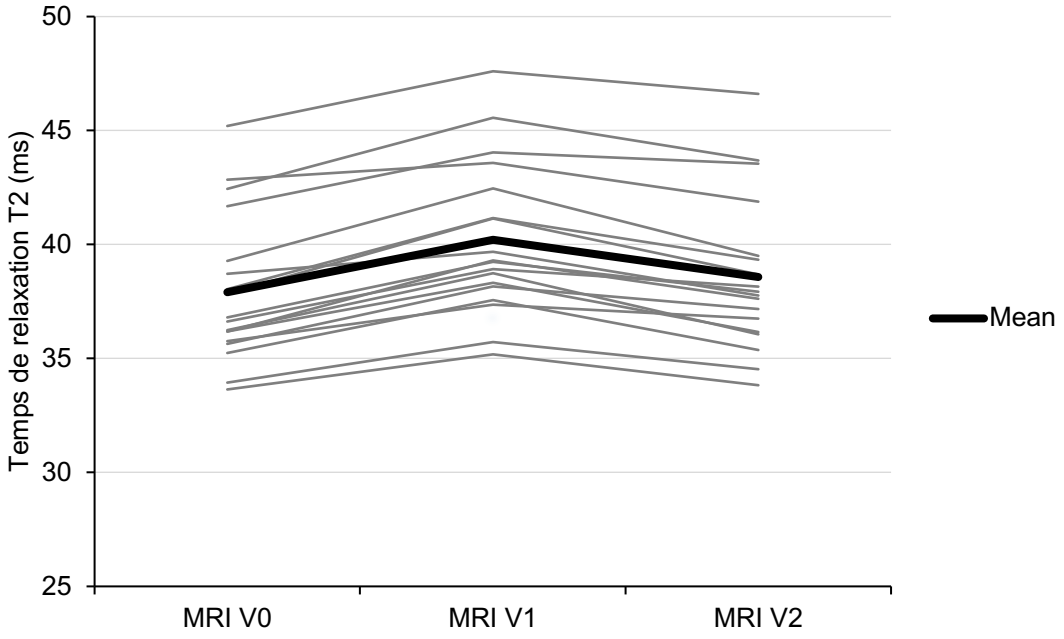


Figure 3. Moyenne des valeurs T2 avant, après et 1 mois après la course pour chaque sujet.

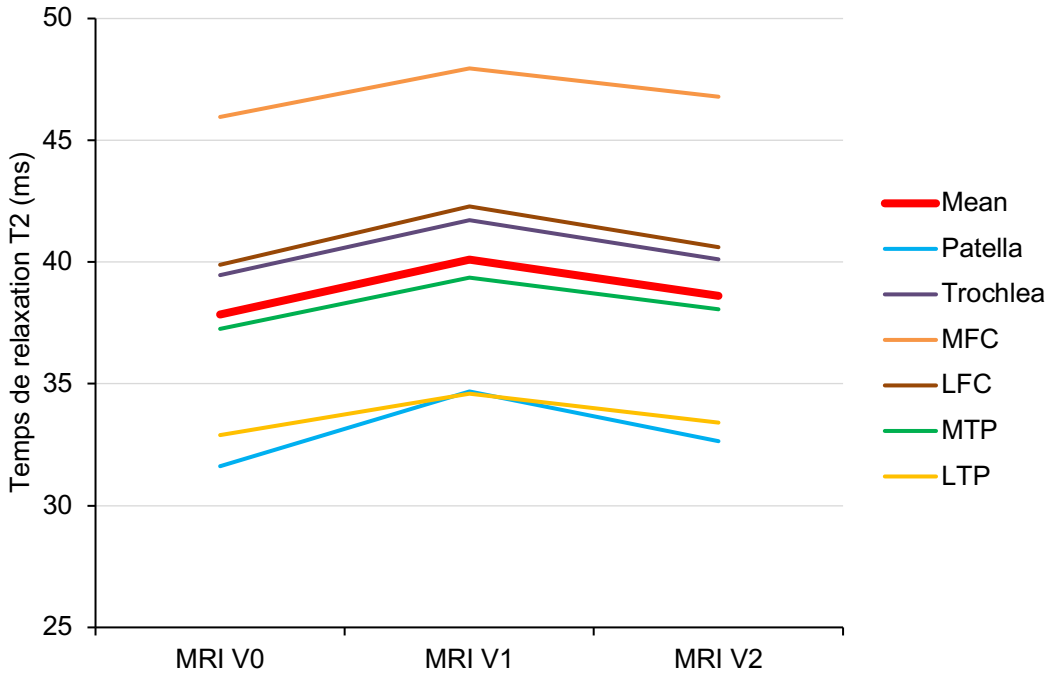


Figure 4. Évolutions des moyennes T2 des six régions anatomiques avant, après et 1 mois après la course.

4.4.2 Analyse morphologique

Le tableau 4 détaille les différentes lésions retrouvées en séquences morphologiques. Sur les 20 coureurs analysés lors de la visite V0, 13 (65%) présentaient une chondropathie de stade variable pour un total de 24 lésions cartilagineuses. Une lésion du ménisque interne a été visualisée chez 13 volontaires (65%), concernant dans tous les cas la corne postérieure (CPMI). Aucun ne présentait de lésion du ménisque externe. Aucune de ces lésions n'a évolué sur l'IRM V1 ni sur l'IRM V2. Trois coureurs (15%) présentaient un œdème sous chondral de la trochlée et de la rotule, 6 kystes poplités (26%) ont été découverts. Seulement un kyste a augmenté sur l'IRM V1 pour régresser ensuite à l'IRM V2, les autres sont restés stables dans le temps. Un seul coureur ne présentait ni chondropathie, ni lésion méniscale mais avait un kyste poplité non symptomatique.

Types d'anomalies		Grade	IRM V0 (20 coureurs)	IRM V1 (18 coureurs)	IRM V2 (18 coureurs)
Épanchement			minime	stable	stable
Chondropathies	rotulienne	1	1	stable	stable
		2	3	stable	stable
		3	4	stable	stable
		4	2	stable	stable
		Tout grade	**10 (50%)**	stable	stable
	Fémoro-tibiale latéral	1	4	stable	stable
		2	3	stable	stable
		3	1	stable	stable
		4	0	stable	stable
		Tout grade	**8 (40%)**	stable	stable
	Fémoro-tibiale médiale	1	2	stable	stable
		2	3	stable	stable
		3	1	stable	stable
		4	0	stable	stable
		Tout grade	**6 (30%)**	stable	stable
	Totale	Tout grade	24	stable	stable
	Nombre de genoux atteints		**13 (65%)**	stable	stable
Méniscopathies	MI grade	1	5	stable	stable
		2	6	stable	stable
		3	2	stable	stable
		Tout grade	**13 (65%)**	stable	stable
	ME		0 (0%)	stable	stable
Moelle osseuse	œdème sous chondral fémoro-patellaire		6 (30%)	stable	stable
Lésion Tendineuse			0 (0%)	N/A	N/A
Lésion ligamentaire			0 (0%)		
Autre	**Kystes poplités**		**6 (30%)**	1 augmentation	1 régression

Tableau 4 : Anomalies IRM aux séquences morphologiques : les lésions cartilagineuses sont classées selon Recht and Al (Grade 1 : Signal inhomogène du cartilage ; Grade 2 : défect cartilagineux de moins de 50 % de l'épaisseur ; Grade 3 : défect cartilagineux de plus de 50 % de l'épaisseur ; Grade 4 : exposition de l'os sous chondral) et les grades des lésions méniscales selon la classification IRM de Crues **(**Grade 1 : Hypersignal méniscal punctiforme n'atteignant pas les surfaces articulaires ; Grade 2 : Hypersignal méniscal linéaire n'atteignant pas les surfaces articulaires ; Grade 3 : Hypersignal méniscal atteignant les surfaces articulaires : fissure ; Grade 4 : fissure complexe).

5 DISCUSSION

5.1 VARIATIONS T2 APRÈS UN ULTRA-TRAIL

5.1.1 Post course immédiat

Cette étude visait à déterminer l'impact d'un ultra-trail sur le genou via l'analyse IRM des temps de relaxation T2 du cartilage. Ce protocole a permis de mettre en évidence une augmentation significative des valeurs T2 immédiatement après la course. Plusieurs équipes ont déjà validé l'utilisation de ces séquences dans l'étude du cartilage et de sa composition.[14,15,25,30,49,63,74] Il est admis que les valeurs T2 sont fonction de la variation de la charge hydrique du cartilage et plus précisément de la quantité d'eau libre (non liée au collagène et aux protéoglycanes).[15,49] Une augmentation de la quantité d'eau libre reflète une altération de la matrice cartilagineuse et se traduit par un hypersignal T2.[49] D'autres auteurs suggèrent que le T2 reflète la structure du réseau de fibrilles de collagène en étant sensible à son anisotropie.[15,63] Ces changements d'anisotropie du réseau de fibrilles de collagène, traduits par un hypersignal T2, pourraient précéder les changements de teneur en collagène et la perte d'eau associée à la dégénérescence tissulaire.[15,63] L'augmentation du signal T2 retrouvée après la course traduirait donc une altération de la matrice cartilagineuse et un changement de la structure des fibrilles de collagène. Les résultats de la présente étude suggèrent ainsi que l'ultra-trail serait source de modifications de l'architecture du cartilage.

Par ailleurs les différences retrouvées entre les compartiments fémoral, tibial, et patellaire ont également été décrites. Les auteurs ont ainsi mesuré des temps de relaxation T2 supérieurs dans les régions fémorales par rapport au cartilage du plateau tibial et celui de la patella.[74,75] Nos mesures se rapprochent de celles décrites précédemment et concordent donc avec la littérature. Par ailleurs selon Gold & al.[26] les valeurs mesurées seraient constantes pour un tissu donné (à une intensité de champs magnétique donnée) et les variations T2 seraient le reflet d'une altération tissulaire.

La pathologie arthrosique du genou passe par des stades de modifications architecturales, bien visibles sur les séquences d'IRM structurale.[15,33,57] Ces changements précédant la

destruction cartilagineuse se traduiraient par une augmentation du temps de relaxation T2 [2,18,57] qui serait même plus sensible dans la détection des lésions cartilagineuses que les séquences morphologiques classiques.[30,40] Certaines études ont cherché à définir des cut-off pour différencier le cartilage pathologique du cartilage sain ; d'après Soellner[75] et Dallaudière[13] le cartilage arthrosique aurait un signal > 40ms en IRM 3.0T. David-vaudey et al.[15] dans leur étude cadavérique avaient une moyenne de 38ms concernant le cartilage sain des échantillons témoins évalués par IRM 1,5T. La littérature s'accorde à dire qu'il existe une corrélation positive entre l'augmentation du signal T2 et la progression histologique de l'arthrose.[13,15,75,79] Avec une moyenne post course > 40ms, nos résultats suggèrent que les modifications cartilagineuses induites par la course sont similaires à la pathogénèse arthrosique. **C'est une donnée nouvelle et importante car à notre connaissance aucune étude n'a analysé le cartilage des coureurs d'ultra-trail.**

Les études déjà publiées sur la course à pied analysent principalement des courses sur terrain plat et des distances plus faibles. Elles ont montré que la mise en charge induisait une extrusion d'eau responsable d'une diminution de signal T2.[9,22] Cela expliquerait la diminution T2 retrouvée par certains auteurs après une course d'intensité.[7,22,59] Subburaj et al.[78] constatent en effet une diminution du signal T2 dans tous les compartiments du genou chez des volontaires sains après une course de 30 min sur tapis roulant. Notre protocole diffère de ces études par la distance bien supérieure et les dénivelés importants. Il se pourrait que dans ces conditions, les altérations structurales du cartilage augmentant la quantité d'eau libre prédominent sur l'extrusion d'eau faisant suite à une mise en charge prolongée. Cela expliquerait l'augmentation du signal T2 retrouvée également après une course longue de type marathon.[53,33] En 2017 l'équipe d'Hoessly and al.[34] a réalisé une revue de littérature des lésions IRM du genou après une course de longue distance et concluent également à une augmentation des valeurs T2. La course à pied aurait un impact différent selon les modalités de pratique, le marathon et l'ultra-trail menant probablement à des réactions tissulaires plus intenses. Cela concorde avec les conclusions de la littérature suggérant que les changements microscopiques survenant dans le

cartilage du genou du sportif seraient d'autant plus importants selon le type d'activité, son intensité, et le statut cartilagineux initial.[19,22,52] Les précédentes études biomécaniques de la course-à-pied [27,81] ajoutées aux données de la présente étude amènent à penser que les dénivelés importants réalisés en course, et notamment en descente [10,27] pourraient être particulièrement propices à induire des altérations cartilagineuses du genou.

5.1.2 Après un mois

En réalisant l'IRM V2 un mois après la course, nous avons cherché à savoir si ces modifications cartilagineuses aiguës induites par l'épreuve d'ultra-trail persistaient dans le temps. Les résultats montrent que l'augmentation du signal T2 observée en post course (V1) s'est en partie résorbée, mais les valeurs de T2 à V2 restent significativement augmentées par rapport aux valeurs pré-courses (V0). Ainsi, il semble que les modifications architecturales induites par l'épreuve d'ultra-trail n'ont pas totalement disparues et ce, malgré la faible activité sportive de la majorité des volontaires. En effet seulement 5 sportifs ont pratiqué un entraînement de plus de 40km entre V1 et V2. Les autres n'ont pas couru ou seulement des distances plus faibles. Les analyses de corrélation n'ont pas montré d'association entre la quantité de course à pied et les modifications de T2 entre V1 et V2. Les caractéristiques de l'entraînement des coureurs dans le mois précédant la visite V0 n'étaient pas non plus corrélées aux valeurs de T2 à V0. La taille de notre échantillon est possiblement trop faible pour établir le rôle potentiel de l'intensité de la pratique sportive sur l'amplitude des modifications de signal T2. De plus, les coureurs avaient diminué leur entraînement de façon importante, avec une moyenne de 4 entraînements sur le dernier mois versus 4 par semaine le reste de l'année. Une autre hypothèse est que les entraînements pratiqués classiquement par les traileurs sont moins intensifs qu'en compétition, et n'ont donc pas d'impact significatif sur les données IRM. Nos résultats suggèrent ainsi qu'une épreuve d'ultra-trail a des conséquences durables sur le cartilage du genou (> 1 mois) ce qui ne semble pas être le cas d'un marathon, où le signal T2 retrouve ses valeurs de base à 1 mois.[33] Luke et al.[53] ont également rapporté que l'augmentation de T2 observée post-marathon avait disparu 3 mois après la course. Ceci est une information

importante pour les coureurs qui souhaiteraient s'entraîner dans les meilleures conditions possibles et enchaîner des compétitions d'ultra-trail sans imposer de trop fortes contraintes à leurs articulations. **Ainsi, les résultats de cette étude démontrent pour la première fois qu'il faut plus d'un mois pour que le cartilage du genou récupère complètement d'une course d'ultra-trail.**

5.2 LÉSIONS ANATOMIQUES DE L'ULTRA-TRAILEUR À L'IRM MORPHOLOGIQUE

Concernant les séquences morphologiques, les coureurs présentaient pour 65% d'entre eux au moins une lésion cartilagineuse. Des données antérieures indiquent une prévalence des lésions de seulement 11% dans une population asymptomatique pratiquant une activité physique modérée mais régulière.[6] L'équipe de Horga et al.[36] a récemment rapporté une incidence similaire en utilisant une IRM 3.0T considérée plus sensible dans l'analyse du genou que l'IRM 1,5T utilisée pour notre étude.[86] Leurs résultats divergent en deux autres points : leur population était plus âgée que la nôtre et la répartition des lésions était différente ; nous avions plus d'atteintes fémoro-tibiales que fémoro-patellaires alors qu'ils avaient une grande majorité d'atteintes fémoro-patellaires. Culvenor et al.[12] ont réalisé une méta-analyse des lésions de gonarthrose dans la population générale asymptomatique en incluant 4751 individus (plus de 5000 genoux) dans 63 études. Dans ce travail il a été retrouvé 24% de lésions cartilagineuses ce qui reste beaucoup moins élevé que dans notre population de traileurs pratiquant régulièrement.

Si on ajoute à cela l'analyse des ménisques, 95% des coureurs de la présente étude avaient au moins une anomalie de signal du genou. Pour les ménisques, ces anomalies étaient particulièrement fréquentes puisqu'elles concernaient 65% des sujets et correspondaient à une lésion de grade 1 à 3.[11,51] Ces chiffres sont plus élevés que ceux retrouvés dans la littérature de l'adulte asymptomatique sédentaire ou ayant une pratique sportive modérée. L'étude de Horga et al.[36] par exemple ayant analysé 230 genoux asymptomatiques retrouvait seulement 30% de lésions méniscales à l'IRM 3.0T. D'autre auteurs ont rapporté des chiffres similaires chez des volontaires sains âgés de moins de 45ans.[48,88] Une étude évaluant le lien entre la prévalence de

ces lésions et l'âge avait montré 40% d'atteinte avant 50 ans et 60% après 60 ans.[45] En revanche la distribution des lésions méniscales était comparable et concernait en majorité la corne postérieure du ménisque interne (CPMI) et très peu le ménisque latéral. Outre les lésions atteignant la surface articulaire du ménisque, les hypersignaux intraméniscaux (grade 1 et 2) ont par ailleurs déjà été étudiés et sont signe de dégénérescence tissulaire.[29] D'autres auteurs vont plus loin et suggèrent que ces changements de signaux représentent des modifications dégénératives du collagène dont l'évolution aboutira à une lésion complète (grade 3).[29,51,77] **Dans la population de traileurs inclus dans la présente étude, il est globalement observé deux fois plus d'anomalies du genou que dans la littérature analysant la population générale.**

Si seulement 10% des coureurs de notre étude présentaient une véritable lésion méniscale grade 3, 40% avaient au moins une lésion profonde du cartilage (stade 3 ou 4). Ces lésions restent localisées mais rentrent dans la définition IRM de l'arthrose établie par Hunter et al.[37] En considérant cette définition, 65% des coureurs présentaient des signes d'arthrose du genou. C'est plus élevé que dans la population générale asymptomatique de l'étude de Culvenor et al.[12] qui concluait à une prévalence de l'arthrose entre 4% et 14% chez les moins de 40ans et comprise entre 19% et 43% après 40ans. En revanche nos chiffres se rapprochent de ceux observés dans le groupe pathologique de l'article de Zarins et al.[90] comparant des sujets avec une arthrose avérée (radiologique et clinique) du genou contre 19 sujets de 50 ans sains et asymptomatiques. En effet dans ce groupe avec arthrose ils ont retrouvé 75% de lésions de la CPMI (100% dans la présente étude). Ils ont eu en revanche des lésions du ménisque externe fréquentes que l'on n'a pas retrouvées dans notre groupe. Ces chiffres sont importants car il a été montré que 10 à 40% des patients ayant une lésion méniscale asymptomatique présentent des symptômes dans les 2 années suivantes (type douleur et/ou raideur et/ou altération des fonctions quotidiennes).[88] La fréquence des lésions retrouvées a donc une importance clinique non négligeable.

Les populations étudiées par les différents articles mentionnés ci-dessus diffèrent peu de la nôtre si ce n'est par la pratique du trail. **Nos résultats laissent donc penser que la pratique régulière d'ultra-trail a un impact négatif sur le genou à la différence des articles déjà publiés concluant que les coureurs de marathon ne présentaient pas plus de lésions ménisco-cartilagineuses que la population sédentaire**.[67,72] En effet Alentorn et al.[1] n'ont pas trouvé d'association entre la gonarthrose et la course à pied, et ont même montré que la pratique en loisir de celle-ci peut être un facteur protecteur. Schueller-Weidekamm et al.[71] ont également étudié les marathoniens et ont eu des résultats plus proches des nôtres concernant les ménisques (> 50% d'hyper signal) mais n'ont retrouvé que 18% d'anomalies cartilagineuses malgré l'inclusion de coureurs symptomatiques. Nos résultats se rapprochent en revanche de ceux de Virayavanich et al.[83] qui ont analysé une population aux activités jugées traumatiques pour le genou (activité à genou ou accroupie, montée d'escaliers ou soulevé de poids).[20,44] Ils ont retrouvé 70% de lésions du cartilage et 45% de lésions méniscales ce qui était supérieur à leur population contrôle. Cependant, la moyenne d'âge était supérieure de 10ans à celle de l'étude présente, les femmes étaient incluses et une IRM 3.0T était utilisée. Cette population aux caractéristiques physico-cliniques différentes de nos coureurs semble présenter des résultats plus proches des traileurs analysés dans notre étude qu'une population de marathoniens.[67] Au total, ces résultats suggèrent que l'ultra-trail est plus traumatisant pour les genoux que la course à pied à plat. Notre hypothèse est que les contraintes subies par le genou durant plusieurs heures sur des dénivelés impliquant parfois une pente importante et un terrain accidenté sont plus importantes qu'une course sur terrain neutre. Il reste à établir si ces contraintes peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'articulation à long terme.

Aucune aggravation des lésions ménisco-cartilagineuses n'a été observée sur les différentes IRM. Il semble que les anomalies observées proviennent d'une surutilisation chronique de l'articulation et non d'un traumatisme aigu.[65,71] Cela concorde avec le fait qu'aucun patient ne présentait d'antécédent traumatique du genou. **L'ultra-trail pourrait donc être source de microtraumatismes du genou et entraîner des lésions de type over-use** .[65]

5.3 LIMITES DE L'ÉTUDE

Une des principales limites de notre étude est la taille relativement faible de la population étudiée. Cependant cette étude est la première analysant le cartilage des ultra-traileurs et notre échantillon suffit à mettre en évidence des modifications significatives des signaux T2 post ultra-trail. Les femmes n'ont pas été incluses dans l'études ce qui pourrait constituer un biais de sélection. Cependant, la littérature scientifique sur le sujet concerne également majoritairement les hommes ce qui nous a permis une comparaison plus juste avec celle-ci. L'hétérogénéité de la pratique sportive (quantité et intensité d'entraînement et de courses avant les IRM) des coureurs pourrait influencer nos résultats. Cependant nous n'avons trouvé aucune corrélation entre la pratique sportive des coureurs et les modifications du signal T2. Enfin, l'utilisation d'une IRM 1,5T pourrait être moins performante que les IRM 3,0T pour détecter des altérations cartilagineuses fines.

6 CONCLUSION

La réalisation d'un ultra-trail chez le coureur entraîné engendre des modifications de l'ultrastructure cartilagineuse, persistantes dans le temps au moins 1 mois après la course. Ces modifications sont similaires à celles rencontrées au début de la pathogénèse arthrosique, et pourraient donc avoir des conséquences néfastes pour le genou. En outre, les coureurs réguliers d'ultra-trail présentent plus de lésions cartilagineuses et méniscales de bas grade que la population générale ou les marathoniens du même âge. La pratique intensive de la course à pied associée à des dénivelés et un kilométrage important entraînerait donc une surutilisation de l'articulation du genou, conduisant à une augmentation de la prévalence de lésions pré-arthrosiques. Nous n'avons pas mis en évidence de caractéristiques ni intrinsèques ni extrinsèques du sportif influençant ces modifications. D'autres études sont nécessaires pour établir les pratiques sportives et les mécanismes associés à ces modifications cartilagineuses ainsi que leurs conséquences à long terme. Ces résultats pourraient être le point de départ

d'autres études portant sur des coureurs ayant subi une chirurgie du genou (réparation méniscale, ligamentoplastie…etc) ou portant sur l'impact du type de foulée, ou encore de la qualité du chaussage (différents drops de la chaussure...etc). Cela permettrait, à terme, de pouvoir mieux conseiller les coureurs en fonction leur passif médical ou chirurgical.

7 BIBLIOGRAPHIE

1. Alentorn-Geli E, Samuelsson K, Musahl V, Green CL, Bhandari M, Karlsson J. The Association of Recreational and Competitive Running With Hip and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. J Orthop Sports Phys Ther. 2017;47(6):373-390. doi:10.2519/jospt.2017.7137
2. Apprich S, Welsch GH, Mamisch TC, et al. Detection of degenerative cartilage disease: comparison of high-resolution morphological MR and quantitative T2 mapping at 3.0 Tesla. Osteoarthritis Cartilage. 2010;18(9):1211-1217. doi:10.1016/j.joca.2010.06.002
3. Armstrong CG, Mow VC. Variations in the intrinsic mechanical properties of human articular cartilage with age, degeneration, and water content. J Bone Joint Surg Am. 1982;64(1):88-94.
4. Athle.fr | Enquête : La course à pied à l'étude [WWW Document], n.d. URL https://www.athle.fr/asp.net/main.news/news.aspx?newsid=11782
5. Baggaley M, Vernillo G, Martinez A, et al. Step length and grade effects on energy absorption and impact attenuation in running. Eur J Sport Sci. 2020;20(6):756-766. doi:10.1080/17461391.2019.1664639
6. Beattie KA, Boulos P, Pui M, et al. Abnormalities identified in the knees of asymptomatic volunteers using peripheral magnetic resonance imaging. Osteoarthritis Cartilage. 2005;13(3):181-186. doi:10.1016/j.joca.2004.11.001
7. Behzadi C, Welsch GH, Laqmani A, et al. The immediate effect of long-distance running on T2 and T2* relaxation times of articular cartilage of the knee in young healthy adults at 3.0 T MR imaging. Br J Radiol. 2016;89(1064):20151075. doi:10.1259/bjr.20151075
8. Breville P, Quintrec J-LL, Cadet C, et al. The burden of osteoarthritis. cah année gerontol. 2015;7(2):45-51. doi:10.1007/s12612-015-0448-4
9. Chen M, Qiu L, Shen S, et al. The influences of walking, running and stair activity on knee articular cartilage: Quantitative MRI using T1 rho and T2 mapping. PLoS One. 2017;12(11):e0187008. Published 2017 Nov 14. doi:10.1371/journal.pone.0187008

10. Chu JJ, Caldwell GE. Stiffness and Damping Response Associated with Shock Attenuation in Downhill Running. Journal of Applied Biomechanics. 2004;20(3):291-308. doi:10.1123/jab.20.3.291
11. Crues JV 3rd, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stoller DW. Meniscal tears of the knee: accuracy of MR imaging. Radiology. 1987;164(2):445-448. doi:10.1148/radiology.164.2.3602385
12. Culvenor AG, Øiestad BE, Hart HF, Stefanik JJ, Guermazi A, Crossley KM. Prevalence of knee osteoarthritis features on magnetic resonance imaging in asymptomatic uninjured adults: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2019;53(20):1268-1278. doi:10.1136/bjsports-2018-099257
13. Dallaudière B, Dautry R, Perozziello A, et al. MRI T2 mapping sequence concordance with CT-arthrography for knee cartilaginous lesions in traumatic and degenerative lesions. Journal de Traumatologie du Sport. 2013;30(3):146-153. doi:10.1016/j.jts.2013.07.011
14. Dardzinski BJ, Mosher TJ, Li S, Van Slyke MA, Smith MB. Spatial variation of T2 in human articular cartilage. Radiology. 1997;205(2):546-550. doi:10.1148/radiology.205.2.9356643
15. David-Vaudey E, Ghosh S, Ries M, Majumdar S. T2 relaxation time measurements in osteoarthritis. Magn Reson Imaging. 2004;22(5):673-682. doi:10.1016/j.mri.2004.01.071
16. Degache F, Morin JB, Oehen L, et al. Running Mechanics During the World's Most Challenging Mountain Ultramarathon. Int J Sports Physiol Perform. 2016;11(5):608-614. doi:10.1123/ijspp.2015-0238
17. Dijkgraaf LC, de Bont LG, Boering G, Liem RS. The structure, biochemistry, and metabolism of osteoarthritic cartilage: a review of the literature. J Oral Maxillofac Surg. 1995;53(10):1182-1192. doi:10.1016/0278-2391(95)90632-0
18. Dunn TC, Lu Y, Jin H, Ries MD, Majumdar S. T2 relaxation time of cartilage at MR imaging: comparison with severity of knee osteoarthritis. Radiology. 2004;232(2):592-598. doi:10.1148/radiol.2322030976

19. Esculier JF, Jarrett M, Krowchuk NM, et al. Cartilage recovery in runners with and without knee osteoarthritis: A pilot study. Knee. 2019;26(5):1049-1057. doi:10.1016/j.knee.2019.07.011
20. Felson DT, Hannan MT, Naimark A, et al. Occupational physical demands, knee bending, and knee osteoarthritis: results from the Framingham Study. J Rheumatol. 1991;18(10):1587-1592.
21. Franciozi CE, Tarini VA, Reginato RD, et al. Gradual strenuous running regimen predisposes to osteoarthritis due to cartilage cell death and altered levels of glycosaminoglycans. Osteoarthritis Cartilage. 2013;21(7):965-972. doi:10.1016/j.joca.2013.04.007
22. Gatti AA, Noseworthy MD, Stratford PW, et al. Acute changes in knee cartilage transverse relaxation time after running and bicycling. J Biomech. 2017;53:171-177. doi:10.1016/j.jbiomech.2017.01.017
23. Gergelé L, Venet F, Ravelojaona M, et al. Mountain ultra-marathon finishers exhibit marked immune alterations similar to those of severe trauma patients. Intensive Care Med. 2018;44(3):382-383. doi:10.1007/s00134-017-5013-8
24. Giandolini M, Gimenez P, Temesi J, et al. Effect of the Fatigue Induced by a 110-km Ultramarathon on Tibial Impact Acceleration and Lower Leg Kinematics. PLoS One. 2016;11(3):e0151687. Published 2016 Mar 31. doi:10.1371/journal.pone.0151687
25. Glaser C. New techniques for cartilage imaging: T2 relaxation time and diffusion-weighted MR imaging. Radiol Clin North Am. 2005;43(4):641-vii. doi:10.1016/j.rcl.2005.02.007
26. Gold GE, Chen CA, Koo S, Hargreaves BA, Bangerter NK. Recent advances in MRI of articular cartilage. AJR Am J Roentgenol. 2009;193(3):628-638. doi:10.2214/AJR.09.3042
27. Gottschall JS, Kram R. Ground reaction forces during downhill and uphill running. J Biomech. 2005;38(3):445-452. doi:10.1016/j.jbiomech.2004.04.023
28. Grushko G, Schneiderman R, Maroudas A. Some biochemical and biophysical parameters for the study of the pathogenesis of osteoarthritis: a comparison between the processes of

ageing and degeneration in human hip cartilage. Connect Tissue Res. 1989;19(2-4):149-176. doi:10.3109/03008208909043895

29. Hajek PC, Gylys-Morin VM, Baker LL, Sartoris DJ, Haghighi P, Resnick D. The high signal intensity meniscus of the knee. Magnetic resonance evaluation and in vivo correlation. Invest Radiol. 1987;22(11):883-890. doi:10.1097/00004424-198711000-00008
30. Hannila I, Lammentausta E, Tervonen O, Nieminen MT. The repeatability of T2 relaxation time measurement of human knee articular cartilage. MAGMA. 2015;28(6):547-553. doi:10.1007/s10334-015-0494-3
31. Helmark IC, Petersen MC, Christensen HE, Kjaer M, Langberg H. Moderate loading of the human osteoarthritic knee joint leads to lowering of intraarticular cartilage oligomeric matrix protein. Rheumatol Int. 2012;32(4):1009-1014. doi:10.1007/s00296-010-1716-7
32. Hesper T, Hosalkar HS, Bittersohl D, et al. T2* mapping for articular cartilage assessment: principles, current applications, and future prospects. Skeletal Radiol. 2014;43(10):1429-1445. doi:10.1007/s00256-014-1852-3
33. Hesper T, Miese FR, Hosalkar HS, et al. Quantitative T2(*) assessment of knee joint cartilage after running a marathon. Eur J Radiol. 2015;84(2):284-289. doi:10.1016/j.ejrad.2014.11.021
34. Hoessly ML, Wildi LM. Magnetic Resonance Imaging Findings in the Knee Before and After Long-Distance Running-Documentation of Irreversible Structural Damage? A Systematic Review. Am J Sports Med. 2017;45(5):1206-1217. doi:10.1177/0363546516656180
35. Hoffman MD, Ong JC, Wang G. Historical analysis of participation in 161 km ultramarathons in North America. Int J Hist Sport. 2010;27(11):1877-1891. doi:10.1080/09523367.2010.494385
36. Horga LM, Hirschmann AC, Henckel J, et al. Prevalence of abnormal findings in 230 knees of asymptomatic adults using 3.0 T MRI. Skeletal Radiol. 2020;49(7):1099-1107. doi:10.1007/s00256-020-03394-z

37. Hunter DJ, Arden N, Conaghan PG, et al. Definition of osteoarthritis on MRI: results of a Delphi exercise. Osteoarthritis Cartilage. 2011;19(8):963-969. doi:10.1016/j.joca.2011.04.017
38. Johnson VL, Hunter DJ. The epidemiology of osteoarthritis. Best Pract Res Clin Rheumatol. 2014;28(1):5-15. doi:10.1016/j.berh.2014.01.004
39. Kersting UG, Stubendorff JJ, Schmidt MC, Brüggemann GP. Changes in knee cartilage volume and serum COMP concentration after running exercise. Osteoarthritis Cartilage. 2005;13(10):925-934. doi:10.1016/j.joca.2005.06.005
40. Kijowski R, Blankenbaker DG, Munoz del Rio A, Baer GS, Graf BK. Evaluation of the Articular Cartilage of the Knee Joint: Value of Adding a T2 Mapping Sequence to a Routine MR Imaging Protocol. Radiology. 2013;267(2):503-513. doi:10.1148/radiol.12121413
41. Kim HJ, Lee YH, Kim CK. Biomarkers of muscle and cartilage damage and inflammation during a 200 km run. Eur J Appl Physiol. 2007;99(4):443-447. doi:10.1007/s00421-006-0362-y
42. Kim HJ, Lee YH, Kim CK. Changes in serum cartilage oligomeric matrix protein (COMP), plasma CPK and plasma hs-CRP in relation to running distance in a marathon (42.195 km) and an ultra-marathon (200 km) race. Eur J Appl Physiol. 2009;105(5):765-770. doi:10.1007/s00421-008-0961-x
43. Kim T, Min BH, Yoon SH, et al. An in vitro comparative study of T2 and T2* mappings of human articular cartilage at 3-Tesla MRI using histology as the standard of reference. Skeletal Radiol. 2014;43(7):947-954. doi:10.1007/s00256-014-1872-z
44. Kivimäki J, Riihimäki H, Hänninen K. Knee disorders in carpet and floor layers and painters. Scand J Work Environ Health. 1992;18(5):310-316.
45. Kornick J, Trefelner E, McCarthy S, Lange R, Lynch K, Jokl P. Meniscal abnormalities in the asymptomatic population at MR imaging. Radiology. 1990;177(2):463-465. doi:10.1148/radiology.177.2.2217786
46. Kreider RB. Physiological considerations of ultraendurance performance. Int J Sport Nutr. 1991;1(1):3-27. doi:10.1123/ijsn.1.1.3

47. Lammentausta E, Kiviranta P, Töyräs J, et al. Quantitative MRI of parallel changes of articular cartilage and underlying trabecular bone in degeneration. Osteoarthritis Cartilage. 2007;15(10):1149-1157. doi:10.1016/j.joca.2007.03.019
48. LaPrade RF, Burnett QM 2nd, Veenstra MA, Hodgman CG. The prevalence of abnormal magnetic resonance imaging findings in asymptomatic knees. With correlation of magnetic resonance imaging to arthroscopic findings in symptomatic knees. Am J Sports Med. 1994;22(6):739-745. doi:10.1177/036354659402200603
49. Laredo J-D. Données nouvelles dans l'imagerie du cartilage. Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine. 2018;202(1-2):153-171. doi:10.1016/S0001-4079(19)30348-6
50. Lee DC, Brellenthin AG, Thompson PD, Sui X, Lee IM, Lavie CJ. Running as a Key Lifestyle Medicine for Longevity. Prog Cardiovasc Dis. 2017;60(1):45-55. doi:10.1016/j.pcad.2017.03.005
51. Lefevre N, Naouri JF, Herman S, Gerometta A, Klouche S, Bohu Y. A Current Review of the Meniscus Imaging: Proposition of a Useful Tool for Its Radiologic Analysis. Radiol Res Pract. 2016;2016:8329296. doi:10.1155/2016/8329296
52. Lin W, Alizai H, Joseph GB, et al. Physical activity in relation to knee cartilage T2 progression measured with 3 T MRI over a period of 4 years: data from the Osteoarthritis Initiative. Osteoarthritis Cartilage. 2013;21(10):1558-1566. doi:10.1016/j.joca.2013.06.022
53. Luke AC, Stehling C, Stahl R, et al. High-field magnetic resonance imaging assessment of articular cartilage before and after marathon running: does long-distance running lead to cartilage damage?. Am J Sports Med. 2010;38(11):2273-2280. doi:10.1177/0363546510372799
54. Marti B, Vader JP, Minder CE, Abelin T. On the epidemiology of running injuries. The 1984 Bern Grand-Prix study. Am J Sports Med. 1988;16(3):285-294. doi:10.1177/036354658801600316
55. Marti C, Neidhart M, Gerber T, Hauser N, Michel BA, Häuselmann HJ. Cartilage Oligomeric Matrix Protein (COMP): Die Rolle eines nichtkollagenen Knorpel-Matrix-

Proteins als Marker der Krankheitsaktivität und Gelenkzerstörung bei Patienten mit rheumatoider Arthritis und Arthrose [Cartilage oligomeric matrix protein (COMP): the role of a non-collagen cartilage matrix protein as a marker of disease activity and joint destruction in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis]. Z Rheumatol. 1999;58(2):79-87. doi:10.1007/s003930050156

56. Millet GY, Tomazin K, Verges S, et al. Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. PLoS One. 2011;6(2):e17059. Published 2011 Feb 22. doi:10.1371/journal.pone.0017059
57. Mosher TJ, Dardzinski BJ, Smith MB. Human articular cartilage: influence of aging and early symptomatic degeneration on the spatial variation of T2--preliminary findings at 3 T. Radiology. 2000;214(1):259-266. doi:10.1148/radiology.214.1.r00ja15259
58. Mosher TJ, Dardzinski BJ. Cartilage MRI T2 relaxation time mapping: overview and applications. Semin Musculoskelet Radiol. 2004;8(4):355-368. doi:10.1055/s-2004-861764
59. Mosher TJ, Liu Y, Torok CM. Functional cartilage MRI T2 mapping: evaluating the effect of age and training on knee cartilage response to running. Osteoarthritis Cartilage. 2010;18(3):358-364. doi:10.1016/j.joca.2009.11.011
60. Mosher TJ, Smith HE, Collins C, et al. Change in knee cartilage T2 at MR imaging after running: a feasibility study. Radiology. 2005;234(1):245-249. doi:10.1148/radiol.2341040041
61. Neu CP. Functional imaging in OA: role of imaging in the evaluation of tissue biomechanics. Osteoarthritis Cartilage. 2014;22(10):1349-1359. doi:10.1016/j.joca.2014.05.016
62. Niehoff A, Müller M, Brüggemann L, et al. Deformational behaviour of knee cartilage and changes in serum cartilage oligomeric matrix protein (COMP) after running and drop landing. Osteoarthritis Cartilage. 2011;19(8):1003-1010. doi:10.1016/j.joca.2011.04.012

63. Nieminen MT, Rieppo J, Töyräs J, et al. T2 relaxation reveals spatial collagen architecture in articular cartilage: a comparative quantitative MRI and polarized light microscopic study. Magn Reson Med. 2001;46(3):487-493. doi:10.1002/mrm.1218
64. Noyes FR, Stabler CL. A system for grading articular cartilage lesions at arthroscopy. Am J Sports Med. 1989;17(4):505-513. doi:10.1177/036354658901700410
65. O'Keeffe SA, Hogan BA, Eustace SJ, Kavanagh EC. Overuse injuries of the knee. Magn Reson Imaging Clin N Am. 2009;17(4):725-vii. doi:10.1016/j.mric.2009.06.010
66. Recht MP, Piraino DW, Paletta GA, Schils JP, Belhobek GH. Accuracy of fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo FLASH MR imaging in the detection of patellofemoral articular cartilage abnormalities. Radiology. 1996;198(1):209-212. doi:10.1148/radiology.198.1.8539380
67. Rhim H, Kim YH, Kim MG, Jang KM, Suh SW. Magnetic Resonance Imaging Findings of Knees and Spines in Recreational Runners who Completed 1000 Marathons. Cureus. 2019;11(12):e6382. Published 2019 Dec 14. doi:10.7759/cureus.6382
68. Richette P. Généralités sur l'arthrose : épidémiologie et facteurs de risque. EMC - Appareil locomoteur. 2008;3(4):1-5. doi:10.1016/S0246-0521(08)45639-5
69. Rogers A, Eastell R. Circulating osteoprotegerin and receptor activator for nuclear factor kappaB ligand: clinical utility in metabolic bone disease assessment. J Clin Endocrinol Metab. 2005;90(11):6323-6331. doi:10.1210/jc.2005-0794
70. Roos EM, Dahlberg L. Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage: a four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. Arthritis Rheum. 2005;52(11):3507-3514. doi:10.1002/art.21415
71. Schueller-Weidekamm C, Schueller G, Uffmann M, Bader T. Incidence of chronic knee lesions in long-distance runners based on training level: findings at MRI. Eur J Radiol. 2006;58(2):286-293. doi:10.1016/j.ejrad.2005.11.010
72. Shellock FG, Deutsch AL, Mink JH, Kerr R. Do asymptomatic marathon runners have an increased prevalence of meniscal abnormalities? An MR study of the knee in 23

volunteers. AJR Am J Roentgenol. 1991;157(6):1239-1241. doi:10.2214/ajr.157.6.1950873

73. Shin KA, Kim AC, Kim YJ, et al. Effect of Ultra-marathon (308 km) Race on Bone Metabolism and Cartilage Damage Biomarkers. Ann Rehabil Med. 2012;36(1):80-87. doi:10.5535/arm.2012.36.1.80
74. Smith HE, Mosher TJ, Dardzinski BJ, et al. Spatial variation in cartilage T2 of the knee. J Magn Reson Imaging. 2001;14(1):50-55. doi:10.1002/jmri.1150
75. Soellner ST, Goldmann A, Muelheims D, Welsch GH, Pachowsky ML. Intraoperative validation of quantitative T2 mapping in patients with articular cartilage lesions of the knee. Osteoarthritis Cartilage. 2017;25(11):1841-1849. doi:10.1016/j.joca.2017.07.021
76. Statistiques d'ultramarathon de DUV. https://statistik.d-u-v.org/summary.php?country=FRA&Submit.x=11&Submit.y=8. Accessed February 16, 2021.
77. Stoller DW, Martin C, Crues JV 3rd, Kaplan L, Mink JH. Meniscal tears: pathologic correlation with MR imaging. Radiology. 1987;163(3):731-735. doi:10.1148/radiology.163.3.3575724
78. Subburaj K, Kumar D, Souza RB, et al. The acute effect of running on knee articular cartilage and meniscus magnetic resonance relaxation times in young healthy adults. Am J Sports Med. 2012;40(9):2134-2141. doi:10.1177/0363546512449816
79. Svärd T, Lakovaara M, Pakarinen H, et al. Quantitative MRI of Human Cartilage In Vivo: Relationships with Arthroscopic Indentation Stiffness and Defect Severity. Cartilage. 2018;9(1):46-54. doi:10.1177/1947603516684592
80. Timmins KA, Leech RD, Batt ME, Edwards KL. Running and Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. Am J Sports Med. 2017;45(6):1447-1457. doi:10.1177/0363546516657531
81. Vernillo G, Giandolini M, Edwards WB, et al. Biomechanics and Physiology of Uphill and Downhill Running. Sports Med. 2017;47(4):615-629. doi:10.1007/s40279-016-0605-y

82. Vina ER, Kwoh CK. Epidemiology of osteoarthritis: literature update. Curr Opin Rheumatol. 2018;30(2):160-167. doi:10.1097/BOR.0000000000000479
83. Virayavanich W, Alizai H, Baum T, et al. Association of frequent knee bending activity with focal knee lesions detected with 3T magnetic resonance imaging: data from the osteoarthritis initiative. Arthritis Care Res (Hoboken). 2013;65(9):1441-1448. doi:10.1002/acr.22017
84. Warburton DE, Nicol CW, Bredin SS. Health benefits of physical activity: the evidence. CMAJ. 2006;174(6):801-809. doi:10.1503/cmaj.051351
85. Wittenauer R, Smith L, Aden K. Background Paper 6.12 Osteoarthritis. Background Paper. 2004:31.
86. Wong S, Steinbach L, Zhao J, Stehling C, Ma CB, Link TM. Comparative study of imaging at 3.0 T versus 1.5 T of the knee. Skeletal Radiol. 2009;38(8):761-769. doi:10.1007/s00256-009-0683-0
87. Zanchi D, Viallon M, Le Goff C, et al. Extreme Mountain Ultra-Marathon Leads to Acute but Transient Increase in Cerebral Water Diffusivity and Plasma Biomarkers Levels Changes. Front Physiol. 2017;7:664. Published 2017 Jan 5. doi:10.3389/fphys.2016.00664
88. Zanetti M, Pfirrmann CW, Schmid MR, Romero J, Seifert B, Hodler J. Clinical course of knees with asymptomatic meniscal abnormalities: findings at 2-year follow-up after MR imaging-based diagnosis. Radiology. 2005;237(3):993-997. doi:10.1148/radiol.2373041465
89. Zanetti M, Pfirrmann CW, Schmid MR, Romero J, Seifert B, Hodler J. Patients with suspected meniscal tears: prevalence of abnormalities seen on MRI of 100 symptomatic and 100 contralateral asymptomatic knees. AJR Am J Roentgenol. 2003;181(3):635-641. doi:10.2214/ajr.181.3.1810635
90. Zarins ZA, Bolbos RI, Pialat JB, et al. Cartilage and meniscus assessment using T1rho and T2 measurements in healthy subjects and patients with osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2010;18(11):1408-1416. doi:10.1016/j.joca.2010.07.012

8 ANNEXES

8.1 ANNEXE 1 : LISTE DES INVESTIGATEURS

Promoteur :	CHU Grenoble Alpes, Pavillon Dauphiné, CS 10217, 38043 Grenoble Cedex 09 ARC Promoteur : Amjad UNEISI Tél : 04 76 76 51 08 / Télécopie : 04 76 76 52 21 Mail : Auneisi@chu-grenoble.fr
Investigateur coordonnateur/principal :	Dr Stéphane DOUTRELEAU UM Sports et Pathologies, Clinique Physiologie Sommeil Exercice, Pôle Thorax et Vaisseaux, Hôpital Sud, CHU de Grenoble. Tél : 04-76-76-54-94 ; Fax : 04-76-76-89-21 ; Courriel : sdoutreleau@chu-grenoble.fr
Investigateurs	Samuel Vergès, PhD CR INSERM, Laboratoire HP2 (U 1042), Université Grenoble Alpes CHU Grenoble Alpes, Hôpital Sud, Avenue Kimberley, 38 434 Echirolles, France Tel: +33 4 76 76 68 60 ; Fax: +33 4 76 76 89 21 Courriel : sverges@chu-grenoble.fr Dr Sébastien Baillieul UM Sports et Pathologies, Clinique Physiologie Sommeil Exercice, Pôle Thorax et Vaisseaux, Hôpital Sud, CHU de Grenoble. Tél : 04-76-76-54-94 ; Fax : 04-76-76-89-21 ; Courriel : sbaillieul@chu-grenoble.fr Pr Régis Pailhé Pôle Appareil Locomoteur, Chirurgie Réparatrice et Organes des Sens CHU Grenoble Tél : 04-76-76-40-51 ; Fax : 04-76-76-58-10 ; Courriel : rpailhe@chu-grenoble.fr Pr Pierre Chapuis Pôle Imagerie, Hôpital Sud CHU Grenoble Tél : 04-76-76-54-95 ; Fax : 04-76-76-58-10 ; Courriel : pchapuis@chu-grenoble.fr
Collaborateur(s) scientifiques(s)	Thibault Della Rosa Interne en Orthopédie et Traumatologie CHU Grenoble Courriel : tdellarosa@chu-grenoble.fr Pauline Porret Interne en Radiologie CHU Grenoble Courriel : pporret1@chu-grenoble.fr
Méthodologie et Gestion des données	Sébastien Bailly, PhD CR INSERM, Laboratoire HP2 (U 1042), Université Grenoble Alpes CHU Grenoble Alpes, Hôpital Michalon, 38 042 Grenoble, France Tel: +33 4 76 76 56 04 ; Fax: +33 4 76 76 89 21 Courriel : sbailly@chu-grenoble.fr

8.2 ANNEXE 2 : AVIS FAVORABLE DU CPP

Comité de Protection des Personnes Ile de France IV
Institutional Review Board Agreement of US Department of Health and Human Services
N°IRB 00003835

Hôpital Saint-Louis
Porte 5 du carré Historique
1 avenue Claude Vellefaux
75475 Paris Cedex 10

Responsable administrative
Mme I. SCAGLIA
Tél. : 01.42.38.92.88
cpp.iledefrance4@orange.fr

Président
Dr Shahnaz KLOUCHE
Vice-président
Mme M. BERNARD
Secrétaire générale
Mme B. LEHMANN
Trésorier
Pr O. CHASSANY
Trésorière Adjointe
Mme C. MASCRET

Membres du Comité
Collège I
Médecins et chercheurs
E. CAROSELLA
O. CHASSANY
M.-H. DIZIER
D. DREYFUSS
J. FRIJA-MASSON
S. KLOUCHE
B. PAPP
A. NICOLAS-ROBIN
J. DUMURGIER
Pharmacien hospitalier
B. LEHMANN
Infirmière
C. DELETOILLE-LANDRE
M. DJOUADOU
Collège II
Questions éthiques
H. CORNILLE-COMBEY
J.P RWABIHAMA
Psychologue
A.S VAN DOREN
Travailleur social
M. BORAND
R. DEMBELE
Compétence juridique
C. MASCRET
P. A. DUMAS
A. MARAIS
Associations de malades et d'usagers
M. BERNARD-HARLAUT
M. TROUGOUBOFFF
E. FLACKS

Paris, le 30 mars 2020

CHU GRENOBLE-ALPES
DRCI-Mme Amjad UNEISI
CS 10217
38 043 GRENOBLE CEDEX 9

Réf. du CPP : **2020/14**	Réf. du Promoteur : **20.01.28.64939**
ID-RCB: **2020-A00192-37**	N° EudraCT :
Promoteur **: CHU DE GRENOBLE ALPES**	Investigateur : **Dr DOUTRELEAU**

Le Comité a bien reçu votre courrier concernant le projet de recherche intitulé :
« Évaluation de l'impact de l'ultra-trail sur le cartilage du genou par cartographie IRM T2 : Une étude pilote (UT4M2020) » Catégorie 2

Le Comité a examiné les informations relatives à ce projet lors de la séance du 27 février 2020 et a émis une demande motivée d'informations complémentaires
Membres présents : Mme M. Bernard-Harlaut (II), Dr J. Frija-Masson (I), Dr S. Klouche (I), Dr E. Carosella (I), Dr J. Dumurgier (I), Mme C. Deletoille (I), Mme M Trougouboff (II), M B. Papp (I), M M. Borand (II), Dr Cornille-Combey (I), Pr D. Dreyfuss (I), Mme B. Lehmann (I), Mme R. Dembele (II), Dr J. Frija-Masson (I), Mme C Mascret (II)

Les informations complémentaires ayant été fournies le Comité émet un avis favorable en date du 30 mars 2020

Dr Shahnaz KLOUCHE
Présidente

- Un courrier de demande d'avis du 28/01/2020
- Le formulaire de demande d'avis du 28/01/2020
- Annexe au formulaire de demande d'avis du 28/01/2020
- Document additionnel du 28/01/2020
- Protocole et sa page de signature version 1.1 du 27/03/2020
- Le résumé du protocole version 1.0 daté du 23/01/2020
- La liste des investigateurs version 1.0 du 23/01/2020 + CV
- Note d'information et consentement version 1.1 du 27/03/2020
- Déclaration à la conformité à la MR001 du 19/02/2014
- Justification de l'adéquation des moyens du 23/01/2020
- Attestation d'assurance du 24/01/2020
- Bordereau d'enregistrement RCB du 23/01/2020
- Modèle annonce version 1.0 du 23/01/2020
- Le courrier de réponse du promoteur du 30/03/2020

1

8.3 ANNEXE 3 : LETTRE D'INFORMATION POUR APPEL A VOLONTAIRES

Etude scientifique dans le cadre de l'UTV 2020
Appel à coureurs volontaires

L'UTV s'associe au **Laboratoire de recherche HP2 de l'Université Grenoble Alpes – INSERM** qui organise en 2020 **une étude en orthopédie, physiologie et médecine du sport sur les contraintes cartilagineuses du genou** associées à une course de trail à l'occasion de l'UTV. Cette étude a pour objectif de caractériser par **une IRM du genou** la réaction cartilagineuse et ses lésions potentielles suite à une épreuve de trail de longue distance sur l'**Expé Trail solo de l'UTV** ainsi que d'analyser le devenir de ces réactions 1 mois après l'épreuve.

Pour cette étude, un **appel à volontaire** est lancé auprès des coureurs de l'épreuve de l'UTV 2020 Expé Trail 55km (uniquement les hommes) afin de sélectionner 20 coureurs qui s'engageront à réaliser une série d'évaluations avant et après leurs courses (voir ci-dessous) à Grenoble. Pour candidater, le coureur doit être un homme, âgé de 18 à 60 ans et ne pas présenter de pathologies cardiovasculaires, métaboliques ou neuromusculaires et ne pas avoir subi d'intervention chirurgicale au niveau du genou droit, et ne pas présenter de contre-indication à l'IRM (pacemaker, claustrophobie, éclat métallique dans les yeux, etc).

Les coureurs de l'UTV volontaires et retenus pour participer au projet de recherche UTV 2020 s'engageront à réaliser **une série d'évaluations** selon le programme suivant :

Aout 2020 : Confirmation de sélection aux coureurs volontaires retenus pour l'étude ;
Septembre 2020, environ 1 semaine avant la course : chaque coureur réalisera un examen clinique des genoux et une IRM (1h max environ, à programmer sur les dates des 02-03-04 septembre ou 07-08-09 septembre ; lieu : Hôpital Sud de Grenoble, situé à Echirolles)

Dans les 12 heures maximum qui suivent l'arrivée de sa course : chaque coureur se rendra à l'Hôpital Sud pour répéter l'IRM réalisée avant la course.
Les 07-08-09 octobre ou 12-13-14 octobre, soit 1 mois après la course : le coureur répètera une 3ème IRM, à l'Hôpital Sud d'Echirolles.

La participation à cette étude n'est pas rémunérée. Les coureurs volontaires doivent pouvoir se rendre disponibles et venir à trois reprises à l'Hôpital Sud à Echirolles comme décrit ci-dessus. La participation à cette étude permettra aux coureurs volontaires sélectionnés, en plus de contribuer au développement de la connaissance dans le domaine du trail, d'obtenir des informations personnelles relatives à l'état de leurs genoux et aux conséquences de la pratique du trail intensif sur ceux-ci ; de plus les coureurs seront en lien avec des professionnels de la médecine et de la recherche dans le sport, ainsi que des chirurgiens spécialisés dans la traumatologie du sportif.

Si vous souhaitez **plus de renseignements et pour candidater** à la participation à cette étude, envoyer un **email à l'adresse suivante** :

tdellarosa@chu-grenoble.fr ou *[Données à caractère personnel]*

NB : L'IRM ou Imagerie par Résonnance Magnétique est un examen non irradiant, non invasif pratiqué de façon courante pour dépister et diagnostiquer des pathologies cartilagineuses et méniscales.
Pourquoi réaliser une IRM chez des coureurs ne présentant pas de pathologie ?
L'IRM peut donner des informations dans le contexte du trail sur les réactions du tissu cartilagineux à l'échelle microscopique, avant que cela soit visible à l'oeil nu, sur une radio / scanner, ou même perceptible par le coureur. La répétition de l'examen permet d'analyser la réversibilité de ses réactions en phase de récupération post-trail.

CAP VERCORS
Maison de Maison de l'intercommunalité
19 chemin de la Croix Margot
38250 Villard de Lans
vercors.ultratrail@gmail.com

8.4 ANNEXE 4 : EXEMPLE D'IMAGE EN T2 MAPPING

THÈSE SOUTENUE PAR : Thibault DELLA ROSA

TITRE :

EVALUATION DE L'IMPACT DE L'ULTRA-TRAIL SUR L'ARTICULATION DU GENOU PAR IRM : UNE ETUDE PILOTE

CONCLUSION :

La réalisation d'un ultra-trail chez le coureur entraîné engendre des modifications de l'ultrastructure cartilagineuse, persistantes dans le temps au moins 1 mois après la course. Ces modifications sont similaires à celles rencontrées au début de la pathogénèse arthrosique, et pourraient donc avoir des conséquences néfastes pour le genou. En outre, les coureurs réguliers d'ultra-trail présentent plus de lésions cartilagineuses et méniscales de bas grade que la population générale ou les marathoniens du même âge. La pratique intensive de la course à pied associée à des dénivelés et un kilométrage important entraînerait donc une surutilisation de l'articulation du genou, conduisant à une augmentation de la prévalence de lésions pré-arthrosiques. Nous n'avons pas mis en évidence de caractéristiques ni intrinsèques ni extrinsèques du sportif influençant ces modifications. D'autres études sont nécessaires pour établir les pratiques sportives et les mécanismes associés à ces modifications cartilagineuses ainsi que leurs conséquences à long terme. Ces résultats pourraient être le point de départ d'autres études portant sur des coureurs ayant subi une chirurgie du genou (réparation méniscale, ligamentoplastie…etc) ou portant sur l'impact du type de foulée, ou encore de la qualité du chaussage (différents drops de la chaussure...etc). Cela permettrait, à terme, de pouvoir mieux conseiller les coureurs en fonction leur passif médical ou chirurgical.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Grenoble, le : 02/03/2021

LE DOYEN

Pr. Patrice MORAND

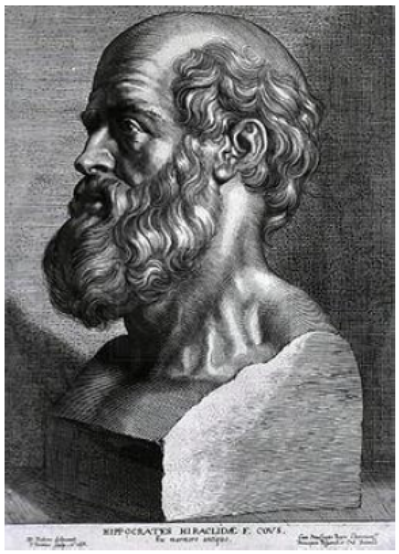
Pour le Président
et par délégation

Le Doyen de Médecine
Pr. Patrice MORAND

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE

Pr. Jérôme TONETTI

CHU DE GRENOBLE
HOPITAL A. MICHALLON
ORTHOPEDIE-TRAUMATOLOGIE
Pr. J. TONETTI
RPPS : 10002995065



SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,
Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.
Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.
Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.
Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.
Je garderai le respect absolu de la vie humaine.
Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.
Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.
Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.
Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DIPLÔME D'ÉTAT

EVALUATION DE L'IMPACT DE L'ULTRA TRAIL SUR LE CARTILAGE DU GENOU PAR CARTOGRAPHIE IRM T2 : UNE ETUDE PILOTE

RÉSUMÉ : L'ultra-trail est en plein essor et associe des contraintes physiologiques et mécaniques spécifiques (durée, dénivelé, sol technique). Cette pratique pose des questions concernant son impact articulaire sur les genoux des coureurs, sa cinétique de récupération et son potentiel arthrosique. Il a donc été réalisé une étude prospective, monocentrique sur 20 coureurs de l'Ultra Trail du Vercors (55km, 2600m de dénivelé). Les volontaires étaient des hommes, sans antécédent au niveau du genou. L'objectif principal était de quantifier par IRM les modifications cartilagineuses des temps de relaxation T2 du genou à 3 reprises : avant la course (V0), immédiatement après (V1) puis à 1 mois (V2). Les objectifs secondaires étaient de déterminer les conséquences ménisco-cartilagineuses ainsi que les variables impactant ces mesures (IMC, entrainements sportifs…). Ces temps T2 étaient significativement augmentés à V1 par rapport à V0. Ils restaient augmentés 1 mois après la course (V2) malgré une diminution significative par rapport à V1. Aucune des variables secondaires étudiées n'étaient associée à ces modifications. Les séquences morphologiques ont révélé 65% de lésions cartilagineuses et 65% de lésions méniscales qui étaient stables entre les IRM. 1 seul sujet ne présentait pas d'anomalie. Cette étude montre que l'ultra-trail entraine des modifications cartilagineuses du genou persistante au moins 1 mois. Ces modifications sont similaires à celles rencontrées au début de la pathogénèse arthrosique et pourraient avoir des conséquences néfastes. De plus les coureurs réguliers d'ultra-trail ont plus de lésions ménisco-cartilagineuses de bas grade que la population générale du même âge.

Mots clés : Genou ; cartilage articulaire ; ménisque ; ultra-trail ; IRM ; T2 mapping

Filière : Chirurgie générale, DESC Orthopédie-Traumatologie

Thibault DELLA ROSA