

ANNÉE 2025

N°196

Exosquelettes des membres inférieurs :

État des lieux de l'utilisation chez les professionnels de la montagne, bénéfiques sur les troubles musculosquelettiques, impact sur l'absentéisme au travail et sur la consommation de soin.

THESE D'EXERCICE EN MEDECINE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1

Et soutenue publiquement le 02 octobre 2025

En vue d'obtenir le titre de Docteur en Médecine Par

BORY Maxence, Emmanuel, Alexandre

Né le 25/12/1996 à Rennes

Sous la direction du

Dr JOUBERT Patrick

BORY Maxence

Exosquelettes des membres inférieurs :

État des lieux de l'utilisation chez les professionnels de la montagne, bénéfiques sur les troubles musculosquelettiques, impact sur l'absentéisme au travail et sur la consommation de soin.

Thèse Médecine Générale : Lyon 2025 ; n°196

Introduction : La France fait partie des grands pays du ski, avec 51,9 millions de journées skieurs vendues en 2023/2024 et une clientèle internationale représentant 35 %. Les stations de ski génèrent plus de 120 000 emplois, dont 20 000 moniteurs et 2 500 pisteurs environ chaque année. Professionnels indispensables mais exposés à de fortes contraintes ostéoarticulaires. Le genou est l'articulation du membre inférieur la plus touchée : ruptures du ligament croisé antérieur (LCA), lésions méniscales et gonarthrose. Ces pathologies sont à l'origine de douleurs, consultations médicales, limitations d'activité, avec pour beaucoup une chirurgie qui sera la plupart du temps prothétique, pouvant impacter la carrière et la qualité de vie. Le ski est un sport imposant des mouvements favorisant les lésions traumatiques et dégénératives du genou (flexion, rotation). Les exosquelettes des membres inférieurs représentent une solution préventive voir thérapeutique pouvant réduire les contraintes articulaires et améliorer la mobilité. Ils peuvent ainsi contribuer à la prévention des pathologies liées au ski. En France, deux exosquelettes sont majoritairement utilisés : le Ski-Mojo® et l'Againer®. Ces dispositifs visent à diminuer les gonalgies, limiter les lésions chroniques et favoriser un vieillissement actif des professionnels. Ainsi, les exosquelettes apparaissent comme un outil prometteur pour la santé et la sécurité des travailleurs en montagne.

Objectifs : Notre objectif principal était de mettre en évidence le ou les motif(s) d'utilisation des exosquelettes, si leur utilisation permet de réduire leur consommation de soins en lien avec le motif d'utilisation, si cela a un impact sur le recours anticipé à la chirurgie, à savoir si cela permet de repousser voire d'éviter une chirurgie orthopédique, si cet équipement induit un surrisque accidentogène ou non et enfin si cela permet de réduire l'absentéisme au travail pour douleurs ostéoarticulaires. Les objectifs secondaires étaient de mettre en évidence un lien entre la durée d'utilisation de l'exosquelette et la baisse de consommation d'AINS, et s'il existait un lien entre les motifs d'utilisation de l'exosquelette et le sexe.

Méthode : Cette étude transversale et descriptive a collecté des données anonymisées auprès des moniteurs et pisteurs de ski français via un questionnaire diffusé en ligne entre janvier et avril 2025, par l'intermédiaire d'associations telles que l'ESF, l'ESI et l'ANPSP. Le questionnaire, administré sur la plateforme LimeSurvey® en partenariat avec l'Université Claude Bernard Lyon 1 a été traité de manière anonyme pendant toute la durée de l'étude. Les données ont ensuite été exportées vers Excel® pour analyse. Les variables qualitatives ont été présentées en effectifs et pourcentages, et les variables quantitatives en moyennes $\pm$ écarts-types. Les critères secondaires ont été évalués par le test exact de Fisher via le logiciel BiostatTGV®, avec un seuil de significativité à $p < 0,05$ pour un risque alpha de 5%. Deux analyses statistiques jugées pertinentes ont été réalisées.

Résultats : Nous avons pu analyser 57 réponses d'utilisateurs d'exosquelette sur les 431 questionnaires retournés, soit environ 1 utilisateur de cet outil sur 8 professionnels interrogés. Les répondants étaient majoritairement des hommes (70,18 %), âgés en moyenne de 57 ± 11 ans, et exerçant principalement comme moniteurs (87,71 %).

Les professionnels concernés travaillent majoritairement en région Auvergne-Rhône-Alpes (89 %) et sont pour la plupart d'entre eux des indépendants travaillant à temps plein. Aucun financement par la sécurité sociale ou les assurances n'a été rapporté, ces dispositifs ne figurant pas parmi la liste des produits et prestations de la sécurité sociale (LPP) et n'étant pas considérés comme dispositifs médicaux.

Le Ski-Mojo® est utilisé par 93 % des répondants, principalement pour la pratique du ski alpin (98 %) et ce depuis plus de trois ans dans près de la moitié des cas (49 %). Les motifs d'utilisation incluent essentiellement les gonalgies (86 %) liées à l'arthrose (64 %) ou à des lésions méniscales (31 %).

Les bénéfices perçus sont notables : maintien de l'activité professionnelle chez 63 % des sondés, réduction de la consommation d'AINS/antalgiques dans 66 % des cas et diminution des infiltrations chez ceux qui en bénéficient. Trois accidents liés ou associés à l'utilisation ont été recensés, sans arrêt d'usage consécutif.

Concernant la chirurgie, la moitié des répondants a déjà subi une chirurgie orthopédique avant l'utilisation d'un exosquelette. Parmi les utilisateurs ayant eu recours à une chirurgie après adoption de l'exosquelette, 75 % estiment que son usage a retardé l'acte chirurgical. Enfin, l'exosquelette semble contribuer à la réduction de l'absentéisme professionnel chez plus de 70 % des répondants concernés.

Concernant les objectifs secondaires, nous avons pu mettre en évidence de façon statistiquement significative que plus l'exosquelette est utilisé longtemps, moins les professionnels interrogés consomment d'AINS. En revanche il n'existe pas de lien statistique entre le motif d'utilisation et le sexe.

Conclusion : Cette étude s'intéresse à l'usage des exosquelettes des membres inférieurs chez les professionnels de la montagne. Leur utilisation est principalement motivée par des douleurs chroniques liées à l'arthrose, à des lésions méniscales ou à des ruptures du LCA. Les résultats suggèrent une diminution de la consommation de soins médicaux et chirurgicaux ainsi qu'une réduction des arrêts de travail. Aucun risque accru d'accident n'a été observé, et le niveau d'activité professionnelle reste maintenu grâce à l'utilisation de cet équipement. Des études complémentaires avec groupe contrôle sont recommandées pour évaluer l'efficacité, la tolérance et les limites de ces dispositifs, y compris pour la rééducation post-chirurgicale et une éventuelle utilisation par le grand public.

Mots clés : Dispositif d'exosquelette, membre inférieur, ski, arthrose, prévention

JURY : Président : Madame la Professeure SERVIEN Elvire

Membres :

Monsieur le Professeur LUAUTE Jacques

Monsieur le Professeur GHARIB Claude

Monsieur le Docteur ZERBIB Yves

Monsieur le Docteur JOUBERT Patrick

DATE DE SOUTENANCE : 02 octobre 2025

UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I

Président de l'Université	Frédéric FLEURY
Président du Conseil Académique et de la Commission Recherche	Hamda BEN HADID
Vice-Président du Conseil d'Administration	Didier REVEL
Vice-Présidente de la Commission Formation	Céline BROCHIER
Vice-Président Relations Hospitalo-Universitaires	Jean François MORNEX
Directeur général des services	Pierre ROLLAND

SECTEUR SANTE

Doyen de l'UFR de Médecine Lyon-Est	Gilles RODE
Doyen de l'UFR de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud - Charles Mérieux	Philippe PAPAREL
Doyen de l'Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques (ISPB)	Claude DUSSART
Doyen de l'UFR d'Odontologie	Jean-Christophe MAURIN
Directeur de l'Institut des Sciences & Techniques de Réadaptation (ISTR)	Jacques LUAUTÉ
Présidente du Comité de Coordination des Études Médicales	Carole BURILLON

SECTEUR SCIENCES ET TECHNOLOGIE

Directrice de l'UFR Biosciences	Kathrin GIESELER
Directeur de l'UFR Faculté des Sciences	Olivier DEZELLUS
Directeur de l'UFR Sciences & Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS)	Guillaume BODET
Directeur de Polytech Lyon	Emmanuel PERRIN
Directeur de l'Institut Universitaire de Technologie Lyon 1 (IUT)	Michel MASSENZIO

Directeur de l'Institut des Science Financière & Assurances (ISFA)	Christian ROBERT
Directeur de l'Observatoire de Lyon	Bruno GUIDERDONI
Directeur de l'Institut National Supérieur du Professorat & de l'Éducation (INSPÉ)	Pierre CHAREYRON
Directrice du Département-composante Génie Électrique & des Procédés (GEP)	Sophie CAVASSILA
Directrice du Département-composante Informatique	Saida BRONDEL BOUAZAK
Directeur du Département-composante Mécanique	Marc BUFFAT

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle 2^{ème} classe)

médicale,	ADHAM Mustapha BURILLON Carole FOUQUE Denis GOLFIER François	Chirurgie Digestive, Ophtalmologie, Néphrologie, Gynécologie Obstétrique ; gynécologie
	LAFRASSE RODRIGUEZ- Claire LINA Gérard PIRIOU Vincent SALLES Gilles THIVOLET Charles THOMAS Luc	Biochimie et Biologie moléculaire, Bactériologie, Anesthésiologie et réanimation chirurgicale, Hématologie ; Transfusion, Endocrinologie et Maladies métaboliques, Dermato –Vénérologie,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle 1^{ère} classe)

reproduction,	ALLAOUCHICHE Bernard BONNEFOY- CUDRAZ Eric BOULETREAUX Pierre CERUSE Philippe CHAPET Olivier FESSY Michel-Henri FRANCK Nicolas FREYER Gilles GEORGIEFF Nicolas GLEHEN Olivier LONG Anne LUAUTE Jacques MION François PAPAREL Philippe PICAUD Jean-Charles RUFFION Alain SALLE Bruno	Anesthésie-Réanimation Urgence, Cardiologie, Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie, O.R.L., Cancérologie, radiothérapie, Anatomie – Chirurgie Ortho, Psychiatrie Adultes, Cancérologie ; Radiothérapie, Pédopsychiatrie, Chirurgie Générale, Médecine vasculaire, Médecine physique et Réadaptation, Physiologie, Urologie, Pédiatrie, Urologie, Biologie et Médecine du développement et de la
	SANLAVILLE Damien SAURIN Jean-Christophe SEVE Pascal TAZAROURTE Karim TRONC François	Génétique, Hépatogastroentérologie, Médecine Interne, Gériatrique, Médecine Urgence, Chirurgie thoracique et cardio,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (1ère Classe)

BARREY Cédric	Neurochirurgie,
BELOT Alexandre	Pédiatrie,
BERARD Frédéric	Immunologie,
CHOTEL Franck	Chirurgie Infantile,
COTTE Eddy	Chirurgie générale,
COURAUD Sébastien	Pneumologie,
DES PORTES DE LA FOSSE Vincent	Pédiatrie,
DEVOUASSOUX Gilles	Pneumologie
DISSE Emmanuel	Endocrinologie diabète et maladies métaboliques,
DORET Muriel	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale,
FARAH Fadi	Chir.thor. & cardio.
FEUGIER Patrick	Chirurgie Vasculaire,
FRANCO Patricia	Physiologie – Pédiatrie,
GILLET Pierre-Germain	Biologie Cellulaire,
JOUANNEAU Emmanuel	Neurochirurgie,
KASSAI KOUPAI Behrouz	Pharmacologie Fondamentale, Clinique,
LANTELME Pierre	Cardiologie,
LASSET Christine	Epidémiologie., éco. Santé,
LEBECQUE Serge	Biologie Cellulaire,
LEGA Jean-Christophe	Thérapeutique – Médecine Interne,
LEGER FALANDRY Claire	Médecine interne, gériatrie,
LIFANTE Jean-Christophe	Chirurgie Générale,
LUSTIG Sébastien	Chirurgie. Orthopédique,
MAUCORT BOULCH Delphine	Biostat. Inf. Méd,
MOJALLAL Alain-Ali	Chirurgie. Plastique,
NANCEY Stéphane	Gastro Entérologie,
PASSOT Guillaume	Chirurgie Générale,
PIALAT Jean-Baptiste	Radiologie. Imag. Méd.,
REIX Philippe	Pédiatrie,
RIOUFOL Gilles	Cardiologie,
SERVIEN Elvire	Chirurgie Orthopédique,
THAI-VAN Hung	Physiologies – ORL,
THOBOIS Stéphane	Neurologie,
TRAVERSE-GLEHEN Alexandra	Anatomie et cytologies pathologiques,
TRINGALI Stéphane	O.R.L.
WALLON Martine	Parasitologie mycologie,
WALTER Thomas	Gastroentérologie – Hépatologie,
YOU Benoît	Cancérologie,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (2ème Classe)

BACHY Emmanuel	Hématologie,
BLET Alice	Anesthésie Réa.Méd,
BOHE Julien	Réanimation urgence,
BOLZE Pierre-Adrien	Gynécologie Obstétrique,
BOSCHETTI Gilles	Gastro-entérologie Hépat.
CAUSSY Cyrielle	Nutrition,
CHO Tae-hee	Neurologie,
COURAND Pierre-Yves	Cardiologie,
DALLE Stéphane	Dermatologie,
DEMILY Caroline	Psy-Adultes,

DESESTRET Virginie
 DUPUIS Olivier
 FASSIER Jean-Baptiste
 FRIGGERI Arnaud
 GHESQUIERES Hervé
 HAFLON DOMENECH Carine
 HAUMONT Thierry
 KOPPE Laetitia
 MARIGNIER Romain
 MATHIS Thibaud
 MEWTON Nathan
 MILOT Laurent
 NOSBAUM Audrey
 PERON Julien
 PETER DEREK Laure
 PONCET Delphine
 POZZI Matteo
 RASIGADE J. Philippe
 ROLLAND Benjamin
 ROUSSET Pascal
 SUJOBERT Pierre
 VALOUR Florent
 VIEL Sébastien
 VISTE Anthony
 VOLA Marco
 VUILLEROT Carole

Histo.Embryo.Cytogénétique,
 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale,
 Méd. Santé au travail,
 Anesthésie Réa.Méd.,
 Hématologie,
 Pédiatrie,
 Chirurgie Infantile,
 Néphrologie,
 Neurologie,
 Ophtalmologie,
 Cardiologie
 Radiologie Imagerie Médicale,
 Immunologie,
 Cancérologie ; radiothérapie,
 Physiologie,
 Biochimie, Biologie cellulaire,
 Chir.thor. & cardio.
 Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière
 Addictologie,
 Radiologie imagerie médicale,
 Hématologie – Transfusion,
 Maladie Infect.,
 Immunologie,
 Anatomie,
 Chirurgie thoracique cardiologie vasculaire,
 Médecine Physique Réadaptation,

PROFESSEUR DES UNIVERSITES – MAIEUTIQUE

Pr DUPONT Corinne
 Pr GAUCHER Laurent

PROFESSEUR ASSOCIE – Autre Discipline

Pr PERCEAU-CHAMBARD,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - MEDECINE GENERALE (1^{ère} Classe)

Pr ERPELDINGER Sylvie,

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - MEDECINE GENERALE (2^{ème} Classe)

Pr BOUSSAGEON Rémy,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Classe exceptionnelle)

RABODONIRINA Meja

Parasitologie et Mycologie,

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (Hors Classe)

CALLET-BAUCHU Evelyne DECAUSSIN PETRUCCI DIJOURD Frédérique DUMISTRESCU BORNE Oana GISCARD D'ESTAING Sandrine reproduction, MILLAT Gilles VAN GANSE Eric	Hématologie ; Transfusion, Anatomie et Cytologie pathologiques, Anatomie et Cytologie pathologiques, Bactériologie Virologie, Biologie et Médecine du développement et de la Biochimie et Biologie moléculaire, Pharmacologie Fondamentale, Clinique,
---	---

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS (1ère Classe)

BENZERDJEB Nazim BOCHATON Thomas BRUNEL SCHOLTES Caroline COURY LUCAS Fabienne JAMILLOUX Yvan MAUDUIT Claire PERROT Xavier PUTOUX DETRE Audrey SKANJETI Andréa SUBTIL Fabien	Anat. Cytolo.path., Physiologie Bactériologie virologie ; Hygiène hospitalière, Rhumatologie, Médecine Interne Gériatrie et Addictologie, Cytologie – Histologie, Physiologie – Neurologie, Génétique, Biophysique Médecine nucléaire, Bio statistiques,
---	---

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (2ème Classe)

AUFFRET Marine CHATRON Nicolas DANANCHE Cédric DARGENT Auguste GILBERT Thomas KEPENEKIAN Vahan LEBOSSE Fanny RAMIERE Christophe REY Romain TAUBER Marie WOZNY Anne-Sophie	Pharm.fond.pharm clinique, Génétique, Epidémiologie. Économie de la santé, Méd. Intens.réanim., Méd. Int. gériatrie, Chirurgie Viscérale et Digestive, Gastro-Hépatologie, Bactériologie-virologie, Psychiat. d'adultes, Immunologie, Biochimie biologie moléculaire,
---	---

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS STAGIAIRES (2ème Classe)

BIDAULT JOURDAINNE Valeska DESTRAS Grégory DOUPLAT Marion PHILOUZE Pierre PICART Thibaud ROSSIGNOL Guillaume	Chirur.infantile Bact.vir. Hyg. Hosp, Méd. Urgence, ORL Histo.Embryo.Cytogénétique Chirurgie Infantile
---	---

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES – MEDECINE GENERALE

BENEDINI Elise,
DEPLACE Sylvie,
HERSAT DE LA VILLEMARQUE Anne,

MAITRES DE CONFERENCES - MEDECINE GENERALE (2^{ème} classe)

MAYNIE-FRANCOIS Christine

PROFESSEURS EMERITES

Les Professeurs émérites peuvent participer à des jurys de thèse ou d'habilitation. Ils ne peuvent pas être président du jury.

BONNEFOY Marc	Médecine Interne, option Gériatrie
CHIDIAC Christian	Maladies infectieuses ; Tropicales,
ECOCHARD René	Biostatistiques,
FLANDROIS Jean-Pierre	Bactériologie – Virologie ; Hygiène hospitalière,
GILLY François-Noël	Chirurgie générale,
GUEUGNIAUD Pierre Yves	Anesthésiologie et Réanimation urgence,
LAVILLE Martine	Nutrition – Endocrinologie,
LAVILLE Maurice	Thérapeutique – Néphrologie,
MATILLON Yves	Epidémiologie, Economie Santé et Prévention,
MOURIQUAND Pierre	Chirurgie infantile,
NICOLAS Jean-François	Immunologie,
SIMON Chantal	Nutrition
TEBIB Jacques	Rhumatologie,

Le Serment 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 respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans discrimination.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance.

Je donnerai mes soins à l'indigent et je n'exigerai pas un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement la vie ni ne provoquerai délibérément la mort.

Je préserverai l'indépendance nécessaire et je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.

Je perfectionnerai mes connaissances pour assurer au mieux ma mission.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé si j'y manque

Remerciements

A la présidente du jury :

Madame la Professeure Elvire SERVIEN

*Professeure des Universités
Faculté de médecine de Lyon*

*Praticienne Hospitalière
Cheffe de service de Chirurgie orthopédique et de médecine du sport à l'hôpital de
la Croix Rousse*

Professeure, Madame Servien, je vous remercie de me faire l'honneur de présider mon jury de thèse d'exercice. Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez fourni et pour celui à venir. Merci de m'avoir offert l'opportunité de poursuivre mon cursus au sein de votre service d'excellence.

Merci pour votre disponibilité, pour votre soutien et votre bienveillance.

Recevez ici, le témoignage de ma reconnaissance et de mon plus profond respect.

Aux membres du jury :

Monsieur le Professeur Jacques LUAUTE,

*Professeur des Universités
Faculté de médecine de Lyon*

*Praticien Hospitalier
Chef du service de médecine physique et réadaptation de l'hôpital Henry Gabrielle*

Professeur, vous me faites l'honneur d'évaluer ce travail. Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury.

Recevez ici toute ma gratitude et mon plus profond respect.

Monsieur le Professeur Claude GHARIB,

Professeur émérite des Universités

Faculté de médecine de Lyon

Professeur Honoris Causa de l'École Nationale Vétérinaire de Lyon

Professeur, merci d'avoir accepté de participer à ce jury, et ce à quelques semaines de la soutenance. Je vous suis très reconnaissant pour cela. C'est un honneur de vous laisser évaluer ce travail.

Recevez ici toute ma gratitude et mon plus profond respect.

Monsieur le Docteur Yves ZERBIB,

Ancien Professeur des Universités en médecine générale

Faculté de médecine de Lyon

Professeur, merci d'avoir accepté de participer à ce jury. C'est un honneur de vous laisser évaluer mon travail. Je vous remercie pour toute l'aide que vous m'avez apportée.

Merci pour votre soutien dans ma passion qu'est la médecine du sport. Merci pour votre compréhension si précieuse. Votre gentillesse et votre bienveillance sont des exemples.

Recevez ici toute ma gratitude et l'expression de mon plus profond respect.

Au directeur de thèse :

Monsieur le Docteur Patrick JOUBERT,

Médecin de montagne – Médecin généraliste – Médecin du sport

Merci Docteur pour ce sujet des plus passionnant et pour avoir accepté de diriger ce travail. Merci pour la confiance que vous m'avez accordée. Je vous remercie pour votre disponibilité, pour votre temps ainsi que pour votre patience.

Votre passion pour la traumatologie et les enseignements que vous m'avez transmis au cours de ma saison à Avoriaz sont des exemples.

Recevez ici toute ma considération et mon plus profond respect.

Au Centre médical d'Avoriaz :

Merci pour ce semestre des plus fous. Merci pour votre gentillesse, pour votre bonne humeur, pour m'avoir appris tant de chose, pour toutes les pistes dévalées ensemble. Merci à toi Jean-Marc pour ton enseignement et ta gentillesse, tu resteras le maître de la traumato dans cette vallée. Merci à Flo pour ta gentillesse inégalable et ton aide précieuse.

A mes deux co-internes du CMA :

Merci à toi le V pour ta folie et ta quête sans merci de la gypaète dans les pentes raides ! Merci pour ta bonne humeur et toutes les conneries que tu as pu faire !
Merci au F pour ta science infuse et pour tes pyjamas que seul toi peut porter, merci pour ces après-midis Mario-kart et ces moments inoubliables ! Merci à tous les deux pour votre amitié que j'espère des plus longue.

A mes co-internes de Villefranche :

Merci pour la bonne ambiance que vous avez apportée, pour les covoit, pour les bières de fin de journée sur les quais. Ce semestre fait partie de mes meilleurs grâce à vous.

A mes co-internes de FST :

Pauline, François, Loïc, merci pour votre bonne humeur durant cette dernière année d'internat. Entre test iso, épreuve d'effort et Airbnb quelque peu bizarre sur la côte d'azur sans parler de la pizzeria... mais avec vue mer. Loïc (gadolo), merci de m'avoir supporté et de m'avoir prodigué tant de conseils sur mes diaporamas ! Un vrai artiste. Je ne vous oublierai pas.

A ma tutrice :

Merci Pauline pour ton soutien sans faille tout au long de cet internat. Pour ta gentillesse et ta compréhension. Je te suis très reconnaissant pour tout cela.

A toute l'équipe de Gastro de Villefranche :

Sarah, Camille, Céline, Boris, Jonathan, Chloïlde, Benjamin, Olivia, Arnaud R et Arnaud D, Amélie, Juliette, merci pour votre bonne humeur et votre bienveillance tout au long de ce semestre pas toujours facile moralement vous le savez mieux que moi. Vous êtes une équipe absolument géniale. Je suis très fier d'avoir pu vous compter parmi mes proches collègues. Pour les soirées ping-pong chez Miss HNO et pour le retour à Morzine délicat après une bonne cabane ! A toi Sarah pour ton soutien et ta gentillesse quand j'en avais le plus besoin, je te suis extrêmement reconnaissant.

Au Dr Jean-Philippe HAGER :

Je vous remercie de m'avoir transmis vos connaissances en médecine du sport et pour votre confiance. C'était un honneur de pouvoir apprendre à vos côtés.

A mes amis :

A tous ceux de la Fac de Rennes, merci pour toutes ces années à apprendre la médecine à vos côtés, à toutes ces soirées passées ensemble, à cette vie étudiante qui prend fin.

Antoine, Matthieu, à tous ces moments passés ensemble, à nos révisions, nos BU et nos fous rires, à votre soutien indéfectible depuis toutes ces années. A nos rires, nos pleurs et à tout ce que nous allons vivre ensemble à l'avenir. Vous êtes des confrères, des amis, des frères. Je vous aime.

A mes compagnons à quatre pattes :

Bibiche, merci pour ton soutien silencieux durant ces études, pour le réconfort que tu m'apportes. Et kiki, merci pour ton amour et ta fidélité incomparable.

A mon frère et à ma sœur :

Merci pour votre amour et votre soutien depuis le début de mes études. Vous êtes un exemple pour moi et vous le resterez.

A mes parents :

Merci d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui. Merci pour votre amour depuis ma naissance, merci pour les valeurs que vous m'avez inculquées. Merci de m'avoir appris que le travail fini toujours par payer, de m'avoir appris à persévérer et à ne rien lâcher lorsque l'on est sûr de soi. Je vous dois énormément. Je vous aime.

A toi, Lucile :

Tu es l'amour de ma vie, tu es la mère de ma merveilleuse petite fille. Merci pour ton amour au quotidien et ton soutien de tous les jours durant ces longues études. Je ne serai pas là aujourd'hui sans toi. Merci pour tous ces précieux moments passés ensemble et pour tous ceux à venir.
Je t'aime.

A ma fille, Suzanne :

Ma chérie, je t'aime énormément et je te remercie de m'avoir laissé dormir durant ces derniers mois et de m'accorder ton amour.
Tu es la plus belle chose qui me soit arrivée.

Table des matières

Table des figures	23
Table des tableaux	24
Table des annexes	25
Liste des abréviations	26
INTRODUCTION	27
I. Le ski en France	27
a. Popularité	27
b. Les professionnels de la Montagne	27
c. Traumatologie du ski chez les professionnels	28
II. Rappels anatomiques de l'articulation du genou^(5,6)	29
III. Principales pathologies ostéoarticulaires du genou chez les skieurs et leur épidémiologie	31
a. La rupture du LCA	31
b. Les lésions méniscales	33
c. La gonarthrose	34
IV. Les exosquelettes des membres inférieurs dans la littérature	35
V. Présentation des principaux exosquelettes utilisés dans la pratique du ski en France	37
a. Le Ski-Mojo®	37
b. Le Againer®	38
MATERIEL ET METHODES	40
I. Description du protocole	40
II. Analyse statistique	41
RESULTATS	42
I. Réponses incluses	42
II. Caractéristiques générales de la population	43
III. Description des différentes réponses incluses	44

IV. Description de l'analyse statistique	49
a. Relation entre la durée d'utilisation de l'exosquelette et la diminution de consommation d'AINS.	49
b. Relation entre le sexe et le motif d'utilisation de l'exosquelette	50
DISCUSSION	51
I. Population étudiée	51
II. Baisse de la consommation de soins	52
III. L'exosquelette : surrisque d'accidents traumatiques ?	53
IV. Impact sur l'absentéisme professionnel	53
V. L'exosquelette comme moyen de prévention	54
VI. Forces et limites de l'étude	54
CONCLUSION	56
BIBLIOGRAPHIE	57

Table des figures :

FIGURE 1 : SCHEMA DESCRIPTIF DE L'OSTEO-ANATOMIE DU GENOU TIRE DE L'ATLAS D'ANATOMIE HUMAINE NETTER.....	29
FIGURE 2 : SCHEMA DESCRIPTIF DE L'OSTEO-ANATOMIE DU GENOU TIRE DE L'ATLAS D'ANATOMIE HUMAINE NETTER.....	30
FIGURE 3 : SCHEMA DESCRIPTIF DE L'OSTEO-ANATOMIE DU GENOU TIRE DE L'ATLAS D'ANATOMIE HUMAINE NETTER.....	31
FIGURE 4 : EXOSQUELETTE SKI-MOJO®	37
FIGURE 5 : RESSORT UTILISE DANS L'EXOSQUELETTE SKI-MOJO®	38
FIGURE 6 : SET EXOSQUELETTE AGAINER® AVEC POMPE DE REGLAGE	39
FIGURE 7 : EXOSQUELETTE AGAINER®	39
FIGURE 8 : DIAGRAMME DE FLUX [CREATION PERSONNELLE]	42
FIGURE 9 : DUREE D'UTILISATION DE L'EXOSQUELETTE	45
FIGURE 10 : FREQUENCE D'UTILISATION DE L'EXOSQUELETTE	45
FIGURE 11 : MOTIF D'UTILISATION DE L'EXOSQUELETTE	46
FIGURE 12 : ÉTIOLOGIE DES GONALGIES.....	46
FIGURE 13 : NIVEAU D'ACTIVITE PROFESSIONNELLE AVEC EXOSQUELETTE	47
FIGURE 14 : AVEZ-VOUS DIMINUE VOTRE CONSOMMATION D'AINS AVEC L'EXOSQUELETTE ?	47
FIGURE 15 : DUREE D'ARRET DE TRAVAIL CUMULE	49

Table des tableaux :

Sauf mention contraire, les tableaux sont de l'auteur

TABLEAU 1 : CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA POPULATION ANALYSEE	43
TABLEAU 2 : COMPARAISON DE LA DUREE D'UTILISATION DE L'EXOSQUELETTE ET LA DIMINUTION DE CONSOMMATION D'AINS	50
TABLEAU 3 : COMPARAISON DU SEXE ET DU MOTIF D'UTILISATION DE L'EXOSQUELETTE	51

Table des annexes :

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE EN LIGNE ENVOYE A L'ENSEMBLE DES PROFESSIONNELS	60
--	----

Liste des abréviations

- **AINS** : Anti-inflammatoire non stéroïdien
- **ANPSP** : Association Nationale des Pisteurs Secouristes
- **CNIL** : Commission Nationale Informatique et Liberté
- **DPO** : Data Protection Officer
- **ESF** : École de Ski Française
- **ESI** : École de Ski Internationale
- **FFS** : Fédération Française de Ski
- **LCA** : Ligament croisé antérieur
- **LCL** : Ligament collatéral latéral
- **LCM** : Ligament collatéral médial
- **LCP** : Ligament croisé postérieur
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé
- **VALFE** : Valgus-flexion-rotation externe
- **VALFI** : Valgus-flexion-rotation interne
- **VARFI** : Varus-flexion-rotation interne

INTRODUCTION

I. Le ski en France

a. Popularité

La France est une grande nation de ski, à la fois par sa pratique mais également par l'offre montagnaise disponible. Notre pays monte sur le podium en termes de fréquentation juste derrière les États-Unis et devant l'Autriche avec pas moins de 51,9 millions de journées skieurs vendues en 2023/2024(1) (Une journée skieurs correspond à l'utilisation d'un ticket de remontée mécanique pour une journée par un pratiquant de sport de glisse). Le développement des stations de ski françaises contribue également à notre rayonnement à l'international et au tourisme avec 35% de clientèle étrangère et 65% de Français(1).

b. Les professionnels de la Montagne

Les stations de ski françaises génèrent plus de 120 000 emplois(1) répartis entre les commerces, les écoles de ski, les services en stations, etc. Ces actifs représentent 30% des dépenses d'une station(1) et 2/3 des saisonniers ont plus de 35 ans(1). Dans notre travail, nous nous intéresserons essentiellement aux professionnels pour lesquels la pratique des sports de montagne et notamment le ski, le snowboard, le ski de randonnée ou le ski de fond fait partie intégrante de leur quotidien.

Parmi ces professionnels, les moniteurs sont de loin les plus nombreux. Ils sont environ 20 000 en France avec un âge moyen de 44 ans et un âge moyen de départ à la retraite de 67 ans(2). Les pisteurs quant à eux représentent environ 2500 personnes(3). Ces deux professions représentent à elles-seules environ 18% des emplois saisonnier des stations de ski en France.

Ces acteurs sont indispensables au bon fonctionnement d'une station de ski et à la sécurité des usagers qui sont toujours de plus en plus nombreux. Ils sont en revanche exposés à des contraintes ostéoarticulaires plus élevées et à une carrière de plus en plus longue(3).

c. Traumatologie du ski chez les professionnels

Les moniteurs de ski et les pisteurs, part la plus importante de notre population d'étude et des professionnels à ski d'une station, sont soumis à une sollicitation intensive de leurs genoux au cours de leur carrière. Ainsi, ils sont exposés à des traumatismes du genou et au vieillissement « prématuré » de leur articulation.

Chez les pisteurs, environ 48% des accidents se font lors du déplacement à ski et 40% de ces accidents impliquent le genou(3), et chez les moniteurs de ski entre 35% et 46% de l'ensemble des lésions sont des lésions de l'articulation du genou(4). Il s'agit essentiellement de lésions ligamentaires (entorse, rupture du LCA).

Ces données mettent en évidence une part importante des lésions traumatiques du genou dans les accidents de ski chez les professionnels. De ces atteintes peuvent découler des douleurs justifiant des consultations médicales ainsi qu'une consommation médicamenteuse chronique. Il paraît donc indispensable de mettre en place des moyens de prévention de l'hypersollicitation et des lésions ostéoarticulaires afin de limiter l'apparition des pathologies chroniques, tout en permettant à ces professionnels de poursuivre leur activité dans de bonnes conditions et contribuer à leur bon vieillissement.

II. Rappels anatomiques de l'articulation du genou(5,6)

Le genou est l'articulation intermédiaire portante du membre inférieur. Il est composé de deux systèmes articulaires : l'articulation bi-condylienne fémoro-tibiale et l'articulation trochléenne fémoro-patellaire, le tout compris dans une même enceinte capsulo-synovial. Les condyles fémoraux, asymétriques, constituent la surface articulaire du fémur avec le tibia. Les deux condyles présentent chacun une proéminence, les condyles fémoraux. Le condyle latéral reçoit l'insertion du ligament collatéral latéral (LCL) et le condyle médial reçoit l'insertion du ligament collatéral médial (LCM).

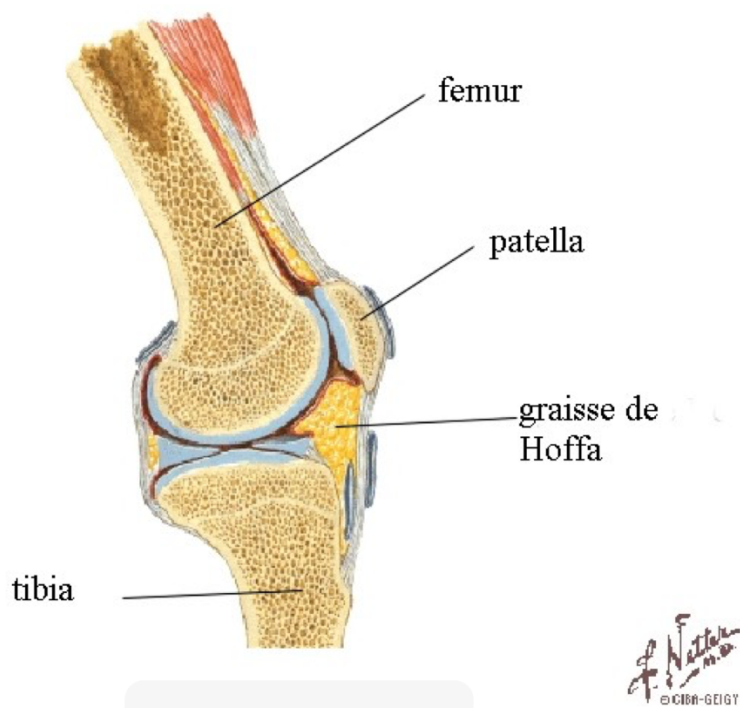


Figure 1 : Schéma descriptif de l'ostéo-anatomie du genou tiré de l'atlas d'anatomie humaine NETTER

Entre ces deux condyles se situe l'échancrure intercondylienne dans laquelle on retrouve l'insertion proximale du ligament croisé antérieur (LCA) sur sa paroi latérale et l'insertion proximale du ligament croisé postérieur (LCP) sur sa paroi médiale.

Concernant l'extrémité proximale du tibia, elle répond aux condyles fémoraux et reçoit l'insertion des ménisques interne et externe. Sa partie centrale est occupée par une proéminence : les épines tibiales.

Le LCA s'insère en avant des épines tibiales sur la surface pré-spinale en avant de la corne antérieure du ménisque médial. Le LCP s'insère en arrière au tibia sur la surface retro-spinale. Le LCM s'insère quant à lui sur l'extrémité supérieure et médiale du tibia et le LCL s'insère sur la tête de la fibula.

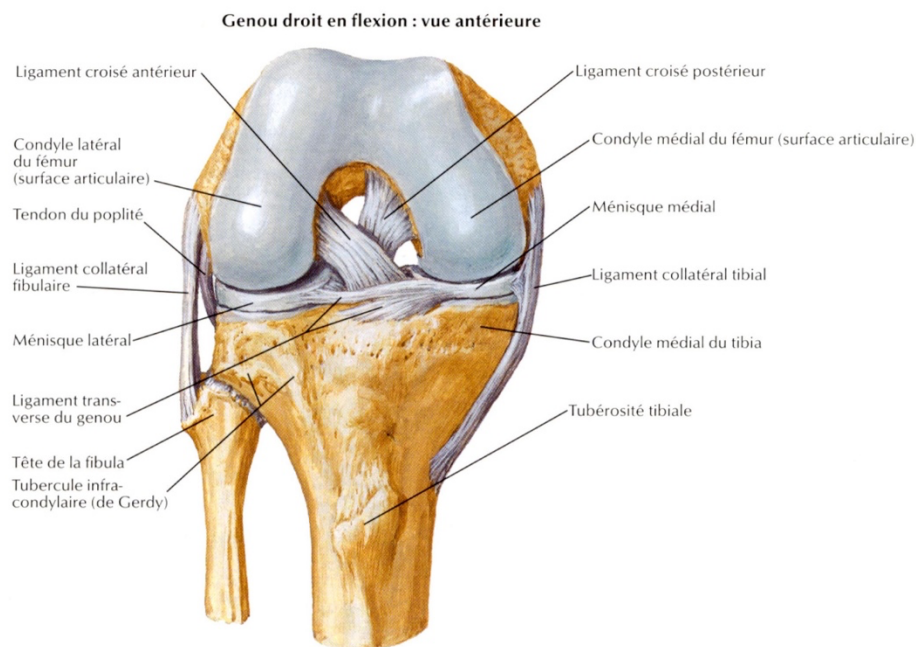


Figure 2 : Schéma descriptif de l'ostéo-anatomie du genou tiré de l'atlas d'anatomie humaine NETTER

Concernant les ménisques, ils comportent chacun une insertion osseuse antérieure et postérieure appelée racine ou corne méniscale. La partie libre des ménisques est divisée en 3 segments : antérieur, moyen et postérieur. Ce sont des structures fibro-cartilagineuse en forme de croissant qui participent à la congruence de l'articulation fémoro-tibiale. Ils permettent une transmission des contraintes et une

absorption des chocs grâce à leur propriété visco-élastique. De plus, ils jouent un rôle de frein ou de cale dans les mouvements de translation antérieurs et postérieurs.

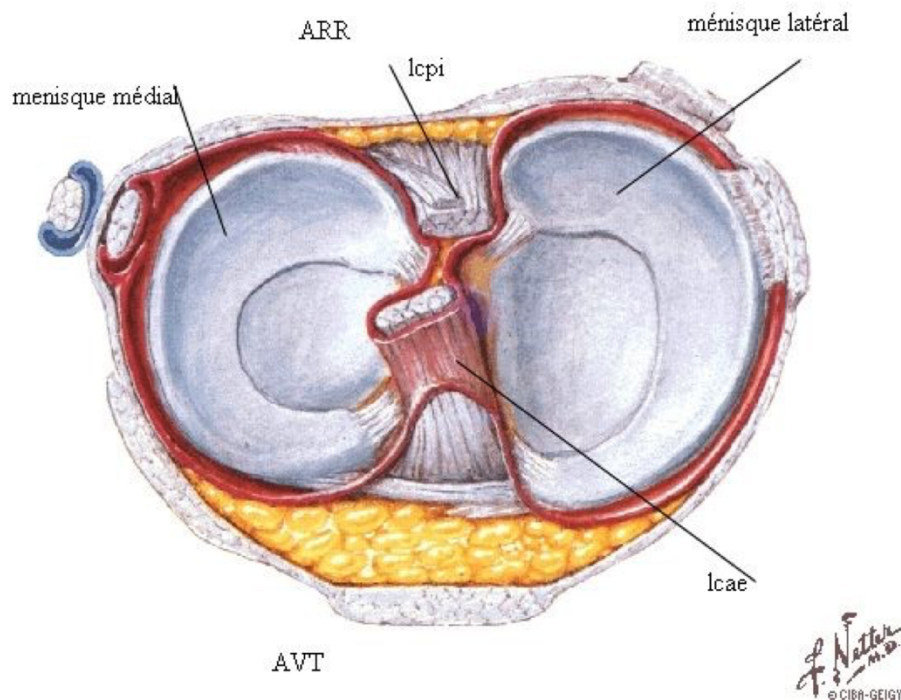


Figure 3 : Schéma descriptif de l'ostéo-anatomie du genou tiré de l'atlas d'anatomie humaine NETTER

Enfin, le rôle des ligaments croisés est de garantir une stabilité du genou, de contrôler les mouvements de translation antérieure pour le LCA et postérieure pour le LCP ainsi que les mouvements de rotation.

III. Principales pathologies ostéoarticulaires du genou chez les skieurs et leur épidémiologie

a. La rupture du LCA

Le ligament croisé antérieur (LCA) est une structure anatomique indispensable pour la stabilité du genou dans les mouvements de flexion et de rotation. Chez les skieurs, les lésions du membre inférieur représentent la moitié des diagnostics dont 14,4% sont des ruptures du LCA(7). Il s'agit donc d'une lésion majoritaire dans la

population de skieurs et notamment chez les professionnels à ski. Cette lésion, qu'elle soit traitée de façon conservative ou chirurgicale, est à risque arthrogène à long terme(8).

Chez les skieurs, la rupture du LCA peut survenir genou en flexion ou en extension et dans 70% à 80% « sans contact »(9) par différents mécanismes induisant des lésions dites « isolées » du LCA ou des lésions dites « complexes » avec atteinte du LCA et d'autres structures ligamentaires ou méniscale du genou. On peut décrire ces mécanismes en « traumatisme direct » ou « indirect » ou bien en fonction de leur caractère « appuyé » ou « non appuyé »(10).

D'après une publication de la FFS en 2022 concernant la spécificité de la prise en charge des skieurs il a été décrit 5 mécanismes spécifiques de la rupture du LCA dans cette population(11) :

- Le mécanisme antidérapant ou « slip catch mechanism » est décrit comme un traumatisme en valgus-flexion-rotation interne (VALFI). Lors de la perte de contact avec le sol au moment d'un virage, on observe une flexion de la jambe extérieure et une reprise de contact brutale sur la carre interne. Ce traumatisme est dit appuyé ou indirect.
- Le « chasse neige dynamique » est décrit comme une bascule en arrière en lien avec une aspérité de la piste mal visualisée entraînant un transfert du poids de la carre externe vers la carre interne et donnant un mécanisme en valgus-flexion-rotation interne (VALFI). Ce traumatisme est dit appuyé ou indirect.
- L'atterrissage avec bascule postérieure décrit en réception de saut avec réception sur l'arrière des skis, genou en extension avec un mécanisme d'hyperextension active à la suite d'une contraction brutale du quadriceps jambe bloquée dans la chaussure de ski créant un mouvement de tiroir

antérieur. On retrouve également ce mécanisme dans le « phantom foot » du débutant(12). Ce traumatisme est indirect et non appuyé.

- Le traumatisme en sortie de télésiège avec un croisement avant des skis entraînant un mécanisme appuyé en varus-flexion-rotation interne (VARFI)
- Enfin, le traumatisme le plus pourvoyeur de lésions du LCA chez les skieurs est le traumatisme en valgus-flexion-rotation externe (VALFE), le skieur qui accroche une porte par exemple.

b. Les lésions méniscales

Les ménisques peuvent être considérés comme des « amortisseurs » du genou. Ils sont à ce titre très sollicités dans les activités physiques et sportives à fortes contraintes sur les membres inférieurs, comme la pratique du ski par exemple. Le ski impose des mouvements de rotation et de translation du genou, mais aussi beaucoup de contraintes d'absorption des chocs et des bosses. Les lésions méniscales sont fréquentes avec une incidence de 9 pour 10 000 chez les hommes et de 4,2 chez les femmes selon les registres des pays scandinaves et dans 38% à 50% dans un contexte sportif(13).

Ces lésions peuvent être dites dégénératives lorsque l'apparition n'est pas directement liée à un traumatisme aiguë ou bien inversement, dite traumatique lorsque celle-ci résulte d'un traumatisme du genou. A noter qu'un ménisque dégénératif peut également être associé à une lésion traumatique.

La pratique du ski alpin est très pourvoyeuse de lésions à la fois dégénératives et traumatiques. On considère que les lésions méniscales symptomatiques sont plus fréquentes entre 30 et 50 ans⁽⁵⁾.

Face à ces lésions symptomatiques, la chirurgie prend sa place à la suite d'un premier traitement médical inefficace, tel que les infiltrations de corticoïdes ou encore de PRP accompagné de séances de kinésithérapie, la confection d'orthèse sur mesure afin de corriger des anomalies morphologiques pouvant augmenter les contraintes sur les ménisques.

Les différentes options chirurgicales reposent soit sur une ménisectomie (ablation d'un volume dégradé, le plus restreint possible de ménisque) soit sur une réparation méniscale lorsque celle-ci est possible. En France le taux de ménisectomie en 2017 est de 15,77/10 000 individus contre un taux de réparation de 1,36/ 10 000. La décision thérapeutique est prise après discussion avec le patient et notamment après que celui-ci soit informé que la ménisectomie est pourvoyeuse d'arthrose tardive(14)(15) par augmentation des contraintes directes sur les surfaces ostéochondrales.

c. La gonarthrose

L'arthrose représente une pathologie invalidante mondiale avec, en 2019 environ 528 millions de personnes dans le monde souffrant d'arthrose(16) et en France environ 10 millions(17). Le genou est l'articulation la plus touchée, représentant environ 69% des personnes souffrant d'arthrose avec une prévalence de 365 millions de personnes atteintes(16) dans la population mondiale.

Plusieurs facteurs de risques intrinsèques et extrinsèques ont pu être mis en évidence(17,18) comme certaines anomalies du morphotype (genu valgum, genu varum), les facteurs génétique, l'excès de pression sur les articulations avec des contraintes mécaniques importantes tel que le surpoids et l'obésité, une activité sportive et/ou professionnelle dans notre cas excessif ou mal contrôlé, et des

séquelles de traumatismes (fracture, lésion et/ou ablation de ménisque, entorse, luxation).

Cette pathologie entraîne des gonalgies, une raideur de l'articulation, pouvant limiter les capacités fonctionnelles voir un arrêt des activités physiques et sportives, or, aujourd'hui la littérature est unanime sur la prise en charge initiale, et il est recommandé de poursuivre la pratique d'une activité physique régulière afin de maintenir une force musculaire suffisante et de lutter contre le surpoids voir l'obésité.

Finalement, il semblerait que l'ensemble de ces lésions soit pourvoyeuse de douleur et de limitation d'activité. Cela entraîne chez les professionnels du ski des arrêts de travail, une baisse du niveau d'activité, des consultations médicales et pour certains d'entre eux une chirurgie prothétique mettant un frein à leur vie professionnelle.

IV. Les exosquelettes des membres inférieurs dans la littérature

Actuellement, de nombreux exosquelettes existent pour la santé et la sécurité des travailleurs et visent à améliorer la prévention et la santé au travail. Selon l'OMS en 1948 « *la prévention est l'ensemble de mesures visant à éviter ou réduire le nombre et la gravité des maladies, des accidents et des handicaps* » (19). Le port d'un exosquelette chez les travailleurs peut être un moyen de prévention mais également thérapeutique, il peut améliorer les douleurs articulaires et constitue un levier intéressant pour la prévention de la santé, trouvant sa place dans les 3 types ainsi définis par l'OMS : primaire, secondaire et tertiaire(19).

La prévention primaire correspond à l'ensemble des actes visant à diminuer l'incidence d'une maladie dans une population, c'est à dire le nombre de nouveaux cas d'une pathologie observés pendant une période donnée(19,20).

La prévention secondaire correspond à l'ensemble des actes visant à diminuer la prévalence c'est à dire le nombre total de cas d'une pathologie donnée(21), en visant à supprimer les facteurs de risques(19).

La prévention tertiaire consiste à réduire la prévalence des incapacités chroniques, récidives, complications, rechutes, consécutive d'une maladie donnée(19).

Concernant l'utilisation d'exosquelette pour les pathologies du genou, la littérature est encore faible et notamment pauvre en étude de haut niveau de preuve en dehors du domaine industriel et en neuro-réhabilitation. Il constitue une aide à la réadaptation très prometteuse selon une méta-analyse qui a étudié leur impact dans la rééducation après arthroplastie totale de genou(22). Une seule étude évaluant l'utilisation d'exosquelette chez les patients atteints d'arthrose de genou est décrite et retrouve une amélioration de la douleur et de la capacité à monter des escaliers(23).

L'engouement scientifique pour ces dispositifs est croissant d'après une revue systématique de 2020(24) et montre l'intérêt pour la santé humaine. Leur utilisation pour la prévention des gonalgies liées à l'arthrose de genou chez les professionnels de montagne s'inscrit à la fois dans un cadre de santé au travail, mais également dans l'alignement de la définition du bon vieillissement de l'OMS(25,26).

V. Présentation des principaux exosquelettes utilisés dans la pratique du ski en France

a. Le Ski-Mojo®

Le Ski-Mojo® est un exosquelette qui se fixe sur la chaussure du skieur et enveloppe les jambes avec un système de harnais sous fessier. L'appareil se base sur une technologie de ressort emmagasinant l'énergie cinétique de la flexion et la redistribuant ensuite lors de l'extension du genou(27). Selon les concepteurs du ski-mojo® ce dernier permettrait de prendre en charge 1/3 du poids du skieur, poids que les jambes et donc les genoux n'auraient plus à supporter.

L'ensemble de la structure est protégé dans un tissu en néoprène confortable et s'adaptant à la morphologie de chacun(27). Le Ski-Mojo s'installe en 5min et pèse un poids d'environ 1,6kg(28).



Figure 4 : Exosquelette Ski-Mojo®



Figure 5 : Ressort utilisé dans l'exosquelette Ski-Mojo®

b. Le Againer®

L'exosquelette Againer® se fixe également sur la chaussure du skieur et enveloppe les jambes de ce dernier avec un système en plastique rigide et léger(29). Il diffère du Ski-mojo® dans sa conception mécanique, car il se présente sous la forme d'un vérin pneumatique que l'utilisateur peut régler à l'aide d'une pompe(29). Sa conception plus rigide et enveloppante lui donne un poids d'environ 3kg(28). Il permet de réduire la pression sur l'articulation des genoux et augmente l'endurance musculaire en apportant une aide aux mouvements de flexion et extension.



Figure 6 : Set exosquelette Againer® avec pompe de réglage



Figure 7 : Exosquelette Againer®

Finalement, nous avons vu que les professionnels de la montagne sont particulièrement exposés aux traumatismes du genou par leur activité à ski et en particulier aux ruptures du ligament croisé antérieur (LCA) et aux lésions méniscales. A long terme ces lésions engendrent un vieillissement prématuré des articulations et occasionne une gonarthrose, pathologie très répandue.

La gonarthrose occasionne ainsi des douleurs pouvant être invalidantes et induire une consommation de soins régulière ainsi qu'une éventuelle chirurgie mais également motiver des arrêts de travaux de la part de ces professionnels.

Dans ce contexte, les exosquelettes (notamment Ski-Mojo® et Againer®) apparaissent comme des outils innovants permettant de soulager les articulations, prévenir les lésions, limiter leur progression et améliorer la santé au travail des professionnels de la montagne. Bien que les recherches restent limitées, leur potentiel en prévention, rééducation et maintien de l'activité physique est prometteur. Nous chercherons donc à mettre en évidence les motifs d'utilisation de ces exosquelettes, leurs bénéfices ainsi que leur limitation chez les professionnels à ski.

MATERIEL ET METHODES

I. Description du protocole

Il s'agit d'une étude descriptive quantitative et transversale avec un recueil de données à l'aide d'un questionnaire anonymisé.

Le questionnaire a été diffusé aux moniteurs de ski français par le biais de l'ESF (École de ski française) après accord de ce dernier ainsi que diverses entreprises d'école de ski française comme l'ESI (École de ski internationale) par exemple. Nous avons également obtenu l'accord de diffusion auprès des pisteurs par le biais de l'association nationale des pisteurs secouristes (ANPSP). La diffusion du questionnaire se faisant à travers un « mail type » contenant le lien et les informations relatives à l'enquête. Les données ont été recueillies du 30 janvier 2025 au 16 avril 2025 date de fermeture du questionnaire en ligne devant l'absence de nouvelles réponses.

Le questionnaire a été réalisé sur la plateforme LimeSurvey en lien avec l'université Claude Bernard Lyon 1. Les données relatives aux patients inclus dans l'étude ont été traitées de manière anonyme.

Le traitement informatique des données a été déclaré au Data Protection Officer (DPO) de l'Université Claude Bernard Lyon 1. Aucune démarche CNIL n'a été nécessaire au vu des données demandées par le biais du questionnaire, ceci ayant été validé par le DPO de l'université Claude Bernard Lyon 1.

Notre objectif principal est de mettre en évidence le ou les motif(s) d'utilisation des exosquelettes, si leur utilisation permet de réduire leur consommation de soins en lien avec le motif d'utilisation, si cela a un impact sur le recours anticipé à la chirurgie, à savoir si cela permet de repousser voire d'éviter une chirurgie orthopédique, si cet équipement induit un surrisque accidentogène ou non et enfin si cela permet de réduire l'absentéisme au travail pour douleurs ostéoarticulaire.

Les objectifs secondaires seront de mettre en évidence un lien entre la durée d'utilisation de l'exosquelette et la baisse de consommation d'AINS, et s'il existe un lien entre les motifs d'utilisation de l'exosquelette et le sexe.

II. Analyse statistique

Après vérification, l'ensemble des données collectées par le biais du questionnaire ont été transférées sur le logiciel Microsoft Excel®.

Les variables qualitatives ont été décrites en termes d'effectifs et de pourcentage et analysées par l'intermédiaire du logiciel éditeur du questionnaire à savoir le logiciel LimeSurvey® ainsi que le logiciel Microsoft Excel®.

Les paramètres quantitatifs ont été décrit par l'intermédiaire de moyenne et écart-type. Concernant les critères de jugements secondaires, nous avons réalisé les analyses statistiques à l'aide du logiciel BiostatTGV® via le test exact de Fischer. Nous avons retenu un risque alpha de 5% avec une p-value significative si $<0,05$. Au vu des données de l'étude, seules deux analyses statistiques, jugées pertinentes, ont été réalisées.

RESULTATS

I. Réponses incluses

Quatre-cent trente et un questionnaires ont été enregistrés sur la période du 30 janvier au 16 avril 2025.

Sur ces 431 questionnaires, nous avons obtenu 57 utilisateurs d'exosquelettes et 374 répondants non utilisateurs.

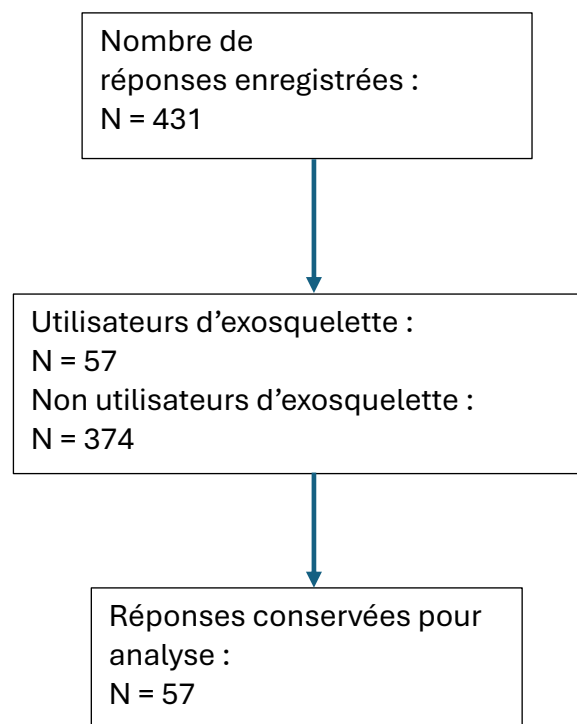


Figure 8 : Diagramme de Flux [Création personnelle]

II. Caractéristiques générales de la population

Parmi la population incluse nous retrouvons une majorité d'homme (70,18%). Avec un âge moyen de 57 ans pour un écart type de 11 ans. La majorité des répondants sont des moniteurs (87,71%). Le taux de réponse correspond à 0,25 % de l'ensemble des moniteurs de France et à environ 0,28 % de l'ensemble des pisteurs de France.

Ces professionnels sont pour leur plus grand nombre des professionnels libéraux travaillant à temps pleins.

Caractéristiques	Nombre	Pourcentage
Sexe	N	%
Féminin (F)	17	29.82
Masculin (M)	40	70.18
Age	Années	
Moyenne	57.3	
Écart type	11.14	
Profession	N	%
Moniteur	50	87.71
Pisteur	7	12.28
Guide de haute montagne	0	0.00
Autre	0	
Exercice	N	%
Salarié	9	15.79
Libéral	40	70.18
Retraité	8	14.04
Temps de travail	N	%
A temps plein	29	50.88
A temps partiel	22	38.60
Retraité	6	10.53

Tableau 1 : Caractéristiques générales de la population analysée

III. Description des différentes réponses incluses

Nous avons pu analyser 57 réponses d'utilisateurs d'exosquelette sur les 431 questionnaires retournés, soit environ 1 utilisateur de cet outil sur 8 professionnels interrogés. Les professionnels sont majoritairement regroupés dans la région Auvergne-Rhône-Alpes pour 89% d'entre eux. Parmi ces professionnels, la moitié d'entre eux ne sont pas assurés pour des blessures orthopédiques et l'utilisation d'un exosquelette a été conseillé par un professionnel de santé pour seulement 12% des répondants.

Aucun des sujets n'a reçu d'aide de la part d'organisme comme une assurance ou de la part de la sécurité sociale pour l'achat ou la location de leur exosquelette. Le Ski-Mojo® est proposé au prix de 699€(27), le Againer® est proposé au prix de 899€(29). Il existe en France une prise en charge des appareillages orthopédique dit de haute technologie si ceux-ci figurent sur la liste des produits et prestations (LPP). Les exosquelettes des membres inférieurs tels que le Ski-Mojo® et le Againer® ne figurent pas sur cette liste à ce jour(30,31). A noter également que ces outils ne sont pas considérés aujourd'hui comme des dispositifs médicaux et par conséquent ne peuvent pas prétendre à un quelconque remboursement par l'assurance maladie(32,33).

L'exosquelette Ski-Mojo® est utilisé chez 93% des répondants contre 5% pour l'exosquelette Againer®.

L'exosquelette est utilisé pour la pratique du ski alpin dans 98% des cas et les professionnels sollicités l'utilisent depuis plus de 3 ans dans 49% des cas, entre 1 et 3 ans pour 31,5% des répondants, le reste des sondés l'utilisant depuis moins d'un an.

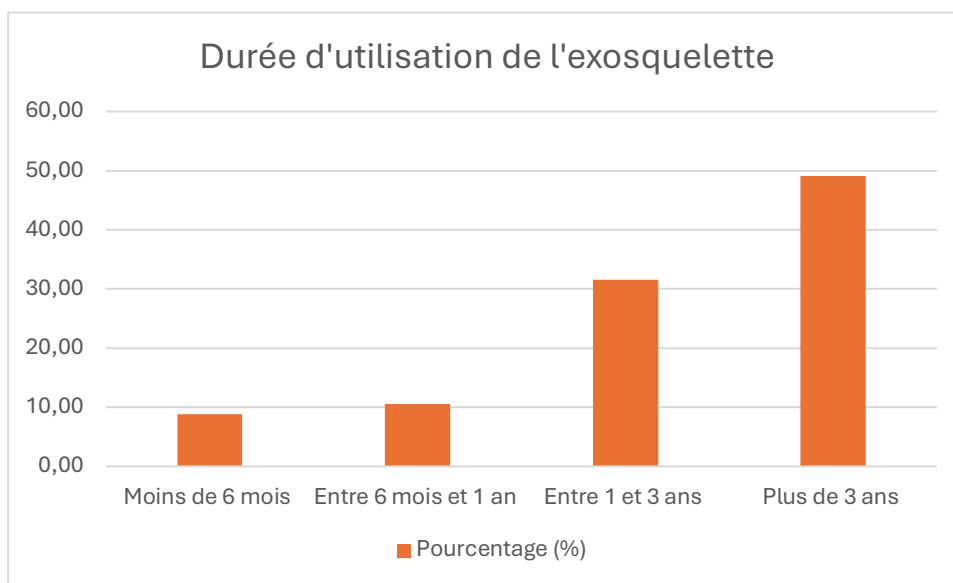


Figure 9 : Durée d'utilisation de l'exosquelette

Durant leur saison hivernale de 6 mois environ, les professionnels utilisent leur exosquelette plus de 3 mois sur 6 dans la majorité des cas (59%) et en raison de gonalgies dans 86% des cas. Plus précisément, ils l'utilisent pour des douleurs d'arthrose pour 64% des sondés et pour des douleurs d'origine méniscale pour 31% d'entre eux.

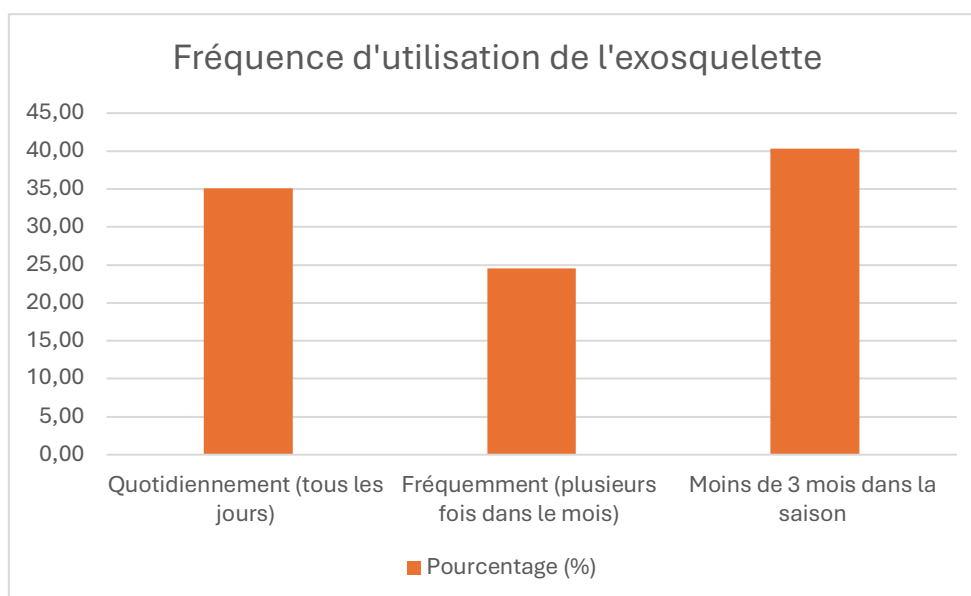


Figure 10 : Fréquence d'utilisation de l'exosquelette

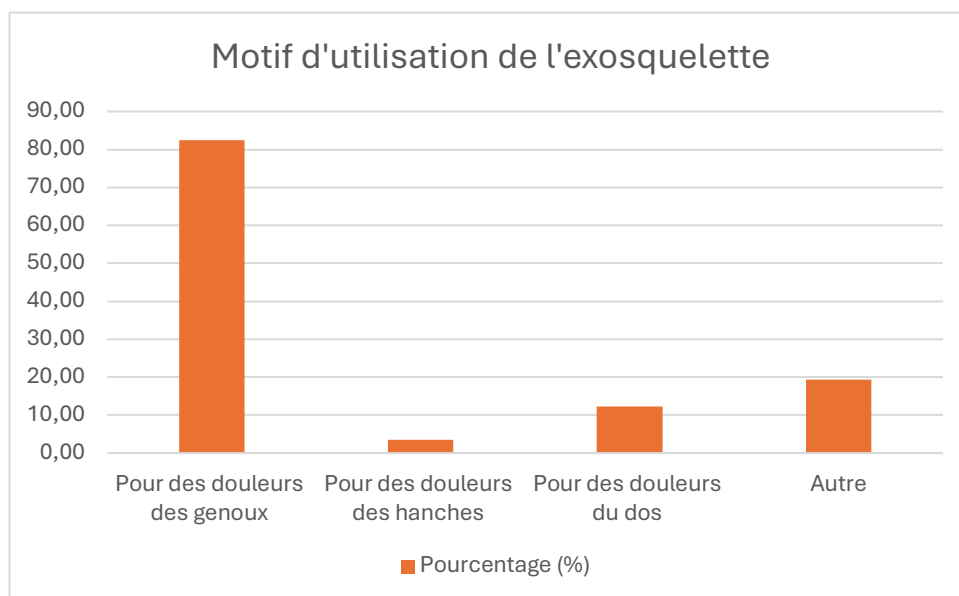


Figure 11 : Motif d'utilisation de l'exosquelette

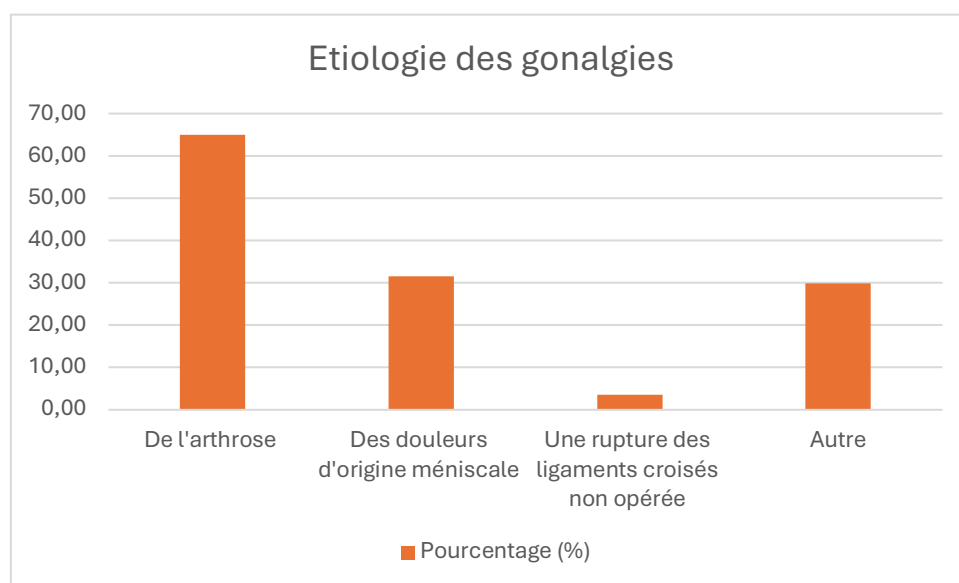


Figure 12 : Étiologie des gonalgies

L'utilisation d'un exosquelette permet à 63% des répondants de poursuivre leur activité professionnelle comme avant et n'a eu aucun bénéfice pour 8% d'entre eux.

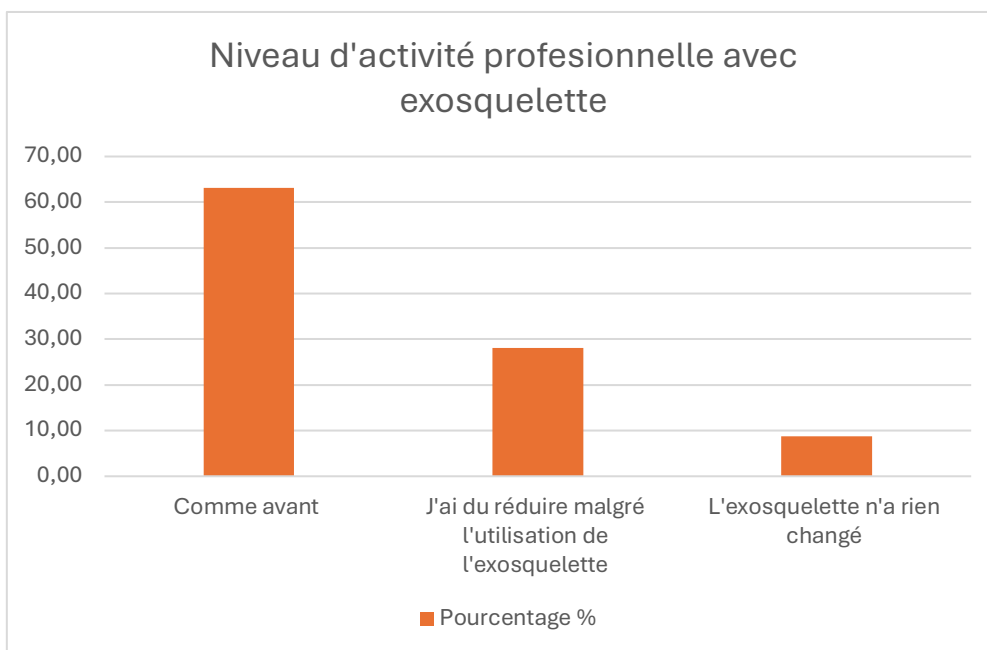


Figure 13 : Niveau d'activité professionnelle avec exosquelette

La majorité des utilisateurs d'exosquelettes ont diminué leur consommation d'AINS et d'antalgiques pour plus de 66% d'entre eux. Sur 30 professionnels ayant bénéficié d'infiltrations intra-articulaires de l'articulation du genou, 60% déclare avoir réduit leur nombre.

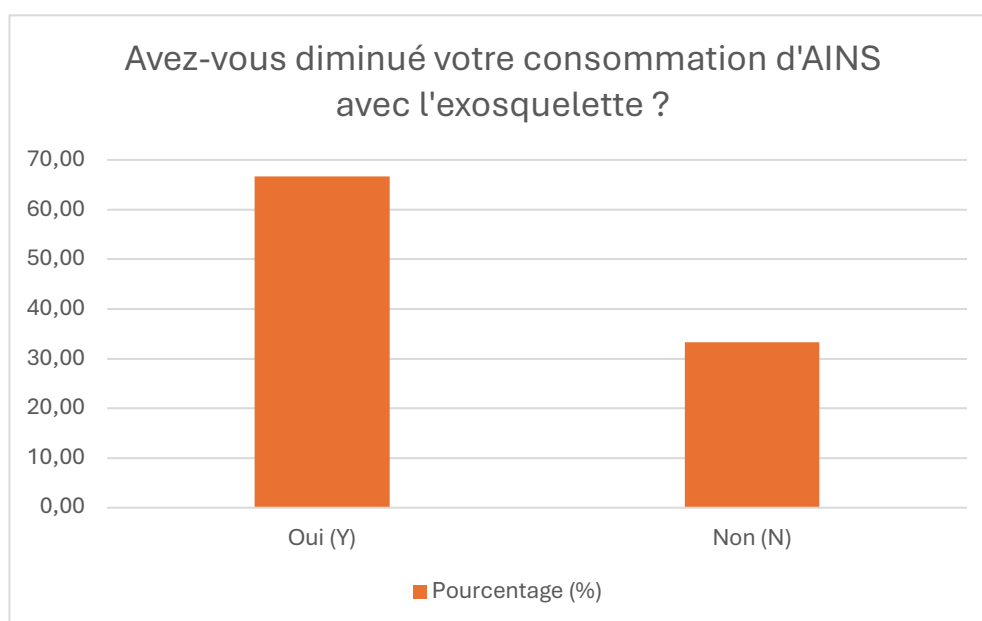


Figure 14 : Avez-vous diminué votre consommation d'AINS avec l'exosquelette ?

Concernant l'accidentologie liée au port de l'exosquelette, 3 personnes déclarent avoir eu un ou plusieurs accidents et 2 de ces 3 répondants incriminent leur exosquelette dans la survenue de cet ou ces accidents. Néanmoins, 100% de ces professionnels poursuivent l'utilisation de leur exosquelette. Parmi les lésions décrites par ces personnes à la suite de leur accident nous retrouvons une fracture du plateau tibial, et des lésions bénignes.

Plus de 50% des sondés déclarent avoir subi une chirurgie orthopédique avant leur utilisation de l'exosquelette. Parmi les chirurgies réalisées nous retrouvons une majorité de plastie du LCA, viennent ensuite des chirurgies méniscales et enfin des chirurgies prothétiques. Après leur début avec un exosquelette plus de 80% des sondés déclarent ne pas avoir subi de chirurgie orthopédique.

Pour ceux ayant subi une chirurgie au cours de leur utilisation d'un exosquelette, nous retrouvons en immense majorité de chirurgie de remplacement prothétique. Parmi ces patients, 75% estiment que l'utilisation de leur exosquelette a permis de repousser cette chirurgie.

Sur les 57 réponses d'utilisateurs, 49 personnes ont déclaré ne pas avoir subi de chirurgie après leur début avec leur exosquelette. Parmi eux, 16 répondants estiment que l'exosquelette a permis d'éviter une chirurgie, 10 répondants estiment que l'exosquelette n'a pas permis d'éviter une chirurgie et 23 répondants se sont abstenus.

Concernant l'absentéisme au travail, 68% des sondés déclarent ne pas déjà avoir été en arrêt de travail du fait de douleur d'origine articulaire avant leur découverte de l'exosquelette.

Pour ceux ayant déjà dû arrêter leur activité professionnelle pour raison médical, la majorité d'entre eux (72%) l'ont été moins d'un mois sur l'année et, plus de 70% d'entre eux déclare que l'exosquelette a permis de réduire la fréquence de leur arrêt de travail, et pour 60% des cas l'absence de nouvel arrêt de travail pour douleur articulaire.

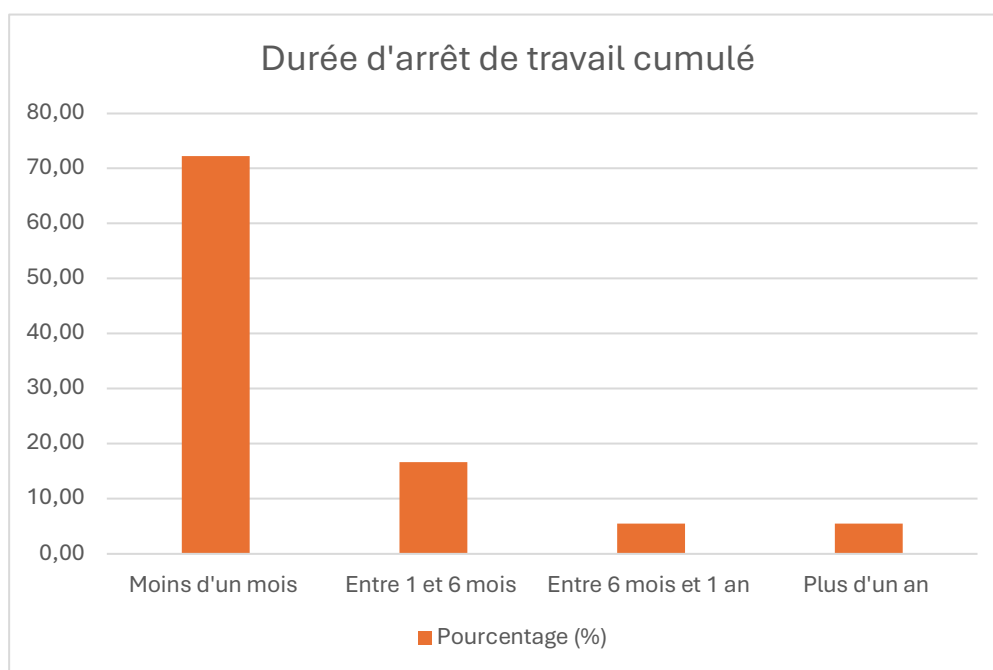


Figure 15 : Durée d'arrêt de travail cumulé

IV. Description de l'analyse statistique

a. Relation entre la durée d'utilisation de l'exosquelette et la diminution de consommation d'AINS.

Les répondants ont été classés en 5 groupes en fonction de la durée d'utilisation de l'exosquelette : durée d'utilisation inférieure à 6 mois (n=5), durée d'utilisation entre 6 mois et 1 an (n=5), durée d'utilisation inférieure à 1 an (n=1), durée d'utilisation entre 1 et 3 ans (n=18) et durée d'utilisation de plus de 3 ans (n=28). Nous avons cherché à mettre en évidence l'hypothèse d'une association statistique entre la durée d'utilisation de l'exosquelette et la diminution de consommation d'AINS.

Les réponses à la question « avez-vous diminuer votre consommation d'AINS » ont été regroupé selon deux modalités « oui » et « non ».

	Baisse de consommation d'AINS		
	OUI	NON	
Utilisation < 6 mois (n=5)	3	2	p-value = 0,011
Utilisation entre 6 mois et 1 an (n=5)	3	2	
Utilisation < 1 an (n=1)	0	1	
Utilisation entre 1 et 3 ans (n=18)	8	10	
Utilisation > 3 ans (n=28)	24	4	

Tableau 2 : Comparaison de la durée d'utilisation de l'exosquelette et la diminution de consommation d'AINS

Nous pouvons mettre en évidence de façon statistiquement significative que plus l'exosquelette est utilisé longtemps, moins les professionnels interrogés consomment d'AINS.

b. Relation entre le sexe et le motif d'utilisation de l'exosquelette

Les motifs d'utilisation ont été regroupés en 3 groupes : douleur des genoux (n=48), douleur de hanche (n=2) et douleur de dos (n=7). Nous avons cherché à mettre en évidence l'hypothèse d'une association statistique entre le motif d'utilisation de l'exosquelette et le sexe selon deux modalités « Homme » ou « Femme ».

	Femme	Homme	
Gonalgie (n=48)	16	32	
Coxalgie (n=2)	0	2	
Dorsalgie (n=7)	1	6	p-value = 0,57

Tableau 3 : comparaison du sexe et du motif d'utilisation de l'exosquelette

Nous n'avons pas mis en évidence d'association statistiquement significative entre le sexe et le motif d'utilisation de l'exosquelette.

DISCUSSION

Il s'agit de la première étude à s'intéresser à l'utilisation des exosquelettes chez les professionnels de la montagne en France. L'objectif principal est de mettre en évidence le ou les motif(s) d'utilisation de cet outil. Nous avons également tenté d'explorer un réel potentiel sur la santé humaine, une diminution de l'absentéisme au travail en raison de douleur articulaire et sur la consommation de soins qui en découle.

Cette étude a permis de mettre en évidence que l'utilisation de l'exosquelette est en majorité liée à des gonalgies et en particulier des douleurs d'arthrose. Venant ensuite les douleurs d'origine méniscale puis les lésions du LCA, elles-mêmes dégénérant en lésions arthrosiques et devenant ainsi la première cause d'utilisation d'un exosquelette.

I. Population étudiée

Nous pouvons noter une disparité importante dans notre échantillon concernant la profession exercée, avec une immense majorité de moniteurs et une minorité de pisteurs, ainsi qu'une faible part de professionnels de sexe féminin.

La population de pisteurs est soumise tout autant que celle des moniteurs à des contraintes importantes sur leurs articulations mais dans des contextes différents et dans des situations qui peuvent être extrêmes lors de leur intervention de secours à personne, et il aurait été intéressant ici d'observer des éventuelles différences d'utilisation de l'exosquelette dans cette population.

De même, la population féminine faiblement représentée dans notre étude n'est pas impactée par l'arthrose au même titre que les hommes. Selon l'OMS 60% des personnes touchées par l'arthrose sont des femmes(16). Il en est de même pour la rupture du LCA qui touche davantage de femmes chez celles pratiquant des sports pivot, avec un risque deux à huit fois plus élevé de lésion du LCA(34).

II. Baisse de la consommation de soins

On note que selon les résultats de cette étude, pour plus de 60% des sondés l'utilisation d'un exosquelette leur permet de garder leur niveau d'activité professionnel comme avant malgré des douleurs articulaires et, permettant de plus pour une majorité d'entre eux de diminuer leur consommation d'antalgiques et d'AINS mais également de réduire le nombre d'infiltration articulaire pour ceux qui en réalisait.

Cette étude met donc en avant une baisse de la consommation de soins ainsi qu'un maintien du niveau d'activité professionnel permettant ainsi d'aller dans le sens du maintien d'un niveau d'activité physique dans cette population, le maintien d'une activité physique étant l'un des traitements le plus cité dans la littérature pour lutter contre les arthralgies liées à l'arthrose.

III. L'exosquelette : surrisque d'accidents traumatiques ?

Concernant le risque accidentogène du port d'un exosquelette, notre étude n'a pas mis en évidence de surrisque accidentogène avec 3 réponses sur les 57 reçus faisant état d'accidents. Il semblerait exister un lien direct avec l'exosquelette pour 2 des 3 réponses enregistrés. Malgré ces accidents les 3 sondés ont poursuivi leur utilisation de l'exosquelette.

IV. Impact sur l'absentéisme professionnel

En ce qui concerne l'étude de l'impact des exosquelettes sur l'absentéisme au travail il convient de rappeler que selon les résultats de ce travail plus de 60% des sondés déclare ne pas avoir été en arrêt de travail pour des douleurs articulaires au cours de leur carrière. Nous sommes donc déjà sur une population n'ayant pas recours à l'arrêt de travail pour ce motif de manière régulière, soit parce que ces douleurs ne sont pas assez invalidantes pour motiver une consultation médicale soit parce que cette population n'a pas aisément recours au corps médical sur son lieu de travail. Il faut noter que ces professionnels saisonniers sont une population changeant de lieu et de condition de travail en fonction des saisons et n'ont donc pas toujours de médecins disponibles connaissant leur situation.

En revanche, ce travail montre tout de même que parmi les répondants ayant déjà été en arrêt de travail pour des douleurs d'origine articulaire l'utilisation d'un exosquelette a permis de diminuer voir même pour la majorité, de stopper les arrêts de travail au cours de leur carrière professionnelle.

V. L'exosquelette comme moyen de prévention

Il était intéressant dans le cadre de cette étude de mettre en évidence une amélioration de la qualité de vie chez les professionnels utilisateurs d'un exosquelette mais aussi de voir si cela permettait à ces derniers de reculer voire d'éviter la pratique d'une chirurgie orthopédique. En effet, la majorité des professionnels concernés déclare que l'utilisation d'un exosquelette leur a permis de repousser cette chirurgie qui s'avérerait être dans l'immense majorité des cas des chirurgies prothétiques.

Dans cette étude il faut rappeler que plus de 50% des utilisateurs d'exosquelettes ont déjà subi une chirurgie orthopédique avant d'utiliser ce dispositif. Il sera alors intéressant à l'avenir de savoir si l'utilisation des exosquelettes peut être considéré comme un outil de prévention des gonarthroses et ainsi repousser une échéance chirurgicale sur une population n'ayant auparavant pas subi de chirurgie, chirurgie qui elle-même augmente l'incidence de l'arthrose.

VI. Forces et limites de l'étude

Les forces de cette étude résident dans la diversité des professionnels interrogés sur le plan géographique, l'ensemble des professionnels de la montagne de France ont été sollicités avec des réponses des 3 grandes régions montagneuses de France. Nous avons obtenu un taux d'utilisateurs d'exosquelette de 13% sur l'ensemble des professionnels sollicités, la majorité d'entre eux ont une utilisation de leur exosquelette de plus de 3 ans, ce qui permet de avoir un certain recul sur les réponses fournis aux différentes questions. Ce travail apporte également une nouvelle vision de l'utilisation d'un tel dispositif sur le système de santé français, sur la consommation de soins et sur l'absentéisme au travail. Enfin, il s'agit de la seule étude en France sur ce type de dispositif en plein essor chez les skieurs.

Les limites de cette étude résident essentiellement dans l'absence de groupe contrôle. En effet, l'analyse a été réalisé uniquement sur les utilisateurs et aucune donnée n'a été recueillie dans la population des non-utilisateurs, ce qui aurai permis de réaliser un comparatif des motifs d'utilisation versus de non-utilisation des exosquelettes et ainsi mieux comprendre les éventuels freins à l'utilisation de cet outil chez les professionnels.

Cette étude souffre également d'un biais de sélection important car seul 57 questionnaires ont pu être analysés, et comme décrit précédemment seuls les utilisateurs ont répondu de manière complète au questionnaire. Il faut également noter les biais liés à l'auto-declaration de santé des répondants lorsqu'ils sont amenés à donner des réponses sur les chirurgies réalisées et les blessures après accident. Une approche avec un diagnostic établi par un professionnel médical aurai permis d'atténuer ce biais. Quant aux analyses statistiques réalisées, elles souffrent également d'un biais de sélection avec une répartition inégale des répondants de sexe féminin et ceux du sexe masculin. Enfin, le manque de groupe contrôle ainsi que la sur représentation de la profession de moniteurs et la sous-représentation de la population féminine limite la validité interne et par conséquent la validité externe de cette étude.

CONCLUSION

Cette étude permet une première approche de l'usage des exosquelettes des membres inférieurs chez les professionnels de la montagne.

Les résultats mettent en lumière une utilisation de l'exosquelette essentiellement motivée par des gonalgies chroniques, en particulier liées à de l'arthrose puis aux lésions d'ordre méniscales et aux ruptures du LCA. Le bilan de ce travail suggère un impact positif de l'utilisation d'un outil tel que l'exosquelette des membres inférieurs sur la baisse de consommation de soins médicamenteux mais également chirurgical ainsi que sur la réduction voire l'absence d'arrêts de travail pour douleurs ostéoarticulaire.

L'absence de mise en évidence d'un surrisque accidentogène lié au port de cet équipement associé à un niveau d'activité professionnelle conservée renforce l'intérêt porté à cet outil dans le cadre de la prévention des troubles ostéoarticulaires des membres inférieurs chez les travailleurs de la montagne.

Il sera donc intéressant de conduire des études complémentaires avec groupe contrôle afin de tester l'efficacité, la tolérance et les limitations à l'adhésions d'un outil tel que ces exosquelettes chez les professionnels de la montagne et à l'avenir chez le grand public. Certains skieurs professionnels tirent déjà profit de cet équipement dans des programmes de réentraînement post chirurgie du LCA, il pourrait être également utile de mettre en évidence une efficacité de cet outil afin de mener des études complémentaires dans cette population.

BIBLIOGRAPHIE

1. Domaines Skiabiles de France [Internet]. [cité 31 déc 2024]. Disponible sur: <https://www.domaines-skiabiles.fr/publications/observatoire/>
2. JEREMIE NOYREY Directeur Général Adjoint du Syndicat national des moniteurs de ski français. données statistiques population de moniteurs de ski. 2025.
3. Accidentologie-chez-les-pisteurs.pdf [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Disponible sur: <https://www.pisteur-secouriste.com/images/pdf/Accidentologie-chez-les-pisteurs.pdf>
4. Sébastien L. Attention les genoux. [Internet]. [cité 3 sept 2024]. Disponible sur: <https://ens.syracuse.cloud/Default/doc/SYRACUSE/73584/attention-les-genoux>
5. Mansat P. Orthopédie, traumatologie. 2e éd. Paris: Ellipses; 2019. (Réussir l'IECN).
6. https://orthopedie-lyon-croix-rousse.fr/images/cours-diu/DIU%20SPORT%20%20ANATOMIE%20ET%20PHYSIOPATHOLOGIE%20DU%20GENOU_DR%20CANTIN.pdf [Internet]. [cité 7 janv 2025]. Disponible sur: https://orthopedie-lyon-croix-rousse.fr/images/cours-diu/DIU%20SPORT%20%20ANATOMIE%20ET%20PHYSIOPATHOLOGIE%20DU%20GENOU_DR%20CANTIN.pdf
7. 2023/2024 observatoire accidentologie des sports d'hiver.
8. https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Ribinik/publication/270683703_-_Prise_en_charge_non-chirurgicale_ou_chirurgicale_de_la_rupture_du_LCA_Resultats_et_risque_arthrogene/links/58a5e29baca27206d991d894/Prise-en-charge-non-chirurgicale-ou-chirurgicale-de-la-rupture-du-LCA-Resultats-et-risque-arthrogene.pdf [Internet]. [cité 12 janv 2025]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/profile/Patricia-Ribinik/publication/270683703_-_Prise_en_charge_non-chirurgicale_ou_chirurgicale_de_la_rupture_du_LCA_Resultats_et_risque_arthrogene/links/58a5e29baca27206d991d894/Prise-en-charge-non-chirurgicale-ou-chirurgicale-de-la-rupture-du-LCA-Resultats-et-risque-arthrogene.pdf
9. Rodineau J. Les mécanismes de rupture du ligament croisé antérieur. *Journal de Traumatologie du Sport*. 1 sept 2014;31(3):149-52.
10. Lustig S, Servien E, Parratte S, Demey G, Neyret P. Lésions ligamentaires récentes du genou de l'adulte. *EMC - Appareil locomoteur*. janv 2013;8(1):1-17.
11. Ski FFD, Rousseaux-Blanchi MP. Médecine du ski: Pratiques, recommandations, prévention. Elsevier Health Sciences; 2022. 170 p.
12. Journée de traumatologie du sport de la Pitié-Salpêtrière, éditeur. Les bonnes pratiques en traumatologie du sport. Montpellier: Sauramps médical; 2022.
13. Benhima MA, Bouyarmane H, Arssi M, Gourram H, Fnini S, Hassoun J, et al. Lésions méniscales isolées chez le sportif. À propos de 120 cas. *Journal de Traumatologie du Sport*. 1 juin 2008;25(2):86-90.
14. Scopus preview - Scopus - Document details - Meniscal function and the importance of meniscal regeneration in preventing late medial compartment osteoarthritis [Internet]. [cité 9 janv 2025]. Disponible sur: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0020413950&origin=inward&txGid=c1309a5d33f02b3fd95d95b40ad6e216>

15. Scopus preview - Scopus - Document details - Late results after meniscectomy. [Internet]. [cité 9 janv 2025]. Disponible sur: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0014494777&origin=inward&txGid=683a3e1a4fceded6f24cb71c9067335d>
16. Osteoarthritis [Internet]. [cité 8 janv 2025]. Disponible sur: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/osteoarthritis>
17. Inserm [Internet]. [cité 8 janv 2025]. Arthrose · Inserm, La science pour la santé. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/dossier/arthrose/>
18. Arthrose | la rhumatologie pour tous [Internet]. [cité 8 janv 2025]. Disponible sur: <https://public.larhumatologie.fr/grandes-maladies/arthrose>
19. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-03/presentation_generale_rbpp_sante_mineurs_jeunes_majeurs.pdf [Internet]. [cité 9 nov 2024]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2018-03/presentation_generale_rbpp_sante_mineurs_jeunes_majeurs.pdf
20. Définition - Taux d'incidence | Insee [Internet]. [cité 25 juin 2025]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1060>
21. Dictionnaire médical de l'Académie de Médecine [Internet]. [cité 25 juin 2025]. Disponible sur: <https://www.academie-medecine.fr/le-dictionnaire/index.php?q=pr%C3%A9valence>
22. Wu K, Pan HH, Lin CH. Robotic exoskeletons and total knee arthroplasty: The future of knee rehabilitation and replacement - A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 26 avr 2024;103(17):e37876.
23. McGibbon C, Sexton A, Jayaraman A, Deems-Dluhy S, Fabara E, Adans-Dester C, et al. Evaluation of a lower-extremity robotic exoskeleton for people with knee osteoarthritis. *Assistive Technology*. 3 sept 2022;34(5):543-56.
24. Pinto-Fernandez D, Torricelli D, Sanchez-Villamanan M del C, Aller F, Mombaur K, Conti R, et al. Performance Evaluation of Lower Limb Exoskeletons: A Systematic Review. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. juill 2020;28(7):1573-83.
25. Décennie pour le vieillissement en bonne santé (2021-2030) [Internet]. [cité 10 nov 2024]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/initiatives/decade-of-healthy-ageing>
26. Laic RAG, Firouzi M, Claeys R, Bautmans I, Swinnen E, Beckwée D. A State-of-the-Art of Exoskeletons in Line with the WHO's Vision on Healthy Aging: From Rehabilitation of Intrinsic Capacities to Augmentation of Functional Abilities. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 30 mars 2024;24(7):2230.
27. Ski~Mojo | Technologie et Bénéfices [Internet]. SKI~MOJO. [cité 13 janv 2025]. Disponible sur: <https://www.ski-mojo.com/fonctionnement>
28. Sport Orthèse [Internet]. [cité 14 janv 2025]. Comparatif exosquelettes pour le ski : Ski Mojo vs Againer. Disponible sur: https://www.sport-orthese.com/blog/quel-exosquelette-pour-skier-choisir--n273?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMI9tPgruT0igMVeUFBAh3GvxSsEAAYASAAEgK9OPD_BwE
29. How Againer works – Againer Ski [Internet]. [cité 31 déc 2024]. Disponible sur: <https://againer-ski.com/how-againer-works/>
30. https://www.ameli.fr/sites/default/files/Documents/5021/document/lpp-appareillage-orthese-membre-inferieur_assurance-maladie.pdf [Internet]. [cité 21 juill 2025]. Disponible sur: https://www.ameli.fr/sites/default/files/Documents/5021/document/lpp-appareillage-orthese-membre-inferieur_assurance-maladie.pdf

31. Appareillage de haute technologie [Internet]. [cité 21 juill 2025]. Disponible sur: <https://www.ameli.fr/rhone/etablissement/textes-reference/guides-facturation/appareillage-haute-technologie>
32. Listes et répertoires - Dispositifs médicaux - ANSM : Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé [Internet]. [cité 21 juill 2025]. Disponible sur: <https://archive.ansm.sante.fr/Mediatheque/Publications/Listes-et-repertoires-Dispositifs-medicaux>
33. Ski~Mojo | FAQ [Internet]. SKI~MOJO. [cité 21 juill 2025]. Disponible sur: <https://www.ski-mojo.com/faq>
34. Gianakos AL, Arias C, Batailler C, Servien E, Mulcahey MK. Sex specific considerations in anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: State of the art. *Journal of ISAKOS*. déc 2024;9(6):100325.

Annexe 1 : Questionnaire en ligne envoyé à l'ensemble des professionnels

Université Claude Bernard Lyon 1 - Enquetes en ligne - Etat...n des exosquelettes chez les professionnels de la montagne 01/06/2025 16:06

Etat des lieux de l'utilisation des exosquelettes chez les professionnels de la montagne

Ce questionnaire ne vous prendra que 2 à 3 minutes. Merci de votre participation.
Il y a 34 questions dans ce questionnaire.

Les exosquelettes et vous

Êtes-vous un utilisateur d'exosquelette ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Dans quelle région de France pratiquez vous votre profession ? *

Veillez écrire votre réponse ici :

<https://enquetes.univ-lyon1.fr/index.php/admin/printablesurvey/sa/index/surveyid/753996>

Page 1 sur 15

Université Claude Bernard Lyon 1 - Enquetes en ligne - Etat...n des exosquelettes chez les professionnels de la montagne 01/06/2025 16:06

Quel âge avez-vous ? *

Seuls des nombres peuvent être entrés dans ce champ.
Veillez écrire votre réponse ici :

Êtes-vous ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Féminin
☐ Masculin

Quelle est votre profession ? (une seule réponse possible) *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Moniteur
☐ Pisteur
☐ Guide de haute montagne
☐ Autre

<https://enquetes.univ-lyon1.fr/index.php/admin/printablesurvey/sa/index/surveyid/753996>

Page 2 sur 15

Université Claude Bernard Lyon 1 - Enquetes en ligne - Etat...n des exosquelettes chez les professionnels de la montagne 01/06/2025 16:06

Etes-vous ? (une seule réponse possible) *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Salarié
☐ Libéral
☐ Retraité

Travaillez vous... (une seule réponse possible) *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ A temps plein
☐ A temps partiel
☐ Retraité

Dans le cadre de votre activité professionnelle, êtes vous assurés pour des blessures dites orthopédiques (genou, hanche, jambe, cheville, dos) ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

<https://enquetes.univ-lyon1.fr/index.php/admin/printablesurvey/sa/index/surveyid/753996>

Page 3 sur 15

Université Claude Bernard Lyon 1 - Enquetes en ligne - Etat...n des exosquelettes chez les professionnels de la montagne 01/06/2025 16:06

L'utilisation d'un exosquelette vous a-t-elle été conseillée par un professionnel de santé (kiné, médecin, chirurgien) ? Merci de le préciser dans votre réponse *

Veillez écrire votre réponse ici :

Avez vous bénéficié de la part de la sécurité sociale ou d'un autre organisme comme des assurances, d'une aide pour l'achat ou la location de votre exosquelette ? *

Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Quel exosquelette utilisez-vous ? *

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.
Veillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Ski-Mojo®
☐ Againer®
☐ Autre

<https://enquetes.univ-lyon1.fr/index.php/admin/printablesurvey/sa/index/surveyid/753996>

Page 4 sur 15

Pour quelle(s) pratique(s) utilisez vous un exosquelette ? (plusieurs réponses possibles) *

Cochez tout ce qui s'applique.

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- ☐ Ski alpin
☐ Snowboard
☐ Ski de randonnée
☐ Télémark

☐ Autre:

Depuis combien de temps ? (une seule réponse possible) *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Moins de 6 mois
☐ Entre 6 mois et 1 an
☐ Moins d'un an
☐ Entre 1 et 3 ans
☐ Plus de 3 ans

Pendant vos saisons d'hiver l'utilisez-vous ? (une seule réponse possible) *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Quotidiennement (tous les jours)
☐ Fréquemment (plusieurs fois dans le mois)
☐ Moins de 3 mois dans la saison

Pour quelle(s) raison(s) l'utilisez-vous ? (plusieurs réponses possibles) *

Cochez tout ce qui s'applique.

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- ☐ Pour des douleurs des genoux
☐ Pour des douleurs des hanches
☐ Pour des douleurs du dos

☐ Autre:

Si vous utilisez votre exosquelette pour des douleurs des genoux est-ce pour... (plusieurs réponses possibles) *

Cochez tout ce qui s'applique.

Veuillez choisir toutes les réponses qui conviennent :

- ☐ De l'arthrose
☐ Des douleurs d'origine méniscale
☐ Une rupture des ligaments croisés non opérée

☐ Autre:

Selon vous, grâce à l'exosquelette votre niveau d'activité professionnelle est... (une seule réponse possible) *

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Comme avant
☐ J'ai du réduire malgré l'utilisation de l'exosquelette
☐ L'exosquelette n'a rien changé

Depuis que vous utilisez votre exosquelette, avez vous réduit votre consommation d'anti-inflammatoire (ibuprofène, kétoprofène) et/ou d'antalgiques (doliprane, efferalgan, izalgi...) si vous en preniez ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Si vous faisiez faire des infiltrations des genoux, avez vous réduit leur nombre ?

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Avez vous déjà eu un ou plusieurs accidents lors du port de cet exosquelette ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Si oui, selon vous le port de l'exosquelette était-il responsable de cet ou ces accidents ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q20] (Avez vous déjà eu un ou plusieurs accidents lors du port de cet exosquelette ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Suite à cet ou ces accident(s), quel(s) type(s) de lésion(s) a(ont) été diagnostiqué(es) par un médecin ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q20] (Avez vous déjà eu un ou plusieurs accidents lors du port de cet exosquelette ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

Êtes-vous toujours un utilisateur de l'exosquelette suit à cet ou ces accidents ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q20] (Avez vous déjà eu un ou plusieurs accidents lors du port de cet exosquelette ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Avez-vous déjà subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) AVANT votre utilisation de l'exosquelette ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Quelle type de chirurgie ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q24] (Avez-vous déjà subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) AVANT votre utilisation de l'exosquelette ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

APRES vos débuts avec votre exosquelette, avez-vous subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Selon vous, l'utilisation d'un exosquelette vous a t-elle permis de repousser cette chirurgie des membres inférieurs ? (pose de prothèse, chirurgie du ligament croisé antérieur, chirurgie des ménisques...) *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q26] (APRES vos débuts avec votre exosquelette, avez-vous subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Selon vous, l'utilisation d'un exosquelette vous a t-elle permis d'éviter cette chirurgie des membres inférieurs ? (pose de prothèse, chirurgie du ligament croisé antérieur, chirurgie des ménisques...)

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Non' à la question ' [G01Q26] (APRES vos débuts avec votre exosquelette, avez-vous subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Si vous avez subi une chirurgie, quelle était la nature de celle-ci ?

*

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies :
La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q26] (APRES vos débuts avec votre exosquelette, avez-vous subi une chirurgie des membres inférieurs (hanche, genou) ?)

Veuillez écrire votre réponse ici :

Avant votre découverte des exosquelettes, avez vous déjà été en arrêt de travail du fait de vos douleurs articulaires ? *

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Combien de temps cumulé ? (une seule réponse possible) *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies : La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q30]' (Avant votre découverte des exosquelettes, avez vous déjà été en arrêt de travail du fait de vos douleurs articulaires ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Moins d'un mois
☐ Entre 1 et 6 mois
☐ Entre 6 mois et 1 an
☐ Plus d'un an

☐ Autre

L'exosquelette a t-il permis de réduire la fréquence de vos arrêts de travail ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies : La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q30]' (Avant votre découverte des exosquelettes, avez vous déjà été en arrêt de travail du fait de vos douleurs articulaires ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

Grâce à l'exosquelette vous diriez que depuis vous êtes en arrêt de travail... (une seule réponse possible) *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies : La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q30]' (Avant votre découverte des exosquelettes, avez vous déjà été en arrêt de travail du fait de vos douleurs articulaires ?) et La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q32]' (L'exosquelette a t-il permis de réduire la fréquence de vos arrêts de travail ?)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Moins d'un mois par an
☐ Entre 1 et 3 mois par an
☐ Entre 3 et 6 mois par an
☐ Entre 6 mois et 1 an

☐ Autre

L'exosquelette a t-il mis fin à vos arrêts de travail pour douleur articulaire ? *

Répondre à cette question seulement si les conditions suivantes sont réunies : La réponse était 'Oui' à la question ' [G01Q30]' (Avant votre découverte des exosquelettes, avez vous déjà été en arrêt de travail du fait de vos douleurs articulaires ?)

Veuillez sélectionner une seule des propositions suivantes :

- ☐ Oui
☐ Non

16/04/2025 - 15:08

Envoyer votre questionnaire.

Merci d'avoir complété ce questionnaire.