



AVERTISSEMENT

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

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

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

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

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

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

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

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

UNIVERSITE DE LORRAINE

FACULTE DE MEDECINE DE NANCY

2012

N° 4073

THESE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR EN MEDECINE

Présentée et soutenue publiquement

Dans le cadre du troisième cycle de Médecine Générale

Le vendredi 28 septembre 2012

Par **Laure CRESTANI**

**EPIDEMIOLOGIE DES ACCIDENTS DE SKI ALPIN EN
EQUIPE DE FRANCE : étude rétrospective de 1994 à 2011**

Examineurs de la thèse :

M. le Professeur Bruno CHENUDEL	Président
M. le Professeur François SIRVEAUX	Juge
M. le Professeur Christian BEYAERT	Juge
M. le Professeur Jean-Pierre CRANCE	Juge
Mme le Docteur Marie-Philippe ROUSSEAUX BLANCHI	Directeur

UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANCY

Président de l'Université de Lorraine : Professeur Pierre MUTZENHARDT

Doyen de la Faculté de Médecine : Professeur Henry COUDANE

Vice Doyen « Pédagogie » : Professeur Karine ANGIOI
Vice Doyen *Mission « sillon lorrain »* : Professeur Annick BARBAUD
Vice Doyen *Mission « Campus »* : Professeur Marie-Christine BÉNÉ
Vice Doyen *Mission « Finances »* : Professeur Marc BRAUN
Vice Doyen *Mission « Recherche »* : Professeur Jean-Louis GUÉANT

Assesseeurs :

- 1 ^{er} Cycle :	Professeur Bruno CHENUUEL
- « Première année commune aux études de santé (PACES) et universitarisation études para-médicales »	M. Christophe NÉMOS
- 2 ^{ème} Cycle :	Professeur Marc DEBOUVERIE
- 3 ^{ème} Cycle :	
« DES Spécialités Médicales, Chirurgicales et Biologiques »	Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI
« DES Spécialité Médecine Générale »	Professeur Paolo DI PATRIZIO
- Filières professionnalisées :	M. Walter BLONDEL
- Formation Continue :	Professeur Hervé VESPIGNANI
- Commission de Prospective :	Professeur Pierre-Edouard BOLLAERT
- Recherche :	Professeur Didier MAINARD
- Développement Professionnel Continu :	Professeur Jean-Dominique DE KORWIN
Assesseeurs Relations Internationales	Professeur Jacques HUBERT

DOYENS HONORAIRES

Professeur Adrien DUPREZ – Professeur Jean-Bernard DUREUX
Professeur Jacques ROLAND – Professeur Patrick NETTER

=====

PROFESSEURS HONORAIRES

Jean-Marie ANDRE - Daniel ANTHOINE - Alain AUBREGE - Gérard BARROCHE - Alain BERTRAND - Pierre BEY
Patrick BOISSEL - Jacques BORRELLY - Michel BOULANGE - Jean-Claude BURDIN - Claude BURLET -
Daniel BURNEL - Claude CHARDOT - François CHERRIER - Jean-Pierre CRANCE - Gérard DEBRY - Jean-Pierre
DELAGOUTTE - Emile de LAVERGNE - Jean-Pierre DESCHAMPS - Jean DUHEILLE - Adrien DUPREZ - Jean-Bernard
DUREUX - Gérard FIEVE - Jean FLOQUET - Robert FRISCH - Alain GAUCHER - Pierre GAUCHER - Hubert GERARD
Jean-Marie GILGENKRANTZ - Simone GILGENKRANTZ - Oliéro GUERCI - Pierre HARTEMANN - Claude HURIET
Christian JANOT - Michèle KESSLER - Jacques LACOSTE - Henri LAMBERT - Pierre LANDES -
Marie-Claire LAXENAIRE - Michel LAXENAIRE - Jacques LECLERE - Pierre LEDERLIN - Bernard LEGRAS
Michel MANCIAUX - Jean-Pierre MALLIÉ - Philippe MANGIN - Pierre MATHIEU - Michel MERLE - Denise MONERET-
VAUTRIN - Pierre MONIN - Pierre NABET - Jean-Pierre NICOLAS - Pierre PAYSANT - Francis PENIN - Gilbert
PERCEBOIS - Claude PERRIN - Guy PETIET - Luc PICARD - Michel PIERSON - Jean-Marie POLU - Jacques POUREL
Jean PREVOT - Francis RAPHAEL - Antoine RASPILLER - Michel RENARD - Jacques ROLAND - René-Jean ROYER
Daniel SCHMITT - Michel SCHMITT - Michel SCHWEITZER - Claude SIMON - Danièle SOMMELET
Jean-François STOLTZ - Michel STRICKER - Gilbert THIBAUT - Augusta TREHEUX - Hubert UFFHOLTZ
Gérard VAILLANT - Paul VERT - Colette VIDAILHET - Michel VIDAILHET - Michel WAYOFF - Michel WEBER

=====

**PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS
PRATICIENS HOSPITALIERS**

(Disciplines du Conseil National des Universités)

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1ère sous-section : (Anatomie)
Professeur Gilles GROSDIDIER
Professeur Marc BRAUN

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

Professeur Bernard FOLIGUET

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

Professeur François PLENAT – Professeur Jean-Michel VIGNAUD

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

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

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

Professeur Denis REGENT – Professeur Michel CLAUDON – Professeur Valérie CROISÉ-LAURENT

Professeur Serge BRACARD – Professeur Alain BLUM – Professeur Jacques FELBLINGER

Professeur René ANXIONNAT

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

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

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

2^{ème} sous-section : (Physiologie)

Professeur François MARCHAL – Professeur Bruno CHENUÉL – Professeur Christian BEYAERT

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

Professeur Ali DALLLOUL

4^{ème} sous-section : (Nutrition)

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

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

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

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

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

Professeur Thierry MAY – Professeur Christian RABAUD

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

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

Professeur Philippe HARTEMANN – Professeur Serge BRIANÇON – Professeur Francis GUILLEMIN

Professeur Denis ZMIROU-NAVIER – Professeur François ALLA

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

Professeur Christophe PARIS

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

Professeur Henry COUDANE

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

Professeur François KOHLER – Professeur Éliane ALBUISSON

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

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

Professeur Pierre BORDIGONI – Professeur Pierre FEUGIER

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

Professeur François GUILLEMIN – Professeur Thierry CONROY

Professeur Didier PEIFFERT – Professeur Frédéric MARCHAL

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Professeur Gilbert FAURE – Professeur Marie-Christine BENE

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Professeur Philippe JONVEAUX – Professeur Bruno LEHEUP

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

1^{ère} sous-section : (Anesthésiologie - réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Claude MEISTELMAN – Professeur Hervé BOUAZIZ

Professeur Gérard AUDIBERT – Professeur Thomas FUCHS-BUDER – Professeur Marie-Reine LOSSER

2^{ème} sous-section : (Réanimation ; médecine d'urgence)

Professeur Alain GERARD – Professeur Pierre-Édouard BOLLAERT

Professeur Bruno LÉVY – Professeur Sébastien GIBOT

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

Professeur Patrick NETTER – Professeur Pierre GILLET

4^{ème} sous-section : (Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie)

Professeur François PAILLE – Professeur Faiez ZANNAD – Professeur Patrick ROSSIGNOL

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

1^{ère} sous-section : (Neurologie)

Professeur Hervé VESPIGNANI - Professeur Xavier DUCROCQ – Professeur Marc DEBOUVERIE
Professeur Luc TAILLANDIER – Professeur Louis MAILLARD

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

Professeur Jean-Claude MARCHAL – Professeur Jean AUQUE – Professeur Olivier KLEIN
Professeur Thierry CIVIT – Professeur Sophie COLNAT-COULBOIS

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

Professeur Jean-Pierre KAHN – Professeur Raymund SCHWAN

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

Professeur Daniel SIBERTIN-BLANC – Professeur Bernard KABUTH

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

Professeur Jean PAYSANT

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

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Professeur Isabelle CHARY-VALCKENAERE – Professeur Damien LOEUILLE

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

Professeur Daniel MOLE - Professeur Didier MAINARD

Professeur François SIRVEAUX – Professeur Laurent GALOIS

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

Professeur Jean-Luc SCHMUTZ – Professeur Annick BARBAUD

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

Professeur François DAP – Professeur Gilles DAUTEL

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE et VASCULAIRE

1^{ère} sous-section : (Pneumologie ; addictologie)

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

2^{ème} sous-section : (Cardiologie)

Professeur Etienne ALIOT – Professeur Yves JUILLIERE – Professeur Nicolas SADOUL

Professeur Christian de CHILLOU

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

Professeur Jean-Pierre VILLEMOT – Professeur Thierry FOLLIGUET

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

Professeur Denis WAHL – Professeur Sergueï MALIKOV

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

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

Professeur Marc-André BIGARD - Professeur Jean-Pierre BRONOWICKI – Professeur Laurent PEYRIN-BIROULET

3^{ème} sous-section : (Néphrologie)

Professeur Dominique HESTIN – Professeur Luc FRIMAT

4^{ème} sous-section : (Urologie)

Professeur Jacques HUBERT – Professeur Pascal ESCHWEGE

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

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Professeur Jean-Dominique DE KORWIN – Professeur Pierre KAMINSKY

Professeur Athanase BENETOS - Professeur Gisèle KANNY – Professeur Christine PERRET-GUILLAUME

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

Professeur Laurent BRESLER - Professeur Laurent BRUNAUD – Professeur Ahmet AYAV

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

1^{ère} sous-section : (Pédiatrie)

Professeur Jean-Michel HASCOET - Professeur Pascal CHASTAGNER

Professeur François FEILLET - Professeur Cyril SCHWEITZER – Professeur Emmanuel RAFFO

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

Professeur Pierre JOURNEAU – Professeur Jean-Louis LEMELLE

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

Professeur Jean-Louis BOUTROY - Professeur Philippe JUDLIN

4^{ème} sous-section : (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques ; gynécologie médicale)

Professeur Georges WERYHA – Professeur Marc KLEIN – Professeur Bruno GUERCI

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

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

Professeur Roger JANKOWSKI – Professeur Cécile PARIETTI-WINKLER

2^{ème} sous-section : (*Ophthalmologie*)

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

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

Professeur Jean-François CHASSAGNE – Professeur Etienne SIMON – Professeur Muriel BRIX

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

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

Professeur Walter BLONDEL

64^{ème} Section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Professeur Sandrine BOSCHI-MULLER

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Professeur Jean-Marc BOIVIN

=====

PROFESSEUR ASSOCIÉ

Médecine Générale

Professeur associé Paolo DI PATRIZIO

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

42^{ème} Section : MORPHOLOGIE ET MORPHOGENÈSE

1^{ère} sous-section : (*Anatomie*)

Docteur Bruno GRIGNON – Docteur Thierry HAUMONT – Docteur Manuela PEREZ

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

Docteur Edouard BARRAT - Docteur Françoise TOUATI – Docteur Chantal KOHLER

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

Docteur Aude BRESSENOT

43^{ème} Section : BIOPHYSIQUE ET IMAGERIE MÉDICALE

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

Docteur Jean-Claude MAYER - Docteur Jean-Marie ESCANYE

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

Docteur Damien MANDRY

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

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

Docteur Sophie FREMONT - Docteur Isabelle GASTIN – Docteur Marc MERTEN

Docteur Catherine MALAPLATE-ARMAND - Docteur Shyue-Fang BATTAGLIA

2^{ème} sous-section : (*Physiologie*)

Docteur Mathias POUSSEL – Docteur Silvia VARECHOVA

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

Docteur Véronique DECOT-MAILLERET

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

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

Docteur Véronique VENARD – Docteur Hélène JEULIN – Docteur Corentine ALAUZET

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

Madame Marie MACHOUART

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

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

Docteur Alexis HAUTEMANIÈRE – Docteur Frédérique CLAUDOT – Docteur Cédric BAUMANN

2^{ème} sous-section (Médecine et Santé au Travail)

Docteur Isabelle THAON

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

Docteur Laurent MARTRILLE

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

Docteur Nicolas JAY

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

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

Docteur Lina BOLOTINE

3^{ème} sous-section : (Immunologie)

Docteur Marcelo DE CARVALHO BITTENCOURT

4^{ème} sous-section : (Génétique)

Docteur Christophe PHILIPPE – Docteur Céline BONNET

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

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

Docteur Françoise LAPICQUE – Docteur Marie-José ROYER-MORROT

Docteur Nicolas GAMBIER – Docteur Julien SCALA-BERTOLA

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

1^{ère} sous-section : (Rhumatologie)

Docteur Anne-Christine RAT

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

Docteur Anne-Claire BURSZEJN

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

Docteur Laetitia GOFFINET-PLEUTRET

51^{ème} Section : PATHOLOGIE CARDIO-RESPIRATOIRE ET VASCULAIRE

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

Docteur Stéphane ZUILY

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

1^{ère} sous-section : (Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; médecine générale ; addictologie)

Docteur Laure JOLY

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

3^{ème} sous-section :

Docteur Olivier MOREL

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

Docteur Jean-Louis CORDONNIER

=====

MAÎTRE DE CONFÉRENCE DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

Docteur Elisabeth STEYER

=====

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

5^{ème} section : SCIENCE ÉCONOMIE GÉNÉRALE

Monsieur Vincent LHUILLIER

19^{ème} section : SOCIOLOGIE, DÉMOGRAPHIE

Madame Joëlle KIVITS

40^{ème} section : SCIENCES DU MÉDICAMENT

Monsieur Jean-François COLLIN

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

Monsieur Alain DURAND

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

Monsieur Jean REBSTOCK

64^{ème} section : BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

Mademoiselle Marie-Claire LANHERS – Monsieur Pascal REBOUL – Mr Nick RAMALANJAONA

65^{ème} section : BIOLOGIE CELLULAIRE

Mademoiselle Françoise DREYFUSS – Monsieur Jean-Louis GELLY

Madame Ketsia HESS – Monsieur Hervé MEMBRE – Monsieur Christophe NEMOS - Madame Natalia DE ISLA

Madame Nathalie MERCIER – Madame Céline HUSELSTEIN

66^{ème} section : PHYSIOLOGIE

Monsieur Nguyen TRAN

MAÎTRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Médecine Générale

Docteur Sophie SIEGRIST

Docteur Arnaud MASSON

Docteur Pascal BOUCHE

=====

PROFESSEURS ÉMÉRITES

Professeur Jean-Marie ANDRÉ - Professeur Daniel ANTHOINE - Professeur Gérard BARROCHE

Professeur Pierre BEY - Professeur Patrick BOISSEL - Professeur Michel BOULANGÉ

Professeur Jean-Pierre CRANCE - Professeur Jean-Pierre DELAGOUTTE - Professeur Jean-Marie GILGENKRANTZ

Professeur Simone GILGENKRANTZ - Professeur Michèle KESSLER - Professeur Henri LAMBERT

Professeur Denise MONERET-VAUTRIN - Professeur Pierre MONIN - Professeur Jean-Pierre NICOLAS

Professeur Luc PICARD - Professeur Michel PIERSON - Professeur Jacques POUREL

Professeur Jean-François STOLTZ - Professeur Michel STRICKER - Professeur Gilbert THIBAUT

Professeur Hubert UFFHOLTZ - Professeur Paul VERT

Professeur Colette VIDAILHET - Professeur Michel VIDAILHET

DOCTEURS HONORIS CAUSA

Professeur Norman SHUMWAY (1972)
Université de Stanford, Californie (U.S.A)
Professeur Paul MICHIELSEN (1979)
Université Catholique, Louvain (Belgique)
Professeur Charles A. BERRY (1982)
Centre de Médecine Préventive, Houston (U.S.A)

Professeur Pierre-Marie GALETTI (1982)
Brown University, Providence (U.S.A)
Professeur Mamish Nisbet MUNRO (1982)
Massachusetts Institute of Technology (U.S.A)

Professeur Mildred T. STAHLMAN (1982)
Vanderbilt University, Nashville (U.S.A)

Harry J. BUNCKE (1989)
Université de Californie, San Francisco (U.S.A)
Professeur Daniel G. BICHET (2001)
Université de Montréal (Canada)
Professeur Brian BURCHELL (2007)
Université de Dundee (Royaume Uni)

Professeur Théodore H. SCHIEBLER (1989)
Institut d'Anatomie de Würzburg (R.F.A)
Professeur Maria DELIVORIA-PAPADOPOULOS
(1996)
Université de Pennsylvanie (U.S.A)

Professeur Mashaki KASHIWARA (1996)
*Research Institute for Mathematical Sciences de Kyoto
(JAPON)*

Professeur Ralph GRÄSBECK (1996)
Université d'Helsinki (FINLANDE)
Professeur James STEICHEN (1997)
Université d'Indianapolis (U.S.A)
Professeur Duong Quang TRUNG (1997)
*Centre Universitaire de Formation et de
Perfectionnement des Professionnels de Santé d'Hô
Chi Minh-Ville (VIÊTNAM)*
Professeur Marc LEVENSTON (2005)
Institute of Technology, Atlanta (USA)
Professeur David ALPERS (2011)
Université de Washington (USA)
Professeur Yunfeng ZHOU (2009)
Université de WUHAN (CHINE)

SERMENT D'HIPPOCRATE

"Au moment d'être admise à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçue à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonorée et méprisée si j'y manque".

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

Monsieur le Professeur Bruno CHENUEL

Professeur de physiologie

*Vous nous faites l'honneur
De présider le jury de notre thèse.
Nous vous remercions
Pour vos précieux enseignements,
Vos encouragements
Et pour l'intérêt que vous avez porté
A ce travail.
Veuillez trouver dans cette thèse
L'expression de notre gratitude
Et de notre plus profond respect.*

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur François SIRVEAUX

Professeur de chirurgie orthopédique et traumatologique

*Nous vous remercions de l'honneur
Que vous nous faites de juger ce travail.
Veuillez trouver dans cette thèse
L'expression de notre gratitude
Et de notre reconnaissance.*

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur Christian BEYAERT

Professeur de physiologie

*Vous nous faites l'honneur
D'accepter de juger ce travail.
Veuillez trouver dans cette thèse
L'expression de notre gratitude
Et de notre profond respect.*

A NOTRE JUGE

Monsieur le Professeur Jean-Pierre CRANCE

Professeur émérite de physiologie

Chevalier de la légion d'honneur

Chevalier de l'ordre national du mérite

Commandeur des palmes académiques

Médaille de l'aéronautique

Médaille d'honneur du service de santé des armées

Vous nous faites l'honneur

De siéger dans le jury de notre thèse.

Nous vous remercions

Pour vos précieux enseignements.

Veillez trouver dans ce travail

L'expression de notre plus profond respect

Et de notre haute considération.

REMERCIEMENTS

A Monsieur le Docteur Pierre Chambat, chirurgien orthopédiste, Président de la commission médicale de la FFS : Ce fût pour moi un immense honneur de travailler avec vous. Merci pour m'avoir permis de réaliser ce travail, merci pour votre aide et vos conseils.

A Madame le Docteur Marie-Philippe Rousseaux Blanchi, Médecin fédéral national de la FFS : Ce fût un honneur et un vrai plaisir de travailler avec toi. Merci pour ton aide et ta disponibilité malgré cet emploi du temps « overbooké » ! En espérant retravailler ensemble...!

A Monsieur Nicolas Coulmy, Directeur du département sportif et scientifique : Merci pour votre aide à la réalisation de cette analyse statistique, votre disponibilité en plein été et vos précieuses explications.

A Madame Ngoc Hang Khuc, de Greenwich statistics: Merci pour cette analyse statistique.

A Madame le Docteur Céline Dechavanne, Médecin des équipes de France de ski et A Madame Sylvana Monaco, Assistante du bureau médical de la FFS : merci pour votre aide à la réalisation du recueil de données.

A Monsieur le Professeur Bruno Chenuel, Professeur de physiologie et chef de service des EFR du CHU de Nancy : un chef de service en or sans qui mon orientation en médecine du sport m'aurait été impossible. Merci pour votre soutien, votre disponibilité à toute heure, votre aide, vos encouragements et vos précieux conseils.

A mon exceptionnelle famille :

A ma petite maman que j'aime très fort : la meilleure de toutes !! La preuve vivante que l'on peut tout surmonter... Sans toi, je n'en serais pas là ! Merci pour ton soutien, ton écoute, tes encouragements et tes conseils. Tu as toujours été là pour nous. Je t'aime !

A mon papa : tu nous as quittés beaucoup trop tôt, mais je garde en mémoire pleins de bons souvenirs... tu me manques ...

A Yohann, mon doudou : mon amour, merci pour ta bonne humeur, ton soutien, ta patience et le bonheur que tu m'apportes tous les jours. Merci pour m'avoir supportée ces dernières semaines... Je t'aime !

A ma sœur Sarah que j'adore : grâce à toi, je n'ai pas eu besoin de Word pour les nuls !
Merci pour ton aide, ton soutien, tes mises en pages, tes graphiques, tes conseils et tes relectures. Ton œil d'institutrice a été d'une grande aide... **et mon bof Julien :** continue à prendre bien soin d'elle... je te surveille ! ^^

A mes grands-mères « mamie Nou » : vivement les prochains nems ! **et « mamie Collot » :** une mamie bien costaud !

A mon grand-père Collot : tu es parti vite, mais je garde le souvenir de ces longues promenades à l'église.

A ma petite marraine que j'adore et son doudou Yves : Merci pour votre soutien et votre écoute. Vous avez toujours été présents et vous êtes toujours là quand on a besoin de vous. Merci aussi pour m'avoir aidée à trouver les bulles !! **Et leur fils Simon**

A ma tante et sa famille : merci pour vos encouragements et votre soutien

A la famille Giuliani :

- **Stéphane**, le frère que je n'ai jamais eu ! merci pour cette bonne humeur permanente et ton soutien dans les moments pénibles, **sa compagne Hélène** une super maman ! **et leurs enfants Mathilde** la crapule, **Gaspard**, le coquin et la petite **Gabrielle** qu'on a hâte de voir grandir.
- **Nadine et Bruno :** merci pour votre aide et votre soutien. Merci pour avoir toujours été là, même dans les pires moments.
- **Mamie Ilca :** merci pour tous ces bons légumes du jardin !

A ma super belle famille :

A Nathalie : merci pour votre gentillesse et votre accueil, vivement les prochaines escapades dans le Valais ! **Et Titi :** chez Titi, on sait comment on arrive, mais jamais comment on va repartir ! ^^

A Christian : Merci pour vos encouragements. Avec vous, notre cave ne sera jamais vide ! ^^
Et **Virginie**.

A Laura et A Kelly : mes formidables belles sœurs, avec qui les soirées durent jusqu'au bout de la nuit !

A mes amis longoviciens : Les années nous ont dispatchés dans divers endroits de la France ou de l'Espagne, mais quand on se revoit, c'est comme si rien n'avait changé !

A Julien : une grande amitié, qui est née il y a déjà bien longtemps ! Un super ami devenu ch'ti ! Elles remontent nos bêtises pendant les cours de philo ! Alors à quand nos prochaines

dégustations de rhums en tout genre ?? **Et sa compagne Eléonore** : une kiné fort sympathique !

A Rémy : un ami déjanté connu de tous les endroits festifs de Longwy, de Belgique et du Luxembourg ! Un super ami bientôt papa !!! Il date ce camping chez Julien où on s'est connus !! **Et sa petite femme Rachel** : c'est bien ne te laisse pas faire Rachel, montre lui qui est le chef !

A Guillaume alias « Gui » : le temps « monsieur jus de pomme » est bien loin ! Aussi expatrié chez les ch'ti, c'est toujours une joie de te revoir !! **Et Anne-Laure** : une ch'ti de plus mais une vraie cette fois !

A Thierry l'espagnol et sa compagne **Abi**, **A Arnaud** le voyageur

A Pauline : Quels bons souvenirs du lycée et quels bons moments entre ces étés passés à Le Barcarès, les paninis du Chap', la danse et la GRS ! **Et son chéri Lionel**.

A Cindy : toi aussi loin de la région depuis longtemps, on s'est un peu perdues de vue mais c'est toujours un plaisir d'avoir de tes nouvelles.

A Amélie : à nos vacances passées en tête-à-tête ... à bosser nos thèses et mémoires pour la bonne cause ! ^^ Une vraie copine ! Bonne chance pour la dernière ligne droite ! **Et son homme Richard** : hâte de découvrir de nouvelles saveurs lors d'un prochain apéro !

A Marie : Une coloc géniale ! Une super amie ! Qu'est-ce qu'on sera bien quand tout sera passé ! Courage tu seras dans les temps !

A Audrey : la salsa woman !! Il faut vraiment que tu nous donnes des cours!

Le groupe des dentistes nancéens : Quels bons moments passés ensemble !!!

A Pipo : toujours là pour une sortie vélo, boire un verre ou regarder un match ! Jamais contre un petit varad !

A Elo : fan des olives du Ch'timi ! ^^

A Marion P. : auteur de « J'ai bu beaucoup trop Au Varadéro ! » Hit des années 2000 ! Tu nous étonneras toujours avec tes idées farfelues ! ^^

A Chacha et Nini : les exilés en région parisienne que l'on a toujours plaisir à revoir ! Toujours de bons conseils pour les fins de soirée !

A Charly : le Ch'ti fan de Pierre Bachelet et **Cyrielle** : j'espère que tu ne nourriras pas ton bébé comme tes chats ... ^^

A Antho alias « Spich » toujours prêt pour un apéro **et Aline**: future madame Tuperware !

A Marion L. et son compagnon François alias « Frantz » : On ne se connaît pas depuis longtemps mais je vous apprécie déjà beaucoup !

A Tom et Dam's : toujours un plaisir de boire un verre ensemble !

A chaque fois, une seule envie, c'est l'envie de chanter l'envie ! Que de refrains me viennent à l'esprit ! Au Nord, C'était les corons..... !!!! En espérant la chanter et la rechanter jusqu'au matin !!!

A mon club de GR de Cosnes et Romain: pour tous ces bons moments passés ensemble à l'entraînement comme en compétition ! Mr et Mme Retter, Sarah, Valérie, Caroline, Sarah B, Pauline et Estelle l'entraîneur.

A Pierre-Adrien merci de bien prendre soin de mon doudou quand je suis absente ! Ses lendemains sont un peu difficiles parfois... ^^ et Elizabeth : bientôt de retour à Nancy, j'espère qu'on se verra plus !

Aux amis ostéopathes :

A Séverine : Quels bons fous rires ! On en a dit des bêtises en ostéo ! Ces weekends en ta compagnie ont rendus Bobigny bien moins monotone !!

A Emilien : merci pour cette belle en-tête ! Merci pour tes conseils ! Et sa compagne Julie.

A Florian : LE major dans la tête de tous !! ^^ Vivement ce DIU de médecine de montagne !

A Brice : essaye de ne pas prendre l'accent mosellan!

A Alexandra, A Aurélia et A Gabrielle : merci pour ces bons moments papouilles !

Au génialissime service des EFR de Nancy :

A Monsieur le professeur Bruno Chenuel : à nouveau merci !

A Madame le Docteur Nicole Lemeau de Talance : merci pour vos précieux enseignements

A Ghias : un médecin improbable ! Merci pour ton soutien !

A Paul : Toujours un plaisir de bosser avec toi ! Et A Guillaume

A Mathias : merci pour ta bonne humeur, ta super pédagogie et ce test en hypoxie !

A Emilien (bis !), Jean, Julien, Pierre mes collègues du DESC de médecine du sport

A nos secrétaires Annette : supère conseillère Tupperware et Céline : tu vas manquer au service !

A Momo : ça nous manquerait que tu ne râles plus quand on se sert des masques !

A nos super techniciennes : Lorraine : la spécialiste des cagnottes !, *Sandrine* : quel coffre ! Quelle voix !, *Martine* : quelle chance d'être au Pérou ! Tu nous raconteras à ton retour !, *Christine*, vive les capillaires à deux !, *Marilyne* la liseuse du tram, *Christelle* la cavalière, *Chantale* et ses escapades en vélo *et Nathalie* la toute dernière !

A mes co-internes et au service des urgences d'Epinal :

A Marine : on ne se connaît que depuis 6 mois et déjà de bonnes rigolades ! ^^ vivement la crémaillère !

A Nicolas : vive les soirées rouleau ! Un marseillais avec qui le barbecue peut devenir dangereux !

A Guillaume : qui grimpe aux arbres pour ramener de quoi faire un barbecue ! *Et sa petite femme Clotilde*

A Alice : et ses délicieux cup cakes !

A Anne : toujours bon public ! Courage, ce stage est bientôt terminé !

A Julie V. : on espère la crémaillère avant 2015 !

A Morgane : A quand la dégustation de champagne ?

A Camille : la parisienne aux multiples saladiers !

A Julie P. et ses expressions bien vosgiennes, *Thomas* et ses cours de poney, *Caroline* la dijonnaise, *Pauline* l'adepte des heures sup ! et *Emilie* toujours en retard ^^ : un stage de folie, entre des moments de stress mais aussi de bonnes rigolades ! Vous avez rendu ce stage aux urgences très agréable ! Heureusement que vous étiez là !

A l'équipe des urgences : un amalgame de personnalités toutes plus surprenantes les unes que les autres, une bonne ambiance et des bons moments passés en votre compagnie.

Aux chefs : Monsieur le Docteur Marc Lemeau De Talance, Momo, JC, Michel, Caroline, Isabelle, Jérôme, Marc, ...

Aux co-internes et au service de rééducation de Thionville :

A Amélie (bis !) le semestre du début d'une longue amitié...

A Laetitia et son mari Ronan, Pipil, Emilien, Vladimir, Arnaud, Jérôme, JR, Charlotte, Kim, Antonin et Elsa : merci pour ces bonnes soirées et ces très bons moments !

Au service de Rééducation : un super service, une équipe en qui on peut avoir confiance.

A Madame le Docteur Mouget : merci pour votre accueil et votre gentillesse

A Madame le Docteur Estelle Ortolani, « Estelle » : Merci pour ta gentillesse, tes conseils et ton apprentissage. Un excellent médecin rééducateur...

Aux co-internes de Saint-Avold :

A Jérôme, Sybille et Joanna : on a quand même réussi à faire fermer le service ! ^^, *A Adrien* le chirurgien déjanté et *A l'équipe de Pédiatrie*

Aux co-internes et au service de gériatrie de Saint-Dié-Des-Vosges :

A Marie (bis !) : une belle rencontre et le début d'une grande amitié...

A Audrey (bis !)

A Mathieu et Guillaume : les fans du Darou ! merci pour ces cafés en HGE !

A Maria : la gentille et agréable polonaise

A l'équipe de gériatrie un semestre très agréable passé en votre compagnie

A Monsieur le Docteur Luciano Russo : merci pour votre accueil, votre gentillesse. Ce fût un réel plaisir de travailler avec vous.

A Laetitia la super neuropsychiatre ! *Et son homme Rémi* : J'espère que vous m'inviterez à Grenoble !!

A la Pitchouli et au Darou : pour ces super soirées et apéros !

A messieurs les docteurs Philippe Wagner et Jean-Baptiste Galliot : Merci pour m'avoir fait découvrir la médecine générale, pour votre accueil dans votre cabinet et votre gentillesse.

A mes co-internes par alliance : merci pour votre accueil et pour m'avoir intégrée à votre internat !!

Aux Verdunois et l'Estaminet : *Sabine* : il faut vraiment qu'on les prenne ces cours de salsa !, *Lucile, Kim, Lise, Anne-France, JC, Emilie, Arnaud, Marion K, Marion D.*

Aux Déodatien : *Marie* avec sa gaieté et ses tops fluos ! *Julie* : heureuse de te retrouver après un semestre tendu aux urgences, *Axel* : que de souvenirs avec ces TPO !, *Antoine, Elodie et son homme Simon, Ibrahim et Adrian.*

A Sophie : merci pour toutes ces années même si nos chemins se sont séparés *et son frère JB.*

A Valérie : cette séance photos sicilienne était bien marrante !

A Nourredine : merci pour cette P1 en tant que « fausse carrée » ! Et *Sam* pour ces bons moments en amphithéâtre !

A Madame le docteur Agnès Finance : merci pour m'accueillir dans votre service. Je suis heureuse de pouvoir travailler ensemble.

SOMMAIRE

Liste des professeurs	3
Serment d'Hippocrate	9
Remerciements	10
Sommaire	20
Liste des Abréviations	24
1. <u>INTRODUCTION : LE SKI ALPIN</u>	26
1.1. L'histoire du ski	27
1.1.1. Les origines	27
1.1.2. De l'Antiquité au XVIIIème siècle	28
1.1.3. Du XVIIIème siècle au XXème siècle.....	29
1.1.4. Du XXème siècle aux années 1980	30
1.2. La naissance du Ski Alpin en compétition	32
1.3. Les différentes disciplines du ski alpin et leurs caractéristiques	32
1.3.1. Slalom (anciennement Slalom Spécial)	33
1.3.2. Slalom Géant (ou Géant)	34
1.3.3. Descente	35
1.3.4. Super G (ou Slalom Super Géant ou Super Géant)	35
1.3.5. Super Combiné	36
1.4. Le ski de haut niveau	36
1.4.1. Préparation des athlètes en Equipe de France	36

1.4.2.	La saison de compétition	37
1.5.	L'évolution du matériel de ski alpin	40
1.5.1.	Des premiers skis aux skis paraboliques	42
1.5.2.	Les fixations	44
1.5.3.	Les chaussures	47
1.5.4.	Les bâtons	48
1.5.5.	Le casque	48
2.	<u>ETUDE</u>	49
2.1.	Introduction : objectifs de l'étude	50
2.2.	Matériel et méthode	50
2.2.1.	Population et type d'étude	50
2.2.2.	Méthode	50
2.2.2.1.	Le recueil des données	50
2.2.2.2.	L'analyse statistique	52
2.3.	Résultats	59
2.3.1.	Statistiques descriptives	59
2.3.1.1.	Statistiques générales	59
2.3.1.2.	Répartition des blessures en fonction de la localisation	63
2.3.1.3.	Répartition des blessures en fonction de leur nature	80
2.3.1.4.	Les circonstances des accidents	86
2.3.1.5.	Durée d'arrêt sportif secondaire à une blessure	88
2.3.1.6.	Côté de la blessure	90
2.3.1.7.	Evolution en fonction du temps	90

2.3.1.8. Répartition des blessures en fonction de l'âge	106
2.3.1.9. Répartition en fonction des disciplines	108
2.3.1.10. Le nombre de blessés opérés	109
2.3.2. Résultats de l'analyse statistique	109
3. <u>DISCUSSION</u>	111
3.1. Statistiques générales	114
3.1.1. L'incidence des blessures	114
3.1.2. Le siège et la nature des lésions	116
3.1.3. Les circonstances des blessures	121
3.1.3.1. Compétition et entraînement	121
3.1.3.2. La plus grande fréquence des blessures en descente	122
3.1.3.3. Pics de fréquence des blessures	124
3.1.4. Gravité des lésions et durée d'arrêt sportif	126
3.1.5. La prédominance féminine des blessures en ski alpin	127
3.2. Quelques lésions	128
3.2.1. Les entorses du LCA	128
3.2.1.1. L'évolution de la traumatologie du LCA	128
3.2.1.2. Le sur-risque féminin	129
3.2.1.3. Plus de lésions chez les meilleurs mondiaux ?	130
3.2.2. Les atteintes de la cheville	131
3.2.3. Les entorses du LLI du pouce	131
3.2.3.1. Le rôle du matériel	132
3.2.3.2. Les principes de prévention	132

3.2.4. Les traumatismes crâniens	133
3.3. Les facteurs de risque dans le ski alpin	134
3.4. Le rôle de l'évolution du matériel sur la traumatologie des membres inférieurs	134
3.5. Perspectives : les grands principes de prévention	137
<u>CONCLUSION</u>	139
Liste des Tableaux	140
Liste des Figures	142
Annexe : les résultats de l'analyse statistique	146
Bibliographie	158
Table des matières	167

LISTE DES ABREVIATIONS

ACM	analyse des correspondances multiples
ACP	analyse en composantes principales
AFCM	analyse factorielle des correspondances multiples
AFM	analyse factorielle multiple
AFNOR	Association française de normalisation
ANT	antérieur
CIO	Comité International Olympique
DAC	dysjonction acromio-claviculaire
DH	descente (downhill)
EFS	Fédération Européenne de Ski
FC	fréquence cardiaque
FFS	Fédération Française de Ski
FIS	Fédération Internationale de Ski
GS	slalom géant (giant slalom)
IMC	Indice de masse corporelle
ISO	Organisation internationale de normalisation
ISS	injury surveillance system
JO	Jeux Olympiques
Km	kilomètre
LCA	ligament croisé antérieur

LCP ligament croisé postérieur
LLC ligament latéral cubital
LLI ligament latéral interne
LLE ligament latéral externe
MI membre inférieur
MF moyen fessier
MS membre supérieur
MP métacarpo-phalangienne
PC perte de connaissance
SFMES Société Française de Médecine de l'Exercice et du Sport
SG super Géant (super G) (super giant)
SL slalom
SP sans particularité
T disciplines techniques (slalom et géant)
TC traumatisme crânien
V disciplines de vitesse (descente et super G)
VO2max consommation maximale en oxygène ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ou en $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$)
WSC Championnats du Monde de ski FIS

PREMIERE PARTIE :
INTRODUCTION
LE SKI ALPIN

1. INTRODUCTION : LE SKI ALPIN

1.1. L'histoire du ski

1.1.1. Les origines

L'origine du mot «ski» est très ancienne et se retrouve dans le dialecte de nombreuses peuplades du Nord de l'Europe et de l'Asie avec des mots ayant la même racine linguistique pour désigner le ski : suski, suks, sok, suksildae.

Dès le néolithique, les peuplades des zones de l'Arctique ont fixé de longues planches de bois à leurs pieds pour glisser sur la neige, en se poussant à l'aide de bâtons. A l'époque de la glaciation, ces outils étaient utilisés pour poursuivre le gibier, suivre les migrations des troupeaux de rennes à la recherche de nourriture.

La découverte de planches en bois de différentes formes et dimensions a été faite dans des tourbières de Russie, Finlande, Suède et Norvège. G.M. Burov date les pièces en bois travaillées, trouvées au sein des tourbières du lac Sindor en Russie, à 6 000 ou 7 000 avant J-C. [1]

Ont également été découvertes, datant de la même époque, des gravures rupestres sur lesquelles des hommes sont chaussés de longues planches de plus de 4 mètres de longueur. Sur « la pierre de Boksta », trouvée en Russie, figure un chasseur avec aux pieds ce qui ressemble à des skis ou des raquettes.

Il est aujourd'hui admis que le ski fait partie de la vie des peuples nordiques depuis plusieurs millénaires.

Illustration d'un
chasseur chaussé
de skis primitifs



La pierre de Boksta

1.1.2. De l'Antiquité au XVIIIème siècle

Le plus ancien document écrit concernant le ski est de Pythéas de Marseille, astronome et explorateur du VIème siècle avant J-C, qui décrit des hommes utilisant, en Laponie et en Norvège, « des chaussures dont la semelle est formée d'une planche allongée ». Dans l'ouvrage de l'historien De Césarée « De Origine Actibusque Gotorum » en l'an 552 avant J-C, celui-ci décrit une race de « skridfinnar », de « Finnois glissants » qui utilisent des skis pour la chasse et la guerre.

L'usage du ski semble ensuite se propager dans toute la région nordique à partir du Xème siècle, surtout pour des applications militaires. En 1552, le ski joue un rôle déterminant dans le soulèvement organisé par Gustav VASA pour la libération de la Suède alors envahie par les Danois. [2] VASA ayant abandonné momentanément la lutte pour se réfugier en Norvège, les habitants de la Dalecarlie, pour l'engager à combattre à nouveau, lui dépêchèrent des émissaires qui parcoururent plus de 90 km à skis en un temps record. Le soulèvement massif des suédois rétablit VASA sur le trône royal. Cet épisode de l'histoire suédoise est commémorée chaque année depuis 1922 par la plus grande et la plus populaire course de ski de fond du monde : « La Vasaloppet ».

Au XVIème siècle et surtout au XVIIème siècle, de nombreux voyageurs commencent à visiter les pays nordiques. C'est le cas de Francisco Negri qui au cours d'un voyage en Suède, remarque l'existence de skis doublés de peaux de rennes facilitant la montée. Il décrit ce qui sera appelé « l'arrêt Briançon » et qui consiste à se jeter à terre pour s'arrêter quand la vitesse est trop élevée [2].

Pendant la même période, Charles De Lesseps, voyage dans le Kamtchatka en sa qualité de consul de France et essaie des skis. Il en fait une relation précise illustrée par une gravure-portrait. [2]

Le plus ancien livre connu traitant du ski est un traité en latin publié en 1555 par Olaus Magnus sous le titre « gentibus septentrionalibus » où il prétend à l'universalité de l'usage du ski utile pour les ascensions des montagnes, les combats militaires et la chasse.

1.1.3. Du XVIIIème siècle au XXème siècle

Les militaires ont découvert l'avantage du ski en termes de vitesse et de facilité de déplacement sur la neige depuis le Moyen Age, mais les gouvernements commencent à former des compagnies de skieurs essentiellement à partir du XVIIIème siècle.

L'armée norvégienne crée ainsi en 1690 un bataillon de skieurs portant un uniforme de couleur blanche doublé de vert. En 1733, elle publie le premier manuel d'entraînement à l'usage des militaires norvégiens à skis.

Fin 1812, lors de la retraite de la Grande Armée en Biélorussie, Igor Boutine, rapporte que celle-ci fut attaquée par des partisans à skis, avantagés par leur facilité de mouvement sur la neige. [3]

En 1888, la France crée les bataillons alpins de chasseurs à pieds qui deviendront ensuite les célèbres « chasseurs alpins ».

Toujours en 1888, l'explorateur Frijtof Nansen et son équipe se lancent dans la traversée à skis du Groenland, d'Umivick à Ameralik, soit plus de 500 km. [2] Ce remarquable exploit connaît l'une des premières exploitations médiatiques du ski, puisque tous les journaux reprennent l'information et lui donnent un retentissement mondial. La publication du livre « Pa ski over Gronland », paru en 1890 en Suède et écrit par Fridtjof Nansen, renforce encore

cette reconnaissance et contribue à l'évolution du ski, qui d'outil utile aux déplacements, va devenir une activité sportive de loisir [4].



Jeunes skieurs à Morgedal (Norvège) aux alentours de 1880.

1.1.4. Du début du XXème siècle aux années 1980

1.1.4.1. Naissance d'un sport loisir [3]

Jusqu'ici présent essentiellement dans le Nord de l'Europe, l'utilisation du ski va progressivement s'étendre et se démocratiser peu à peu.

C'est aux scandinaves que revient, une fois encore, l'idée de faire évoluer le ski pour en faire une activité sportive.

Au XXème siècle, de nombreux clubs de ski apparaissent dans toute l'Europe, notamment en Italie en 1903, en Grande Bretagne en 1903, en Espagne en 1904 et en France en 1906 sous l'impulsion d'Henri Duhamel (1853-1917). Celui-ci, impressionné par les skis sur un stand suédois au cours de l'exposition universelle de 1878 à Paris, crée avec des amis auxquels il a transmis sa passion du ski, le « Rocher-Club » en 1895 suivi du « ski-club-des-Alpes » en 1906.

A Chamonix, le docteur Payot visite ses malades à skis et fonde le Club de sports alpins en 1907.

Hannes Schneider fonde en 1906, à Saint-Anton, l'école de ski de l'Arlberg, qui va être pendant de longues années la référence pour tous les skieurs.

Dans les Pyrénées, l'histoire du ski débute en novembre 1903, grâce à Henri Sallenave, qui reçoit sa première paire de skis de la manufacture de Saint-Etienne et en fait reproduire une deuxième paire par un menuisier nommé Laffargue. Louis Falisse emprunte les skis à son ami Henri Sallenave et devient à son tour passionné de ce nouveau sport. Il sera le premier à réaliser, avec Larregain, le tour complet hivernal du pic du midi d'Ossau.

1.1.4.2. Naissance des stations de ski

En devenant une activité de loisir, le ski nécessite la création de structures pour le séjour des pratiquants, et plus tard, des moyens permettant de remonter les pentes. Ce développement touche l'Amérique du Nord et l'Europe. De nombreux villages sortent de leur léthargie hivernale pour accueillir cette nouvelle vague de touristes potentiels.

Aux Etats-Unis, le site de Lake Placid, très apprécié l'été, reste ouvert pour la première fois durant l'hiver 1904 et s'impose rapidement comme centre de ski. Cette station accueillera d'ailleurs les Jeux Olympiques de 1932.

En Europe, la plupart des pays aménagent des emplacements dédiés à la pratique du ski dans les années 1910-1920.

En France, de nouvelles stations sont construites en moyenne montagne : le Sappey, le Revard, Montgenèvre et Chamonix dans les Alpes ; le Mont Dore dans le Massif Central ; Font-Romeu, Cauterets et Gavarnie dans les Pyrénées.

L'Allemagne, l'Autriche, la Suisse et l'Italie disposent d'un large choix de lieux aménagés pour les séjours aux sports d'hiver : Garmisch-Partenkirchen, Saint-Moritz, Kitzbühel, Cortina ou encore Zermatt.

En 1922, le baron Rothschild demande à un architecte, Henri-Paul Nénot, d'étudier un projet de construction à Mégève d'un grand hôtel constituant l'embryon d'une station de ski. Il prévoit pour sa desserte un funiculaire partant de Sallanches.

Il faudra attendre les années 1920-1930 pour voir l'apparition des remontées mécaniques dans les stations.

Dans les années 1960, 7 millions de skieurs sont accueillis chaque année dans les stations françaises. En 1980, la France compte 400 stations.

1.2. La naissance du ski en compétition

En même temps que le ski se développe, les compétitions voient progressivement le jour.

En 1908, le Club Alpin Français organise un concours international de ski à Chamonix, faisant suite à un concours militaire à Montgenèvre un an auparavant.

En 1911, Arnold Lunn organise une compétition à Crans Montana en Suisse.

En 1921, le Comité International Olympique (CIO) décide d'entreprendre l'organisation des jeux d'hiver dont les premiers se déroulent à Chamonix en 1924 avec 300 coureurs de 16 nations. Seul le ski nordique y est présent. La Fédération Internationale de Ski (FIS) et la Fédération Française de Ski (FFS) sont créées à l'occasion de ces Jeux Olympiques (JO) de Chamonix. [5]

En 1931 sont organisés, par Arnold Lunn, les premiers Championnats du Monde de ski alpin en Suisse à Mürren.

Le ski alpin fait son entrée lors des IVème Jeux Olympiques de Garmisch-Partenkirchen en 1936 avec le combiné (comprenant une manche de descente et une manche de slalom) disputé aussi bien par des hommes que par des femmes. [1] C'est d'ailleurs en combiné que le skieur français Emile Allais décroche une troisième place. Il remportera également trois médailles d'or aux Championnats du Monde de Chamonix de 1937 en descente, slalom et combiné. [6]

En 1952, le slalom géant remplace le combiné aux JO d'Oslo.

En juillet 1984, lors de la 88^{ème} session du CIO de Los Angeles, il est décidé d'inscrire le super géant (super G) et le combiné au programme des Jeux de Calgary en 1988.

1.3. Les différentes disciplines du ski alpin et leurs caractéristiques

Il existe cinq disciplines en ski alpin avec des courses qui se disputent chaque année de novembre à mars. Elles concernent la Coupe du monde, la Coupe d'Europe, les courses de la Fédération Internationale de Ski (FIS), les Jeux Olympiques et les Championnats du Monde. Ce sont des courses contre la montre où le skieur déclenche lui-même, au départ, le

chronomètre par l'ouverture du portillon et l'arrêt au franchissement d'une cellule photo-électrique à l'arrivée. Ces épreuves diffèrent par leur dénivelé, le terrain, la vitesse et la distance entre les virages.

On peut les regrouper en disciplines Techniques (slalom et géant) et disciplines de Vitesse (descente et super G).

EPREUVE	SLALOM	GEANT	DESCENTE	SUPER G
VITESSE MOYENNE km/h	20-50	20-60	90-100	80-90
VITESSE MAXIMALE km/h	<60	<75	145	95
TEMPS MOYEN secondes	45-60	60-90	90-140	75-90

Tableau 1 : vitesses et temps des différentes disciplines de ski alpin

1.3.1. Slalom (anciennement Slalom Spécial) [7, 8]

Le premier slalom a vu le jour en 1922 à Mürren. C'est l'épreuve la plus technique. C'est une discipline spectaculaire, qui demande de la combativité, de la vivacité, de la technique, de l'agilité et de la précision. Les portes sont nombreuses (40 à 75), étroites et très rapprochées (4 à 15 mètres), obligeant à réaliser des appuis brefs et des virages serrés.

Le parcours dure entre 45 et 60 secondes et la vitesse moyenne varie entre 20 et 50 km/h.

Chez les hommes, le dénivelé est de 180-220 mètres pour toutes les compétitions de haut niveau (JO, Championnats du Monde et Coupe du Monde). Il est de 140-220 mètres pour les courses FIS. Chez les femmes, il est respectivement de 140-220 mètres et 120-200 mètres.

L'épreuve du Slalom comporte deux manches courues le même jour, avec un parcours différent pour les deux manches. L'ordre de départ de la deuxième manche se fait dans l'ordre inverse d'arrivée de la première manche pour les 30 premiers. Le vainqueur est celui qui obtient le meilleur temps cumulé des deux manches.

La pente doit être comprise entre 33 et 45% et ne doit en tout cas pas dépasser 52%. La largeur de la piste est d'environ 40 mètres. Une porte se compose de deux piquets simples de couleur rouge ou bleue montés sur rotule. Un slalom doit comporter un certain nombre de combinaisons.

La distance entre deux piquets-pivots (piquet autour duquel s'effectue un changement de direction) de deux portes successives ne doit pas être inférieure à 6 mètres ni supérieure à 13 mètres.

1.3.2. Slalom Géant (ou Géant) [7, 8]

Le slalom géant est apparu aux Championnats du Monde de ski alpin à Aspen en 1950. Il s'agit d'une discipline technique comme le slalom, mais la piste est plus longue et les portes sont plus espacées. Il requiert une grande précision.

Le parcours dure en moyenne 60 à 90 secondes. La vitesse moyenne est de 20 à 60 km/h et dépasse rarement 75 km/h.

Le dénivelé est de 250-400 mètres pour les courses majeures et maximum 300 mètres pour les courses FIS, chez les hommes comme chez les femmes.

Comme pour le slalom, le géant se déroule en deux manches le même jour et sur des tracés différents. L'ordre de départ de la deuxième manche se fait dans l'ordre inverse d'arrivée de la première manche pour les 30 premiers. Le vainqueur est celui qui obtient le meilleur temps cumulé des deux manches.

La largeur de la piste est d'au moins 40 mètres. Les portes sont composées de deux piquets reliés par une banderole de couleur bleue ou rouge. Le tracé comporte au moins 30 portes distantes les unes des autres d'au moins 10 mètres. L'écart entre les piquets-pivots de deux portes successives ne doit pas être inférieur à 10 mètres. Les portes doivent avoir une largeur comprise entre 4 et 8 mètres.

1.3.3. Descente [7, 8]

Cette discipline a été créée par Arnold Lunn en 1911 à Montana en Suisse. La descente est la plus vieille discipline sportive du ski alpin. Il s'agit d'une épreuve de vitesse. Le parcours est le plus long de toutes les disciplines et les portes sont peu nombreuses et très espacées.

Le parcours dure de 90 à 140 secondes. La vitesse moyenne est de 90-100 km/h et peut atteindre 145 km/h dans les sections les plus raides.

Chez les hommes, le dénivelé est de 800-1100 mètres pour les courses de plus haut niveau, 550-1100 mètres pour les coupes continentales (Europe, Amérique du Nord) et 450-1100 mètres pour les courses FIS. Chez les femmes, il est de 450-800 mètres pour toutes les compétitions.

La course se déroule en une seule manche, mais les skieurs s'entraînent plusieurs fois sur le parcours auparavant (« official training »). L'official training est obligatoire.

Les portes sont très larges, matérialisées par deux banderoles soutenues par des piquets. Il n'y a pas de règles spécifiques pour le tracé, il doit suivre et respecter le relief naturel du terrain.

1.3.4. Super G (ou Slalom Super Géant ou Super Géant)[7, 8]

Le super G a été couru pour la première fois en 1982. Il s'agit, comme la descente, d'une discipline de vitesse. C'est un compromis entre la descente et le slalom géant, ce qui le rend plus technique que la descente et plus rapide que le géant.

La course dure entre 75 et 90 secondes et la vitesse peut atteindre 95 km/h.

Chez les hommes, le dénivelé est de 400-650 mètres pour les compétitions de plus haut niveau, 350-650 mètres pour les courses FIS. Chez les femmes, il est respectivement de 400-600 mètres et de 350-600 mètres.

Le super G se déroule en une seule manche, mais les skieurs ne peuvent pas tester la piste avant la course officielle, contrairement à la descente. Ils se contentent d'une reconnaissance préalable.

La piste a une largeur d'au moins 30 mètres. Les portes sont constituées d'une paire de piquets munie d'une banderole. La largeur des portes doit être de 6-8 mètres pour les portes horizontales et 8-12 mètres pour les portes verticales. L'écart entre les piquets-pivots de deux portes successives ne doit pas être inférieur à 25 mètres, ou 15 mètres en cas de combinaisons de portes. Le tracé doit donc utiliser le terrain de façon optimale en alternant judicieusement de grands et de moyens virages.

1.3.5. Super Combiné [5, 7, 8]

Cette épreuve a été courue pour la première fois aux championnats du monde de ski alpin de 1932. Les skieurs réalisent une manche de descente puis une manche de slalom dans la même journée. Le vainqueur est celui qui réalise le meilleur chronomètre cumulé des deux manches. Cette discipline permet de mettre en valeur les skieurs polyvalents.

Chacune de ces courses a sa spécificité. Si la dangerosité de la descente est connue de longue date mettant parfois en jeu le pronostic vital, les accidents pouvant survenir dans les disciplines techniques sont de plus en plus fréquents du fait de l'évolution du matériel (les skis en particulier), qui permettent d'augmenter les vitesses en courbe donc les contraintes au niveau des membres inférieurs ; toute faute technique s'accompagnant de chute à haute énergie cinétique.

1.4. Le ski de haut niveau

1.4.1. Préparation des athlètes en équipe de France

Comme toute activité sportive de haut niveau la pratique du ski de compétition nécessite une préparation physique intensive.

Celle-ci débute fin avril avec du travail foncier (vélo, etc...). En juin et juillet, elle se poursuit en alternance avec des stages de ski sur glacier en France et en Europe. En août, les athlètes s'entraînent un mois dans l'hémisphère sud : La Parva au Chili pour le groupe « vitesse » et à Ushuaïa en Argentine pour le groupe « technique ». Ils y retrouvent des neiges hivernales

proches de ce qu'ils trouveront au cours de la saison. A leur retour en septembre, ils disposent d'une semaine de repos avant de partir en stage de ski, souvent à Tignes, avec au programme du ski le matin et de la préparation physique l'après-midi.

1.4.2. La saison de compétition

Les athlètes sélectionnés au niveau de la FFS participent, en fonction de leur niveau, à la Coupe du Monde, à la Coupe d'Europe avec des possibilités de permutation en fonction des résultats et aux courses FIS pour les plus jeunes.

Pour la **Coupe du Monde**, la saison débute fin octobre ou début novembre. Le calendrier des compétitions est fixé par la Fédération Internationale de Ski (FIS). En général, chaque site n'accueille que deux épreuves. Les finales de Coupe du Monde rassemblent en même temps et sur un même lieu les compétitions masculines et féminines.

Les **Championnats du Monde** qui se tiennent tous les deux ans (à Garmisch Partenkirchen en 2011) et les **JO d'hiver** tous les quatre ans (à Vancouver au Canada en 2010) accueillent l'ensemble des épreuves masculines et féminines.

La saison internationale se termine mi-mars par la finale de Coupe du Monde. Ils enchaînent ensuite généralement avec les **Championnats Nationaux** qui se terminent mi-avril en France.

La **Coupe d'Europe** évolue sur un même schéma.

Quant aux **courses FIS**, elles se répartissent de façon régulière sur des dates qui se prolongent plus tard dans la saison. Ces courses sont le premier échelon pour les jeunes skieurs et sont plus nombreuses, réparties dans toutes les stations des pays qui adhèrent à la FIS.

DATE	SITE	PAYS	DH	SG	GS	SL	SC
OCTOBRE							
28-oct-12	Sölden	Autriche			X		
NOVEMBRE							
11-nov-12	Levi	Finlande				X	
24-25 nov 12	Lake Louise	Canada	X	X			
30 Nov au 02 Dec 12	Beaver Creek	USA	X	X	X		
DECEMBRE							
08-09 dec 12	Val d'Isère	France			X	X	
14-15 dec 12	Val Gardena	Italie	X	X			
16 dec 12	Alta Badia	Italie			X		
18 dec 12	Madonna di campiglio	Italie				X	
29 dec 12	Bormio	Italie	X				
JANVIER							
06-janv-13	Zagreb	Croatie				X	
12-13 jan 13	Adelboden	Suisse			X	X	
18-20 jan 13	Wengen	Suisse	X			X	X
25-27 jan 13	Kitzbühel	Autriche	X			X	X
FEVRIER							
5-17 fev 13	WSC Schladming	Autriche	X	X	X	X	X
23-24 fev 13	Garmisch-Partenkirchen	Allemagne	X		X		
MARS							
02-03 mars 13	Kvitfjell	Norvège	X	X			
09-10 mars 13	Kranjska Gora	Slovénie			X	X	
13-17 mars 13	Lenzerheide	Suisse	X	X	X	X	

Tableau 2 : Saison de Coupe du Monde 2012/2013 en Ski Alpin chez les hommes.

DATE	SITE	PAYS	DH	SG	GS	SL	SC
OCTOBRE							
27-oct-12	Sölden	Autriche			X		
NOVEMBRE							
10-nov-12	Levi	Finlande				X	
24-25 nov 12	Aspen	USA			X	X	
30 Nov au 02 Dec 12	Lake Louise	Canada	X	X			
DECEMBRE							
07-09 dec 12	Saint Moritz	Suisse		X	X		X
14-15 dec 12	Val d'Isère	France	X	X			
16 dec 12	Courchevel	France			X		
19-20 dec 12	Åre	Suède			X	X	
JANVIER							
04-janv-13	Zagreb	Croatie				X	
12-13 jan 13	St Anton	Autriche	X	X			
15-janv-13	Flachau	Autriche				X	
19-20 jan 13	Cortina d'Ampezzo	Italie	X	X			
26-27 jan 13	Maribor	Slovénie			X	X	
FEVRIER							
5-17 fev 13	WSC Schladming	Autriche	X	X	X	X	X
23-24 fev 13	Meribel	France	X				X
MARS							
02-03 mars 13	Garmisch-partenkirschen	Allemagne	X	X			
09-10 mars 13	Ofterschwang	Allemagne			X	X	
13-17 mars 13	Lenzerheide	Suisse	X	X	X	X	

Tableau 3 : Saison de Coupe du Monde 2012/2013 en Ski Alpin chez les femmes.

1.5. Evolution du matériel de ski alpin [5]

A partir du XVème siècle, quelques dessins de voyageurs se risquant dans les zones arctiques donnent des renseignements sur la forme et les dimensions des skis de l'époque. Il s'agit de deux planches d'environ deux mètres recouvertes de peau sur leur surface de glisse. Dans d'autres régions, les deux planches sont de tailles différentes.

Au XVIIème siècle, c'est la région de Télémarch (qui donnera son nom à la pratique du ski avec fixation libre), en Norvège, qui va devenir le berceau du développement du ski. [2] Leur longueur se normalise à 2,50 mètres avec une largeur de 6 à 8 centimètres. Ils sont d'abord en bouleau puis en frêne. La fixation subit également de nombreuses évolutions et l'on voit apparaître une lanière de fixation au niveau des orteils et une talonnière en cuir puis en métal.

Dans cette vallée norvégienne, Sondre Norheim (1825-1897) dépense beaucoup d'énergie et de réflexion pour améliorer les skis, d'autant que c'est le premier à s'intéresser vraiment à ses possibilités en descente. Pour ce faire, il raccourcit la longueur des skis et modifie les fixations de sorte qu'en 1869, après avoir fait à skis, les 200 km qui séparent Morgedal (son village natal) de Christinia (la future Oslo), il gagne le concours de ski qui y est organisé. Sondre Norheim invente également une technique de virage consistant à effectuer une genu flexion avec convergence des skis. Le « Télémarch » est né.



Les skis développés par Sondre Norheim



Les fixations évoluent à la fin du XVIIIème siècle avec l'apparition du système norvégien, composé d'une plaque métallique portant une talonnière et d'un « étrier ».

Jusqu'à la fin du XIXème siècle, le ski est fabriqué surtout en Scandinavie sous l'influence de Sondre Norheim. De nombreux ateliers reprenant les techniques norvégiennes sont ensuite développés en France par Abel Rossignol, aux Etats-Unis et en Autriche par Frantz Kneissel.

1.5.1. Des premiers skis aux skis paraboliques

Avec le développement de la pratique sportive et de la compétition, nécessitant de maîtriser à la fois la trajectoire et la vitesse, les planches des « anciens » ne conviennent plus aux exigences du ski moderne. Le matériel en bois massif atteint ses limites et il devient nécessaire d'utiliser des mélanges de plusieurs essences de bois tels que le sapin, l'acacia, le mérisier, l'hickory, le frêne ou le pin.

En 1928, Marie Marvingt, connue pour la prise de position sur la controverse féminine « jupe ou pantalon », commande à un artisan de Nancy des skis métalliques. La société suisse d'« aluminium industrie » dépose alors un brevet sur ce thème en 1931. En 1934, Paul Vicki fait de même sur un ski mixte bois-métal. L'autrichien Lettner dépose lui aussi un brevet sur des arêtes (carres) métalliques visant à améliorer la résistance à l'abrasion et l'accroche latérale.

En 1935, le Norvégien Marius Eriksen invente les carres « cachées », incluses dans la semelle du ski, remplaçant alors les carres « vissées ». [5]

En 1941, Abel Rossignol crée le ski « Olympic 41 » composé de deux lames en bois assemblées sous presse. Ce ski permettra au français Henri Oreiller de devenir le premier champion olympique de descente en 1948 à Saint Moritz. [7]

Dans les années 1950, l'américain Howard Head invente un ski à noyau bois solidaire de deux lames de métal, selon la technique du sandwich. Cette technique donnera naissance secondairement au « Strato » de Rossignol.

En 1960, Emile Allais et les établissements Rossignol conçoivent le « métallais » qui donne ensuite naissance à l'« Allais 60 » avec lequel Jean Vuarnet remporte les JO de Squaw Valley en descente.

L'année suivante, le fabricant Dynamic développe le VR7 et le VR17 composés d'un noyau central en bois et d'une enveloppe de couches textiles imprégnées dans un bain de résine. Avec ces skis, Jean-Claude Killy sera triple médaillé olympique aux JO de Grenoble en 1968.

Dans les années 1970, Rossignol et Kneissel (fabricant autrichien) substituent le noyau en bois par un noyau plastique.

Dans les années 1950, les skis mesurent entre 2.10 et 2.20 mètres de longueur. Des fabricants tels que Rossignol essaient de mettre au point des skis courts mesurant entre 1.40 et 1.65 mètres sans que cela soit une réussite commerciale.

Dans les années 1990, les premiers skis « carving » apparaissent. Rebaptisés « paraboliques », ils s'inspirent de la silhouette en « taille de guêpe » du snowboard. Les skis se raccourcissent pour faciliter les virages. Il est plus étroit au niveau de la chaussure (patin) et plus large aux extrémités (talon et spatule). Ils ont latéralement une forme incurvée leur permettant une meilleure accroche sur la neige.

Le premier ski dit « parabolique » est proposé en 1992 par le fabricant slovène Elan. Il propose des lignes permettant des prises de carre plus franches pour « tailler » des courbes avec des rayons réduits à haute vitesse. Le concept se démocratise ensuite sous l'impulsion de l'américain Head avec sa série Cyber.

De nos jours, l'ensemble des skis produits sont des skis paraboliques.

Les skis paraboliques ont satisfait les pratiquants qui désiraient une pratique plus ludique des sports d'hiver. Ils ont comme inconvénient, lorsqu'ils sont utilisés à leur maximum par des athlètes, d'augmenter les vitesses en courbe et donc d'augmenter les contraintes au niveau des articulations.



Les skis paraboliques

1.5.2. Les fixations [9]

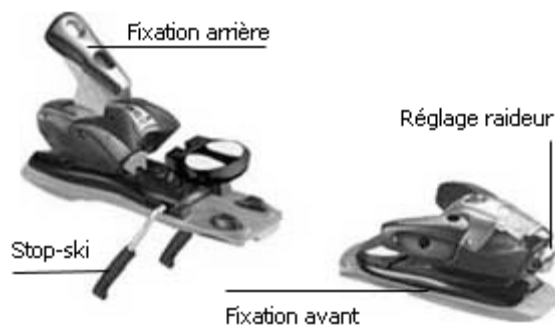
En 1935, les fabricants cherchent à apporter plus de sécurité au niveau des fixations.

Kiener et Reussner imaginent un étrier de sécurité conçu pour s'ouvrir et libérer le pied en cas de chute latérale, une vis assurant le serrage et la dureté du déclenchement de l'ouverture : il s'agit du système dit « anti-fracture ».

Le français Jean Beyl améliore cette fixation dans les années 1950 en ajoutant un dispositif de pivot central « Look » agissant sur toute la fixation en cas de tension trop forte ou de choc.

En 1967, Salomon commercialise sa première fixation à butée et talonnière de sécurité. Les talonnières déclenchables s'ouvrent de bas en haut pour les chutes en avant, alors que les butées avant s'ouvrent latéralement pour les chutes en torsion. Les talonnières et les butées se sont de nos jours perfectionnées, mais constituent toujours un système à deux axes de déclenchement.

En 1975 apparaît le « frein ski » ou « stop ski » entraînant la suppression de la lanière de sécurité.



Les fixations actuelles

En juillet 2000, apparaît en France le fascicule de documentation de l'Afnor concernant les fixations, destiné à compléter les normes ISO 11088. Elles ont pour but de déterminer les

paramètres de déclenchement optimum pour assurer au skieur un maximum de sécurité. [9, 10, 11, 12]

Malgré les progrès réalisés, les fixations ne peuvent répondre à toutes les contraintes souvent complexes appliquées au membre inférieur. Pour les compétiteurs le problème est majoré par le fait qu'elles sont serrées au maximum, bien au-delà de la logique, pour ne pas courir le risque de perdre le ski lors d'une course.

Les positions de réglage de l'indicateur des fixations en fonction de la pointure (en mm) et du poids du skieur ont été déterminées pour les hommes et les femmes (Tableaux 4 et 5). Ils doivent être modulés en fonction du « type de skieur » (Tableau 6).

Longueur semelle Pointure	<251 <33	251-270 34/35	271-290 36/38	291-310 39/41	311-330 42/44	>331 >45
Poids skieur Kg						
10 à 17		3/4				
18 à 21	1,25	1	$\frac{3}{4}$			
22 à 25	1 1/2	1 1/4	1 $\frac{1}{4}$	1		
26 à 30	2	1 3/4	1 $\frac{1}{2}$	1 1/4	1 1/4	
31 à 35	2 1/2	2 1/4	2	1 3/4	1 1/2	1 1/2
36 à 41	3	2 3/4	2 $\frac{1}{2}$	2 1/4	2	1/3/4
42 à 48		3 1/2	3 $\frac{1}{4}$	2 3/4	2 1/2	2 1/4
49 à 57		4 1/4	4	3 3/4	3 1/2	3
58 à 66		5 1/2	5	4 1/2	4	3 1/2
67 à 78		6 1/2	6	5 1/2	5	4 1/2
79 à 94		7 1/2	7	6 1/2	6	5 1/2
>94			8 $\frac{1}{2}$	8	7	6 1/2
			10	9 1/2	8 1/2	8
			11 $\frac{1}{2}$	11	10	9 1/2

Tableau 4 : Réglage des fixations pour les hommes selon la norme AFNOR FD S 52-748

Longueur semelle Pointure	<251 <33	251-270 34/35	271-290 36/38	291-310 39/41	311-330 42/44	>331 >45
Poids skieur Kg						
10 à 17		3/4				
18 à 21	1,25	1	$\frac{3}{4}$			
22 à 25	1 1/2	1 1/4	1 $\frac{1}{4}$	1		
26 à 30	2	1 3/4	1 $\frac{1}{2}$	1 1/4	1 1/4	
31 à 35	2 1/2	2 1/4	2	1 3/4	1 1/2	1 1/2
36 à 41	3	2 3/4	2 $\frac{1}{2}$	2 1/4	2	1 3/4
42 à 48		3 1/2	3 $\frac{1}{4}$	2 3/4	2 1/2	2 1/4
49 à 57		4 1/4	3 $\frac{3}{4}$	3 1/4	3	2 3/4
58 à 66		4 3/4	4 $\frac{1}{4}$	4	3 1/2	3
67 à 78		5 1/2	5	4 1/2	4 1/4	4
79 à 94		6 1/2	6	5 1/2	5	4 1/2
>94			7 $\frac{1}{2}$	7	6	5 1/2
			8 $\frac{1}{2}$	8	7 1/2	7
			10	9 1/2	8 1/2	8

Tableau 5 : Réglage des fixations pour les femmes selon la norme AFNOR FD S 52-748

Type de skieur	Correction à apporter aux tableaux
-débutant adulte de plus de 25 ans -skieur de plus de 50 ans	monter d'une ligne
-débutant jeune de moins de 25 ans -niveau débrouillé avec faible condition physique -bon skieur, style souple et coulé privilégiant la sécurité	pas de correction
-bon skieur -niveau débrouillé, bonne condition physique	descendre d'une ligne
-bon skieur, ski d'attaque sur tous terrains	descendre de deux lignes
-très fort skieur sur terrains engagés	descendre de trois lignes

Tableau 6 : Détermination des corrections de réglage en fonction du « type de skieur ».

1.5.3. Les chaussures [9]

Les chaussures de ski connaissent également une évolution spectaculaire.

Elles deviennent plus hautes et plus rigides en cuir très épais entre 1950 et 1960, puis fermées par des boucles métalliques.

Entre 1960 et 1970, alors qu'apparaissent les fixations modernes à deux axes de déclenchement, les chaussures rigides à coque plastique en résine époxy moulée apparaissent.

De 1970 à 1980, la chaussure est entièrement moulée en polyuréthane et voit sa tige augmenter en hauteur, permettant un meilleur blocage des mouvements de varus/valgus de la cheville.

Deux grands types de chaussures de ski cohabitent encore actuellement sur le marché : les chaussures dites « à ouverture classique » fermées par des boucles de serrage et les chaussures dites « à entrée arrière » dans laquelle le serrage se fait par un câble. Actuellement, une bonne chaussure pèse de 1.5 à 2.2 kg. [13]

Ces changements vont modifier la traumatologie du ski alpin en reportant toutes les contraintes au niveau du genou.



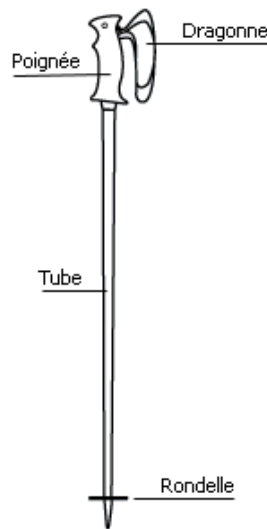
La chaussure de ski actuelle

1.5.4. Les bâtons

En descente et en super G, les bâtons de ski ont un profil courbe formant une sorte d'enroulement autour du corps pour améliorer l'aérodynamisme. Dans les épreuves de slalom et de géant, les bâtons sont rectilignes.

Ils comportent souvent une protection en plastique couvrant la main, permettant aux athlètes de dégager les piquets de porte de leur trajectoire au moment du passage.

Le risque majeur en ski au niveau de la main est représenté par les lésions ligamentaires du pouce qui n'est que partiellement réglé par les coques de protection.



Bâton de ski

1.5.5. Le casque

Le port du casque est obligatoire en descente et en super G, mais cette protection est fréquemment utilisée en slalom et en géant associée, pour ces disciplines, à une protection faciale.

Le casque, qui répond à des normes de sécurité très strictes, ne met cependant pas à l'abri le coureur de traumatismes crâniens souvent sérieux.

DEUXIEME PARTIE :

ETUDE

2. ETUDE

2.1. Introduction : objectifs de cette étude

Le but de ce travail est, dans un premier temps, d'analyser quelle est l'importance de la traumatologie en ski alpin en équipe de France et son évolution sur 17 saisons. Nous essayerons ensuite d'en dégager les causes et les facteurs de risque. Cette étude se justifie par la volonté de la FFS de mettre en œuvre des actions de prévention au sein des équipes de France.

2.2. Matériel et méthode

2.2.1. Population et type d'étude

Nous avons inclus dans notre étude tous les skieurs et skieuses ayant fait partie de l'équipe de France de ski alpin entre avril 1994 et avril 2011.

Il s'agit d'une étude épidémiologique, rétrospective, relevant tous les accidents survenus chez les skieurs de l'équipe de France de ski alpin entre le 1^{er} avril 1994 et le 31 mars 2011, soit 17 saisons (en considérant qu'une saison débute et se termine en avril, à la fin des compétitions).

2.2.2. Méthode

2.2.2.1. Le recueil de données

2.2.2.1.1. Les dossiers des athlètes

Avant 2005, le dossier des athlètes était sous forme de fichier Excel®. Il contenait plusieurs fiches avec les données de chaque visite médicale.

A partir de 2005, le centre de médecine du sport (CMS) de haut niveau d'Albertville s'est équipé du logiciel TEAM SANTE®, commercialisé par la société ENORA®, facilitant l'exploitation des données. Ce logiciel assure ainsi le suivi médical des athlètes. Il permet de collecter toutes les données médicales concernant les skieurs.

Nous avons recueilli, pour chaque athlète, les paramètres suivants :

- **nom, prénom**
- **sexe**
- **date de naissance**
- **date d'entrée en équipe de France**
- **date de sortie d'équipe de France**
- **âge d'entrée en équipe de France.**
- **discipline et spécialité** : V pour vitesse (descendeur, super-géantiste), T pour technique (slalomeur, géantiste) ou P pour polyvalent.

Puis, nous avons relevé tous les accidents survenus pendant la période en équipe de France de chaque skieur en y détaillant :

- la **date du traumatisme**.
- la **localisation** : membre supérieur, membre inférieur, tête, rachis, thorax, abdomen.
- le **siège principal** : épaule, genou, main, coude, rachis lombaire, etc....
- la **nature de la lésion** : entorse, fracture, traumatisme crânien, contusion, etc....
- le **traitement chirurgical ou non** de la blessure.
- les **circonstances** de l'accident : entraînement, compétition, préparation physique, sports collectifs, hors sport.
- le **temps d'arrêt sportif** suite au traumatisme. Nous avons déterminé 5 groupes (inférieur à 7 jours, de 7 à 28 jours, de 28 jours à 3 mois, de 3 à 6 mois et supérieur à 6 mois).

Pour chaque accident, nous avons ensuite relevé le **poids**, la **taille** de l'athlète au moment de l'accident et calculé son **IMC** ($IMC = \text{Poids (kg)} / \text{Taille}^2 \text{ (m)}$).

Nous avons également recueilli certains paramètres biologiques : la **VO2max** (consommation maximale en oxygène) et les valeurs maximales de lactates (**lactates max**) de chaque skieur enregistrées lors de l'épreuve d'effort la plus proche de la date de chaque accident.

2.2.2.1.2. Les paramètres de la performance sportive

Nous avons également évalué la performance sportive dans chacune des quatre disciplines au moment de l'accident de chaque skieur. Celle-ci est jugée par le **classement mondial** et le nombre de **points FIS** dans chacune des disciplines de ski alpin.

Les points FIS sont le résultat d'un calcul qui prend en compte le classement du coureur à chacune des courses et la difficulté de chaque course. Plus les points FIS sont proches de zéro, plus l'athlète est performant. Cette cotation en points FIS ne débute qu'à partir de 15 ans (niveau cadet). Le nombre de points FIS n'est pas modifié si un accident oblige l'athlète à un arrêt sportif de plus de 8 mois.

Nous avons trouvé ces données sur internet, directement sur le site de la FIS.

2.2.2.2. L'analyse statistique

Mechelen a décrit en 1992 une séquence de quatre étapes dans le but de prévenir les accidents de sport [14]

- La première étape consiste en une évaluation de l'importance du problème : l'incidence et la gravité des lésions observées.
- Puis, il s'agit d'en déterminer les facteurs de risque et les mécanismes.
- La troisième étape se base sur l'étape 2 pour mettre en place des mesures de prévention.
- Enfin, l'évaluation de l'efficacité des mesures entreprises se fera par la répétition de l'étape 1.

Barh et Krosshaug ont décrit, en 2005, des facteurs internes prédisposant un sportif à des blessures tels que l'âge, le sexe, le poids, la masse grasse, les antécédents médico-chirurgicaux, l'état psychologique ou le niveau sportif.

Des facteurs externes viennent s'ajouter et augmenter la probabilité de survenue d'une blessure (l'entraînement, l'environnement avec le temps par exemple ou encore l'équipement du sportif).

Puis la présence d'une situation particulière, d'un évènement propice, va provoquer l'accident.

L'interaction de tous ces facteurs met l'athlète en danger et induit certaines blessures (Figure 1).

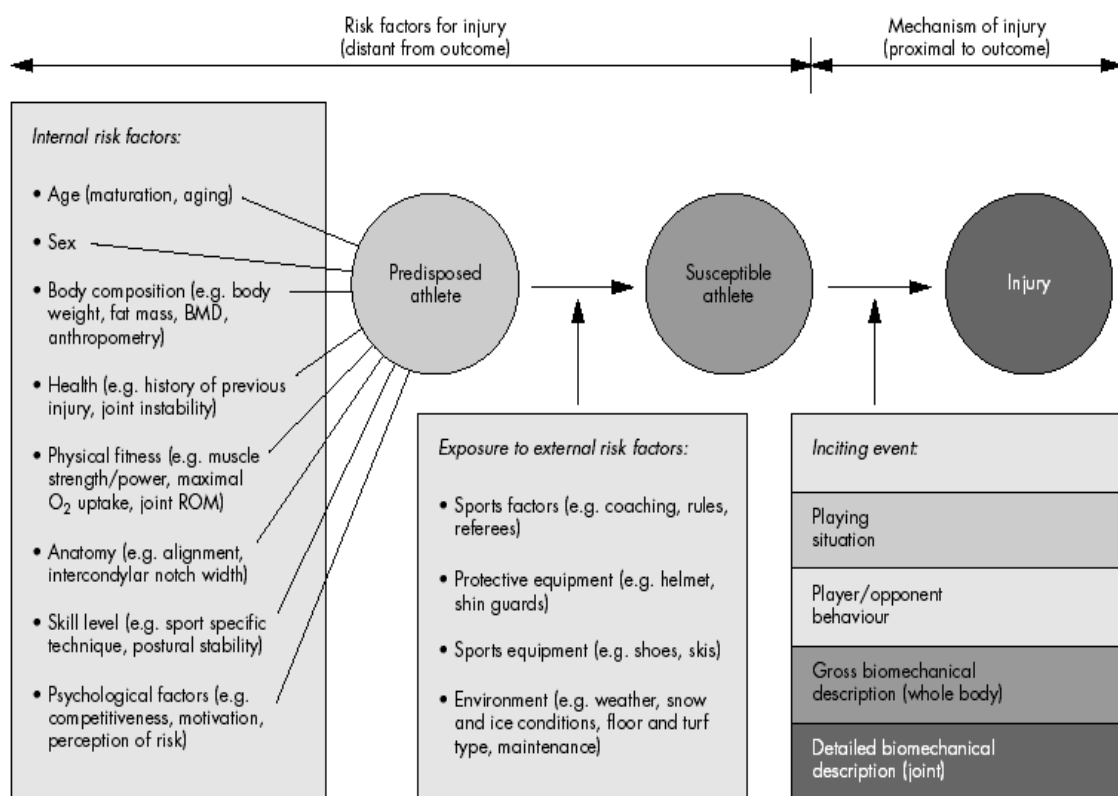


Figure 3 Comprehensive model for injury causation. BMD, Body mass density; ROM, range of motion.

Figure 1 : Modélisation de Bahr

Il est donc primordial de déterminer les situations et les facteurs qui rendent un athlète plus à risque de présenter certaines lésions.

Le but de cette étude statistique est donc de regarder s'il existe une relation entre le type de traumatologie et les caractéristiques anthropométriques et physiques, les circonstances des accidents et le niveau de pratique des skieurs de l'équipe de France.

Pour ce faire, nous allons mettre en œuvre des méthodes statistiques d'exploration de données multidimensionnelles telles que l'ACP (analyse en composantes principales), l'AFM (analyse factorielle multiple) ou encore l'ACM (analyse des correspondances multiples).

Notons que sept valeurs de lactates et une valeur de VO2 max n'ont pas été retrouvées et donc retirées des analyses statistiques.

2.2.2.2.1. L'analyse en composantes principales (ACP)

2.2.2.2.1.1. Les données

Nous avons principalement utilisé la méthode statistique d'**analyse en composantes principales (ACP)**. Pour se faire, nous nous sommes servis d'un tableau de données avec les valeurs observées de p variables quantitatives pour n individus avec en ligne les individus et en colonne les différentes variables (âge, poids, taille, VO2 max, lactates max, ...).

2.2.2.2.1.2. Les objectifs et la technique

Cette analyse statistique permet de mettre en évidence des liens statistiques linéaires parmi un grand nombre de variables.

En effet, cette analyse transforme des variables corrélées entre elles en de nouvelles « composantes principales » (ou dimensions ou axes factoriels). Cela permet ainsi de réduire un nombre important de variables en un nombre plus réduit de dimensions restituant le maximum de l'information initiale.

Les variables servant à construire les dimensions sont dites « actives ». D'autres variables dites supplémentaires (ou illustratives ou explicatives) serviront éventuellement à interpréter les dimensions créées, mais ne serviront pas à leur construction. Elles peuvent être quantitatives

(par exemple le rang de classement) ou qualitatives (par exemple, les circonstances des blessures).

Pour choisir ensuite le nombre de dimensions (nombre de composantes principales à interpréter), on regarde la part d'information restituée par chaque axe. Il faut donc représenter un diagramme en barre de l'inertie (proportion de l'information initiale) restitué par chaque composante. Un décrochage sur ce diagramme permet de sélectionner le nombre de dimensions à analyser. Plus celui-ci sera faible, plus les résultats de l'analyse seront pertinents.

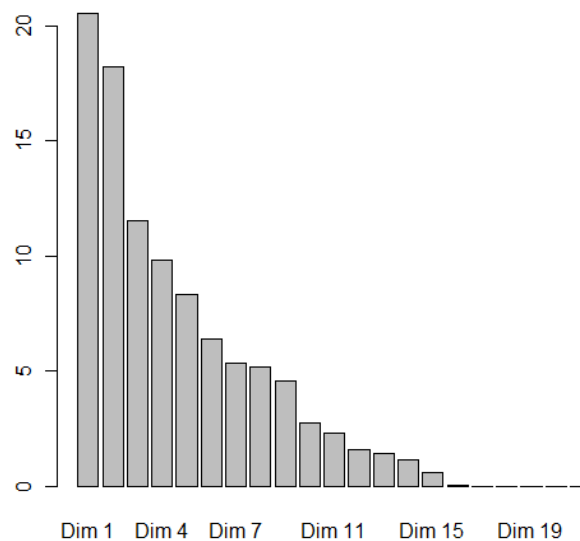


Figure 2 : Exemple de diagramme des inerties

Cette méthode statistique permet aussi des représentations graphiques, dont les dimensions serviront d'axes. La première (en abscisse) et la deuxième dimension (en ordonnée) forment le « premier plan factoriel ». Ainsi, l'ensemble des individus représenté initialement dans un espace de grande envergure pourra être représenté dans un espace plus réduit, tout en conservant un maximum d'information.

Il sera possible de visualiser, grâce à des cercles de corrélations, les liaisons linéaires existantes entre les différentes variables. Un point proche du cercle caractérise bien la composante principale. S'il est proche de l'axe 1, cela signifie qu'il est bien représenté par l'axe 1 et de même pour l'axe 2. On ne peut interpréter que les points proches du cercle, les autres n'étant pas bien représentés.

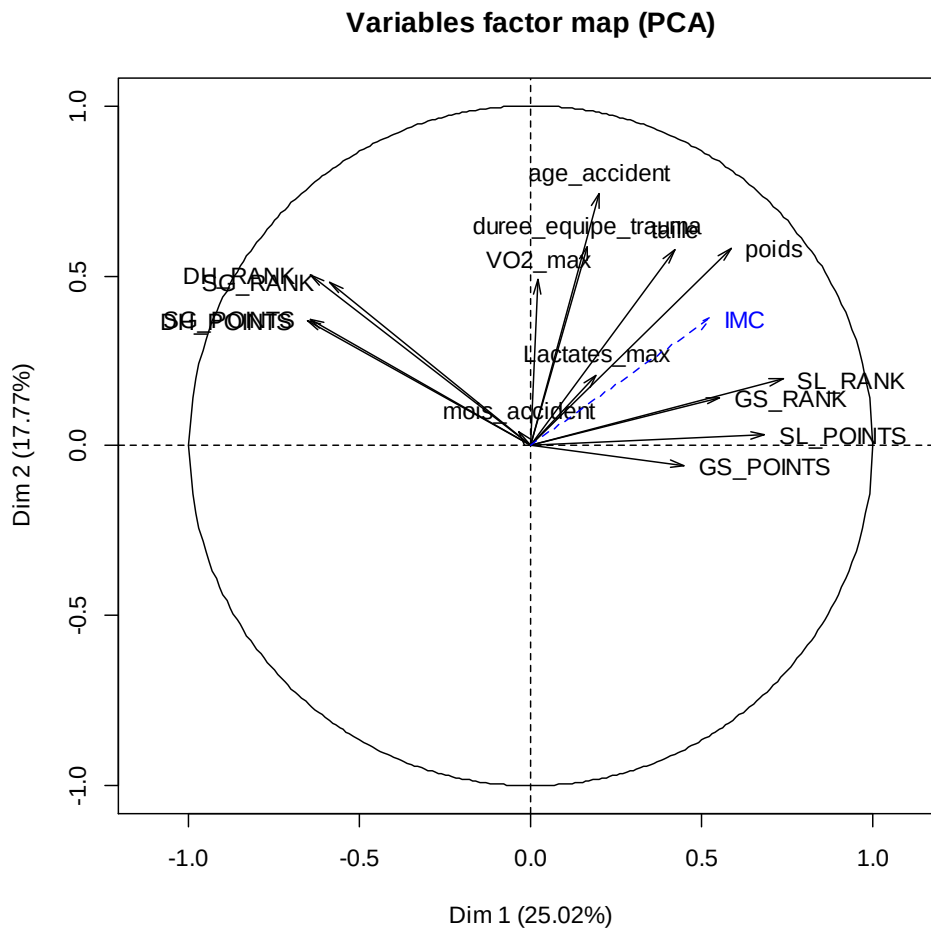


Figure 3 : Exemple de cercle de corrélation d’après le premier plan factoriel étudié

Il est aussi possible de visualiser dans les différents plans factoriels chacun des individus ou encore les moyennes de groupes d’individus (par exemple les descendeurs « très performants »...).

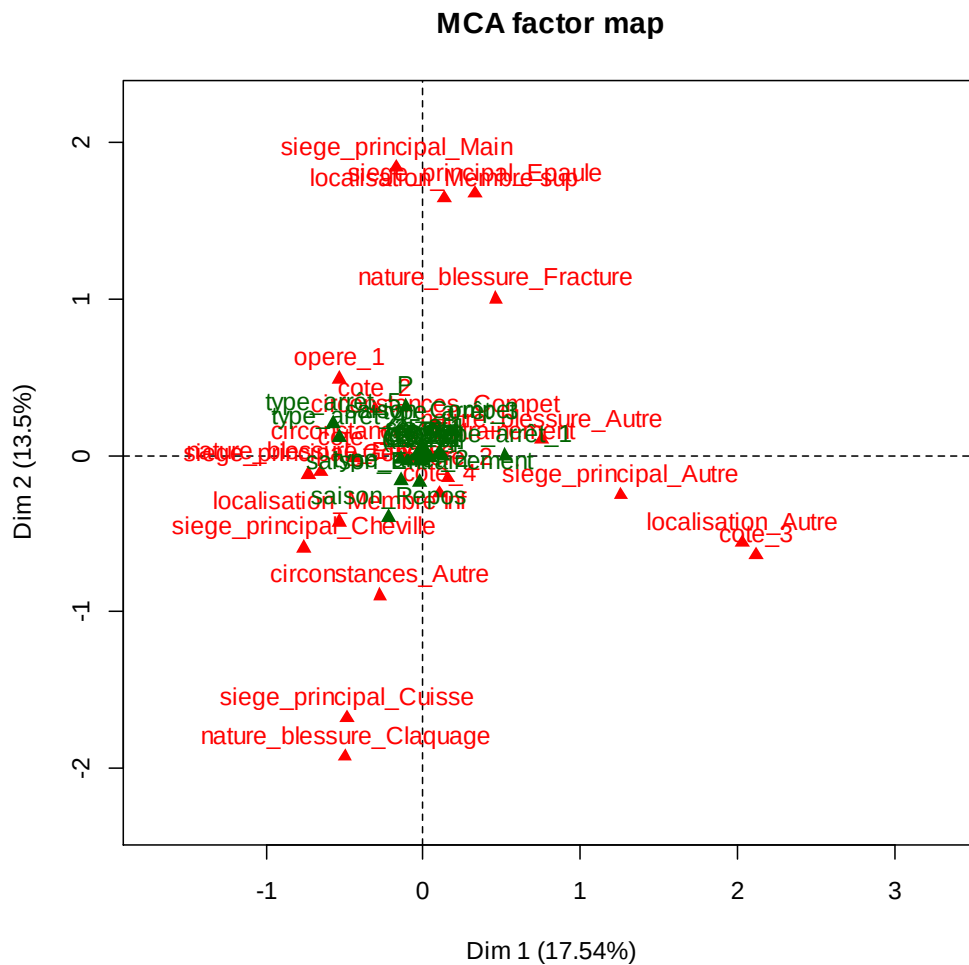


Figure 4 : Exemple de distribution de variables sur le plan factoriel étudié

Pour aiguiller l'interprétation des axes de l'ACP, nous disposons :

- du coefficient de corrélation linéaire « r » entre les variables et les dimensions. Il correspond au cosinus de l'angle formé par deux variables ($\cos(\text{angle}) = r(X1, X2)$, X étant une variable).

Il est compris entre -1 et 1 et il est d'autant plus intéressant que sa valeur absolue est proche de 1. Plus sa valeur est proche de 0, plus la corrélation est faible.

Par exemple, si les points sont très proches, l'angle est proche de 0 et son cosinus sera proche de 1. Inversement, si les points sont opposés, l'angle est proche de 180° et le cosinus proche de -1. Si l'angle est proche de 90°, le cosinus sera proche de 0.

- du cosinus carré « r^2 », mesurant la qualité de l'ajustement d'une variable modale à une dimension. Il est compris entre 0 et 1, une valeur proche 0 signifiant une mauvaise qualité d'ajustement, et une valeur proche de 1 une bonne qualité.

Les relations entre les variables et les dimensions sont ainsi caractérisées par leur coefficient de corrélation « r » [15, 16].

Pour résumer, le but de ce type d'analyse dans notre étude était donc **d'établir des corrélations entre les différentes variables et d'en distinguer des profils d'athlètes**.

2.2.2.2.2. L'analyse des correspondances multiples (ACM)

L'ACM permet d'utiliser des **variables de type qualitatif** pour construire des axes. Le but est également de résumer un ensemble de données, de détecter des associations entre variables et modalités de ces variables, et de **dégager des profils d'individus**.

En présence de modalités rares (faible effectif), les individus correspondant à cette modalité seront répartis aléatoirement dans les autres modalités de la variable. En effet, il est important de ne pas avoir de modalités à trop faible effectif en ACM.

2.2.2.2.3. L'analyse factorielle multiple (AFM) [17]

L'Analyse Factorielle Multiple (AFM), permet d'analyser simultanément plusieurs tableaux de variables, et d'obtenir des résultats, notamment des représentations graphiques, qui permettent d'étudier la relation entre les observations, les variables et les tableaux. A l'intérieur d'un tableau les variables doivent être de même nature (quantitative ou qualitative), mais les tableaux peuvent être de différents types.

L'originalité première de l'Analyse Factorielle Multiple vient du fait qu'elle permet une visualisation dans un espace à deux ou trois dimensions, des tableaux (chaque tableau étant représenté par un point), des variables (dans un cercle des corrélations) et des individus. Par ailleurs, on peut étudier l'impact des autres tableaux sur une observation en visualisant simultanément l'observation décrite par l'ensemble des variables, et par seulement chacun des tableaux.

L'Analyse Factorielle Multiple s'avère très utile pour analyser des enquêtes lorsque les questions peuvent être regroupées par thèmes, ou lorsque les mêmes questions sont posées à plusieurs intervalles de temps.

2.3. Résultats

2.3.1. Statistiques descriptives

2.3.1.1. Statistiques générales

2.3.1.1.1. Données générales : la population

237 skieurs (115 femmes et 122 hommes) ont été inclus dans l'étude. 33 d'entre eux (16 femmes et 17 hommes) n'ont pas présenté d'accident durant la période considérée.

Nous retenons au total **848 accidents** (468 chez les hommes et 380 chez les femmes) et **884 lésions** (393 pour les femmes et 491 pour les hommes). 19 accidents présentent plusieurs blessures (polycontusions), d'où le nombre plus important de lésions. Cela concerne 12 accidents chez les hommes et 7 chez les femmes, soit respectivement 35 et 20 blessures.

Nous notons **3 polytraumatismes** (deux lésions dont une engageant le pronostic vital). Deux sont survenus en compétition (les deux associant un hémopneumothorax et un traumatisme crânien avec perte de connaissance) et l'autre compliquant un accident de la voie publique (traumatisme crânien avec coma et fracture du fémur).

Il faut noter **2 décès** : le premier en entraînement associant traumatisme crânien (TC) et hématome extradural, le deuxième lors d'une avalanche.

22% des blessures (194) ont été opérées.

L'âge moyen d'entrée en équipe de France est de **18,14 ans**, soit 17,32 ans chez les femmes et 18,90 ans chez les hommes (Figure 5).

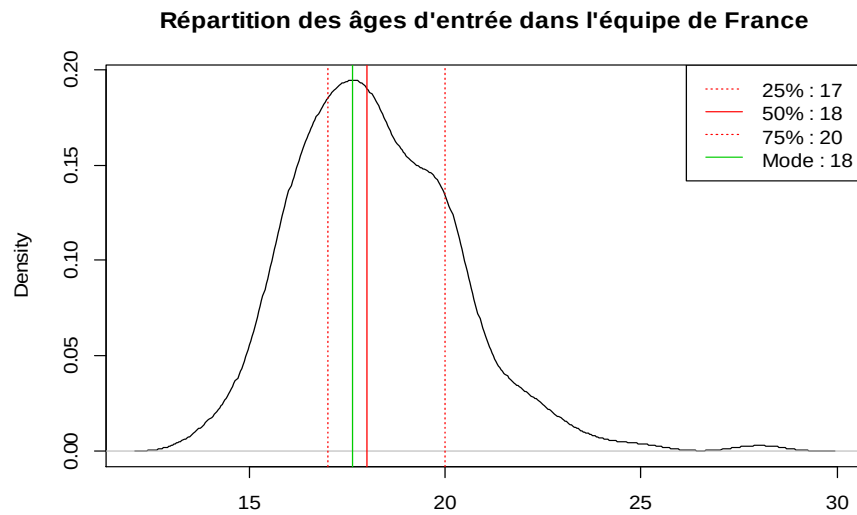


Figure 5 : Répartition des âges d'entrée en équipe de France

La durée moyenne passée en équipe de France est de **5,20 ans**, soit 4,93 ans chez les femmes et 5,46 ans chez les hommes (Figure 6).

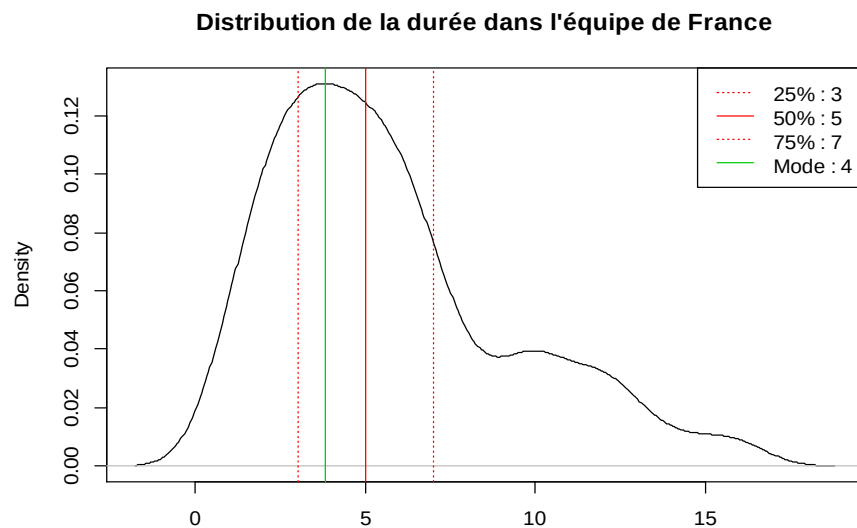


Figure 6 : Distribution de la durée passée en équipe de France

2.3.1.1.2. Répartition des accidents selon l'année de naissance

La majorité des accidents sont survenus chez des skieurs nés entre 1976 et 1982 (Figure 7). L'âge moyen au moment de la survenue d'un accident est de **23,08 ans**, soit 21,5 ans chez les femmes et 24,20 ans chez les hommes.

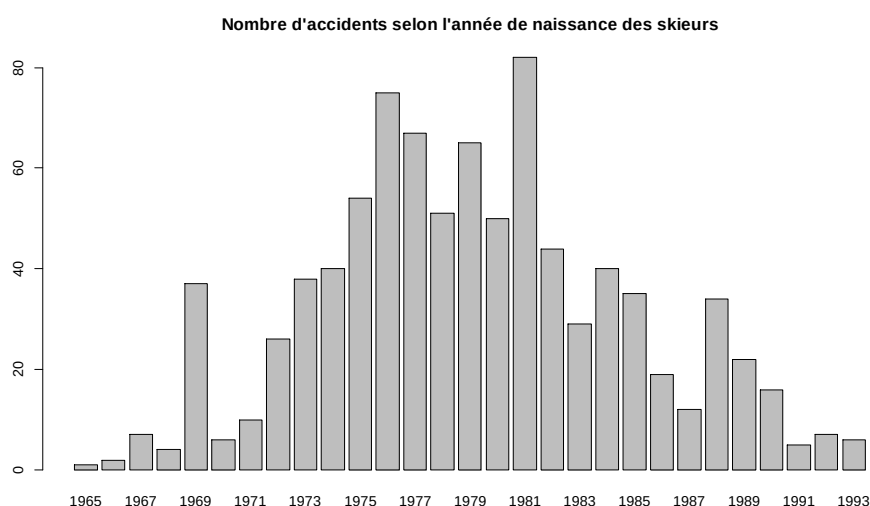


Figure 7 : Nombre d'accidents selon l'année de naissance des skieurs

2.3.1.1.3. Nombre de blessures par athlète

Nous obtenons en moyenne **3,57 accidents par athlète** : 3,30 accidents/skieuse et 3,84 accidents/skieur. Par ailleurs, nous retrouvons **3,73 blessures par athlète** soit 3,42 blessures/skieuse et 4,02 blessures/skieur.

Il nous a semblé intéressant de connaître le nombre moyen de blessures et d'accidents pour 100 skieurs par saison. Ils s'obtiennent en divisant le nombre de blessures (accidents) par le nombre de skieurs pour chaque saison étudiée, puis en faisant la moyenne sur 17 saisons. Nous obtenons ainsi **75,83 blessures/100 skieurs/saison** (Tableau 7) et **72,80 accidents/100 skieurs/saison** (Tableau 8).

SAISON	NOMBRE DE SKIEURS	NOMBRE DE BLESSURES	NOMBRE DE BLESSURES/100 SKIEURS/SAISON
1994/1995	52	38	73
1995/1996	66	47	71,2
1996/1997	73	51	69,8
1997/1998	74	52	70,2
1998/1999	72	58	80,5
1999/2000	83	68	81,9
2000/2001	68	54	79,4
2001/2002	71	61	85,9
2002/2003	60	50	83,3
2003/2004	57	46	80,7
2004/2005	71	90	126,7
2005/2006	78	53	67,9
2006/2007	79	57	72,1
2007/2008	69	47	68,1
2008/2009	71	38	53,5
2009/2010	60	43	71,6
2010/2011	58	31	53,4
TOTAL		884	1289,2

Tableau 7 : Nombre moyen de blessures pour 100 skieurs par saison.

SAISON	NOMBRE DE SKIEURS	NOMBRE D'ACCIDENTS	NOMBRE D'ACCIDENTS/100 SKIEURS/SAISON
1994/1995	52	37	71,1
1995/1996	66	44	66,6
1996/1997	73	42	57,5
1997/1998	74	48	64,8
1998/1999	72	56	77,7
1999/2000	83	66	79,5
2000/2001	68	54	79,4
2001/2002	71	61	85,9
2002/2003	60	48	80
2003/2004	57	46	80,7
2004/2005	71	79	111,2
2005/2006	78	53	67,9
2006/2007	79	57	72,1
2007/2008	69	47	68,1
2008/2009	71	38	53,5
2009/2010	60	41	68,3
2010/2011	58	31	53,4
TOTAL		848	1237,7

Tableau 8 : Nombre moyen d'accidents pour 100 skieurs par saison

Le nombre de journées de ski par skieur par saison est évalué à environ 200. En multipliant ce nombre par le nombre de skieurs par saison et en faisant la moyenne de toutes les saisons additionnées (sur 17 saisons), nous obtenons **13670,59 journées-skieurs par saison**, soit **62,03 accidents pour 1000 journées-skieurs par saison** et **64,66 blessures pour 1000 journées-skieurs par saison** (Tableau 9).

SAISON	NOMBRE DE SKIEURS	NOMBRE DE JOURNEES/SKIEUR/SAISON
1994/1995	52	10400
1995/1996	66	13200
1996/1997	73	14600
1997/1998	74	14800
1998/1999	72	14400
1999/2000	83	16600
2000/2001	68	13600
2001/2002	71	14200
2002/2003	60	12000
2003/2004	57	11400
2004/2005	71	14200
2005/2006	78	15600
2006/2007	79	15800
2007/2008	69	13800
2008/2009	71	14200
2009/2010	60	12000
2010/2011	58	11600
TOTAL		232400

Tableau 9 : Nombre moyen de journées-skieurs par saison

2.3.1.2. Répartition des blessures en fonction de la localisation

Le membre inférieur représente 63,5% des blessures (561), le membre supérieur 22% (195), le rachis 7,4% (65), la tête 5% (44), le thorax 1,8% (16) et l'abdomen 0,3% (3) (Figure 8).

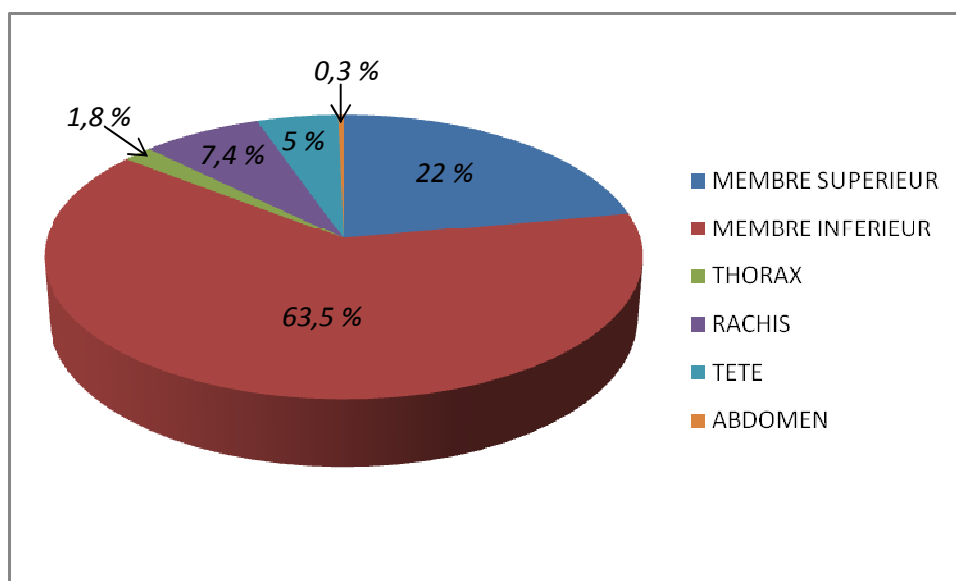


Figure 8 : Localisation des blessures

2.3.1.2.1. Membre inférieur

Le membre inférieur (MI) est la région la plus atteinte avec **63,5%** des blessures. Le genou représente 49% des blessures (275) du membre inférieur, la cheville 24% (133), la cuisse 12% (69), la jambe 7% (37), le pied 5% (29) et le bassin 3% (18) (Figure 9).

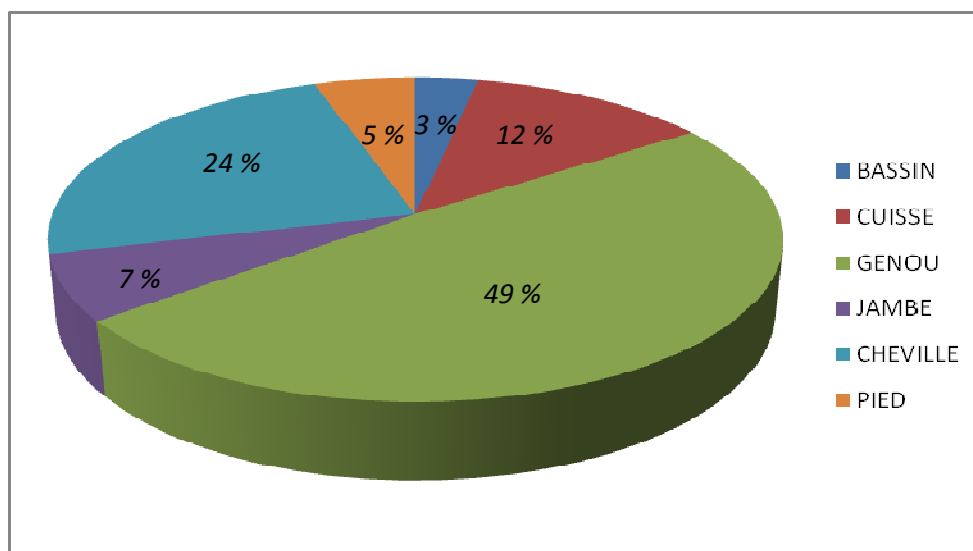


Figure 9 : Répartition des blessures du membre inférieur

2.3.1.2.1.1. Le bassin

Le bassin représente **3% des blessures du membre inférieur soit 2% de toutes les blessures**. Les atteintes du bassin sont dominées par les contusions au nombre de 11 (hanche, coccyx) (Figure 10).

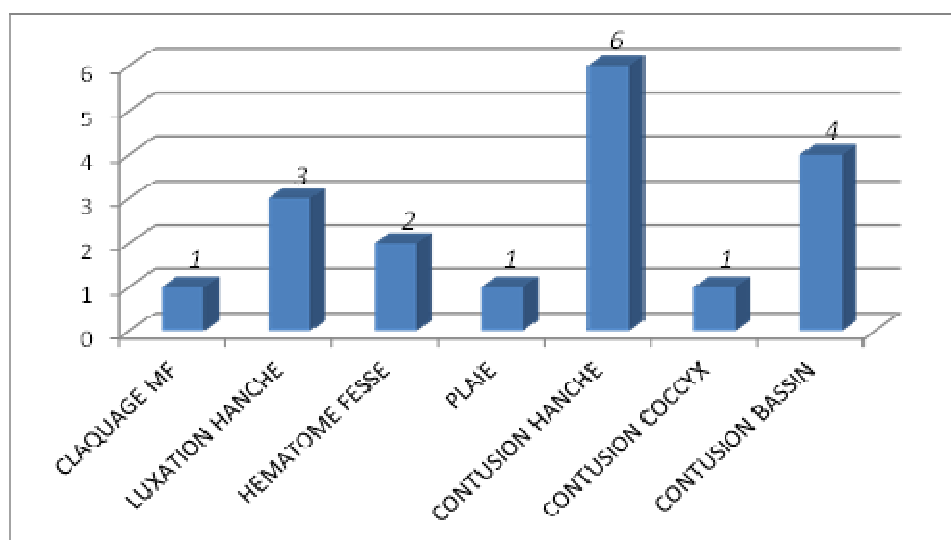


Figure 10 : Les lésions du bassin (MF : moyen fessier)

2.3.1.2.1.2. La cuisse

La cuisse représente **12% des blessures du membre inférieur** et **7,8% de toutes les blessures**. Les lésions musculaires représentent la majorité des atteintes de la cuisse : 1 contracture, 6 élongations, 49 claquages, 6 déchirures et surtout des atteintes des ischio-jambiers et du quadriceps (figure 11).

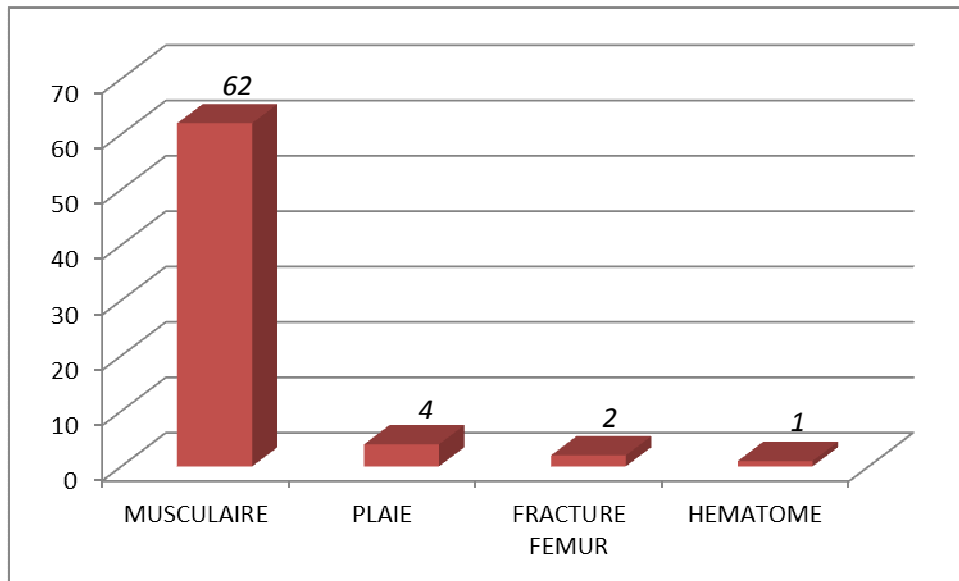


Figure 11 : Les atteintes de la cuisse

2.3.1.2.1.3. Le genou

Le genou est la région la plus atteinte par la traumatologie du ski alpin dans notre étude. L'entorse grave (qui touche le pivot central : LCA et/ou LCP avec ou sans atteinte périphérique) représente **43,6% des lésions du genou** (120 sur 275 lésions) et **31,1% de toutes les blessures**. L'entorse bénigne (lésion périphérique isolée) représente **31,3%** des blessures du genou (86 sur 275) et 9,7% de toutes les blessures (Figure 12).

Plus précisément, il faut retenir :

- **Les entorses graves** : 40% d'atteintes isolées du LCA, 9% de lésions partielles du LCA (en général non opérées), 3% d'atteintes du LCA associées à un ménisque, 3% de lésions du LCA associées au LLI, 0,5% de lésions du LCA associées au LLE, 1%

de lésions isolées du LCP, 0,5% de lésions du LCP associées à un ménisque et 1% de lésions du LCA et du LCP (Figure 13).

Les entorses de LCA (117) représentent **13,2%** de toutes les blessures.

- **Les entorses bénignes** : 29% d'entorses du LLI, 7% d'entorses du LLE et 1% d'entorses tibio-péronières supérieures (Figure 13).
- **Les autres lésions** : 9,5% d'atteintes méniscales (26), 7,6% de contusions osseuses diagnostiquées à l'IRM (21), 2,5% d'atteintes du tendon rotulien (7), 1,1% d'entorses tibio-péronières (3), 0,7% de luxations de rotule (2), 0,7% de lésions du tendon quadricipital (2), 0,4% de fractures du plateau tibial (1), 0,4% de plaies capsulaires (1) et 2,2% de lésions tendineuses autres (au nombre de 6 : il s'agit de tendinopathies du biceps crural ou du poplité) (Figure 13).

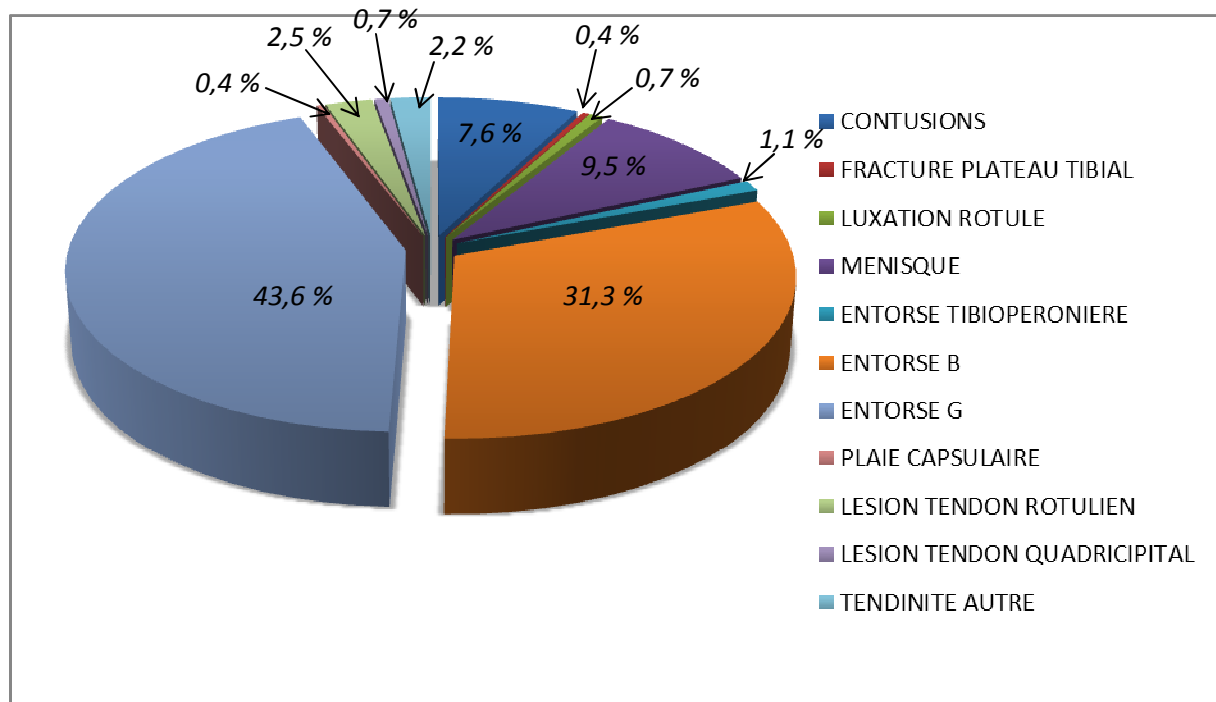


Figure 12 : Les atteintes du genou

ENTORSE B : entorse bénigne

ENTORSE G : entorse grave

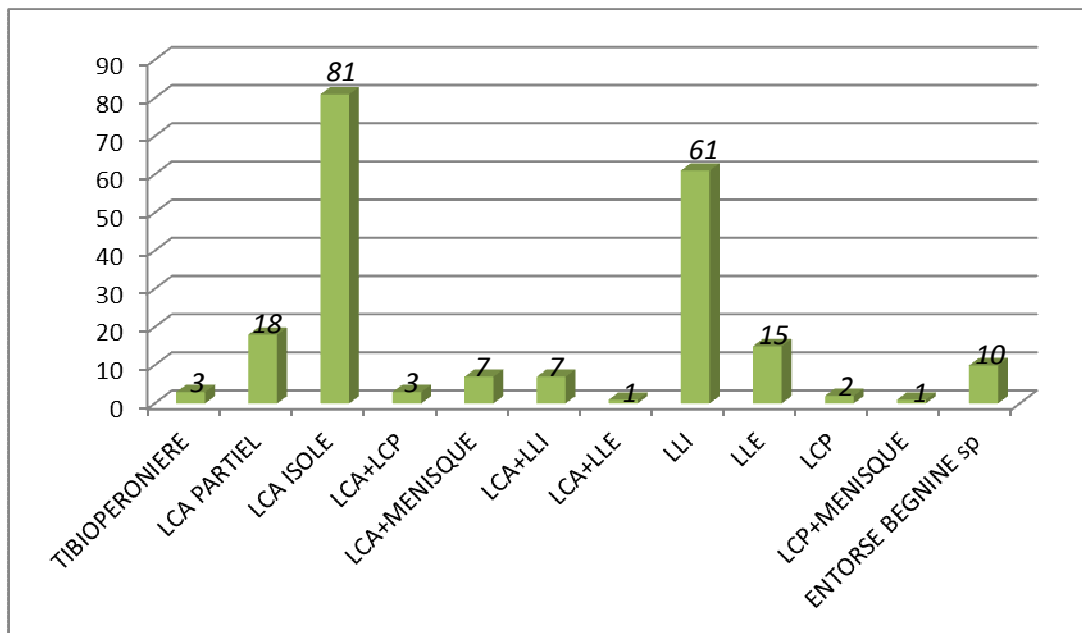


Figure 13 : Les entorses du genou (ENTORSE SP : non renseignée)

2.3.1.2.1.4. La jambe

La jambe représente **7% des blessures du membre inférieur soit 4,1% de toutes les blessures**. Dans les atteintes de la jambe. Nous comptons 15 lésions musculaires (40,5%) (7 élongations, 4 claquages, 4 déchirures et le gastrocnémien compte pour 81% des lésions), 16 fractures (43% des lésions du membre inférieur mais 1,8% de toutes les blessures), 1 hématome et 5 contusions (Figure 14).

Les fractures regroupent 10 fractures du tibia, 4 fractures de la fibula, 2 fractures des deux os de la jambe.

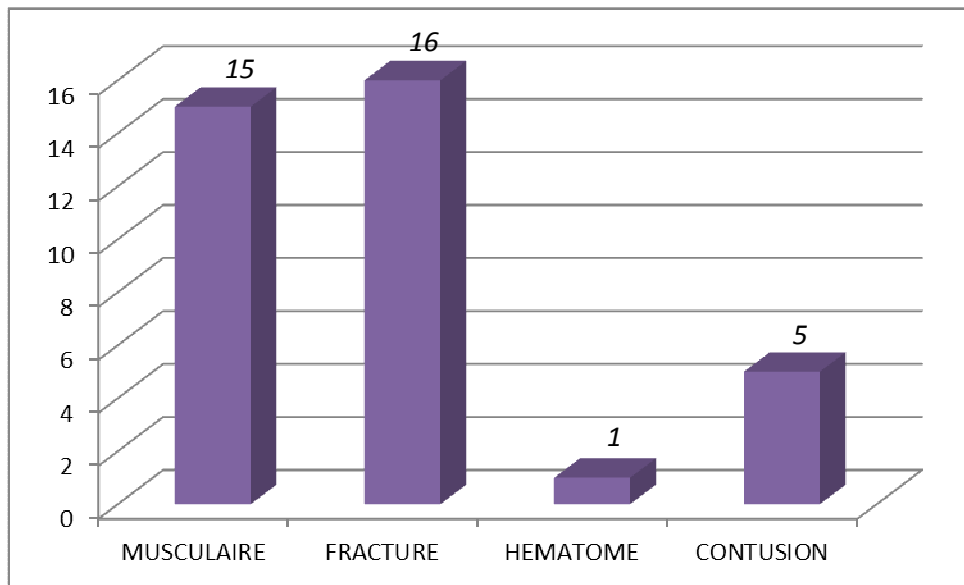


Figure 14 : Les lésions de la jambe

2.3.1.2.1.5. La cheville

La cheville regroupe **24% des lésions du membre inférieur et 15% de toutes les blessures**. **Les entorses représentent 93,2% des lésions de la cheville** (124 sur 133 lésions) (Figure 15) avec une nette prédominance de l'entorse du ligament latéral externe (LLE) (53%) (Figure 16). L'entorse de cheville représente ainsi **14% de toutes les blessures** et **11,5%** ne concernent que les lésions survenues dans la pratique du ski. Il existe aussi 3% de contusions, 3% de fractures (3 fractures malléolaires et 1 de l'astragale) et 0,8% de ruptures du tendon d'Achille.

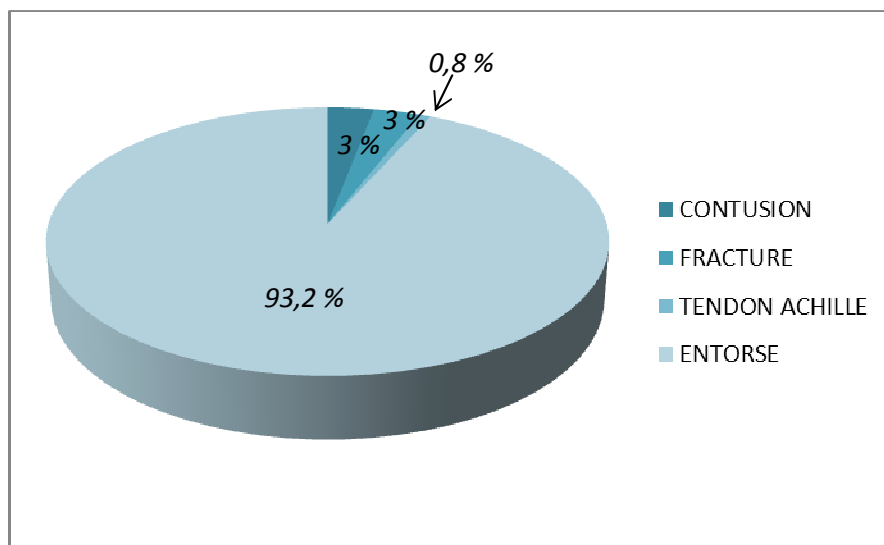


Figure 15: Les lésions de la cheville

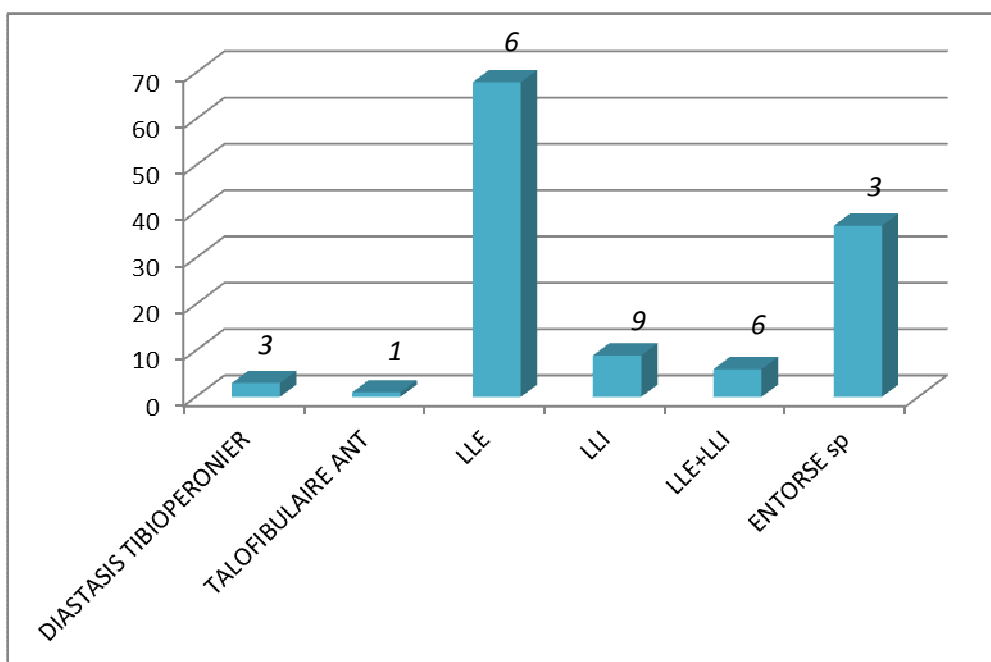


Figure 16: Les entorses de cheville

SP : sans particularité (non renseigné)

ANT : antérieur

LLE : ligament latéral externe

2.3.1.2.1.6. Le pied

Le pied regroupe **5% des blessures du membre inférieur soit 3,2% de toutes les blessures**. Nous comptons 14 entorses (6 du médiotarse, 2 du lisfranc, 4 du chopart et 2 des métatarsophalangiennes), 8 fractures, 5 contusions, 2 lésions tendineuses (Figure 17).

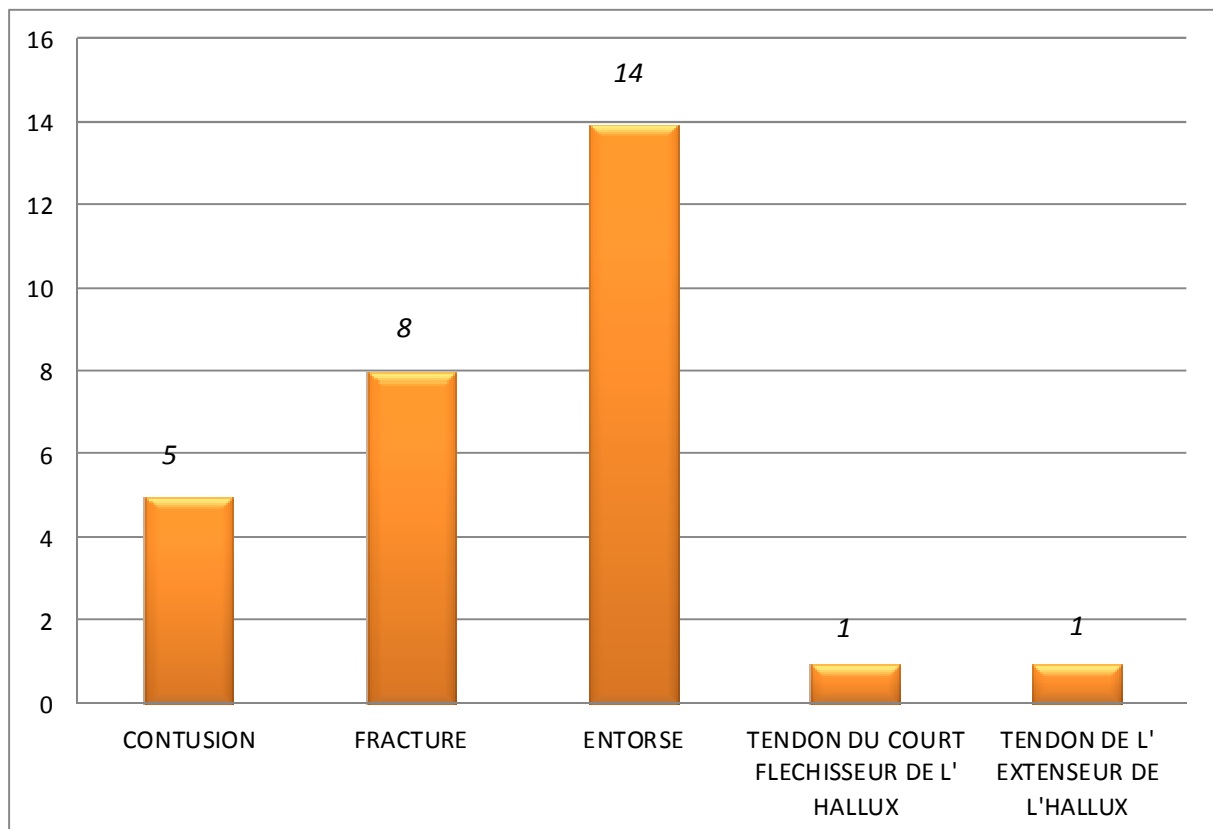


Figure 17 : Les atteintes du pied

2.3.1.2.2. Membre supérieur

Le membre supérieur (MS) totalise **22% des lésions constatées**. Les lésions de la main représentent **45% (87) des lésions du MS**, l'épaule **39% (76)**, l'avant-bras **6% (12)**, le coude **5% (10)**, le bras **4% (5)** et le poignet **2% (4 entorses du poignet)** (Figure 18).

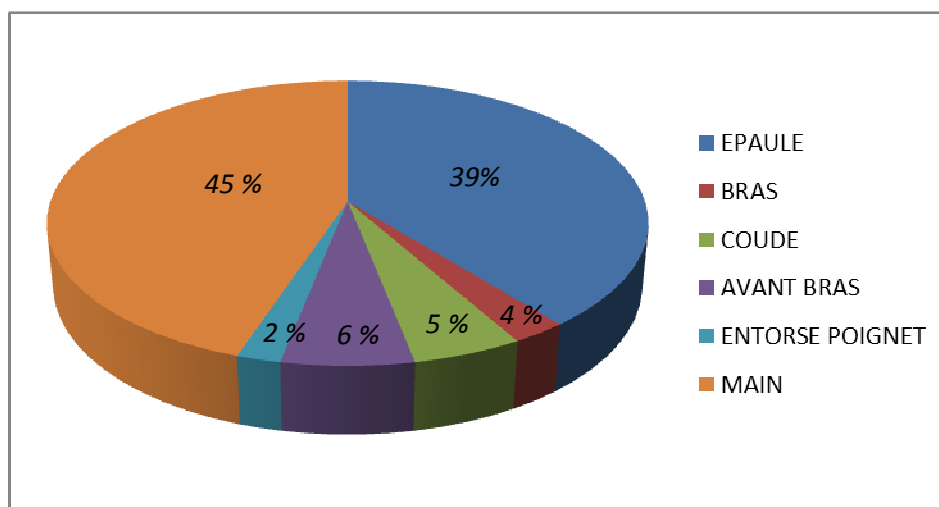


Figure 18 : Répartition des lésions du membre supérieur

2.3.1.2.2.1. L'épaule

L'épaule **représente 39% des lésions du membre supérieur soit 8,5% de toutes les lésions**. Il faut noter **58% (44) de luxations soit 4,9% de toutes les blessures**, 14% (11) de contusions, 14% (11) de lésions de la coiffe des rotateurs, 12% (9) de fractures (7 fractures de clavicule et 2 fractures de scapula) et 1% (1) de lésions du plexus brachial (Figure 19).

Parmi les luxations, nous retrouvons 44% de disjonctions acromio-claviculaires (18), 14% de subluxations, 9% de luxations antéro-internes, 9% de luxations postérieures et 27% sans diagnostic précis.

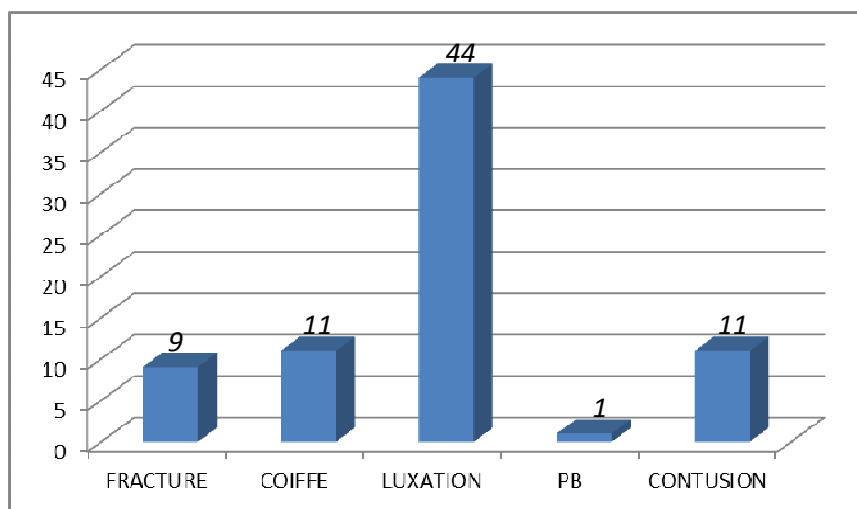


Figure 19 : Les atteintes de l'épaule

PB : plexus brachial

2.3.1.2.2.2. Le bras

Le bras totalise **4% des blessures du membre supérieur soit 0,6% de toutes les lésions**. Nous retrouvons 3 fractures de l'humérus (60%), 1 plaie articulaire (20%) et 1 contusion (20%) (Figure 20).

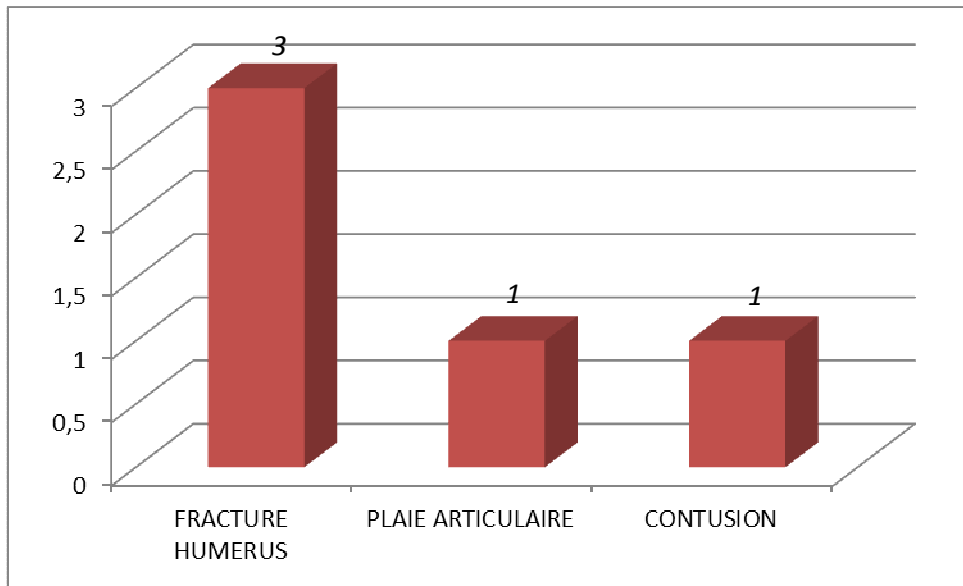


Figure 20 : Les blessures du bras

2.3.1.2.2.3. *Le coude*

Le coude regroupe **3% des blessures soit 1,1% des lésions du membre supérieur**. Il faut retenir 3 contusions (30%), 2 luxations (20%), 2 fractures de l'olécrâne (20%), 1 lésion ligamentaire sans luxation (10%), 1 plaie extra-articulaire (10%) et 1 lésion du tendon tricipital (10%) (Figure 21).

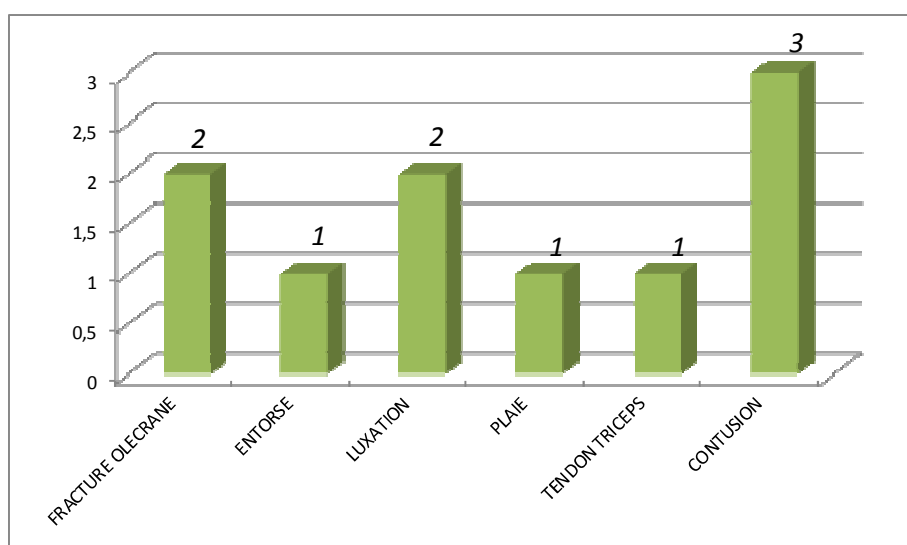


Figure 21 : Les lésions du coude

2.3.1.2.2.4. L'avant-bras

L'avant-bras représente **1,3% de toutes les blessures et 6% des blessures du membre supérieur**. Nous retenons 59% (7) de fractures du radius, 16% (2) de fractures de l'ulna et 25% (3) de contusions (Figure 22).

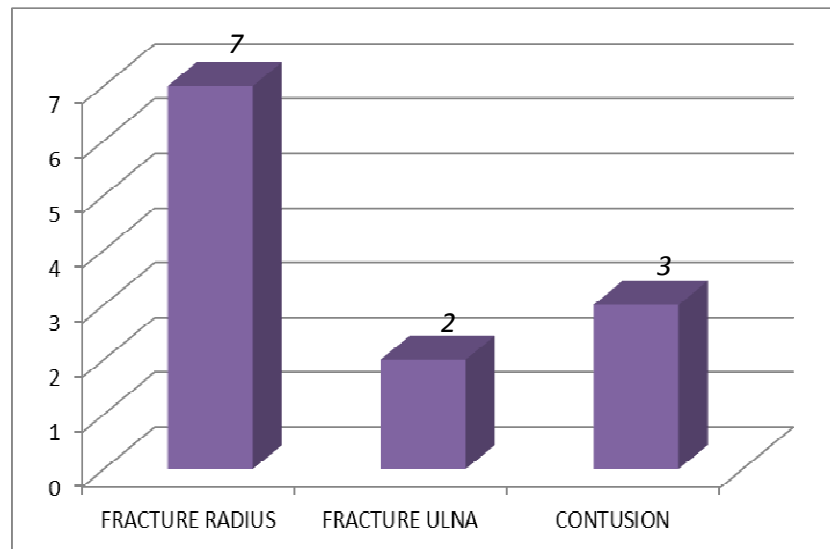


Figure 22 : Les blessures de l'avant-bras

2.3.1.2.2.5. Le poignet

Les entorses du poignet sont au nombre de 4 et représentent **2%** de l'ensemble des blessures recensées.

2.3.1.2.2.6. La main

La main totalise 45% des lésions du membre supérieur soit 9,8% de toutes les blessures. Les entorses représentent 54% (47) des lésions de la main (53% d'entorses du LLI de la métacarpo-phalangienne du pouce et 1% d'atteintes du ligament capito-triquétral), les fractures 30% (30) (15% pour les métacarpes, 5% pour les doigts, 3% pour le scaphoïde et 2% pour le trapèze). Les luxations, les contusions, et la rupture du tendon extenseur du pouce représentent respectivement 3%, 7%, et 1% des lésions de la main (Figures 23 et 24).

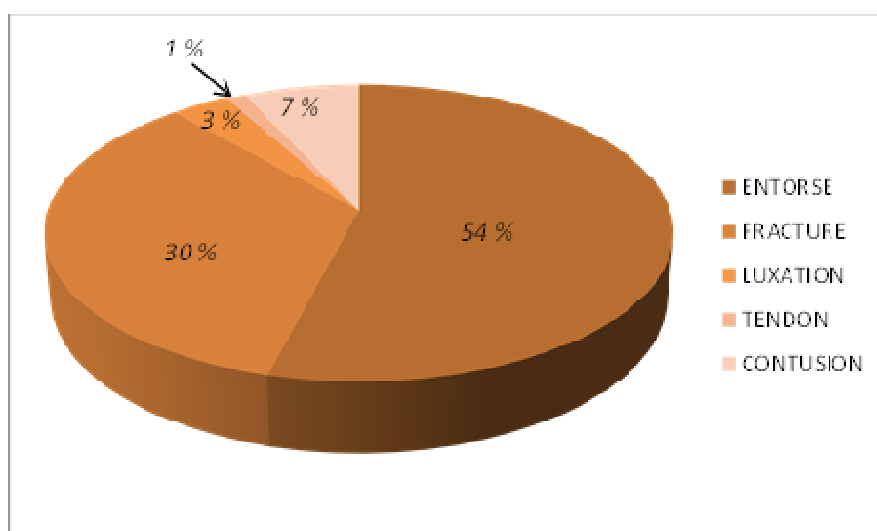


Figure 23 : Les lésions de la main

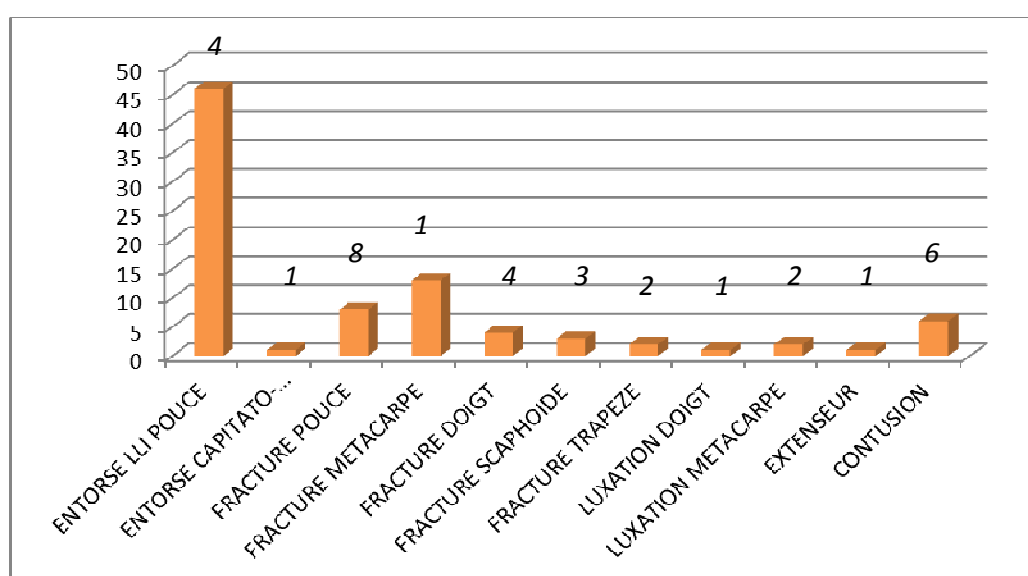


Figure 24 : Détail des blessures de la main

5,2% de toutes les blessures concernent les entorses du LLI du pouce. Elles prédominent chez les hommes avec 60% (28 entorses) contre 40% (18 entorses) chez les femmes.

2.3.1.2.3. Rachis

7,4% de toutes les lésions concernent le rachis. Le rachis lombaire regroupe **60%** des atteintes rachidiennes (39), le rachis cervical 28% (18) et le rachis dorsal 12% (8) (Figure 25).

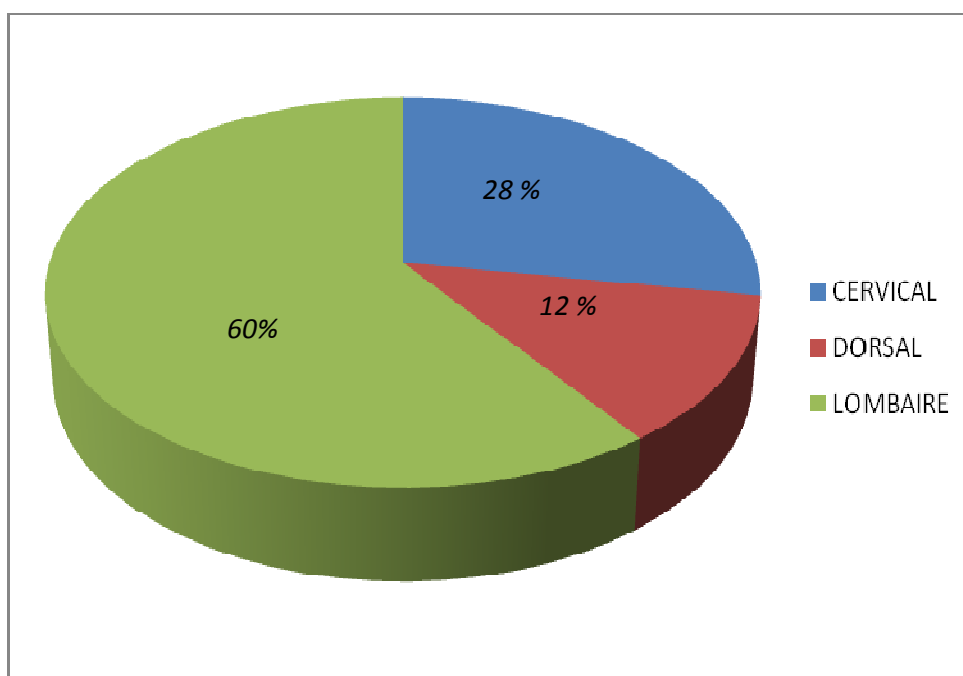


Figure 25 : répartition des lésions rachidiennes

Parmi ces lésions du rachis, les lombalgies aiguës représentent 38,5%, les entorses cervicales 21,5%, les dorsalgies aiguës et les hernies discales chacune 10,8%, les cervicalgies aiguës, les fractures lombaires et les sciatalgies chacune 4,6%, les fractures cervicales, les fractures dorsales et les hématomes chacun 1,5% (Figure 26).

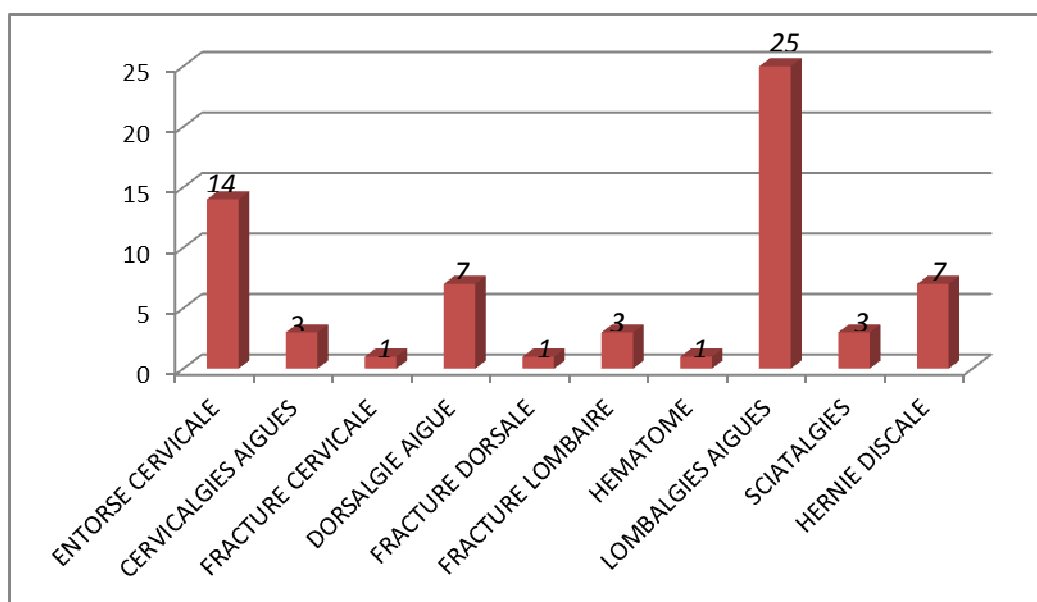


Figure 26 : Détail des atteintes rachidiennes

2.3.1.2.4. Tête

5% des blessures concernent la tête (66% de traumatismes crâniens (TC) et 34% de lésions de la face) (Figure 27 et 28).

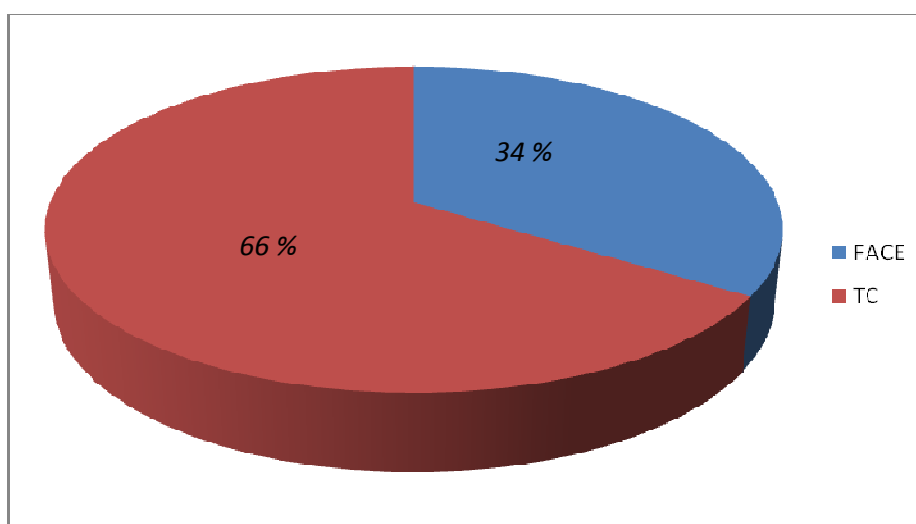


Figure 27 : Répartition des blessures de la tête

Les **TC** représentent **3,2%** de toutes les blessures. Parmi ces TC, nous retenons 52% de traumatismes crâniens sans perte de connaissance (TC - PC), 41% de TC avec perte de connaissance (TC + PC) et 2 décès (7%) (Figure 29).

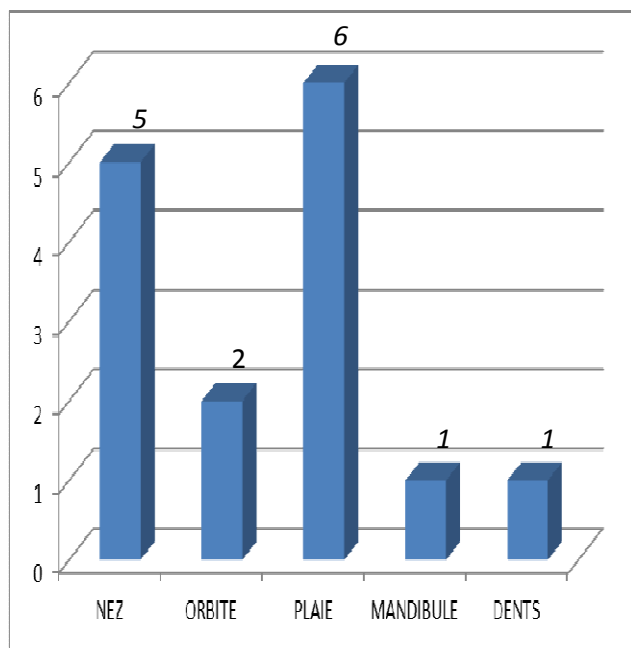


Figure 28 : Les atteintes de la face

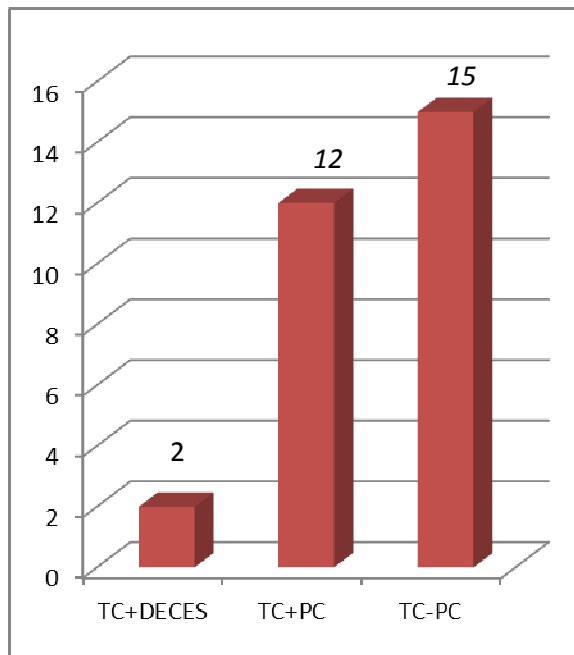


Figure 29 : Les traumatismes crâniens

2.3.1.2.5. Thorax

Le thorax regroupe **1,8% des blessures**, dont 75% de lésions du gril costal (8 fractures costales et 4 contusions costales) (Figure 30). Nous retrouvons également 2 entorses sterno-claviculaires (12,5%) et 2 hémopneumothorax (12,5%).

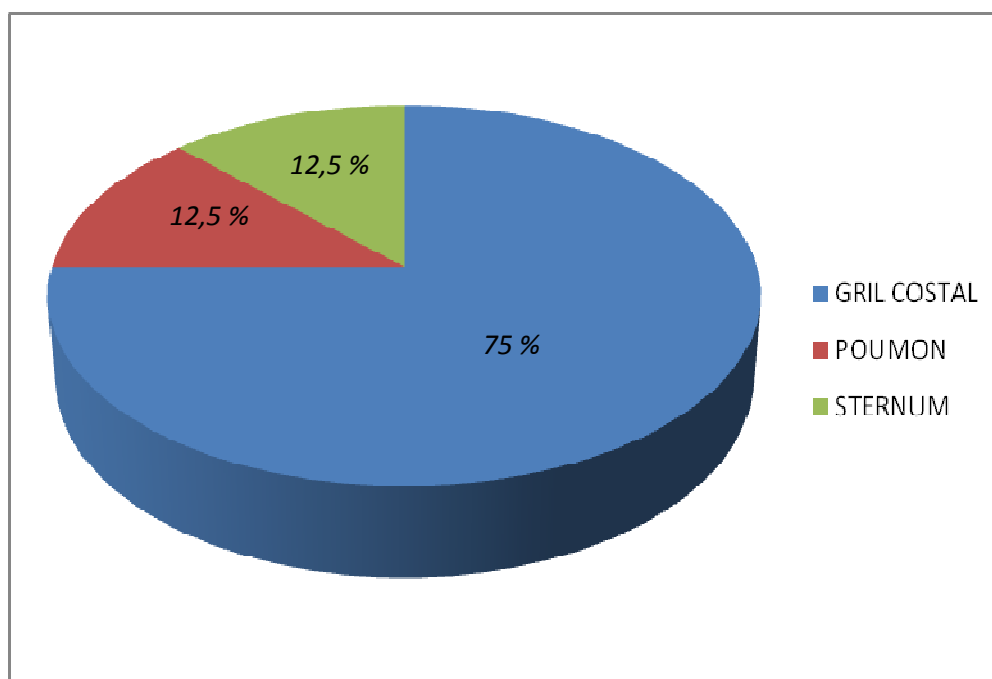


Figure 30 : Répartition des lésions thoraciques

2.3.1.2.6. Abdomen

Les atteintes de l'abdomen représentent **0,3% des lésions** et se composent d'un hématome testiculaire gauche, d'un claquage du muscle oblique et d'une contusion.

En résumé, 63,5% des lésions concernent le membre inférieur et le genou totalise à lui seul 31,1% de toutes les blessures. La cheville représente le quart des lésions du membre inférieur. Le membre supérieur totalise 22% des blessures, dont 84% pour la main et l'épaule réunies. Le membre inférieur et le membre supérieur représentent ainsi, à eux-seuls, 85% de toutes les lésions recensées (Tableau 10).

Siège principal	Nombre d'accidents	%
Genou	275	31,1%
Cheville	133	15,0%
Main	87	9,8%
Epaule	76	8,5%
Cuisse	68	7,8%
Rachis lombaire	39	4,4%
Jambe	38	4,1%
Pied	29	3,3%
Traumatisme crânien	29	3,3%
Bassin	18	2,0%
Rachis cervical	18	2,0%
Face	15	1,7%
Avant-bras	13	1,5%
Gril costal	12	1,4%
Coude	10	1,1%
Rachis dorsal	8	0,9%
Bras	5	0,6%
Poignet	4	0,5%
Poumon	2	0,2%
Sternum	2	0,2%
Flanc	1	0,1%
Organes génitaux externes	1	0,1%
Muscle oblique	1	0,1%
	884	100,0%

Tableau 10 : Répartition des blessures en fonction du siège principal

2.3.1.3. Répartition des blessures en fonction de leur nature

Les entorses regroupent **46,8%** (414) des blessures, les fractures **11,9%** (115), les lésions musculaires **8,9%** (79), les contusions **8,1%** (75), les luxations **6,1%** (54), les algies rachidiennes **5,1%** (45), les atteintes tendineuses **3,4%** (30), les traumatismes crâniens **3,3%** (29), les atteintes méniscales **2,9%** (26) (dont 46% de lésions du ménisque externe, 46% de lésions du ménisque interne et 8% de lésions non renseignées), les plaies **1,6%** (14), les hématomes **0,9%** (8), les hémopneumothorax **0,2%** (2) (Figure 31).

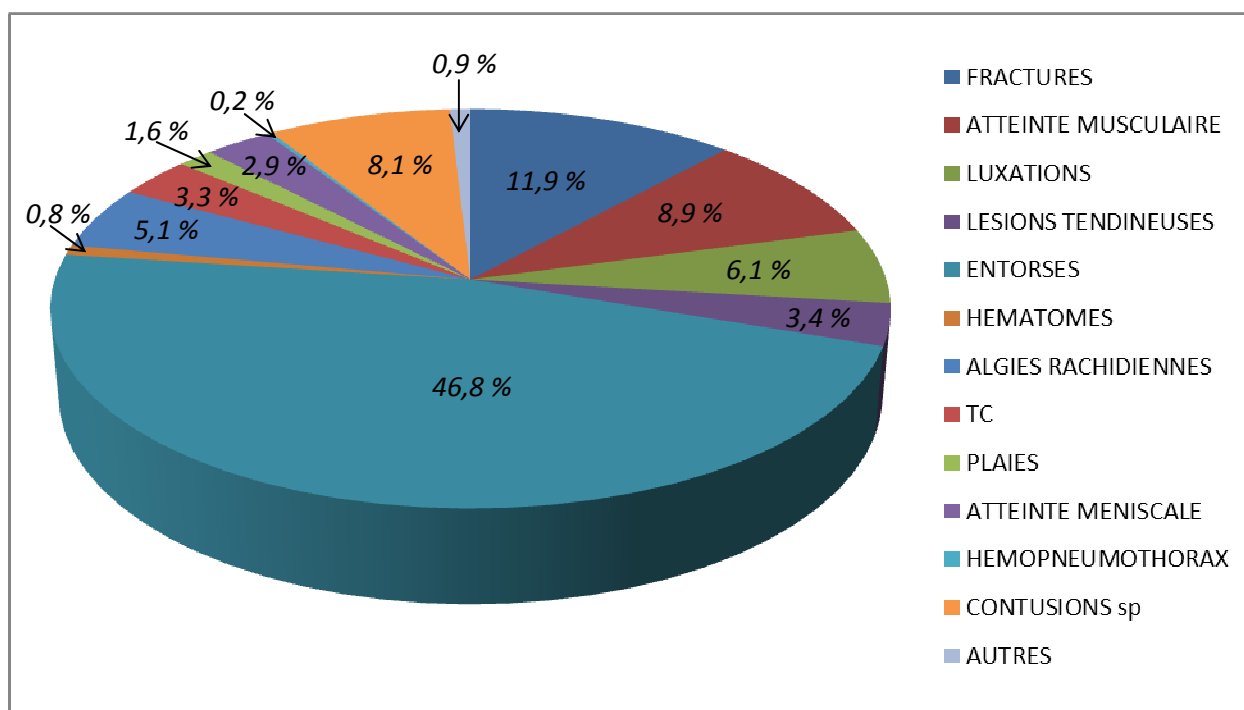


Figure 31 : Répartition des blessures en fonction de leur nature

Autres : 2 hydarthroses, 1 hémarthrose, 1 atteinte du plexus brachial

2.3.1.3.1. Les entorses

Nous retenons la nette prédominance des entorses du **genou avec 49,7%** des entorses (209), suivies de la **cheville avec 30%** (124), de la **main 11,3%** (47 avec une majorité d'entorses du LLI du pouce). (Figure 32).

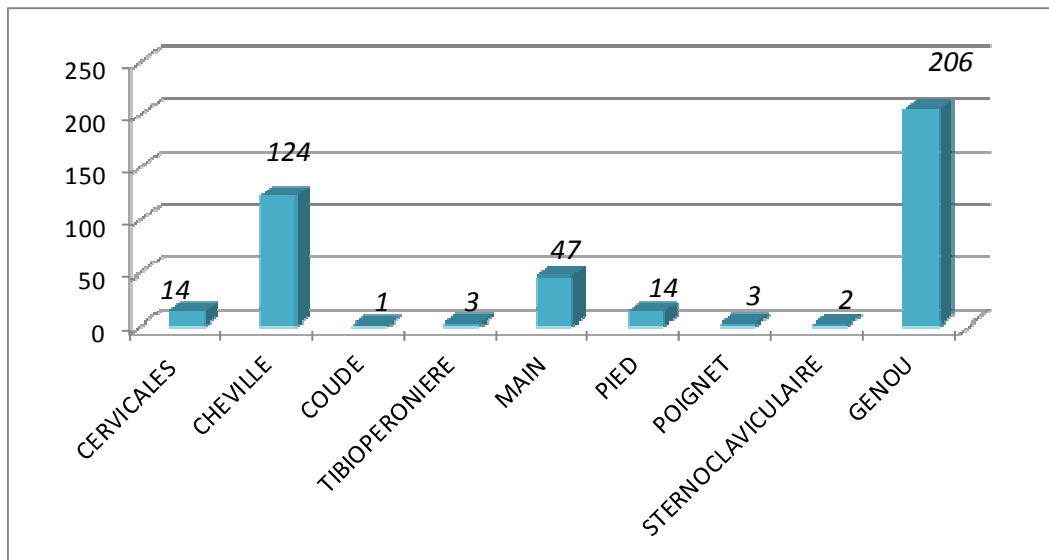


Figure 32 : Répartition des entorses

2.3.1.3.2. Les fractures

Les fractures touchent le membre supérieur dans **51,4%** (54) des cas, le membre inférieur dans **29,5%** (31), le gril costal dans **7,6%** (8), la face dans **6,7%** (7) et le rachis dans **4,8%** (5) (Figure 33).

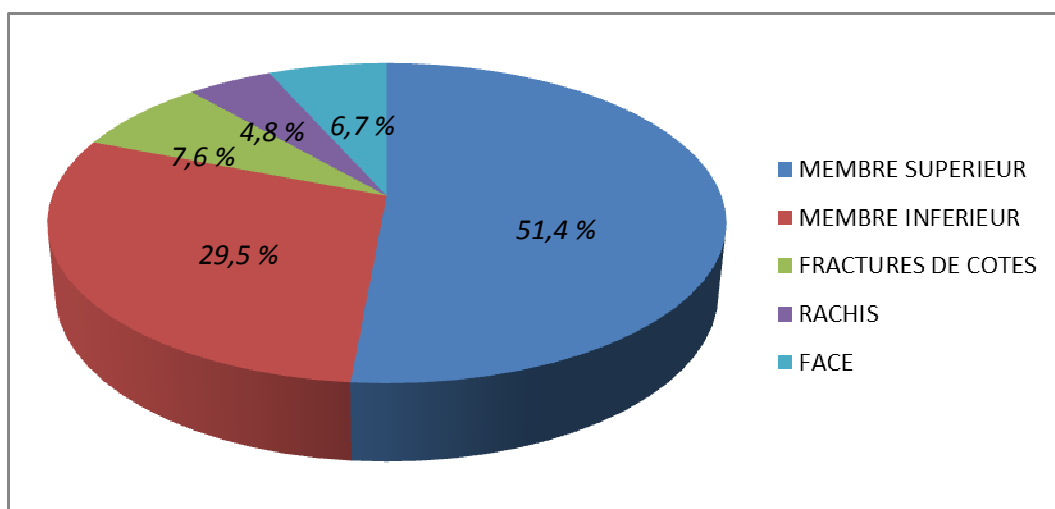


Figure 33 : Répartition des fractures

Concernant les fractures du membre supérieur, la main représente 40% (25% pour les métacarpiens et 15% pour le pouce), le radius 6,6% et la clavicule 6,6% (Figure 34).

Le tibia est impliqué dans 38% des fractures du membre inférieur (Figure 35) et 11,4% de toutes les fractures.

Pour les fractures de la face, il s'agit d'1 fracture de la mandibule, d'1 fracture de l'orbite et de 5 fractures du nez.

Au niveau du rachis, nous retrouvons 1 fracture cervicale, 1 dorsale et 3 lombaires.

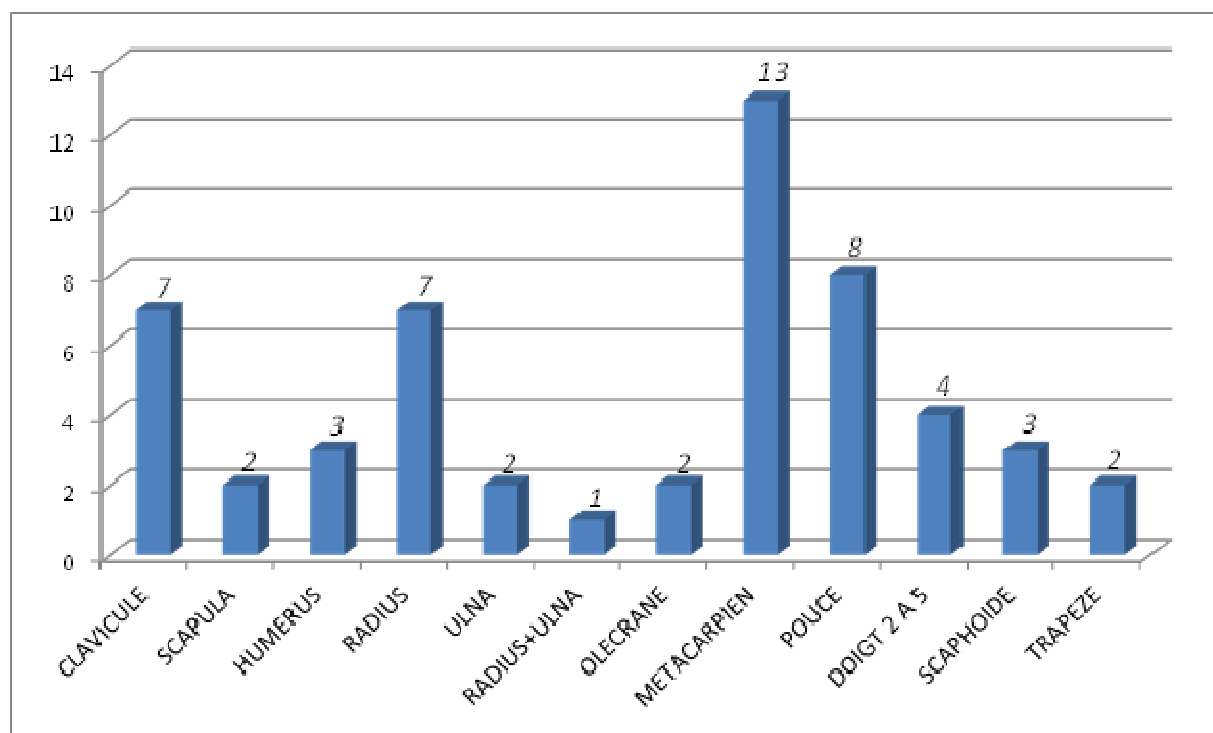


Figure 34 : Répartition des fractures du membre supérieur

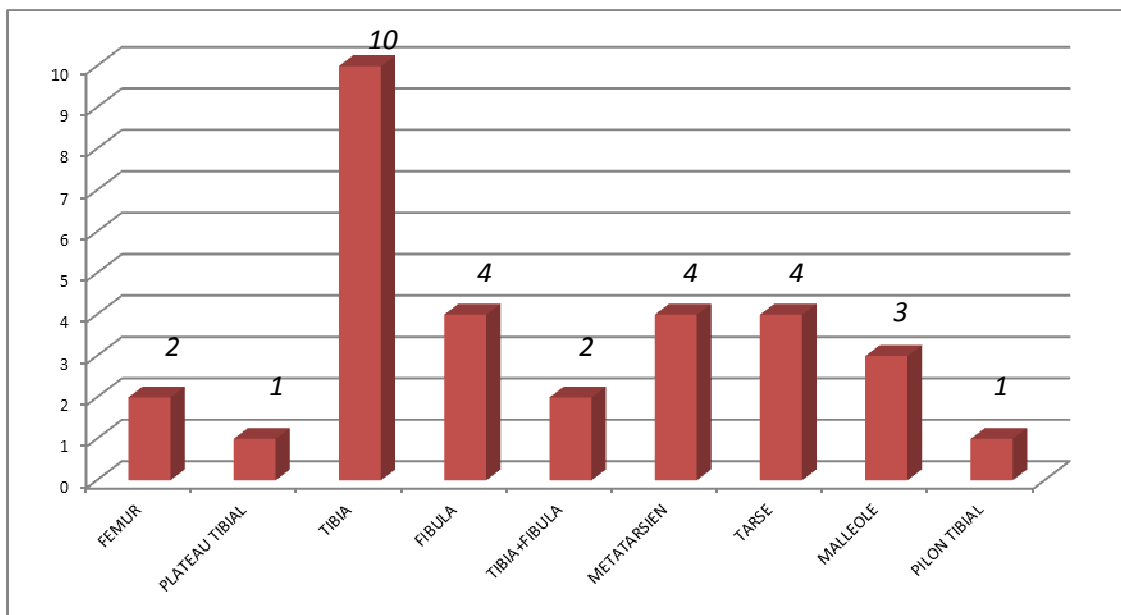


Figure 35 : Répartition des fractures du membre inférieur

2.3.1.3.3. Les lésions musculaires

Nous retrouvons **67%** de déchirures (53), **16%** d'élongations (13), **15%** de claquages (12) et **1%** de contractures (1) réparties selon le tableau 11.

MUSCLES	NOMBRE
OBLIQUES	1
GRAND FESSIER	1
ISCHIO JAMBIERS	27
QUADRICEPS	20
TRICEPS SURAL	14
ADDUCTEURS	12
COUTURIER	1
JAMBIER ANTERIEUR	1
JAMBIER POSTERIEUR	1
CLAQUAGE sp	1
TOTAL	79

Tableau 11 : Répartition des lésions musculaires

2.3.1.3.4. Les luxations

Les luxations d'épaule représentent **80%** des luxations (44), celles du coude **4%** (2), les luxations de la main **6%** (3) tout comme les luxations de hanche. Il existe **4%** de luxations de rotule (2) (Tableau 12).

LUXATIONS	NOMBRE
EPAULE	44
ANTERO INTERNES	4
POSTERIEURES	4
SUBLUXATIONS	6
DAC	18
LUXATIONS sp	12
COUDE	2
MAIN	3
DOIGT	1
METACARPIEN	2
HANCHE	3
ROTULE	2
TOTAL	54

Tableau 12 : Répartition des luxations

DAC : disjonction acromio-claviculaire

2.3.1.3.5. Les lésions tendineuses

La majorité des lésions tendineuses concerne le genou (46% des lésions tendineuses) (Tableau 13).

LESIONS TENDINEUSES	NOMBRE
COUDE	1
RUPTURE PARTIELLE TENDON TRICEPS BRACHIAL	1
MAIN	1
RUPTURE EXTENSEUR DU POUCE	1
GENOU	14
TENDINOPATHIE ROTULIENNE	3
RUPTURE TENDON ROTULIEN	4
RUPTURE TENDON QUADRICIPITAL	3
RUPTURE PARTIELLE TENDON TRICEPS SURAL	1
ATTEINTE BICEPS FEMORAL	1
TENDINITE POPLITEE	1
TENDINITE sp	1
CHEVILLE	1
RUPTURE TENDON D'ACHILLE	1
PIED	2
RUPTURE EXTENSEUR HALLUX	1
RUPTURE COURT FLECHISSEUR HALLUX	1
TOTAL	30

Tableau 13 : Répartition des lésions tendineuses

Au total, les entorses représentent près de la moitié des blessures : la moitié de ces lésions concerne le genou, le tiers la cheville et le dixième la main. Les fractures regroupent 10% des blessures, dont la moitié pour le membre supérieur et le tiers pour le membre inférieur. Le tibia représente plus du tiers des fractures du membre inférieur, 11% de toutes les fractures mais seulement 1,8% de toutes les blessures. Les lésions musculaires regroupent un peu moins de 10% des blessures totales et les deux tiers sont des déchirures (les muscles les plus touchés sont les ischio-jambiers les quadriceps et les adducteurs). Enfin, 80% des luxations concernent l'épaule.

2.3.1.4. Les circonstances des accidents

62,1% des blessures concernent des traumatismes survenant à l'entraînement, **30,4%** en compétition (269), **6,4%** au cours de la préparation physique (56). **1,1%** (10) ne font pas suite à un accident sportif (Figure 36). Pour simplifier les résultats, nous avons inclus les blessures en « official training » (entraînement avant la manche de descente en compétition) dans les blessures en « compétition » et les blessures en « sports collectifs » et « sports individuels » dans « préparation physique ». Le détail figure dans le tableau 14.

Dans les sports individuels nous retrouvons 2 blessures au trampoline, 2 en gymnastique, 3 en séance de musculation, 1 en roller, 3 en course à pied, 2 en athlétisme, 2 en escalade, 1 en équitation et 1 en planche à voile.

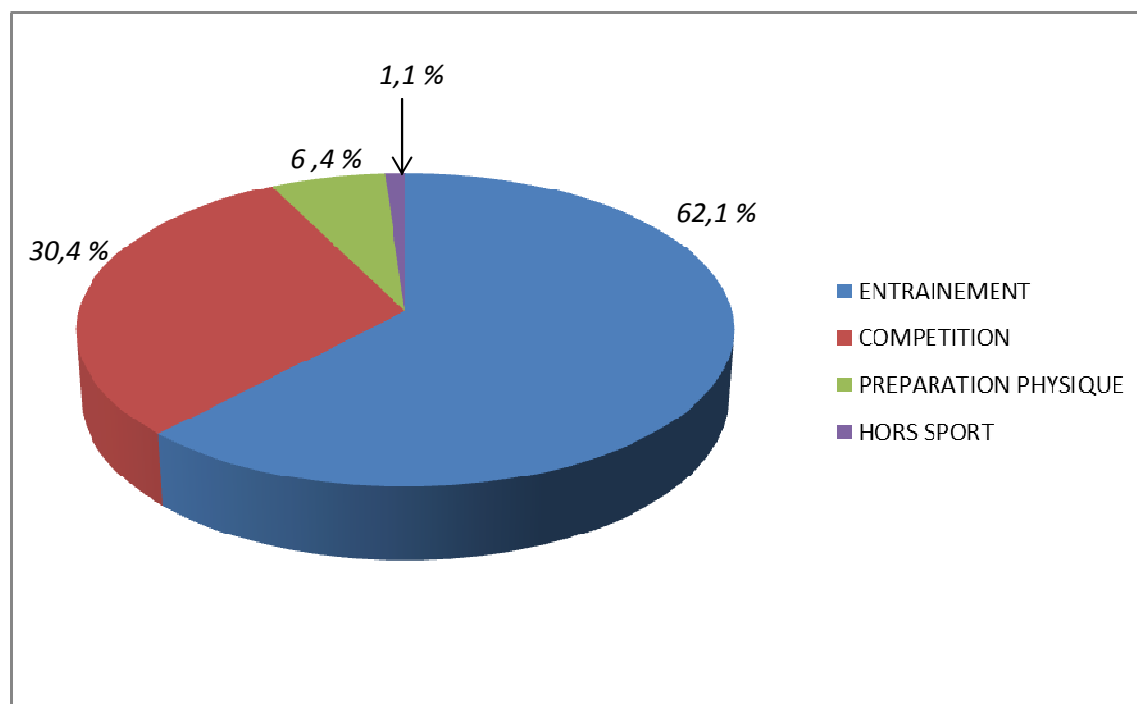


Figure 36 : Répartition des circonstances des blessures

CIRCONSTANCES	%
ENTRAINEMENT	62,1%
COMPETITION	30,2%
OFFICIAL TRAINING	0,2%
PREPARATION PHYSIQUE	1,9%
SPORTS COLLECTIFS	2,6%
SPORTS INDIVIDUELS	1,9%
HORS SPORT	1,1%

Tableau 14 : Détail des circonstances des blessures

Les entorses de cheville survenues hors ski sont au nombre de 22 (sports collectifs, sports individuels et hors sport), représentent 2,4% des blessures et **17,7%** des entorses de cheville. Ces lésions survenues hors ski représentent **5,5%** des blessures totales (Tableau 15).

LESIONS HORS SKI	NOMBRE
CLAQUAGES	4
LUXATIONS D'EPAULE	1
DAC	1
ENTORSES CHEVILLE	22
ENTORSES LLI GENOU	1
ENTORSES LLI POUCE	1
ENTORSES PIED	3
FRACTURES	6
LOMBALGIES AIGUES	4
PLAIES	1
TC	1
RUPTURES TENDON D'ACHILLE	1
CONTUSIONS	3
TOTAL	49

Tableau 15 : Blessures survenues hors ski

Les lésions survenues en ski (entraînement et compétition) concernent 92,5% de toutes les blessures.

2.3.1.5. Durée d'arrêt sportif secondaire à une blessure

Nous considérons un arrêt sportif court s'il est inférieur à 28 jours et long s'il dépasse 28 jours (blessure grave). Notre étude rapporte 547 blessures ayant induit un arrêt court soit **62%** des blessures, et 337 blessures ayant nécessité un arrêt long soit **38%** (Tableau 16).

Nous obtenons **24,65** blessures graves pour 1000 journées-skieurs.

DUREE D'ARRET	NOMBRE DE LESIONS	%
< 7 jours	203	23
7-28 jours	344	39
28 jours - 3 mois	178	20
3-6 mois	88	10
> 6 mois	71	8
TOTAL	884	100

Tableau 16 : Répartition des blessures en fonction de la durée d'arrêt sportif

Parmi les blessures qui ont nécessité un arrêt de sport supérieur à 28 jours, les entorses graves du genou (112) représentent **33%** (12,6% des blessures), les entorses bénignes du genou **7%**, les autres entorses (18 entorses de cheville, 3 de la main, 6 du pied et 2 cervicales) **9%**, les fractures **24%**, les lésions musculaires **6%**, les algies rachidiennes (dorsalgies et lombalgies) **4%**, les lésions tendineuses **3%**, les contusions **3%**, les luxations (7 DAC, 6 luxations d'épaule, 3 luxations du bassin et 1 luxation du coude) **5%**, les traumatismes crâniens **2%**. Le reste des lésions (noté « autres » sur la figure 33) représente 4% et regroupe 2 hémopneumothorax, 1 hémarthrose, 1 atteinte du plexus brachial, 4 plaies, 3 lésions méniscales et 1 atteinte de la coiffe des rotateurs (Figure 37).

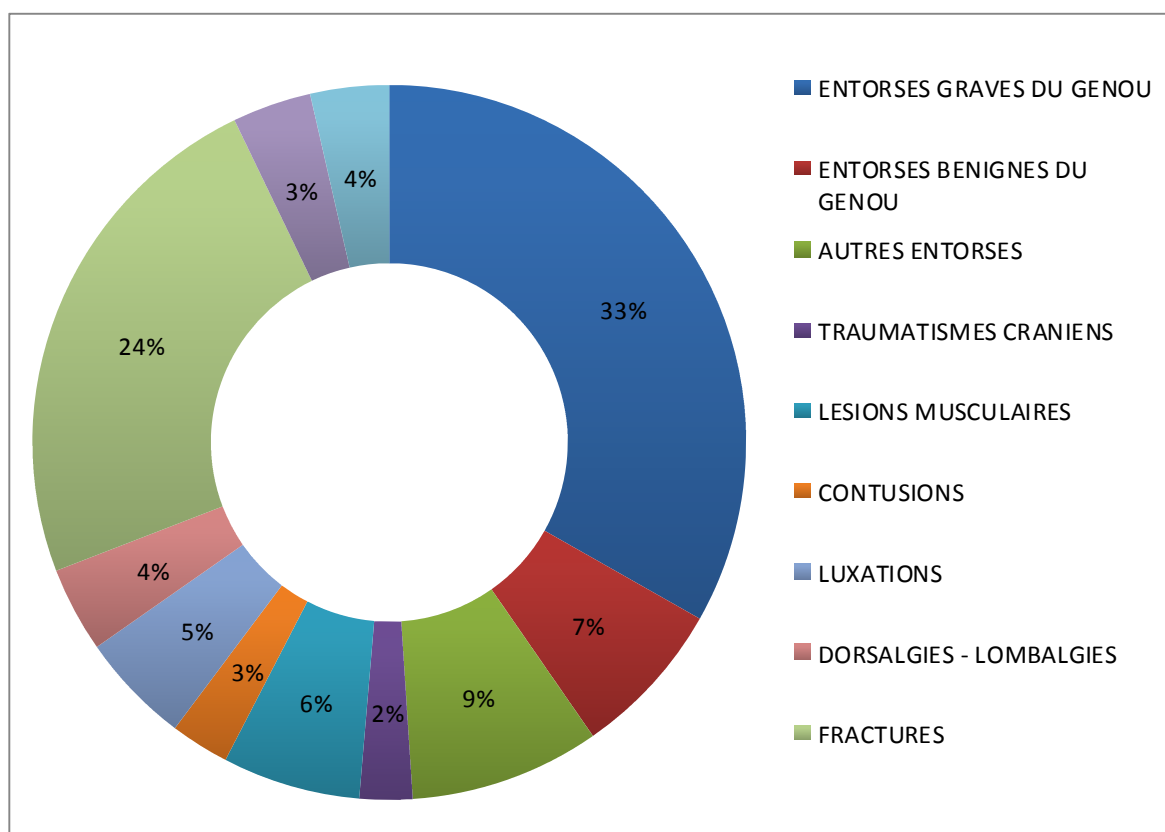


Figure 37 : Répartition des blessures ayant nécessité un arrêt sportif supérieur à 28 jours

En divisant le nombre de jours d'arrêt sportif de tous les accidents par le nombre de skieurs, nous obtenons le nombre de jours de repos par skieur sur les 17 saisons. Cela nous donne 208.62 jours de repos par athlète pour les 17 saisons, soit 208.15 jours de repos par skieuse et 209.06 jours de repos par skieur et nous retenons donc **12,24 jours de repos par skieuse par saison et 12,33 jours de repos par skieur par saison.**

En résumé, 50% des blessures graves (plus de 28 jours d'arrêt) sont des entorses et 25% des fractures. Le tiers de ces blessures concerne les entorses graves du genou.

2.3.1.6. Côté de la blessure

Le tableau 17 représente le nombre de blessures en fonction du côté de la blessure.

Droite	Gauche	Sans côté	Inconnu
373	329	114	68

Tableau 17 : Répartition des blessures en fonction du côté

2.3.1.7. Evolution en fonction du temps

2.3.1.7.1. Deux pics de fréquence

Globalement, les blessures apparaissent avec la reprise de la saison en **septembre-octobre** (10% des blessures) et leur incidence diminue fortement d'avril à août. 3,5% des blessures surviennent en avril, 2,5% en mai et 4,2% en juin. Le nombre de blessures se maintient élevé durant toute la saison de compétitions et chute brutalement dès la fin de la saison en avril (Figure 38). Nous retrouvons un important **pic de fréquence des blessures en janvier** (15% des blessures).

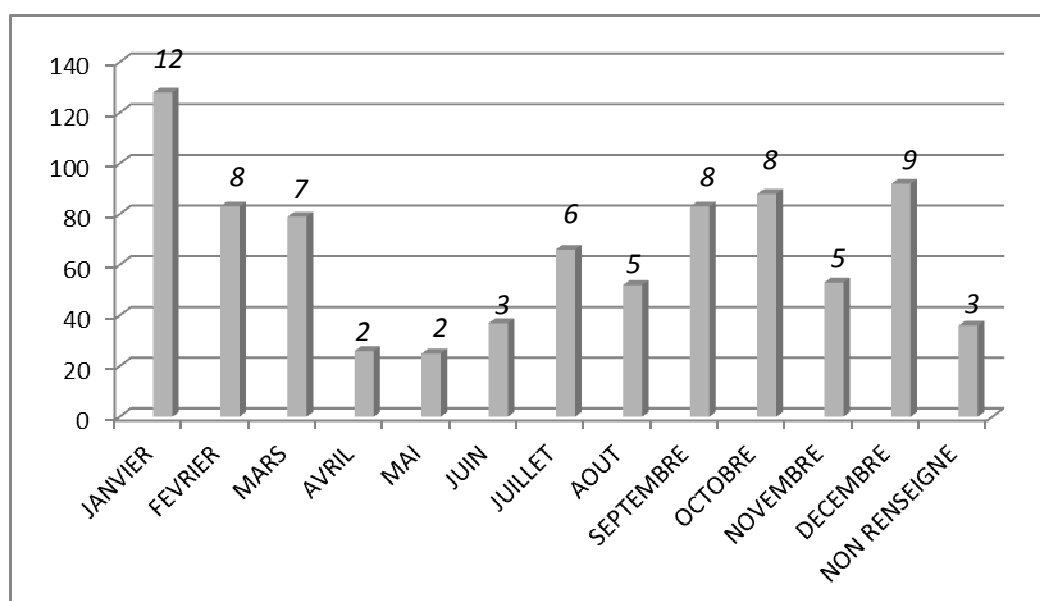


Figure 38 : Répartition mensuelle des accidents

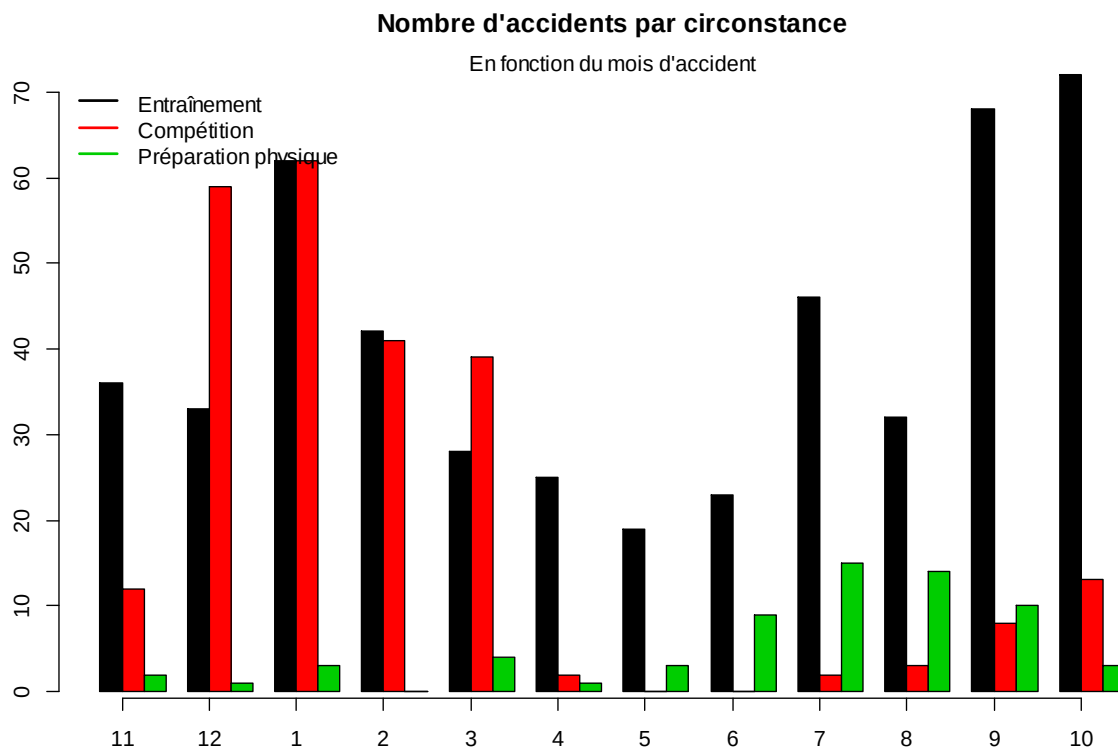


Figure 39 : Répartition des circonstances des blessures au cours de l'année

Les blessures en entraînement sont d'une grande fréquence tout au long de l'année, même en période de compétition. Il y a un rebond des lésions survenant au cours de la préparation physique lorsque celle-ci s'intensifie à partir de juin jusqu'en septembre (Figure 39).

2.3.1.7.2. L'évolution des accidents au cours des 17 saisons

L'analyse du nombre de lésions au cours du temps montre surtout un pic de blessures au cours de la **saison 2004/2005** qui rassemble **10,2%** des blessures sans explication objective (Figure 40 et 41). Nous retrouvons également une augmentation de l'incidence des lésions, mais moindre, lors des saisons suivantes : 1999/2000 (7,6% des blessures), 2001/2002 (6,9% des blessures) et 2006/2007 (6,4% des lésions).

Globalement, le nombre de blessures a tendance à diminuer ces dernières années, en particulier depuis la saison 2007/2008. En **2010/2011**, nous ne constatons que 31 lésions (12 chez les femmes et 19 chez les hommes) soit **3,5%** des blessures.

Le nombre de blessures chez les femmes et chez les hommes suit exactement la même évolution avec les mêmes pics d'incidence. Globalement, les hommes présentent plus de blessures que les femmes (55,5% contre 45.5%) sauf lors des saisons 1994/1995, 1996/1997 et 1997/1998 où les femmes se sont plus blessées (Figure 40).

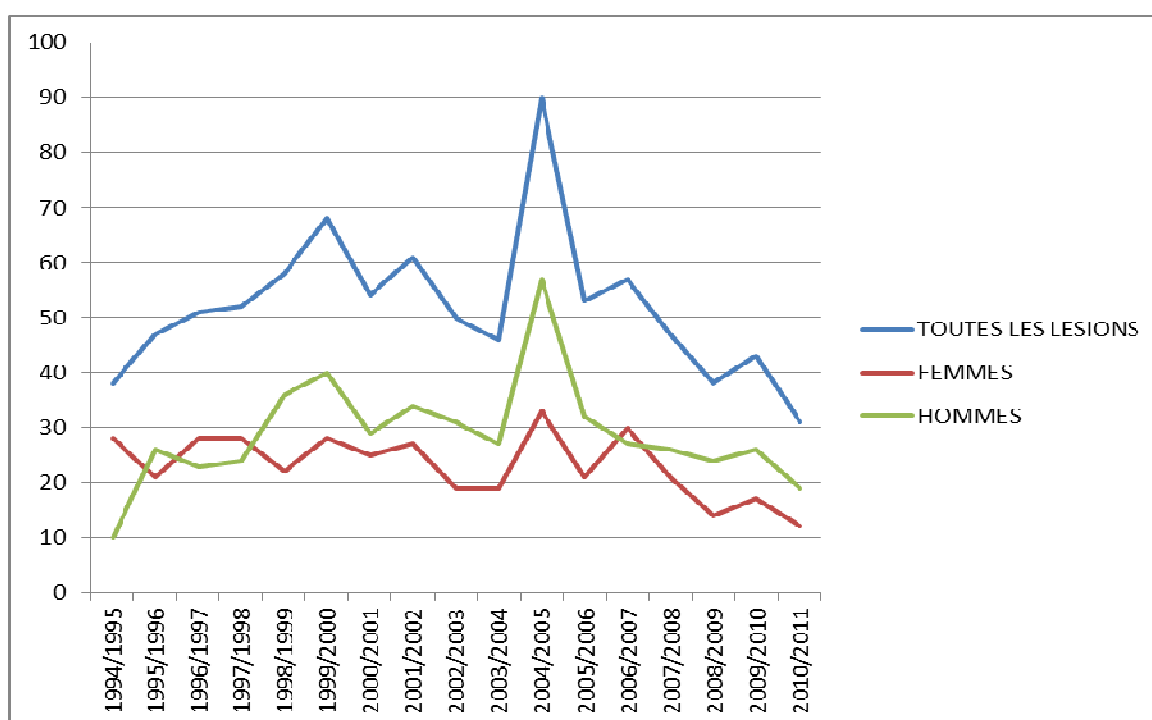


Figure 40 : Evolution du nombre de lésions au cours du temps

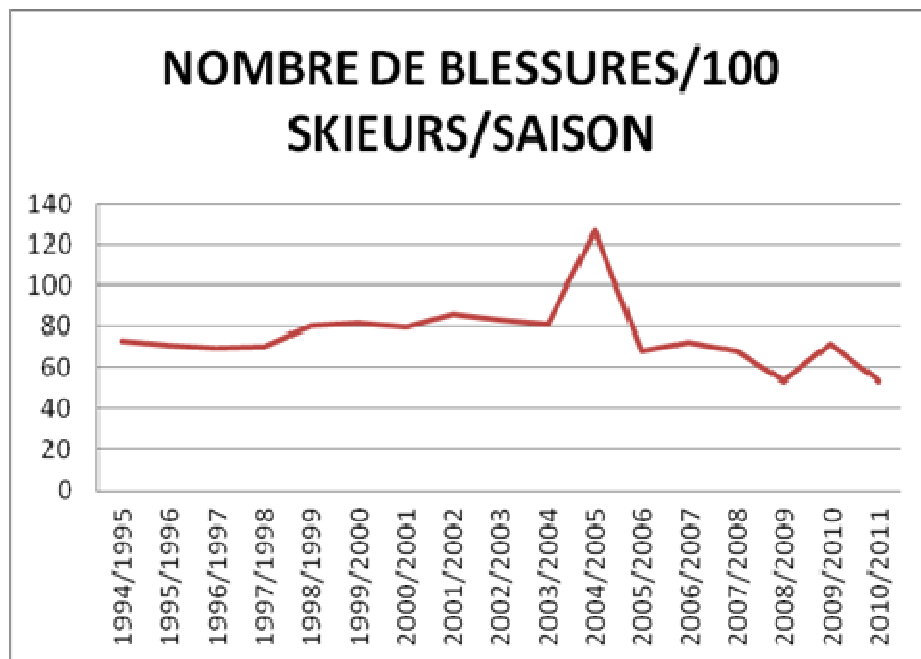


Figure 41 : Evolution des blessures par 100 skieurs par saison.

En résumé, nous constatons une ré-ascension de l'incidence des blessures à la reprise de la saison en septembre-octobre et surtout un important pic de lésions en janvier. Par ailleurs, nous notons une réelle épidémie de blessures lors de la saison 2004/2005, suivie d'une diminution globale à partir de 2007/2008.

2.3.1.7.3. L'évolution de certaines blessures au cours des 17 saisons

2.3.1.7.3.1. Les lésions du membre inférieur

L'évolution des blessures du membre inférieur montre une augmentation de l'incidence en 1998/1999, 2000/2001 et retrouve cet **important pic en 2004/2005** (Figure 42).

Notons que l'évolution des blessures du membre inférieur suit la tendance globale à la baisse comme celle constatée pour toutes les blessures.

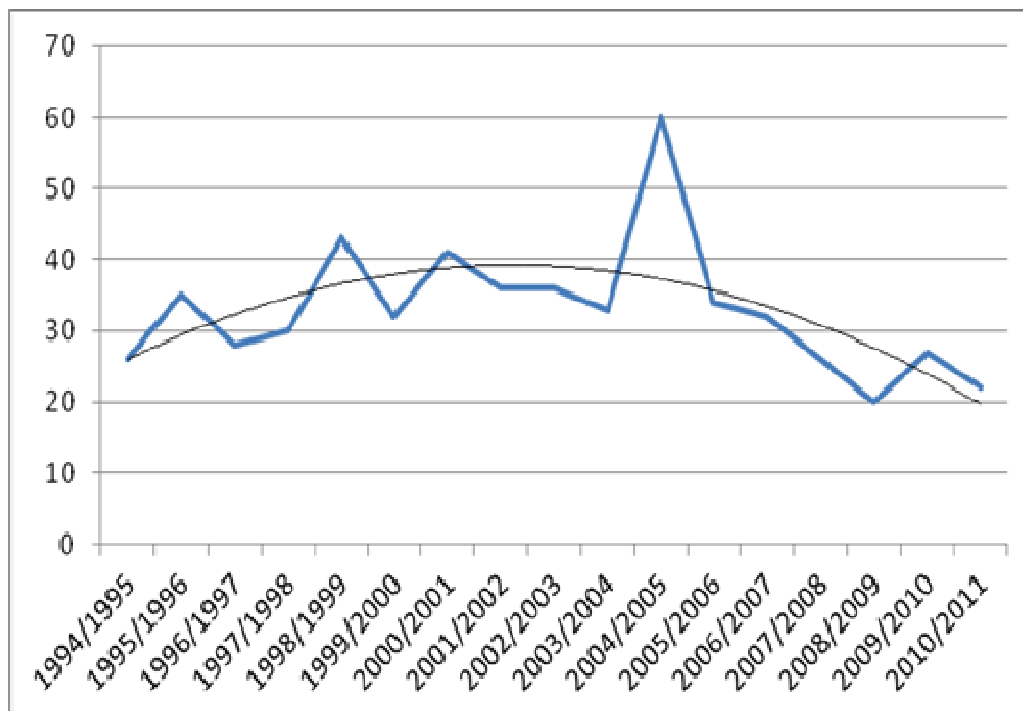


Figure 42 : Evolution du nombre de blessures du membre inférieur au cours du temps

Nous avons vu précédemment que les entorses et les fractures sont les lésions les plus fréquentes. Nous allons donc regarder de plus près l'évolution de ces blessures au niveau du membre inférieur.

➤ **LES ENTORSES DU GENOU**

L'évolution des entorses du genou (graves et bénignes) sur 17 saisons (Figure 43) a montré une diminution durant les 2 saisons 1994/1995 et 1995/1996, puis a augmenté et s'est globalement stabilisée à 12-14 entorses par an avec un pic à 18 entorses en 2004/2005 et 2005/2006.

Les entorses graves sont globalement plus fréquentes que les entorses bénignes pour les 17 saisons, excepté pour 1999/2000, 2000/2001 et 2005/2006, où elles sont moins fréquentes.

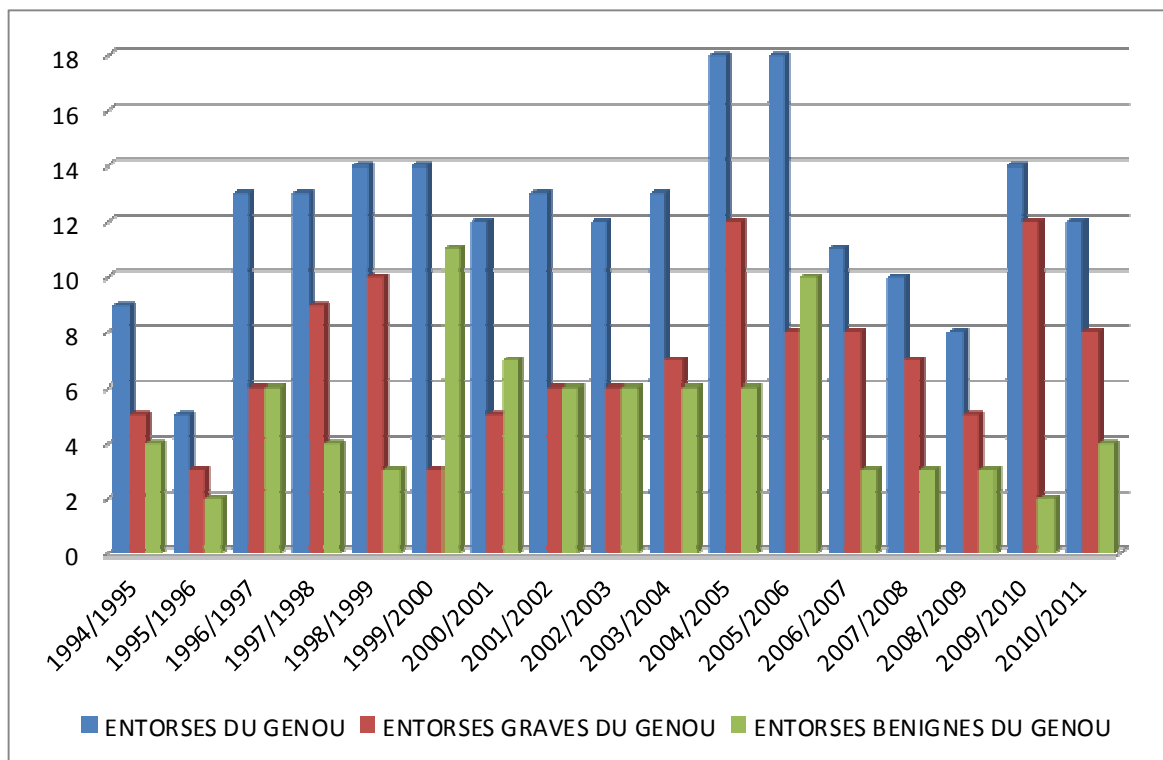


Figure 43 : Evolution des entorses du genou sur 17 saisons

L'évolution des entorses graves du genou est parallèle à celle de l'ensemble des entorses (figure 44). **L'incidence des entorses du genou et notamment des entorses graves augmente progressivement** au cours des 17 saisons avec un pic en 1998/1999, 2004/2005 et 2009/2010 (on compte 3 à 5 entorses graves en 1994/1996 et entre 8 et 12 entre 2009 et 2011).

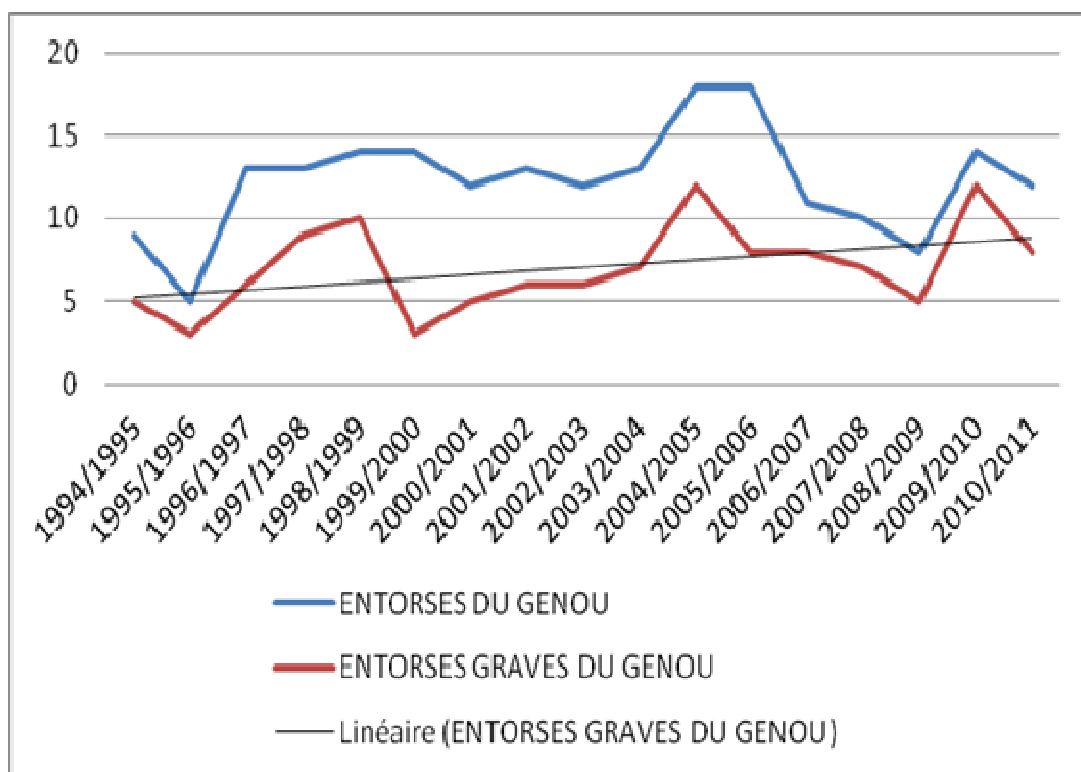


Figure 44 : Evolution des entorses graves du genou par rapport à l'ensemble des entorses du genou sur 17 saisons

Si nous considérons le nombre de ruptures du LCA par mois, nous notons un pic de fréquence en décembre et surtout en **janvier**. Les ruptures du LCA deviennent **rares de mai à août, mais réapparaissent en septembre-octobre** (Figure 45).

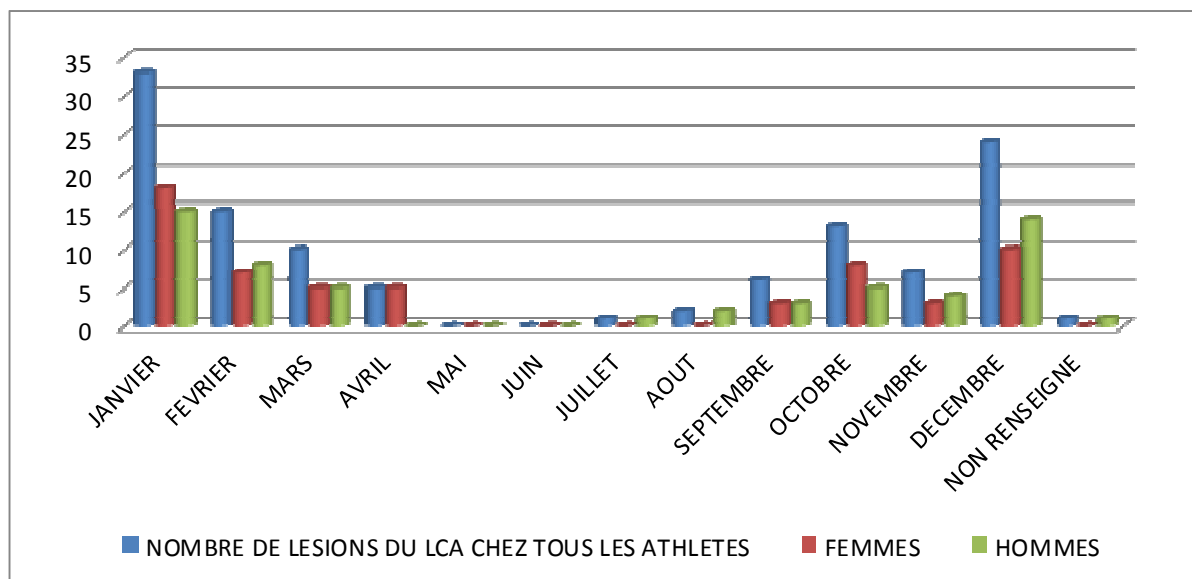


Figure 45 : Evolution du nombre de ruptures du LCA par sexe et par mois

En ce qui concerne le nombre de ruptures du LCA par mois et par sexe, nous constatons chez les hommes comme chez les femmes une évolution similaire. Elle suit la tendance globale décrite préalablement avec notamment le pic de fréquence en décembre et janvier (Figure 46).

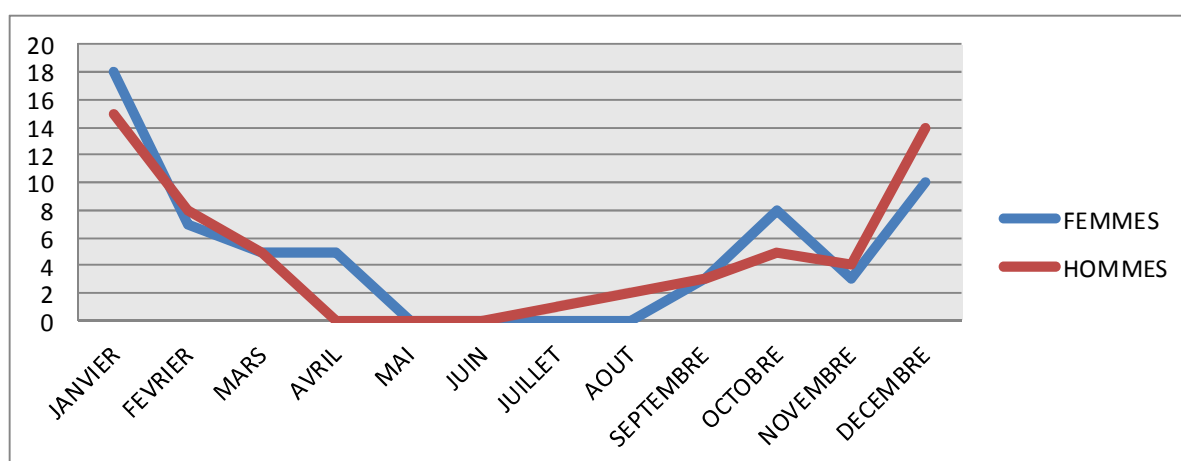


Figure 46 : Evolution du nombre de ruptures du LCA par sexe au cours des 17 saisons

En divisant le nombre d'entorses par le nombre de skieurs par saison, nous obtenons le nombre de lésions du LCA par skieur par année. Nous en déduisons le nombre de ruptures du LCA pour 100 skieurs par saison en le multipliant par 100 (troisième colonne du tableau 18). Nous obtenons donc une moyenne de **9,91 ruptures du LCA pour 100 skieurs par saison**.

SAISON	NOMBRE DE SKIEURS	ENTORSES DU LCA/SAISON	NOMBRE DE LCA/100 SKIEURS/SAISON
1994/1995	52	5	9,6
1995/1996	66	3	4,5
1996/1997	73	6	8,2
1997/1998	74	8	10,8
1998/1999	72	10	13,8
1999/2000	83	3	3,6
2000/2001	68	5	7,3
2001/2002	71	6	8,4
2002/2003	60	6	5
2003/2004	57	7	12,2
2004/2005	71	11	15,4
2005/2006	78	8	10,2
2006/2007	79	8	10,1
2007/2008	69	7	10,1
2008/2009	71	4	5,6
2009/2010	60	12	20
2010/2011	58	8	13,7
TOTAL		117	168,5

Tableau 18 : Nombre de ruptures du LCA pour 100 skieurs par saison

Dans notre étude, nous comptons autant d'entorses graves chez les hommes que chez les femmes. Nous retrouvons 58 entorses du LCA chez la femme et 59 chez l'homme. Nous pouvons donc considérer que **le taux de lésions du LCA est identique sur une longue période chez la femme et l'homme**. Certaines années, elles prédominent chez les hommes et elles seront plus fréquentes chez les femmes pour d'autres saisons. L'analyse saison par saison (Figure 47) ne **permet donc pas de discerner une différence dans le risque d'entorses du LCA chez la femme ou chez l'homme**. De plus, les deux dernières saisons (2009/2010 et 2010/2011) sont marquées par la même incidence de ruptures du LCA chez les hommes et chez les femmes.

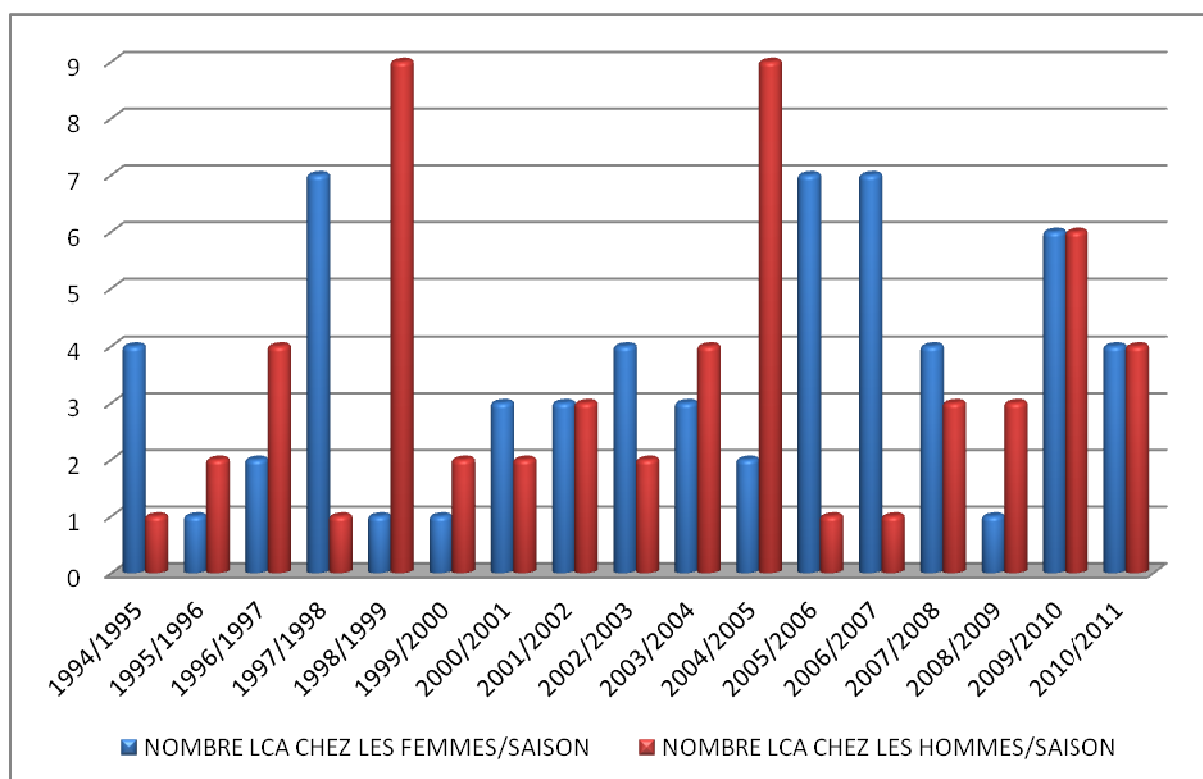


Figure 47 : Nombre de ruptures du LCA par saison et par sexe

Si nous considérons les différentes disciplines du ski alpin, nous remarquons, surtout depuis 2003/2004, une augmentation du nombre de lésions dans les disciplines techniques (Figure 48).

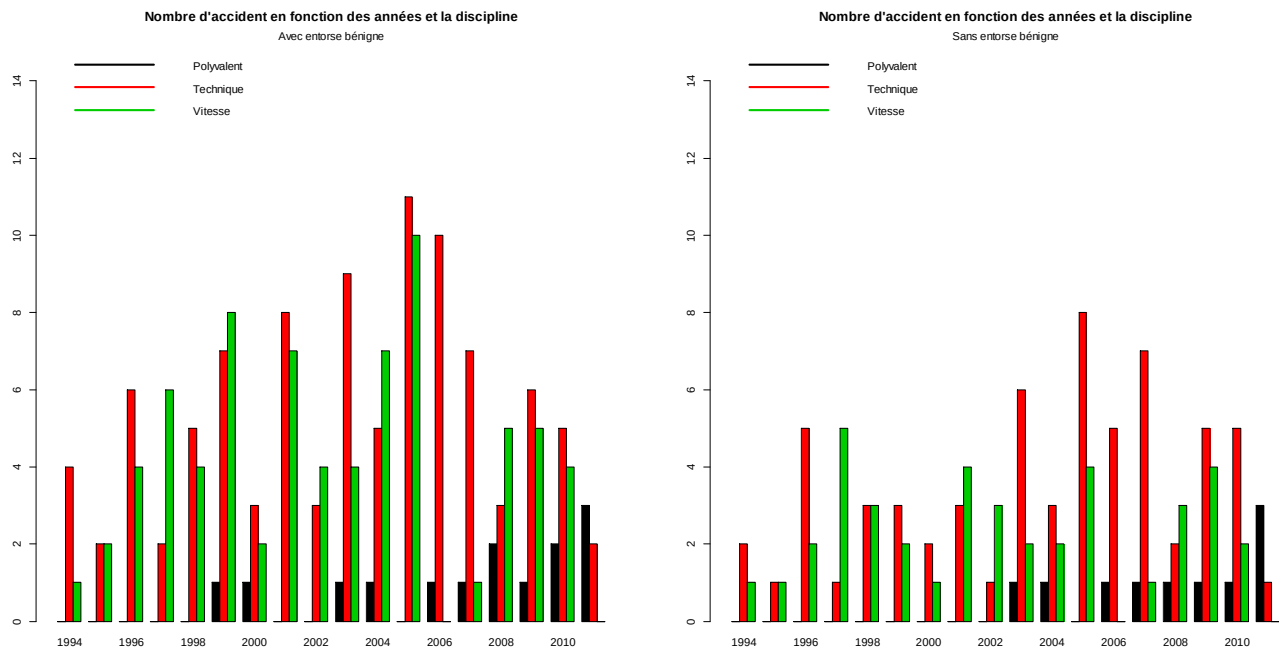


Figure 48 : Evolution des entorses du genou (à gauche) et des entorses graves du genou (à droite) en fonction des années et de la discipline

➤ **LES ENTORSES DE LA CHEVILLE**

L'incidence des entorses de cheville évolue en dents de scie au cours de ces 17 saisons. Néanmoins, **la tendance est à la baisse** en particulier depuis la saison 2007/2008, pour laquelle nous ne constatons que 3 entorses de cheville (Figure 49) (contre 13 en 1995/1996 et en 1998/1999, 12 en 2000/2001, 15 en 2001/2002 et 14 en 2004/2005).

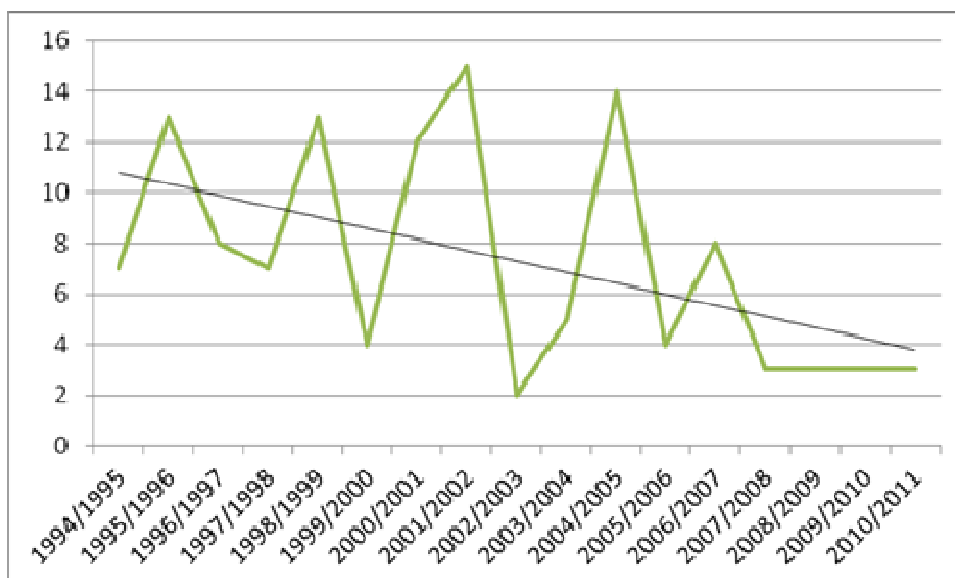


Figure 49 : Evolution des entorses de cheville au cours du temps

Si nous considérons uniquement les entorses de cheville survenues lors de la pratique du ski alpin, nous constatons la même évolution avec cependant une baisse plus marquée de 2009 à 2011 (1 entorse en 2009/2010 et 2 en 2010/2011) (Figure 50).

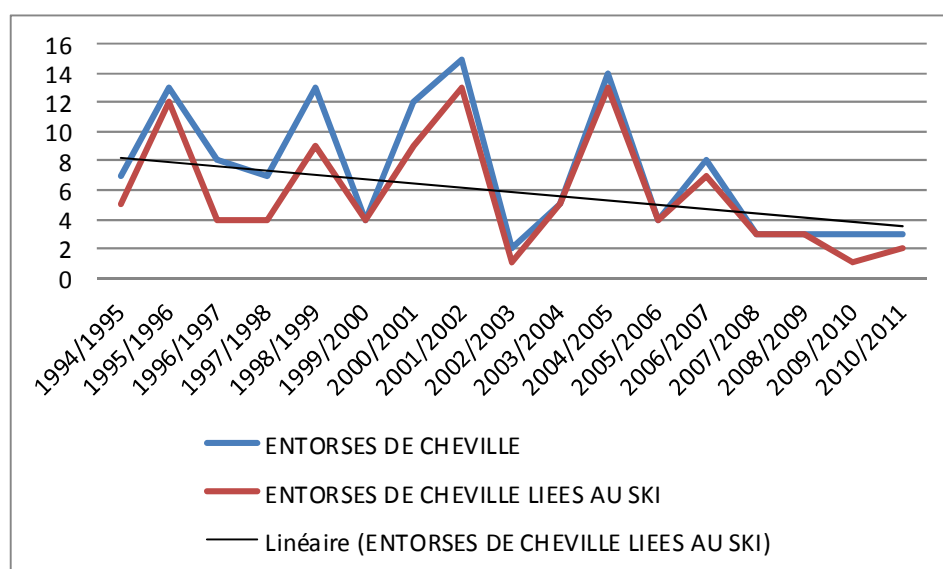


Figure 50 : Comparaison entre l'évolution des entorses de cheville liées à la pratique du ski alpin et l'évolution de l'ensemble des entorses de cheville

➤ **LES FRACTURES DE JAMBE**

	FRACTURES DE JAMBE
1994/1995	1
1995/1996	1
1996/1997	2
1997/1998	0
1998/1999	2
1999/2000	0
2000/2001	0
2001/2002	0
2002/2003	2
2003/2004	0
2004/2005	1
2005/2006	0
2006/2007	2
2007/2008	1
2008/2009	0
2009/2010	2
2010/2011	2

Tableau 19 : Evolution du nombre de fractures de jambe au cours des 17 saisons

Notons une très faible incidence des fractures de jambe au cours de ces 17 saisons (Tableau 19).

2.3.1.7.3.2. Les lésions du membre supérieur

Tout comme pour le membre inférieur, le nombre de lésions du membre supérieur paraît diminuer les 3 dernières saisons. Il y avait préalablement une évolution en dents de scie avec une légère augmentation (Figure 51).

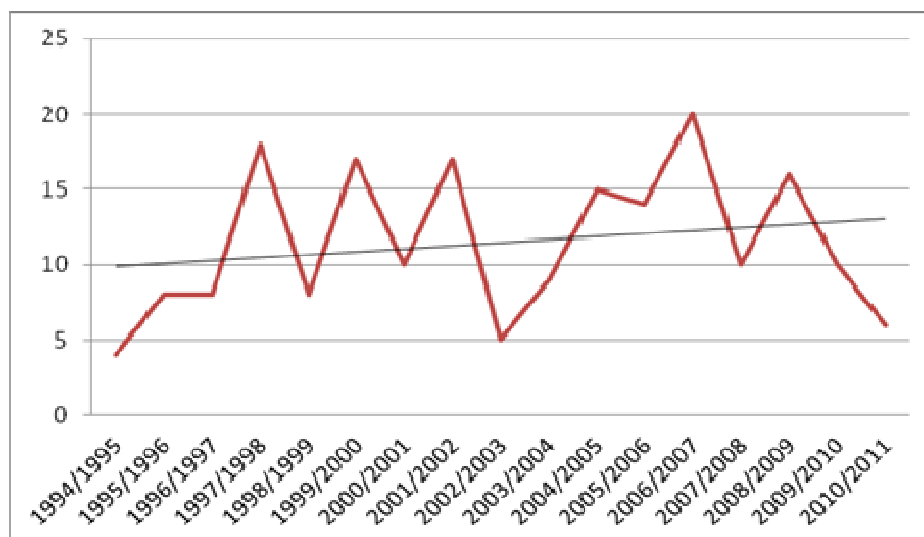


Figure 51 : Evolution des lésions du membre supérieur au cours du temps

Nous allons maintenant nous intéresser aux principales blessures du membre supérieur.

➤ **LES ENTORSES DU LLI DU POUCE**

L'entorse du LLI du pouce est une lésion que l'on rencontre régulièrement en ski alpin. Elle représente d'ailleurs plus de **5% des blessures** à elle seule. Il s'agit d'une lésion constamment rencontrée et dont le nombre reste stable sur la période étudiée (Figure 52).

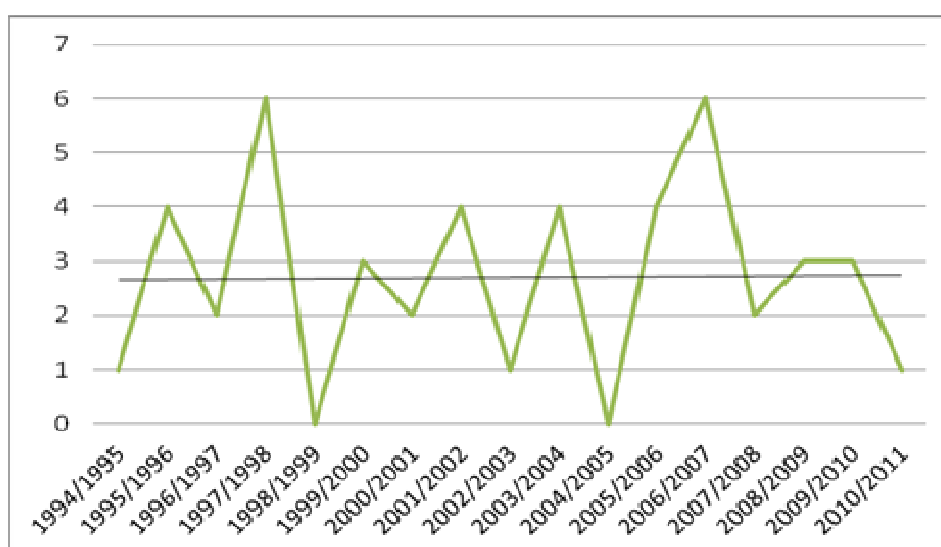


Figure 52 : Evolution des entorses du LLI du pouce au cours du temps

➤ **LES LUXATIONS D'ÉPAULE ET LES DISJONCTIONS ACROMIO-CLAVICULAIRE**

Comme pour l'entorse du LLI du pouce, il s'agit de lésions que l'on rencontre régulièrement dans notre étude (2,9% des blessures pour les luxations d'épaule et 2% pour les disjonctions acromio-claviculaires). Même si l'incidence reste faible tous les ans (Tableau 20) (deux par année les quatre dernières saisons), la tendance est à la hausse (Figure 53)

	LUXATIONS D'EPAULE	DISJONCTIONS ACROMIO-CLAVICULAIRES
1994/1995	0	1
1995/1996	1	2
1996/1997	0	0
1997/1998	3	1
1998/1999	3	1
1999/2000	1	1
2000/2001	1	0
2001/2002	2	3
2002/2003	0	0
2003/2004	0	1
2004/2005	1	3
2005/2006	3	0
2006/2007	3	3
2007/2008	2	1
2008/2009	2	1
2009/2010	2	0
2010/2011	2	0
TOTAL	26	18

Tableau 20 : Nombre de luxations d'épaule et de disjonctions acromio-claviculaires par saison

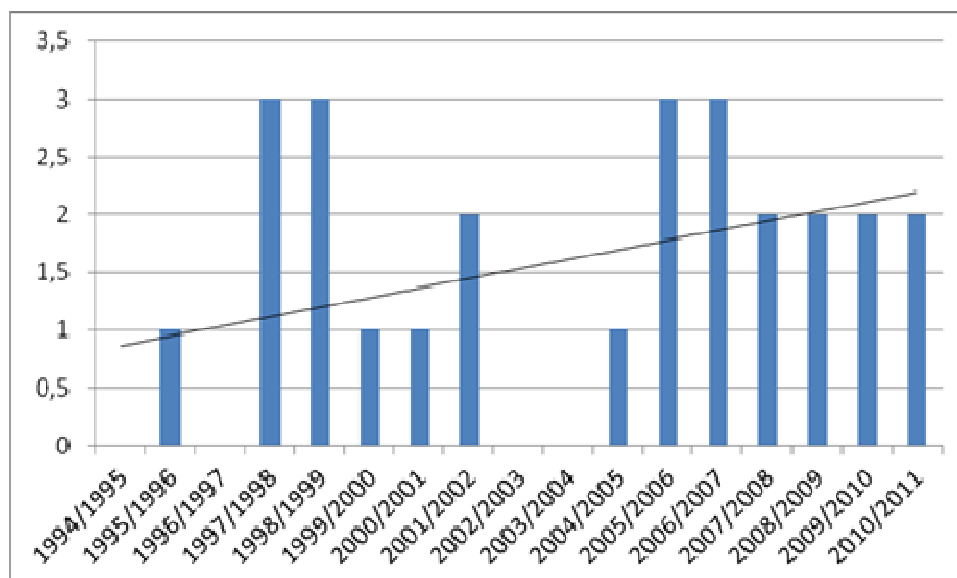


Figure 53 : Evolution du nombre de luxations d'épaule au cours des 17 saisons

➤ LES FRACTURES DU MEMBRE SUPERIEUR

Les fractures du membre supérieur représentent **6%** des blessures de notre étude. Elles sont en légère hausse, mais restent malgré tout peu fréquentes (Figure 54).

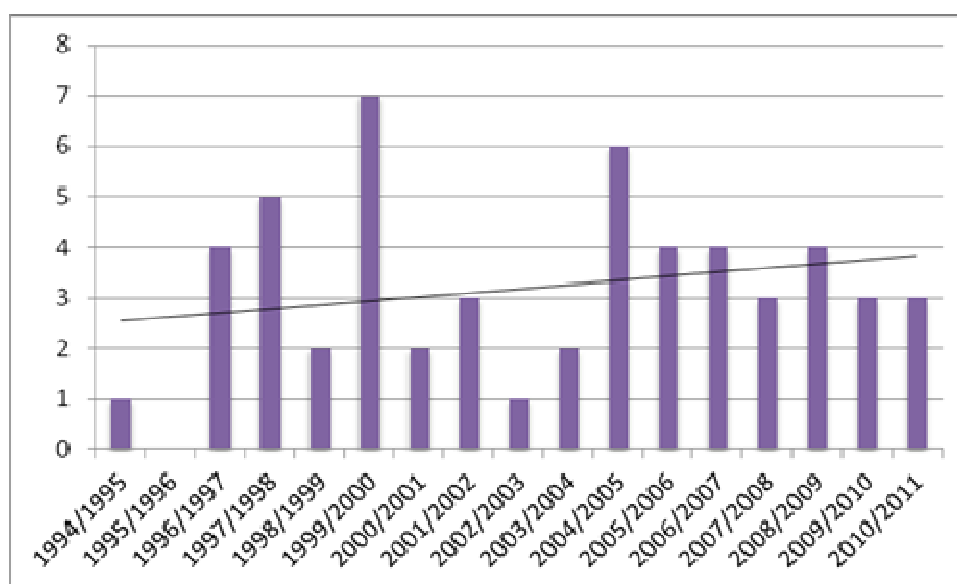


Figure 54 : Evolution du nombre de fractures du membre supérieur par saison

2.3.1.7.3.3. Les traumatismes crâniens

Les TC représentent **3,2%** des blessures de notre étude. Nous comptons au total 29 traumatismes crâniens et nous retenons quelques saisons où l'incidence a été la plus élevée : 1999/2000, 2004/2005 et 2007/2008 (Figure 55).

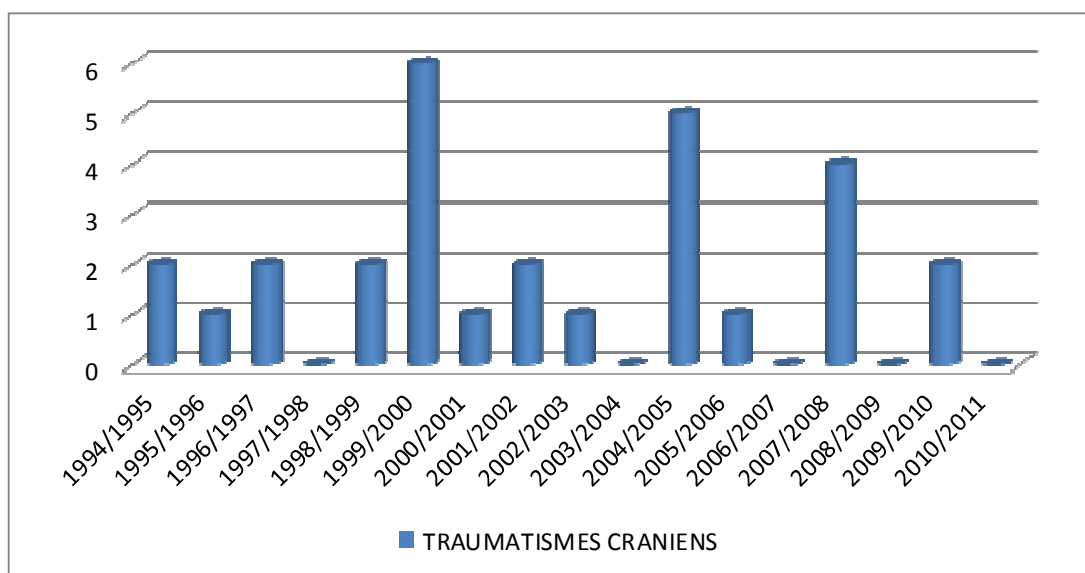


Figure 55 : Evolution des traumatismes crâniens au cours du temps

2.3.1.8. Répartition des blessures en fonction de l'âge

Par tranches d'âges, les jeunes (16-19 ans) ont présenté **20%** des blessures, les 20-24 ans **48%**, les 25-29 ans **25%** et les plus de 30 ans **7%** (Figure 56).

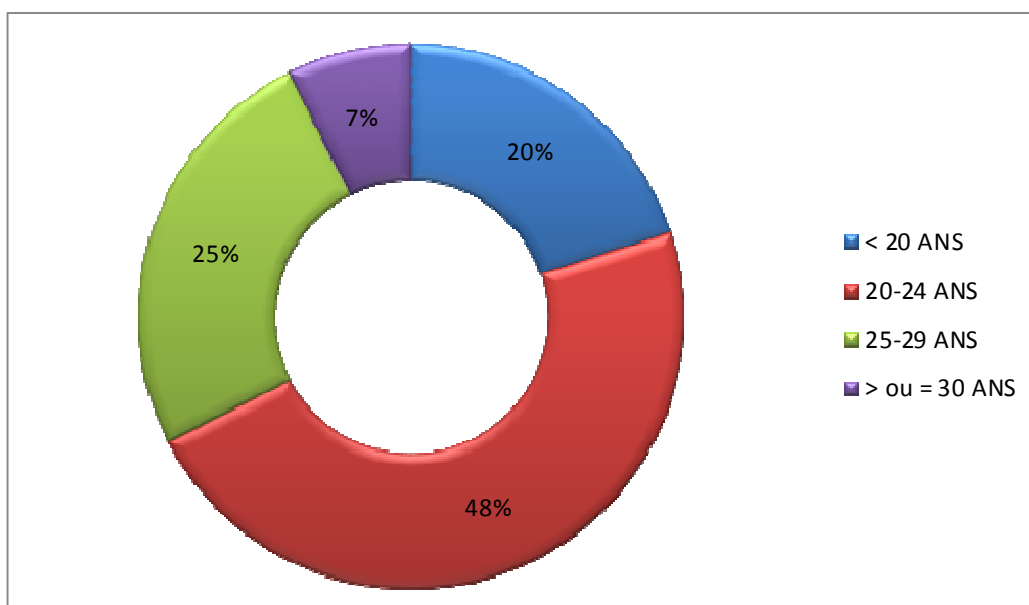


Figure 56 : Répartition des blessures par tranche d'âge

Mais par année d'âge, il faut noter que c'est surtout les **19-22 ans** qui se sont le plus blessés. Ils représentent à eux seuls **42%** des blessures (Figure 57).

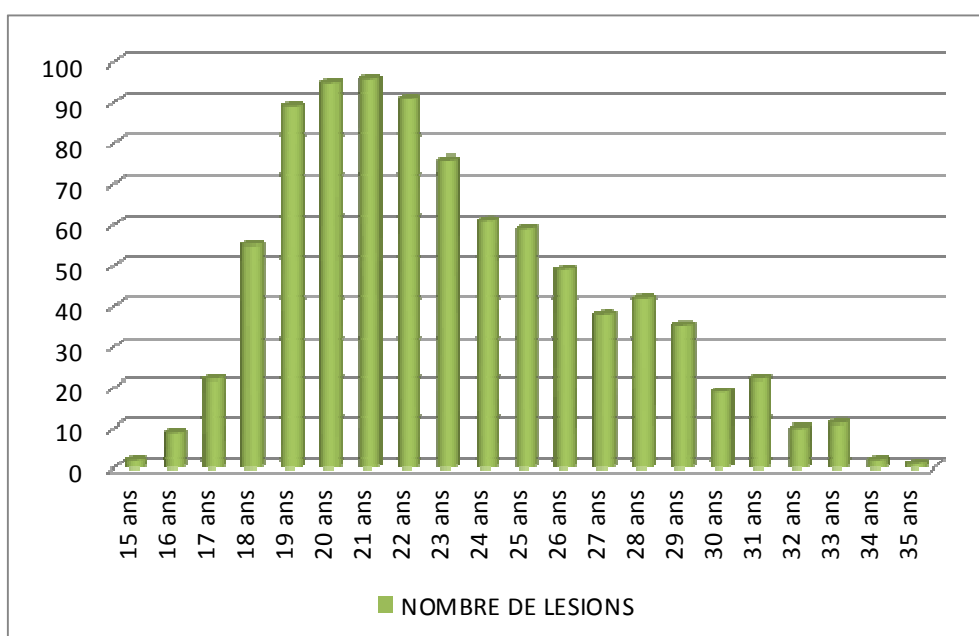


Figure 57 : Répartition du nombre de blessures en fonction de l'âge des athlètes

2.3.1.9. Répartition en fonction des disciplines

La répartition du nombre de blessures en fonction de la localisation des blessures et de la discipline montre que 57% des blessures surviennent chez les skieurs de Technique, 36,5% chez les skieurs de Vitesse et 6,5% chez les Polyvalents. Il faut surtout retenir la prédominance des blessures en **descente** avec 30% des blessures, **puis en slalom** avec 26%, **puis en Géant** avec 24,5% **puis en super G** avec 19,5% (Tableau 21).

Localisation	Sexe		Discipline			Spécialité				Total	
	F	M	P	T	V	DH	GS	SG	SL		
Membre supérieur	86	109	16	86	93	64	48	38	45	195	22%
Membre inférieur	253	308	33	290	238	158	148	104	151	561	63%
Rachis	25	40	2	29	34	25	15	10	15	65	7%
Tête	19	25	4	17	23	11	4	15	14	44	5%
Thorax	9	7	1	3	12	8	0	4	4	16	2%
Abdomen	1	2	1	2	0	1	1	0	1	3	0%
			6,5%	57%	36,5%	30%	24,5%	19,5%	26%	884	100%

Tableau 21 : Répartition du nombre de blessures en fonction de la localisation des blessures et de la discipline

Il existe une évolution des blessures en fonction des saisons et de la discipline. **Les skieurs se sont plus blessés dans les disciplines de Vitesse (DH et SG) jusqu'en 2001. Après 2001, en revanche, ils se sont plus blessés dans les disciplines de Technique (SL et GS) (Figure 58).**

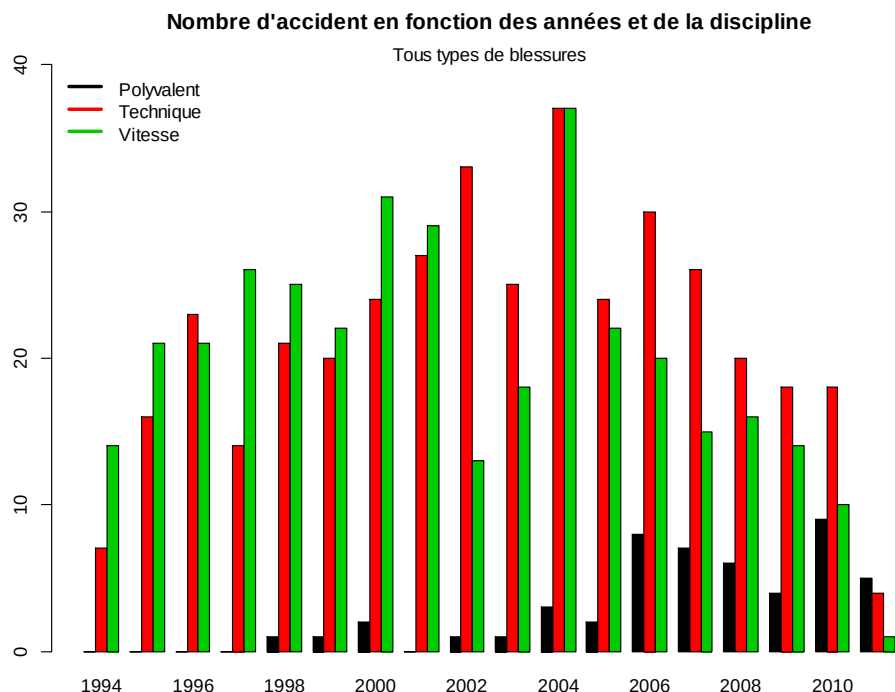


Figure 58 : Evolution des blessures en fonction des saisons et de la discipline

2.3.1.10. Le nombre de blessés opérés

22% des blessés ont été opérés au minimum une fois. 64% de ceux-ci ont été opérés une seconde fois. Cette seconde intervention correspond soit à une rupture itérative, soit à une lésion différente de la première.

2.3.2. Résultats de l'étude statistique (explications en annexe)

L'étude statistique a été menée par le département scientifique de la FFS (Nicolas Coulmy) en collaboration avec Greenwich statistics (Ngoc Hang Khuc).

Il s'agissait de rechercher s'il existe une relation entre le type de traumatologie et les caractéristiques anthropométriques et physiques, les circonstances des accidents et le niveau de pratique des skieurs de l'équipe de France.

Nous avons utilisé les méthodes statistiques d'ACP (analyse en composantes principales), d'AFM (analyse factorielle multiple) et d'ACM (analyse des correspondances multiples). Voici les divers résultats :

- **Le type de traumatologie est complètement indépendant des caractéristiques anthropométriques et physiques des skieurs ainsi que des circonstances de survenue des accidents.**
- **L'âge moyen de survenue des accidents chez les skieuses est inférieur à celui des skieurs.**
- Lors de la préparation physique, ce sont plutôt des accidents qui concernent la cuisse et la cheville, dont le côté de la blessure est inconnu et ayant lieu plutôt pendant la saison de repos. **Les accidents survenant pendant les compétitions concernent surtout le genou, impliquent une opération et entraînent des arrêts longs de plus de 3 mois.**
- **Plus on reste en équipe de France, plus on se blesse tard.** Cela peut être corrélé au fait que **les meilleurs se blessent moins** (les moins bons se blessent plus).
- Ceux qui ont des lactates max élevés sont ceux qui se blessent davantage en janvier et en début d'année. Ceux qui se blessent en fin d'année ont des taux de lactates max faibles (non significatif).

TROISIEME PARTIE :
DISCUSSION

3. DISCUSSION

Notre étude est très riche en résultats. Avant de les discuter, il apparaît indispensable d'en résumer les principales données.

L'**incidence** des accidents est de 3,57 accidents par athlète (3,30 chez les femmes et 3,84 chez les hommes). L'**âge moyen de survenue** d'un accident est de 23,08 ans (21,5 chez les femmes et 24,20 chez les hommes). La **durée moyenne en équipe de France** est de 5,2 années (4,93 chez les femmes et 5,46 chez les hommes).

Nous comptons **78,83 blessures pour 100 skieurs par saison** et **72,80 accidents pour 100 skieurs par saison**. Nous retenons 13670,59 journées-skieurs par saison, soit **62,03 accidents pour 1000 journées-skieurs par saison**, **64,66 blessures pour 1000 journées-skieurs par saison** et **24,65 blessures graves pour 1000 journées-skieurs par saison**.

Les blessures surviennent surtout à l'entraînement (62,1%), puis en compétition (30,4%), puis en préparation physique (6,4%) et enfin hors sport (1,1%).

La descente est la spécialité la plus traumatogène avec 30% des blessures, vient ensuite le slalom avec 26%, le géant avec 24,5% et le super G avec 19,5%. Cependant, **si le nombre de blessures dans les disciplines de vitesse est plus élevé jusqu'en 2001, les blessures dans les disciplines techniques prennent ensuite le dessus.**

62% des blessures ont nécessité un arrêt sportif court inférieur à 28 jours et **38% des lésions un arrêt long** d'au moins 28 jours. **33% des arrêts longs sont dus à des entorses graves du genou** et 24% à des fractures.

Nous comptons **12,27 jours de repos par skieur par saison**, soit 12,24 chez les femmes et 12,33 chez les hommes.

Pendant ces 17 saisons, nous observons un impressionnant pic concernant le nombre de blessures pendant la **saison 2004/2005**, et 3 autres pics moins importants en 1999/2000, 2001/2002 et 2006/2007. Depuis 2007/2008, le nombre de blessures a tendance à diminuer. D'autre part, le nombre de lésions est faible d'avril à août. Nous retrouvons deux pics de fréquence des blessures : l'un en **septembre-octobre** à la reprise des compétitions et surtout l'autre **en janvier** au milieu de la saison.

Les lésions du **membre inférieur représentent 63,5% des blessures, le membre supérieur 22%**, le rachis 7,4%, la tête 5%, le thorax 1,8% et l'abdomen 0,3%.

Les **entorses représentent 46,8% des blessures**, les fractures 11,9%, les lésions musculaires 8,9%, les contusions 8,1% et les luxations 6,1%.

Le **genou regroupe 31,1% de toutes les blessures** et 49% des lésions du membre inférieur. Les **entorses graves du genou représentent 43,6% des lésions du genou et 13,5% de toutes les blessures**. Le nombre de ruptures du LCA **augmente** au cours des 17 saisons avec un important **pic en 2004/2005**. Les ruptures du LCA prédominent en **janvier**, mais elles restent fréquentes entre septembre à avril. Nous comptons **9,1 lésions du LCA pour 100 skieurs par saison** sans réelle différence entre les femmes et les hommes.

Les atteintes de la **cheville** représentent **15% de toutes les blessures**, soit 24% des lésions du membre inférieur. **L'entorse de cheville regroupe 14% de toutes les blessures** et 93,2% des lésions de la cheville. Celles qui sont uniquement dues à la pratique du ski représentent 11,5% de toutes les lésions. **Leur nombre est en baisse** depuis 2007/2008 après une évolution en dents de scie.

Les lésions de la **jambe** totalisent 7% des atteintes du membre inférieur, soit 4,1% de toutes les blessures et **le nombre de fractures de jambe reste faible tout au long de l'étude** (1,8% des blessures).

La **main** représente 45% des lésions du membre supérieur, soit 9,8% des blessures et **5,2% des lésions totales concernent l'entorse du LLI du pouce**.

Les **luxations d'épaule** comptent pour 39% des lésions du membre supérieur, soit **4,9% de toutes les blessures**.

Enfin, les **traumatismes crâniens** représentent **3,3% de toutes les blessures** et nous observons un pic d'incidence en 1999/2000 et en 2004/2005.

Dans cette discussion, nous reverrons tout d'abord certains points de statistiques générales sur les blessures constatées. Nous verrons ensuite plus en détails l'entorse du LCA, celle de la cheville puis du pouce et les traumatismes crâniens. Nous dégagerons ensuite les principaux

facteurs de risque traumatique en ski alpin, le rôle de l'évolution du matériel sur la traumatologie pour finir sur quelques principes de prévention.

3.1. Statistiques générales

Dans cette première partie de la discussion, nous allons tout d'abord comparer l'évolution de l'incidence, le siège et la nature des blessures en ski alpin de loisir et en ski alpin de haut niveau puis confronter à nos résultats. Nous discuterons ensuite les circonstances d'apparition des traumatismes, leur gravité et enfin la prédominance féminine des lésions.

3.1.1. L'incidence des blessures

De nombreuses études ont porté sur l'accidentologie du ski de loisir. L'évolution de ce sport et de son matériel a induit d'importantes modifications de la traumatologie. En France, depuis les années 1970, le nombre de blessures en ski alpin a nettement diminué. En effet, nous constatons 7 à 10 blessures pour 1000 journées de ski en 1970 et 1,5 à 2,5 blessures pour 1000 journées de ski en 2006 ; et ce malgré l'accroissement du nombre de skieurs évoluant sur les pistes. [18]

Cette baisse se vérifie également si nous nous intéressons au nombre d'accidents pour 1000 descentes. Il est passé de 7,6 accidents pour 1000 descentes entre 1952 et 1957 à 2,6 accidents pour 1000 descentes entre 1975 et 1976. [18]

Nous retrouvons cette évolution dans l'étude de R.J. Johnson réalisée dans une station du Vermont aux USA entre 1972 et 1994. Le nombre d'accidents est évalué à 4,7 pour 1000 descentes en 1972 et a chuté de 44% pour atteindre 2,5 en 1994. [19]

M. Terence et son équipe se sont intéressés aux accidents de ski, sur neuf saisons, en station de sports d'hiver en Californie (1983-1992). Ils rapportent également un taux d'accident de 2,6 accidents pour 1000 journées-skieurs. [20]

De même, une étude écossaise a étudié les accidents en stations pendant la saison 1993/1994 et rapporte un taux d'accident de 2,43 pour 1000 journées-skieurs. [21]

Cette tendance semble se maintenir en ce début de XXIème siècle. En effet, le réseau des Médecins de Montagne a recensé plus de six millions de skieurs alpins durant l'hiver 2010/2011. Il estime l'incidence du risque de traumatisme à 2,49 blessés pour 1000 journées-skieur. [22]

En résumé, si le nombre de skieurs ne cesse d'augmenter sur les pistes, l'incidence des blessures est en réelle baisse dans les stations de sports d'hiver.

Moins d'études se sont, jusqu'à présent, intéressées à l'épidémiologie des accidents de ski alpin en compétition.

A.Ekeland a étudié les accidents de ski alpin aux JO de Lillehammer en 1994. Il rapporte un taux d'accidents de 1,9 pour 1000 courses. [23]

Le second congrès mondial de prévention des accidents de sports, qui a eu lieu en Norvège en 2008, constate une incidence des blessures pendant la saison 2006/2007 de 32,3 blessures pour 100 athlètes pour 9 nations. [24]. La FFS retrouve 50 blessures pour 100 skieurs pour cette même saison 2006/2007 chez les skieurs en équipe de France. [25] La « FIS injury survey system » s'est intéressée aux blessures survenues en ski alpin au cours des saisons allant de 2006/2007 à 2010/2011 et rapporte que le nombre de blessures varie entre 35 et 45 pour 100 skieurs par saison. [26]

Notre étude retrouve un nombre encore plus important de blessures avec 72,1 blessures pour 100 skieurs pour cette saison 2006/2007.

Par ailleurs, elle constate en moyenne 64,66 blessures pour 1000 journées-skieurs par saison, ce qui est nettement plus élevé que dans les stations de ski de loisir. Ceci s'explique par le fait que **l'athlète de compétition skie beaucoup plus dans l'année et prend bien plus de risques**. Comme pour le ski amateur, le nombre de blessures en ski alpin de compétition est également en diminution et ce depuis la saison 2005/2006.

3.1.2. Le siège et la nature des lésions

Au niveau du ski de loisir :

Une étude rétrospective américaine, ayant étudié les accidents en station de ski entre 1982 et 1993, montre que le nombre de lésions de la cheville a significativement diminué. Les blessures ligamentaires du genou représentent 30% des lésions dont 16% de ruptures du LCA. [27]

Y. Sahlin s'est intéressé aux patients ayant présenté un accident de ski alpin et ayant été admis à l'hôpital de Trondheim en Norvège entre juin 1985 et juin 1986. Le membre inférieur représente 40% des lésions, le membre supérieur 36% et la tête 14%. Les entorses du genou regroupent 17,6% des blessures et les fractures de jambe 4,9%. 39% des lésions sont des entorses. [28]

M. Hombourger a étudié les entorses du genou survenues dans la station de La Clusaz pendant les saisons 1985/1986 et 1987/1988. Elles représentent 31,9% des évacuations et prédominent nettement chez la femme (61% contre 39%). [29]

M. Terence et son équipe, qui ont étudié les accidents en station pendant 9 saisons (1983 à 1992) en Californie rapportent une nette augmentation des lésions du genou (35% des accidents). Le nombre d'entorses du genou a presque doublé en 9 saisons. La tête représente 15% des blessures, le membre supérieur 19% avec 8% d'atteintes de l'épaule et 4% pour le pouce. Par ailleurs, le nombre d'atteintes du membre supérieur a augmenté de 53% (de 0,38 à 0,54 accidents pour 1000 journées-skieurs) et l'incidence des entorses du pouce de 66%. [20]

Dans une étude d'A. Ekeland réalisée entre 1988 et 1998, le nombre d'entorses de cheville a chuté de 92% et le nombre de fractures du tibia de 83%. [30]

L'équipe grenobloise menée par D. Saragaglia a recensé les accidents de ski et des sports de glisse admis à l'hôpital sud de Grenoble entre octobre 1990 et avril 1997. La majorité des blessés étaient des sportifs de loisir. L'étude rapporte 34,7% de lésions du membre supérieur (fractures de l'extrémité supérieure de l'humérus, fractures de clavicule, disjonctions acromio-claviculaires, luxations d'épaule et entorses du pouce) et 58,3% de lésions du membre inférieur (dont 32,5% d'entorses du genou). [31]

Une autre étude grenobloise s'est intéressée aux accidents en station pris en charge au CHU de Grenoble pendant les saisons 1994/1995 et 1995/1996. Le ski alpin représente 80% des

accidentés. Le membre inférieur compte pour 68,3% des lésions, le membre supérieur pour 27,4% et le rachis pour 3,5%. [32]

Le réseau Médecins de montagne a recensé, lors des saisons 2000/2001 et 2001/2002, 12% d'atteintes du pivot central du genou, 6% d'entorses du LLI du pouce et 3% de fractures de jambe ou de cheville. [9] Ces chiffres se rapprochent d'ailleurs des résultats de **notre étude**.

Dans une étude réalisée au sein de trois stations de sports d'hiver d'Ecosse en 2002, l'épaule est concernée dans 6,9% des cas, le genou dans 36,7%, le pouce dans 7,1% et la cheville dans 8,1%. Les entorses représentent 51,7% des blessures et les fractures de jambe seulement 5,4% des lésions. [33]

P. Noirel a étudié les accidents de sports d'hiver en station dans les Vosges pendant la saison 2004/2005. Les membres inférieurs totalisent 51% des lésions en ski alpin, les membres supérieurs 28%, la tête 10% et le rachis 5%. Parmi les lésions du membre inférieur, les atteintes du genou concernent 30% des lésions (75% d'entre elles sont des entorses) et la jambe 14% dont 66% de fractures. L'épaule représente 16% des blessures dont 36% de luxations. [34]

Si nous nous référons aux études des dix dernières années, 31 à 57% des accidents intéressent les membres inférieurs. Le genou est de plus en plus fréquemment concerné avec une incidence comprise entre 21 et 37% de tous les accidents. [19] Le membre supérieur est concerné dans 19 à 33% des accidents, avec surtout des atteintes de l'épaule (5 à 16%) et du pouce. Celui-ci représente 4 à 10% des lésions, qui sont caractérisées par l'entorse du ligament latéral interne (LLI) de la métacarpo-phalangienne (MCP) du pouce (« the skier's thumb »). Au niveau de l'épaule, nous observons surtout des luxations, des disjonctions acromio-claviculaires et des fractures de la clavicule. Les traumatismes crâniens représentent entre 10 et 29% des lésions et les atteintes du rachis environ 6%.

Enfin, le réseau Médecins de Montagne a recensé, en ski alpin, sur la saison 2010/2011, 50% d'atteintes des membres inférieurs, 31% de lésions des membres supérieurs, 12% d'atteintes du tronc et 7% de lésions de la tête. Il rapporte 30% d'entorses du genou (15% de ruptures de LCA), 13% de lésions de l'épaule et 4,9% d'entorses du pouce. [22]. **Notre étude** rejoint ces résultats pour le genou et le pouce.

Au total, Si la fréquence des blessures a beaucoup diminué ces 30 dernières années, leur localisation a énormément changé. En France en 1970, les lésions touchaient surtout le tibia et la cheville, alors que seulement 20% des lésions concernaient le genou. Dans les années 1970, devant cette constatation, les fabricants de matériel de ski ont modifié les chaussures et les fixations, ce qui a permis une diminution importante des fractures de jambe, mais le nombre d'entorses du genou a, au contraire, explosé. Aujourd'hui, ces lésions représentent environ le tiers des accidents et il s'agit de la région la plus fréquente en ski alpin de loisir. [18, 35]

Sur le circuit international :

Une étude ancienne de R. Margreiter, portant sur le circuit international entre 1972 et 1974, montre que chez les femmes, les lésions portent plutôt sur la jambe avec 30% des blessures, suivi du genou avec 20%, puis la cheville avec 19%. Chez les hommes, la jambe représente 28%, le genou 23% et la cheville 17%. [36]

Dix ans plus tard, une étude réalisée par E. Raas (1982) sur les 148 meilleurs skieurs au classement FIS rapporte que la lésion du genou est la plus fréquente (22%), suivi de la cheville (20%), de la jambe (18%) et la tête (12%). A. Ekeland, en 1985, rapporte 40 blessures sur les 251 courses de niveau national chez les skieurs norvégiens pendant la saison 1981 /1982. Les lésions de la jambe représentent 24% des blessures, suivi du genou 18% et du dos 15%. Les contusions sont les lésions les plus souvent rencontrées (38%), suivies des entorses (30%) et des fractures (20%). [19]

M. Rioufrays, qui s'est intéressé à l'épidémiologie des accidents de ski en équipe de France sur la saison 1986/1987, constate que les accidents de cheville représentent 28,36% des accidents (15% dans notre étude), le genou 26,87% (31,1% dans notre étude), le rachis 10,45% (7,4% dans notre étude) et la tête 5,97% (5% dans notre étude). [37]

Aux JO de 1994, nous retenons 43% d'entorses du genou, 10% de lésions de la jambe et 8% de traumatismes crâniens parmi les blessures graves enregistrées. [23]

L'étude des blessures au sein du pôle France sur la saison 1996/1997 retrouve encore 35% de traumatismes de cheville contre 22% de lésions du genou. [25]

Dans l'étude norvégienne de 2008, 38% des blessures touchent le genou et 48% des blessures sont des entorses, ce qui se rapproche fortement de **nos résultats**. [24]

Au JO d'hiver de Vancouver de 2010, les régions les plus touchées en ski alpin sont la tête (17%) et le genou (24%). Les principales lésions retrouvées sont les entorses (18%) puis les hématomes et les contusions (28%). [38]

La FIS a étudié les accidents entre 2006/2007 et 2010/2011 : le genou représente plus du tiers des lésions avec 37,9%, la main 10,5%, la jambe 9,7%, la tête 10,5% et l'épaule 5,5%. [39] De même, la fédération autrichienne de ski a étudié les accidents de ski alpin sur 17 saisons (de 1992/1993 à 2008/2009) et constate que le genou représente même 42% des blessures, la jambe 11,1%, l'épaule 5,8% et la tête 8,8%. [40]

Notre étude, qui a également étudié les accidents sur 17 saisons (de 1994/1995 à 2010/2011), est plutôt en accord avec ces derniers chiffres, puisque le genou concerne 31,1% des blessures (dont 74,9% d'entorses) et les lésions de l'épaule 4,9%. Elle retrouve, en revanche, moins de lésions de la jambe et de la tête avec respectivement 7% et 5% des blessures. Le nombre de lésions du membre supérieur est en légère augmentation tout au long de l'étude, hormis les trois dernières années où il a tendance à diminuer.

Les entorses représentent **dans notre étude** 46,8% des blessures tout comme l'étude norvégienne de 2008.

Comme pour le ski de loisir, les lésions du genou et notamment du LCA semblent désormais dominer les blessures en ski alpin de compétition depuis une vingtaine d'années.

L'évolution du matériel de ski alpin (chaussures de ski, skis et fixations) explique en grande partie ces changements. [18, 41]

Les dernières décades ont été marquées par une ascension de l'incidence des commotions cérébrales, des entorses des ligaments croisés du genou (LCA) et des lésions du membre supérieur avec en particulier les atteintes de l'épaule et du pouce [42, 43], au profit d'une nette diminution du nombre de fractures du tibia et d'entorses de cheville. Les fractures du fémur restent des accidents peu fréquents sur les pistes de ski, mais ils témoignent de l'évolution de la pathologie due à des chocs à grande énergie du fait de l'augmentation de la vitesse. [44]

Etude	% des blessures de la jambe		% des blessures du genou		% des blessures de la cheville		Autres localisations (% des blessures)	
	homme	femme	homme	femme	homme	femme	homme	femme
<u>Margreiter</u> <i>1972-1974</i>	28%	30%	23%	20%	17%	19%		
<u>Raas</u> <i>1982</i>	18%		22%		20%		- tête : 12%	
<u>Ekeland</u> <i>1985</i>	24%		18%				- rachis : 15%	
<u>Rioufrays</u> <i>1986-1987</i>			26,87%		28,36%		- rachis : 10,45% - tête : 5,97%	
<u>Ekeland</u> <i>JO 1994</i>	10%		43% (entorses)				- TC : 8%	
<u>Pôle France</u> <i>1996-1997</i>			22%		35%			
<u>Etude norvégienne</u> <i>2008</i>			38%					
<u>Engebreetsen</u> <i>JO 2010</i>			24%				- tête : 17%	
<u>Etude FIS</u> <i>de 2006-2007 à 2010-2011</i>	9,7%		37,9%				- main : 10,5% - tête : 10,5% - épaule : 5,5%	
<u>Fédération autrichienne de ski</u> <i>de 1992/1993 à 2008/2009</i>	11,1%		42%				- épaule : 5,8% - tête : 8,8%	
<u>NOTRE ETUDE</u> <i>de 1994/1995 à 2010/2011</i>	7%		31,1% LCA : 13,5%		15 %		- épaule : 4,9% - tête : 5% - TC : 3,2% - rachis : 7,4% - main : 9,8% - Pouce : 5,2%	

Tableau 22 : Localisation et évolution des lésions en ski alpin sur le circuit international : synthèse des différentes études.

Etude	Entorses	Fractures	Hématomes et contusions
<u>Ekeland</u> 1985	30%	20%	38%
<u>Ekeland</u> JO 1994	43% (genou)		
<u>Bere</u> 2008	48%		
<u>Engelbrechtsen</u> JO 2010	18%		28%
<u>NOTRE</u> <u>ETUDE</u> <i>de 1994/1995 à</i> <i>2010/2011</i>	46,8%	11,9%	8,1%

Tableau 23 : Type de lésions sur le circuit international : synthèse des différentes études.

En conclusion, l'évolution des blessures a été la même que ce soit en ski alpin de loisir ou en ski de compétition : diminution de l'ensemble des blessures dans les 30 dernières années et modification du siège des lésions (diminution des blessures de la cheville et de la jambe, augmentation des atteintes du genou et du membre supérieur). Comme nous le verrons, l'évolution du matériel en est en grande partie responsable.

3.1.3. Circonstances des blessures

3.1.3.1. Compétition et entraînement

R. Margreiter estime, en 1976, que le risque de blessures en compétition est 25 fois plus important que celui en entraînement dans une étude portant sur les équipes nationales entre 1972 et 1974. [36] R. Münch retrouve les mêmes résultats au sein des équipes allemandes entre 1973 et 1984. [37]

En revanche, l'étude de M. Rioufrays en équipe de France en 1986/1987 révèle que l'entraînement est aussi traumatisant que la compétition. Le ski (entraînement et compétition) est responsable de 59,7% des accidents et la préparation physique 40,2%. [37] P. Jenour, dans

une étude statistique des accidents des équipes suisses de ski alpin au cours de la saison 1985/1986 conclue de la même façon. [37]

Les statistiques de la FFS sur la saison 2006/2007 rapportent que 93% des blessures surviennent à ski (92,5% dans notre étude) et 37% en compétition (30,4% dans notre étude). [25]

L'étude qui a recensé les accidents survenus lors des JO de Vancouver en 2010 estime à 11% le nombre d'athlètes ayant eu un accident pendant les Jeux. En ski alpin (n=308 athlètes), 15% des femmes et 12% des hommes soit 15% des athlètes sont concernés. Par ailleurs, 52,2% des accidents se sont déroulés en entraînement et 43,2% en compétition. [38]

Dans notre étude, 62,1% des blessures sont survenues en entraînement contre 30,4% en compétition et 6,4% en préparation physique. Elle rejoint ainsi les études les plus récentes de la FFS et celle des JO de Vancouver (accidents en entraînement plus fréquents).

Nos résultats peuvent s'expliquer par le fait que **le nombre de jours d'entraînement annuel est désormais nettement supérieur au nombre de jours de compétition**. D'autre part, **l'entraînement induit moins de stress avec un manque de concentration**. Il faut noter également que, **pendant les entraînements, les athlètes réalisent une dizaine de manches par jour en slalom ou en géant et ils font quatre à cinq passages sur une piste de descente**.

3.1.3.2. La plus grande fréquence des blessures en descente

De nombreuses études retrouvent un nombre de blessures plus élevé en descente qu'en slalom chez les skieurs de compétition.

En effet, R. Margreiter montre que la descente est le plus souvent en cause dans les accidents de ski alpin dans son étude de 1976. [36]

L'enquête de R. Münch entre 1973 et 1984 au sein des équipes d'Allemagne Fédérale confirme cette constatation. [37]

L'étude allemande menée par E. Raas en 1982 estime que 83% de la population étudiée, à savoir 148 skieurs, a présenté une blessure grave pendant les trois dernières années et les deux tiers se sont déroulés en descente (contre 23% en slalom et 11% en géant). [19]

C'est aussi le cas de l'étude d'A. Ekeland en 1985 qui a étudié la traumatologie au niveau national en Norvège et qui décrit un risque de blessure en descente 10 fois plus élevé qu'en slalom. [19]

En revanche, M. Rioufrays, dans sa thèse sur l'épidémiologie des accidents de ski alpin en équipe de France pendant la saison 1986/1987, montre que le ski (entraînement et compétition) est responsable de 59,7% des accidents avec une nette prédominance en slalom (deux fois plus que dans les autres disciplines). [37]

K. Bergström a étudié les accidents de ski survenus lors des championnats du monde Junior de 1995. Il décrit seulement 4 accidents, tous survenus chez les filles, soit un taux de blessures de 4 pour 1000 courses et 8,3 pour 1000 manches de descente. [45]

L'étude des accidents de ski en Coupe du Monde, présentée en 2008 au 2nd congrès de prévention des accidents de sports, rapporte une incidence de 8,4 accidents pour 1000 courses et surtout 14,7 accidents pour 1000 manches de descente, 9,4 pour 1000 manches de super G, 7,2 pour 1000 manches de géant et seulement 4,3 pour 1000 manches de slalom. [24]

Une étude de la Fédération Autrichienne de Ski réalisée par W. Nachbauer, portant également sur 17 saisons de ski alpin (de 1992/1993 à 2008/2009), a aussi montré une plus grande fréquence des blessures en descente avec 11,01 blessures pour 1000 descentes (7,11 chez les femmes et 3,90 chez les hommes) contre seulement 2,5 blessures pour 1000 manches de super G, 2,11 pour 1000 manches de géant et 0,44 blessures pour 1000 manches de slalom. [40]

De même, la FIS constate 7,5 blessures pour 100 athlètes par saison en descente, 3,5 en géant, 3 en slalom et 2,5 en super G entre 2006/2007 et 2010/2011. [39]

L'étude sur les JO de Vancouver de 2010 retrouve que le risque est lié à l'accroissement de la vitesse et que le risque d'accident est quatre fois supérieur en descente par rapport au slalom. [38]

En 2005, la FFS est moins catégorique. Certes, jusqu'en 2000, les disciplines de vitesse (descente et super G) étaient à haut risque de traumatismes, notamment au niveau du LCA,

mais depuis 2000, le slalom géant est de plus en plus incriminé avec mise en cause de la vitesse dans les courbes favorisée par l'accrochage du ski sur les neiges de culture. [46]

Notre étude retrouve, comme beaucoup d'autres, la prédominance des blessures en descente (30% des blessures recensées). **Le risque de blessures semble donc augmenter avec la vitesse**, puisque les skieurs peuvent atteindre jusqu'à 145 km/h lors d'une manche de descente. En revanche, **les disciplines techniques nous interpellent de plus en plus**, puisqu'elles totalisent respectivement 26% et 24,5% des blessures de notre étude. Ainsi, les disciplines techniques représentent plus de blessures que les disciplines de vitesse. **Jusqu'en 2001, les disciplines de vitesse étaient plus dangereuses que les disciplines techniques. Cela s'est inversé à partir de 2001, comme nous l'avons déjà noté en 2005.**

3.1.3.3. Pics de fréquence des blessures

✓ *Au cours de l'année*

M. Rioufrays retrouve deux pics de fréquence des accidents pendant la saison 1986/1987 : fin août-début septembre et février. [37]

L'étude de la pathologie du ski durant l'année 1997 dans les sections de ski de haut niveau implantées à Albertville et à St Michel de Maurienne rapporte deux pics : en janvier et en septembre. [47]

La Fédération Française de Ski s'est intéressée au nombre de lésions du LCA entre les saisons 1998/1999 et 2010/2011. Les périodes de compétition restent les plus traumatogènes, puisque les athlètes se blessent essentiellement en décembre, janvier et février avec surtout un pic d'incidence en janvier. [48] N. Pujol a étudié les lésions du LCA sur 25 ans de 1980 à 2005 en Equipe de France et constate un nombre très faible de blessures d'avril à août. Elles existent surtout de septembre à avril avec un pic aussi en janvier. [46]

Notre étude sur 17 saisons retrouve également un net pic de fréquence des blessures en janvier et la reprise de la saison en septembre-octobre se traduit par la réapparition des blessures. Octobre correspond aussi à la fin de la période d'entraînement, moment où se

jouent les sélections pour différents circuits tels que la Coupe du Monde ou la Coupe d'Europe. [49] **Les skieurs se blessent plus en janvier, qui est la période où il y a plus de courses de descente.** La fatigue, responsable d'une diminution des sensations à ski et de la rapidité des gestes techniques, peut aussi être mise en cause. Les blessures sont plus rares en avril (3,5% des blessures), mai (2,5%) et juin (4,2%) puisqu'il s'agit de la période de repos.

Une étude française en station datant de 1986 a retrouvé une plus grande fréquence des blessures en fin de matinée et en fin d'après-midi. En toute logique, la fatigue et la sensation de faim préprandiale peuvent favoriser l'inattention avec risque d'augmentation des traumatismes. [50] Il serait intéressant d'étudier également le facteur journalier au niveau des équipes nationales, ce qui nous a été impossible à réaliser dans notre étude.

✓ *Au cours des 17 saisons étudiées*

Notre étude montre une importante augmentation du nombre de blessures au cours de la saison 2004/2005 (10,2% des blessures) et trois autres pics moindres en 1999/2000, 2001/2002 et 2006/2007. L'incidence des blessures semble diminuer surtout depuis 2007/2008.

La FFS parle d'ailleurs d'« épidémie des ruptures du LCA au cours de la saison 2004/2005 dans un contexte d'un nombre particulièrement élevé de blessures cette année ». La Fédération Autrichienne de Ski, qui a étudié les accidents dans ses équipes nationales de 1992/1993 à 2008/2009 rapporte très peu de blessures entre 1995/1996 et 1998/1999. En revanche et à l'inverse de nos résultats, elle constate une explosion du nombre de lésions (qui a triplé) au cours des saisons 2005/2006, 2006/2007, 2007/2008 et 2008/2009. [40]

Il est difficile d'expliquer ce qui s'est passé en 2004/2005 dans les équipes de France de ski alpin. Entre les JO de Salt Lake City (USA) en 2002 et ceux de Turin (Italie) en 2006, il s'agissait de l'année des Championnats du Monde de Bormio en Italie, mais **il n'a été retrouvé aucune explication objective à cette élévation brutale des lésions.**

3.1.4. Gravité des lésions et durée d'arrêt sportif

Parmi les skieurs de haut niveau, R. Margreiter en 1976, estime que 79% des skieuses (31 sur 40) et 87,8% des skieurs (65 sur 74) ont été victimes d'au moins une blessure sérieuse (absence d'au minimum 20 jours) tout au long de leur carrière. [36]

B. Duplan et son équipe ont évalué, sur trois saisons (de 1979 à 1982), l'évolution de la gravité des accidents et de la mortalité du ski alpin. Il constate 0,55 accidents pour 1000 journées-skieurs, 0,29 accidents graves pour 10 000 journées-skieurs, 0,3 décès pour 100 000 journées-skieurs. L'évolution de cette mortalité sur les 3 saisons étudiées est inquiétante avec un nombre de décès et d'accidents graves en nette progression par rapport à l'augmentation de la fréquentation des pistes. [51]

Une étude française menée au sein des sections de ski de haut niveau pendant la saison 1996/1997 rapporte un total de 25 jours de repos par skieuse par an occasionnés par des blessures et 19 jours par skieur. Ces résultats montrent l'augmentation de la gravité des lésions surtout chez le garçon (13 jours par skieur chez les garçons en 1995). [47]

Les statistiques de la FFS pendant la saison 2006/2007 montrent que les ruptures du LCA représentent 50% des blessures ayant entraîné un arrêt sportif supérieur à 28 jours contre 33% dans **notre étude**. [25]

La cohorte de skieurs alpins élites suédois étudiée par M. Westin sur 5 saisons en 2012 montre que 50% des blessures sont des lésions sévères. Les blessures touchant le genou représentent 41% de la totalité des lésions et dont 49% sont des lésions sévères. [52]

Le second congrès de prévention des accidents de sports de 2008 rapporte que 37% des blessures ont nécessité un repos sportif de plus de 28 jours ; ce qui rejoint **notre étude** qui en retrouve 38%. [24]

Dans **notre étude**, le nombre de jours de repos par skieur est quasiment identique pour les hommes et pour les femmes (12,33 pour les hommes par année contre 12,24 pour les femmes).

3.1.5. La prédominance féminine des blessures en ski alpin

Chez les skieurs en compétition, les études se contredisent en ce qui concerne le sexe. K. Bergstrom en 2001 et A. Ekeland en 1996 ont décrit une plus grande fréquence des accidents chez les femmes lors des JO de Lillehammer et aux championnats du monde junior en Norvège en 1995. [23, 45]

L'étude autrichienne de W. Nachbauer, portant sur les saisons 1992/1993 à 2008/2009, constate que le risque de blessures chez les femmes est deux fois plus élevé que celui des hommes. [40]

Selon ces études, la femme serait plus exposée aux accidents de ski alpin de par sa musculature plus faible que celle des hommes, son hyperlaxité ligamentaire, son valgus physiologique (particulièrement en ce qui concerne les lésions du LCA) [37] et surtout par un défaut de la gestuelle sportive. [53]

L'étude suédoise de M. Westin diminue cette différence, puisqu'elle trouve que les hommes présentent 1,62 blessures pour 1000 heures de ski contre 1,77 pour les femmes. [52]

Notre étude est en désaccord avec ces constatations, puisqu'elle montre que **les femmes ont présenté en moyenne moins d'accidents que les hommes entre 1994/1995 et 2010/2011** (3,30 par femme contre 3,84 par homme) **et moins de blessures** (3,42 par femme contre 4,02 par homme).

Cependant, **l'âge moyen de survenue des blessures est plus faible chez les skieuses que chez les skieurs**. La raison peut être **l'âge moyen plus jeune chez les skieuses** que chez les skieurs et un **développement musculaire plus rapide chez les filles que chez les garçons, permettant de solliciter les articulations alors que l'adaptation ligamentaire est encore incomplète**. [49]

L'étude d'A. Ekeland (1985) confirme notre étude en ne trouvant pas de différence significative entre les hommes et les femmes parmi les skieurs norvégiens sur la saison 1981/1982. [19]

3.2. Quelques lésions

3.2.1. Les entorses du LCA

3.2.1.1. L'évolution de la traumatologie du LCA

Aucune rupture du LCA n'a été constatée en équipe de France féminine de Ski Alpin pendant les saisons 1970/1971 et 1971/1972. Désormais, c'est la lésion la plus redoutée et la plus fréquente en ski alpin. [46]

Dans notre étude, le genou représente 31,1% des blessures. Les lésions du LCA représentent 43,6% des atteintes du genou et 13,5% de toutes les blessures recensées. De même, pour le réseau Médecins de Montagne, les ruptures du LCA représentent 13,1% des lésions totales pendant la saison 2007/2008. [54] La Fédération Française de Ski constate, pour la saison 2006/2007, 38% de lésions du genou, dont 86% d'entorses et 65% de ruptures du LCA. [25]

L'étude suédoise de M. Westin en 2012, qui concerne les skieurs de haut niveau, montre même que 41% des lésions concernent le genou, 69% d'entre elles étant des entorses. [52]

L'étude menée en équipe de France entre 1980 et 2005 par N. Pujol et P. Chambat a évalué le taux de lésions du LCA à 8,5 lésions pour 100 skieurs par saison, tout comme **notre étude (9,1 lésions pour 100 skieurs par saison)**. Le taux de première rupture du LCA est évalué à 5,7% par 100 skieurs par saison, le taux de re-rupture est de 19% et celui de rupture bilatérale de 30,5%. [46] Comme nous le verrons ci-après, l'évolution du matériel peut expliquer en grande partie ces changements.

Notre étude retrouve la présence constante de lésions du LCA pendant la période de ski (de septembre à avril) avec un nombre plus important en janvier. Le rapport 2012 de la FFS, qui a étudié les ruptures du LCA de 1998 à nos jours, retrouve les mêmes constatations. [55] Comme pour l'évolution globale des accidents, ceci s'explique par le fait **que janvier correspond à la période où il y a le plus de descentes**.

Le nombre élevé de ruptures du LCA pendant la saison 2004/2005 correspond à une véritable épidémie pour laquelle il n'y a pas d'explication objective. [56]

3.2.1.2. Le sur-risque féminin

A.Ekeland, en 1994, retrouve une nette prédominance féminine quant à la survenue de lésions du LCA en compétition. De même, H. Stevenson s'est intéressé aux compétitions américaines dans le Vermont en 1998 et rapporte un taux de lésions du genou 2,3 fois plus important chez les femmes que chez les hommes et un risque de ruptures du LCA 3,1 fois plus élevé. [23, 57]

M. Hombourger a étudié les entorses du genou survenues dans la station de La Clusaz pendant les saisons 1985/1986 et 1987/1988. Elles sont également plus importantes chez la femme (61% contre 39%). [29]

L'étude de la pathologie du ski durant l'année 1996/1997 dans les sections de ski de haut niveau implantées à Albertville et à St Michel de Maurienne rapporte que les traumatismes du genou concernent également le plus souvent les filles. [47] C'est également le cas si nous nous intéressons aux lésions du LCA en équipe nationale cette même année. Les ruptures touchent plutôt les filles âgées de 17 à 18 ans et peuvent s'expliquer par une montée en puissance musculaire rapide chez la femme, comme nous en avons parlé préalablement. [49]

De même, l'ensemble des publications réalisées par Médecins de montagne retrouve cette prédominance féminine (deux femmes pour un homme). Les femmes de plus de 25 ans seraient 3,5 fois plus exposées que les hommes. [58] Cette prédominance féminine est largement significative pour toutes les tranches d'âge ($P < 0.05$ chez l'enfant, $P < 0.001$ chez l'adolescent et l'adulte). [59]

De nombreuses autres études retrouvent cette prédominance féminine pour l'entorse grave du genou. [60, 61, 62] Elle se retrouve d'ailleurs dans de nombreux autres sports (football, volleyball, basketball, athlétisme, ...). [63, 64]

Cette différence quant au nombre de ruptures du LCA chez la femme et chez l'homme, différence que nous ne retrouvons pas, peut être expliquée par un certain nombre de facteurs intrinsèques :

- hyperlaxité féminine
- désordres neuromusculaires avec une prédominance de l'activité des quadriceps sur les ischio-jambiers et perturbation de la gestuelle féminine [53]

- facteurs hormonaux avec un risque de lésions du LCA significativement plus élevé à la phase pré-ovulaire du cycle menstruel [65, 66]

Nous pouvons considérer qu'il existe également des facteurs extrinsèques :

- la préparation physique
- le matériel [18]

En revanche, l'étude de N. Pujol menée en équipe de France entre 1980 et 2005, ne retrouve pas cette différence, puisque 28,2% des skieuses et 27,2% des skieurs ont présenté au moins une lésion du LCA. Dans cette étude, le nombre de ruptures du LCA chez les hommes augmente depuis 2002/2003, alors que celui des femmes se stabilise à 2 ou 3 lésions par saison. [46] L'étude de TW. Florenes est encore plus troublante, puisqu'en 2010, il rapporte que les hommes ont présenté deux fois plus de lésions du LCA que les femmes en Coupe du Monde. [19]

Notre étude constate un nombre équivalent de ruptures du LCA chez les femmes et chez les hommes sur les 17 saisons étudiées (avec un nombre identique au cours des deux dernières saisons). Il faut noter que les femmes se blessent plus jeunes.

3.2.1.3. Plus de lésions chez les meilleurs mondiaux?

L'étude de N. Pujol, menée entre 1980 et 2005 montre que le pourcentage de ruptures du LCA est nettement plus élevé chez les skieurs classés parmi les 30 premiers mondiaux que chez les autres (avec $p=0,002$). [46]

Ceci s'explique par le fait que les skieurs et les skieuses du Top 30 ont une carrière, donc une exposition, plus longue, une rupture du LCA ne raccourcissant pas la carrière de l'athlète. L'étude de KP. Benedetto a d'ailleurs montré que la plupart des skieurs professionnels ayant présenté une lésion ligamentaire du genou retrouvent leur niveau sportif pré-opératoire. [67]

Dans notre étude concernant la totalité des blessures, **nous ne retrouvons pas plus de lésions chez les athlètes bien classés au niveau mondial.**

3.2.2. Les atteintes de la cheville

Il n'existe pas dans la littérature d'étude des lésions ligamentaires de la cheville liées au ski de loisir ou au ski de compétition.

Dans notre étude, l'entorse de la cheville représente 93,2% des lésions de la cheville et 14% des blessures recensées. Celles qui sont dues uniquement à la pratique du ski alpin, constituent 11,5% des lésions, le reste s'étant déroulé lors de la préparation physique et de la participation à des sports collectifs. Leur incidence semble en baisse, surtout depuis 2007/2008.

L'étude concernant le ski de haut niveau à Albertville et de St Michel de Maurienne durant l'année 1997 rapporte que les traumatismes de chevilles (entorses du LLE) sont surtout le fait des sports collectifs. [47]

Les lésions ligamentaires de la cheville en ski alpin se sont raréfiées depuis l'apparition des chaussures à tige haute et rigide.

Il faut noter que D. Fritschy a décrit en 1994 une lésion rare concernant la cheville des skieurs. Il s'agit de lésions au niveau de la syndesmose tibio-fibulaire distale avec lésion des ligaments tibio-fibulaires. Ce type de lésion est à rattacher à des mouvements forcés en rotation externe survenant lorsque l'athlète enfourche un piquet. [68]

3.2.3. Les entorses du LLI du pouce

La FIS a étudié les accidents entre 2006/2007 et 2010/2011. Elle constate que la main représente 10,5% des blessures. [39]

Notre étude montre que les entorses du LLI de la métacarpo-phalangienne du pouce représentent une part non négligeable des traumatismes constatés en équipe de France. La main regroupe 45% des lésions du membre supérieur, soit 9,8% de toutes les blessures. **5,2%** des lésions recensées sont des entorses du pouce.

Il s'agit donc d'une lésion fréquente en ski alpin. Son retard de prise en charge ou un traitement inadéquat peut entraîner une instabilité chronique invalidante à haut niveau.

3.2.3.1. Le rôle du matériel

La pratique du ski et l'utilisation des bâtons exposent les ligaments de la métacarpo-phalangienne du pouce à des contraintes latérales particulières. [69]

Dans les années 1970 et 1980, les fabricants ont élargis la tête des bâtons dans le but de limiter les traumatismes abdominaux. Mais cette nouvelle architecture constitue un obstacle au dégagement du pouce vers le haut lors des chutes. [70]

GA. Primanio incrimine, en 1985, les bâtons de ski sans dragonne, dont la poignée comporte un moulage du support du pouce qui fait que celui-ci est, par un mécanisme d'emprisonnement, en extension et donc particulièrement vulnérable en cas de chute. [71]

En revanche, il n'a jamais été montré, pour l'instant, que la dragonne ou la façon dont elle est prise avec le bâton, constituent un facteur de risque de lésion du LLI de pouce. Plus exactement, plusieurs études s'accordent pour dire que quelle que soit la façon dont la main et le poignet sont passés dans la sangle, il n'y a aucune influence sur la survenue ou pas de lésion du LLI du pouce ni sur sa gravité. [70]

Dans tous les cas, **la conception actuelle des bâtons de ski ne permet pas une protection efficace du pouce** qui reste le seul doigt isolé sur un côté du manche en cas de chute. A l'inverse, les autres doigts sont regroupés et se soutiennent les uns les autres de l'autre côté du manche. **Le bâton est donc un élément essentiel de la pathogénie de cette blessure.** [70]

3.2.3.2. Principes de prévention

La règle semble résider dans le non-blocage du pouce et des autres doigts. Il s'agit de protéger le pouce et sa MP sans les emprisonner, c'est-à-dire en conservant au pouce toute liberté de dégagement en cas de chute.

F. Gouiffès, dans sa thèse de médecine, propose deux types de modifications du manche du bâton afin de protéger le pouce du mouvement d'hyper-abduction à l'origine de la lésion du LLI [70]:

- ✓ **Une protection supérieure de type capot**, rigide, en forme d'appendice à la tête du manche, qui viendrait couvrir l'extrémité libre du pouce jusqu'à la diaphyse de la première phalange, évitant ainsi le contact du pouce avec le sol.
- ✓ **Une protection par appui inférieur**, qui aurait un rôle de soutien des deux phalanges et de l'éminence thénar.

Le système de protection supérieure semble le plus simple dans sa conception.

Les bâtons utilisés actuellement en compétition comportent tous une dragonne avec plus ou moins un moulage de la poignée. Seuls les slalomeurs utilisent une coque de protection du dos de la main, cette coque leur servant surtout à repousser les piquets.

3.2.4. Les traumatismes crâniens

Une étude canadienne réalisée dans 19 stations de sports d'hiver de novembre 2001 à avril 2002 conclue que le port du casque diminue de 29% le risque de traumatismes crâniens. [72]

Les équipes d'A.J. Macnab et de K. Russel font les mêmes constatations et ajoutent que le port du casque n'augmente pas le risque de traumatisme facial. [73, 74]

Le port du casque est obligatoire en compétition. Nous pouvons largement imaginer qu'il réduit l'intensité des traumatismes crâniens après une chute. Malgré tout, **ces lésions sont inquiétantes. Elles sont fréquemment rencontrées compte tenu des vitesses importantes atteintes par les skieurs.** [75]

Notre étude retrouve 3,3% de traumatismes crâniens. Il y a dans notre série un décès en entraînement. **Un important travail doit être effectué sur la qualité du casque en améliorant les normes et sur les protections au niveau de la piste pour éviter tout contact avec un obstacle non protégé.**

3.3. Les facteurs de risque dans le ski alpin

Les facteurs favorisant les accidents de ski sont pour M. Rioufrays : la condition physique, l'échauffement mal conduit, la fatigue accumulée en fin de saison, la morphologie féminine (hyperlaxité, musculature moins puissante) ou encore le matériel. En 1989, M. Hombourger insiste également sur le valgus physiologique de la femme. [29, 37]

Une étude concernant la pathologie du ski de haut niveau en 1997 définit plusieurs facteurs de risque : la charge sportive, la quantité et la qualité de la préparation physique, la charge scolaire, le matériel et son évolution, le terrain (type de neige, météorologie). La somme des charges sportives et scolaires déterminent un indice de fatigabilité. [47]

Dans notre étude, le type de traumatologie est complètement indépendant des caractéristiques anthropométriques et physiques des skieurs ainsi que des circonstances de survenue des accidents.

3.4. Le rôle de l'évolution du matériel sur la traumatologie des membres inférieurs

Depuis les années 1970, le taux de blessures en ski alpin est en nette diminution. Les atteintes de la jambe et de la cheville sont devenues plus rares, alors que les lésions ligamentaires du genou et les blessures du membre supérieur sont de plus en plus fréquentes. [42, 76]

Nous avons déjà discuté préalablement du rôle des bâtons de ski sur l'incidence des entorses du ligament latéral interne du pouce. Nous allons maintenant nous intéresser à l'impact qu'a pu avoir l'évolution du matériel sur la traumatologie du membre inférieur.

➤ *Les skis*

M. Butscher montre en 2008 que le nombre de lésions du LCA est resté constant malgré une diminution de 9% du nombre total de blessures en ski alpin et incrimine les skis paraboliques (carving). [77, 78]

En effet, l'apparition des skis paraboliques a fait craindre à certains auteurs une augmentation des ruptures du LCA. Ces nouveaux skis ont été conçus pour permettre d'augmenter la vitesse dans les virages et il a été constaté une recrudescence de ruptures du LCA dans l'équipe italienne de ski entre 1985 et 1997. [79]

Une étude de 2009 émet l'idée que l'introduction de skis paraboliques plus courts a favorisé les atteintes du LCA. [80] RJ. Johnson montre que des skieurs utilisant des skis paraboliques dont la taille est inférieure à 75% de leur taille, courent plus de risques de rupture du LCA. [81]

Ce ski, plus large aux extrémités et plus étroit au patin se déforme pendant l'appui et améliore le passage en courbes. Ils ont un rayon de courbure diminué, ce qui permet des virages plus serrés augmentant les contraintes au niveau du membre inférieur. Leur longueur étant nettement moins importante, leur bras de levier diminue et peut nuire au déclenchement de la fixation de sécurité. [3, 82]

Selon d'autres études en revanche, le risque de lésions du genou et notamment de ruptures du LCA est plus élevé chez les skieurs utilisant des skis traditionnels. Une étude allemande de 2007 retrouve 11,4% de ruptures du LCA chez les skieurs ayant utilisé des skis paraboliques contre 14,3% pour ceux utilisant des skis traditionnels. [83, 84]

➤ *Le couple chaussure-fixation*

Selon un communiqué de l'association Médecins de Montagne de 2001, le mauvais réglage des fixations est responsable de 43% des entorses du genou. Leur qualité de réglage est essentiellement en cause dans la recrudescence des entorses du genou en ski alpin à cette période. [85, 86]

En effet, un mauvais réglage peut entraîner :

- Un risque d'accident par déclenchement (ou déchaussement) intempestif si le réglage est trop faible.
- Un risque de lésion en cas de chute avec non-déclenchement (non déchaussement) si le réglage est trop fort. C'est le principal mécanisme responsable des entorses graves du genou.

Les nouvelles normes de réglage de l'Afnor sont exposées dans les tableaux 4, 5 et 6. Le meilleur réglage théorique pour chaque skieur est un compromis entre le risque d'accident par déclenchement intempestif et le risque de lésion par non-déclenchement. Cependant, même si ces normes sont respectées, de nouvelles innovations techniques sur le matériel de ski seront nécessaires pour viser une diminution des atteintes du genou. [87]

L'évolution qu'ont connue les chaussures et les fixations de ski dans les dernières années a permis de diminuer le nombre de blessures de la cheville et du tibia chez les skieurs de haut niveau. [88] Cette diminution et l'augmentation dans les mêmes proportions des ruptures du LCA ont été corrélées, par de nombreux auteurs, avec l'évolution du matériel de ski alpin. Il ne fait désormais aucun doute que l'amélioration du matériel a été en grande partie responsable de l'augmentation des ruptures ligamentaires du genou. [35, 89, 90]

En voici les explications.

Autrefois, dépourvus de fixations déclenchables, les skis transféraient toutes les contraintes en torsion directement sur la jambe. Aujourd'hui, les fixations modernes permettent la libération de la jambe dès que les contraintes deviennent trop importantes à leur niveau. L'apparition des fixations de sécurité a donc joué un rôle indéniable dans la prévention des fractures de jambe ou encore des entorses de cheville. [32, 91, 92]

De plus, l'apparition des chaussures modernes en plastique thermoformé dans les années 1970, assurant une tenue parfaite du pied, de la cheville et de la jambe (grâce à la hauteur et la rigidité de leur tige), a sa responsabilité dans le **déplacement progressif de la pathologie de la jambe vers le genou**. L'augmentation de la hauteur de la tige des chaussures permet le blocage des mouvements de varus/valgus de la cheville. En la bloquant, ses capacités d'amortissement sont diminuées et il y a une **transmission directe des contraintes au niveau du genou**. [32, 91]

L'apparition des ruptures du LCA à partir de la moitié des années 1970 s'explique donc par l'apparition de chaussures de ski à tige rigide et haute.

En compétition, un autre facteur négatif est apparu avec les **plaques de rehaussement** situées entre le ski et la fixation. Elles augmentent le bras de levier donc les contraintes et permettent une inclinaison plus importante sans que la chaussure touche la neige.

La FIS a limité la hauteur des plaques en compétition à 40 mm chez les benjamins et 50 mm chez les adultes. [9, 47]

En résumé, la non prise en compte de certains critères de réglage conformément aux normes internationales est mise en cause dans l'évolution des ruptures du LCA en ski alpin. Mais, l'augmentation de l'incidence des entorses graves du genou est multifactorielle (couple chaussure-fixation, skis paraboliques). [9]

3.5. Perspectives : les grands principes de prévention

Ce type d'étude est indispensable à la compréhension des mécanismes des traumatismes pour l'élaboration de principes de prévention.

Une parfaite **préparation physique, technique et matérielle** devrait réduire le nombre d'accidents en ski alpin. [93]

L'échauffement, les étirements, la bonne condition physique, un gros travail sur la **proprioception**, un travail sur **la gestion des déséquilibres** (antéro-postérieurs, latéraux et en rotation) sont les maîtres-mots de cette prévention. Le contrôle de la **charge d'entraînement** donc de la **fatigue** reste également primordial. [35, 55, 94]

La polyvalence en ski alpin pourrait être un facteur protecteur en améliorant la technicité globale, mais elle implique plus d'entraînement donc plus de fatigue.

Pour certains, une augmentation de la **puissance musculaire**, notamment le renforcement des quadriceps et des ischio-jambiers (qui jouent un rôle fondamental dans la stabilité du genou), pourrait réduire le risque de lésions du LCA. [42, 43] Mais, le renforcement de la puissance musculaire a aussi comme conséquence de permettre l'augmentation des contraintes au niveau ligamentaire.

Bien sûr, **le port du casque** est essentiel dans la prévention du skieur. [95] Il faut y ajouter les **protections faciales** pour le slalom et les **protections de dos** dans les disciplines de vitesse.

Selon F. Brouns, **l'alimentation** pourrait avoir un impact sur les lésions ligamentaires en évitant la déplétion du stock de glycogène lors de l'exercice surtout anaérobie et en évitant

ainsi une diminution de la force et de la résistance des fibres musculaires. Il conclue que le risque d'accident pourrait être diminué si le skieur possédait une importante réserve en glycogène dès le début de l'exercice. [96]

Il est sûr que la fixation de sécurité n'est pas l'arme absolue pour limiter les ruptures du LCA. D'importants progrès sont encore à réaliser. Encore faut-il avoir un **réglage cohérent** et **entretenir correctement son matériel**, notamment au niveau du couple de frottement fixation-chaussure. [9]

Au niveau fédéral, depuis 2007, un programme de prévention a été mis au point. Ce programme est basé essentiellement sur la sollicitation du LCA avec des exercices spécifiques. L'hypothèse de cette mise en tension du LCA était éventuellement d'améliorer, par les sollicitations, la résistance mécanique du LCA. Le résultat de cette démarche est difficile à évaluer étant donné l'impossibilité qu'il y a au niveau de la FFS d'entreprendre une étude randomisée.

CONCLUSION

L'étude de la traumatologie du ski alpin de compétition, entre les saisons 1994/1995 et 2010/2011, retrouve au niveau du membre inférieur, un faible nombre de lésions de la jambe et de la cheville par rapport au genou. Les entorses graves du genou apparaissent aujourd'hui comme la blessure la plus fréquente et la plus redoutée en ski alpin de compétition. Au niveau du membre supérieur, les lésions sont dominées par les luxations de l'épaule et les entorses du ligament latéral interne du pouce. Le nombre de traumatismes crâniens, dont un avec des conséquences catastrophiques, doit nous rendre très vigilants.

Un travail important doit être effectué au niveau des facteurs intrinsèques avec notamment un travail de proprioception. Ce doit être le travail des entraîneurs, des préparateurs physiques et des médecins.

Les risques extrinsèques doivent être également évalués. C'est le rôle de la FIS. Les efforts doivent porter sur la qualité de la neige, le profil de la pente et sur tous les systèmes de protection au niveau des piquets et des protections en limite de piste.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Vitesses et temps des différentes disciplines du ski alpin	33
Tableau 2 : Saison de Coupe du Monde 2012/2013 en Ski Alpin chez les hommes	38
Tableau 3 : Saison de Coupe du Monde 2012/2013 en Ski Alpin chez les femmes	39
Tableau 4 : Réglage des fixations pour les hommes selon la norme AFNOR FD S 52-748.....	45
Tableau 5 : Réglage des fixations pour les femmes selon la norme AFNOR FD S 52-748.....	46
Tableau 6 : Détermination des corrections de réglages en fonction du « type de skieur »	46
Tableau 7 : Nombre moyen de blessures pour 100 skieurs par saison	62
Tableau 8 : Nombre moyen d'accidents pour 100 skieurs par saison	62
Tableau 9 : Nombre moyen de journées-skieurs par saison	63
Tableau 10 : Répartition des blessures en fonction du siège principal	79
Tableau 11 : Répartition des lésions musculaires	83
Tableau 12 : Répartition des luxations	84
Tableau 13 : Répartition des lésions tendineuses	85
Tableau 14 : Détail des circonstances de blessures	87
Tableau 15 : Blessures survenues hors ski	87
Tableau 16 : Répartition des blessures en fonction de la durée d'arrêt sportif	88
Tableau 17 : Répartition des blessures en fonction du côté	90

Tableau 18 : Nombre de ruptures du LCA pour 100 skieurs par saison	98
Tableau 19 : Evolution du nombre de fractures de jambe au cours des 17 saisons	102
Tableau 20 : Nombre de luxations d'épaule et de disjonctions acromio-claviculaires par saison	104
Tableau 21 : Répartition du nombre de blessures en fonction de la localisation des blessures et de la discipline	108
Tableau 22 : Localisation et évolution des lésions en ski alpin sur le circuit international : Synthèse des différentes études	120
Tableau 23 : Nature des lésions sur le circuit international : Synthèse des différentes études	121

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Modélisation de Bahr	53
Figure 2 : Exemple de diagramme des inerties.....	55
Figure 3 : Exemple de cercle de corrélation d'après le premier plan factoriel étudié	56
Figure 4 : Distribution des variables sur le plan factoriel étudié	57
Figure 5 : Répartition des âges d'entrée en équipe de France	60
Figure 6 : Distribution de la durée passée en équipe de France	60
Figure 7 : Nombre d'accidents selon l'année de naissance des skieurs	61
Figure 8 : Localisation des blessures	63
Figure 9 : Répartition des blessures du membre inférieur	64
Figure 10 : Les lésions du bassin	64
Figure 11 : Les atteintes de la cuisse	65
Figure 12 : Les atteintes du genou	66
Figure 13 : Les entorses du genou	67
Figure 14 : Les lésions de la jambe	68
Figure 15 : Les lésions de la cheville	68
Figure 16 : Les entorses de cheville	69
Figure 17 : Les atteintes du pied	70
Figure 18 : Répartition des lésions du membre supérieur	70
Figure 19 : Les atteintes de l'épaule	71
Figure 20 : Les blessures du bras	71

Figure 21 : Les lésions du coude	72
Figure 22 : Les blessures de l'avant-bras	72
Figure 23 : Les lésions de la main	73
Figure 24 : Détail des blessures de la main	74
Figure 25 : Répartition des lésions rachidiennes	75
Figure 26 : Détails des atteintes rachidiennes	76
Figure 27 : Répartition des blessures de la tête	76
Figure 28 : Les atteintes de la face	77
Figure 29 : Les traumatismes crâniens	77
Figure 30 : Répartition des lésions thoraciques	78
Figure 31 : Répartition des blessures en fonction de leur nature	80
Figure 32 : Répartition des entorses	81
Figure 33 : Répartition des fractures	81
Figure 34 : Répartition des fractures du membre supérieur	82
Figure 35 : Répartition des fractures du membre inférieur	83
Figure 36 : Répartition des circonstances de blessures	86
Figure 37 : Répartition des blessures ayant nécessité un arrêt sportif supérieur à 28 jours	89
Figure 38 : Répartition mensuelle des accidents	90
Figure 39 : Répartition des circonstances des blessures au cours de l'année	91
Figure 40 : Evolution du nombre de lésions au cours du temps	92
Figure 41 : Evolution des blessures par 100 skieurs par saison.....	93
Figure 42 : Evolution du nombre de blessures du membre inférieur au cours du temps ..	94

Figure 43 : Evolution des entorses du genou sur 17 saisons	95
Figure 44 : Evolution des entorses graves du genou par rapport à l'ensemble des entorses du genou sur 17 saisons	96
Figure 45 : Evolution du nombre de ruptures du LCA par sexe et par mois	97
Figure 46 : Evolution du nombre de ruptures du LCA par sexe au cours des 17 saisons .	97
Figure 47 : Nombre de ruptures du LCA par saison et par sexe	99
Figure 48 : Evolution des entorses du genou (à gauche) et des entorses graves du genou (à droite) en fonction des années et de la discipline	100
Figure 49 : Evolution des entorses de cheville au cours du temps	101
Figure 50 : Comparaison entre l'évolution des entorses de cheville liées à la pratique du ski alpin et l'évolution de l'ensemble des entorses de cheville	101
Figure 51 : Evolution des lésions du membre supérieur au cours du temps	103
Figure 52 : Evolution des entorses du LLI du pouce au cours du temps	103
Figure 53 : Evolution du nombre de luxations d'épaule au cours des 17 saisons	105
Figure 54 : Evolution du nombre de fractures du membre supérieur par saison	105
Figure 55 : Evolution des traumatismes crâniens au cours du temps	106
Figure 56 : Répartition des blessures par tranche d'âge	107
Figure 57 : Répartition du nombre de blessures en fonction de l'âge des athlètes	107
Figure 58 : Evolution des blessures en fonction des saisons et de la discipline	109
Figure 59 : Cercle de corrélation des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié	147
Figure 60 : Distribution des âges des skieurs au moment des blessures dans le premier plan factoriel étudié	148
Figure 61 : Distribution des âges des skieurs à la sortie d'équipe de France dans le premier plan factoriel étudié	149

Figure 62 : Cercle de corrélation des variables actives d'après le plan factoriel étudié....	150
Figure 63 : Carte factorielle	151
Figure 64 : Distribution des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié ...	152
Figure 65 : Carte factorielle	153
Figure 66 : Distribution des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié ...	154
Figure 67 : Corrélation entre les variables « accident » et « discipline » d'après le premier plan factoriel étudié	155
Figure 68 : en haut : Nuage de points entre les variables « lactates max » et « nombre d'accidents », en bas : Nombre d'accidents (ordonnée) en fonction du taux de lactates max (abscisse).....	156
Figure 69 : Cercle de corrélation des variables actives dans le plan factoriel étudié	157

ANNEXE : Résultats de l'analyse statistique

1. Résultats de l'analyse en composante principale (ACP)

Nous avons décidé de retenir la variable « mois de l'accident » pour nos analyses statistiques. Nous avons enlevé les 33 blessures dont nous n'avions pas le mois de survenue. L'ACP a donc porté sur 792 blessures.

Nous avons inséré toutes les variables quantitatives en actives et les variables qualitatives en supplémentaires.

Nous construisons en plus trois nouvelles variables :

- Année du traumatisme : année de l'accident
- Durée en équipe au moment du traumatisme : l'ancienneté du skieur dans l'équipe de France au moment de l'accident ;
- Saison : 3 modalités (Compétition, Entraînement et Repos)

Les variables actives sont : poids, taille, âge de l'accident, VO2 max, lactates max, mois de l'accident, points et rangs (rank) de classement dans chaque spécialité, durée en équipe au moment du traumatisme et année de l'accident.

Les variables supplémentaires sont : sexe, discipline, localisation, siège principal, côté, nature de la blessure, opéré, circonstances, type d'arrêt, saison.

Nous retenons 6 axes. A partir des 15 variables quantitatives, l'ACP permet de résumer 80% de l'information en 6 dimensions. Les dimensions 4 et 5 ne montrent rien d'intéressant, nous ne les détaillerons donc pas.

1.1. Les deux premiers axes de dimension

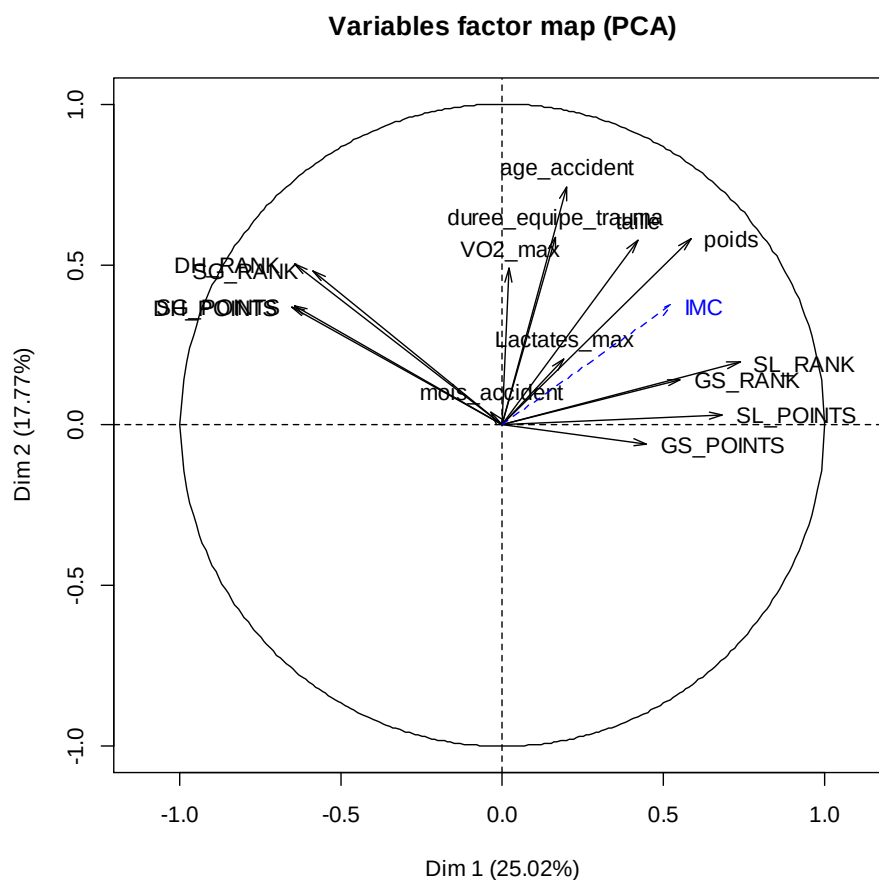


Figure 59 : Cercle de corrélation des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié

Le premier axe de variabilité sépare les individus à travers leurs points et leur classement dans les disciplines SL et GS contre DH et SG :

- Plus on va à droite de l'axe 1, plus les accidents concernent des skieurs qui ont un nombre de points élevé en SL et en GS (mauvais classement) .
- Plus on va à gauche de l'axe 1, plus les accidents concernent des skieurs ayant un nombre de points élevé en DH et SG (mauvais classement) ; et par symétrie, peu de points et un bon rang en SL et en GS.
- Plus on se rapproche du centre du plan, plus on rencontrera des accidents impliquant des skieurs de niveau moyen dans les 4 spécialités (SL, GS, DH, SG), appartenant plutôt à la discipline P (polyvalent).

A l'examen du cercle de corrélation (Figure 59), nous voyons que :

- DH_RANK et SG_RANK sont pratiquement confondus, de même que les variables DH_POINTS et SG_POINTS. (l'angle est proche de 0, son cosinus est proche de 1).
- Par contre, cette proximité est moins évidente entre les variables GS_POINTS/SL_POINTS et GS_RANK/SL_RANK.

La variable discipline en supplémentaire ressort significative de l'analyse, confirmant que l'axe 1 sépare les disciplines Vitesse des disciplines Techniques.

La confusion des flèches expriment la corrélation entre la discipline et les points en DH et en SG : **les moins bien classés semblent avoir une plus grande susceptibilité à se blesser que les autres dans ces spécialités.** (Figure 59)

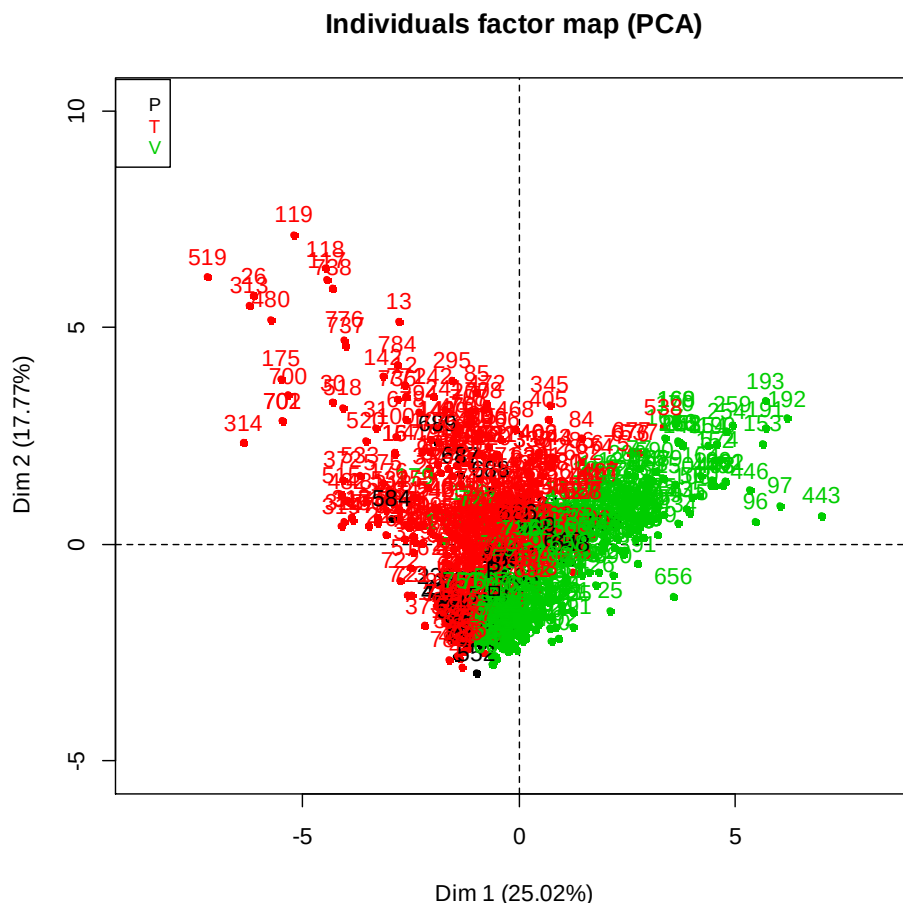


Figure 60 : Distribution des âges des skieurs au moment des blessures dans le premier plan factoriel étudié

L'axe 2 est caractérisé par l'âge du skieur au moment de l'accident. Du centre vers le haut de l'axe, nous retrouvons les accidents impliquant des jeunes skieurs aux skieurs plus âgés. De plus, la variable « sexe » mise en supplémentaire ressort de l'analyse, soulignant que **les skieuses (vert) ont majoritairement tendance à avoir des accidents plus jeunes que les skieurs (rouge)** et les hommes se blessent sur l'ensemble des catégories d'âge (Figure 60).

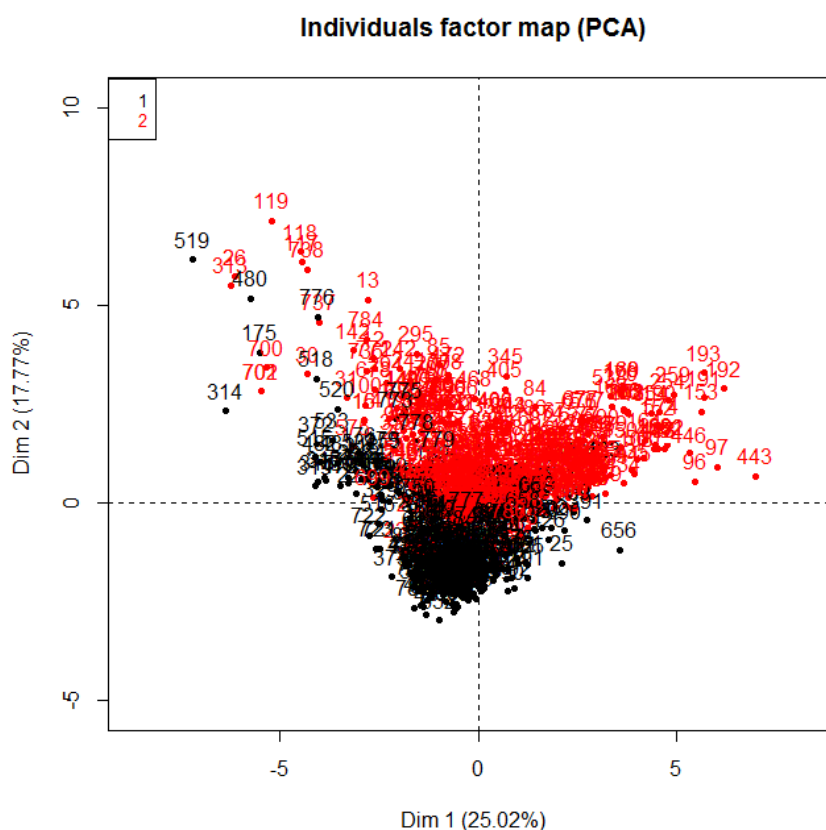


Figure 61 : Distribution de l'âge des skieurs à la sortie d'équipe de France dans le premier plan factoriel étudié

L'étude de la répartition des âges des skieurs à la sortie de l'équipe de France montre une distribution différente entre les deux sexes, mais cela n'explique pas pourquoi l'âge au moment des accidents chez les hommes est plus élevé que chez les femmes (Figure 61).

Les filles (en noir) se blessent plus quand elles sont jeunes et les hommes (en rouge) se blessent sur l'ensemble des âges.

1.2. Les axes de dimension 3 et 6

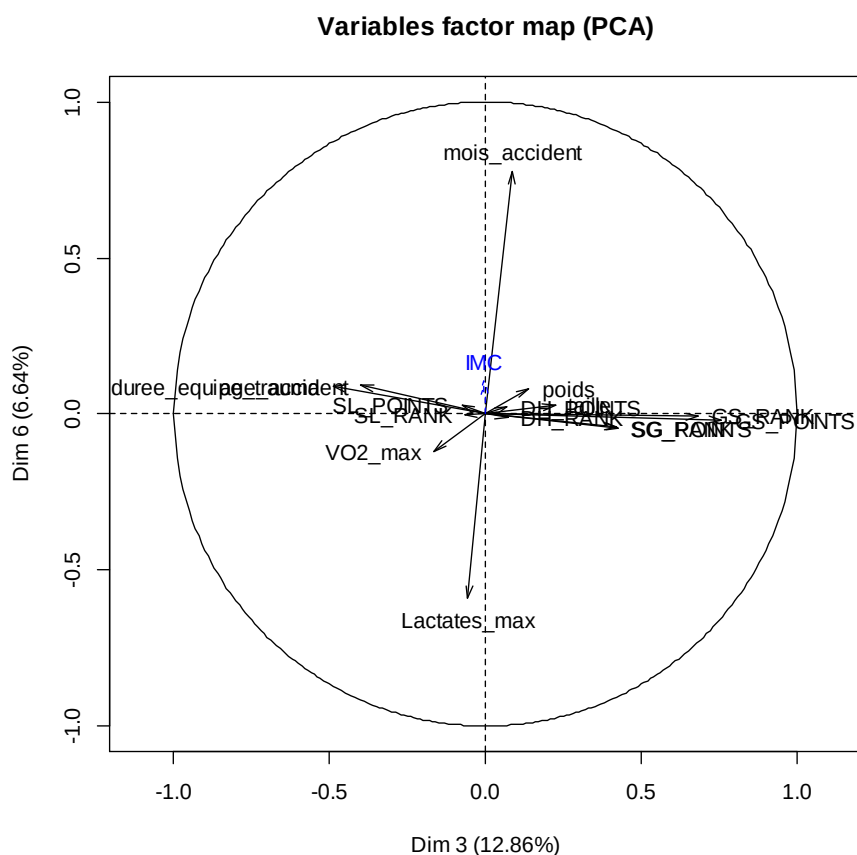


Figure 62 : Cercle de corrélation des variables actives d'après le plan factoriel étudié

L'axe 3 répartit les accidents des skieurs qui ont peu de points en GS (bon classement) à gauche contre ceux qui ont beaucoup de points (mauvais rang) à droite.

L'axe 6 classe les accidents de janvier (en bas) à décembre (en haut).

Les variables « mois de l'accident » et « lactates max » sont bien représentées par l'axe 6. Leur angle est proche de 180° et son cosinus sera proche de -1. La variable « mois de l'accident » est inversement corrélée avec les valeurs d'acide lactique obtenues en fin d'effort.

Ceux qui ont des lactates max élevés sont ceux qui se blessent davantage en janvier et début d'année. Ceux qui se blessent en fin d'année ont des taux de lactates faibles (5 mmoles/l), mais ces résultats sont peu significatifs (Figure 62).

Les variables concernant la traumatologie (membre supérieur, entorses, genou, cheville, ...) ne ressortent pas de l'ACP, même en essayant de les regrouper en localisation, siège et nature (le coefficient d'ajustement r^2 reste très faible).

Il ne semble donc pas y avoir de corrélation entre les variables traumatologiques ou anthropométriques et les blessures constatées.

2. Résultats de l'analyse des correspondances multiples (ACM)

L'ACM permet de caractériser les accidents des skieurs. En actif, nous avons mis les variables qualitatives qui caractérisent les accidents (siège, localisation, côté, nature, circonstance...) et en illustratif, toutes les variables signalétiques qui aideront à l'interprétation des axes.

2.1. Première ACM

Avec le premier plan factoriel, nous récupérons 31% de l'information et avec 4 axes, nous parvenons à récupérer 52% de l'inertie.

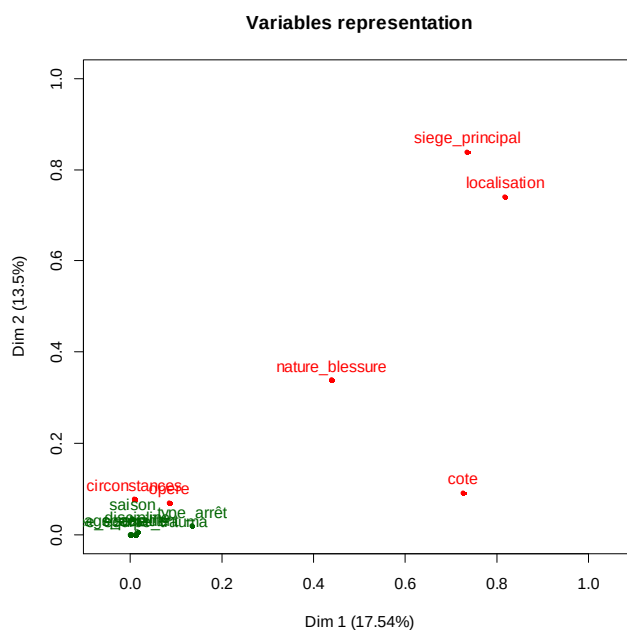


Figure 63 : Carte factorielle

Aucune des variables signalétiques (en vert) ne permet de caractériser les accidents. Les variables « circonstances » et « opéré » ne sont pas significatives. Seules les variables « siège principal » et « localisation » sont très corrélées au premier plan factoriel (r^2 proches de 1) et, dans une moindre mesure, la variable « coté ». (Figure 63)

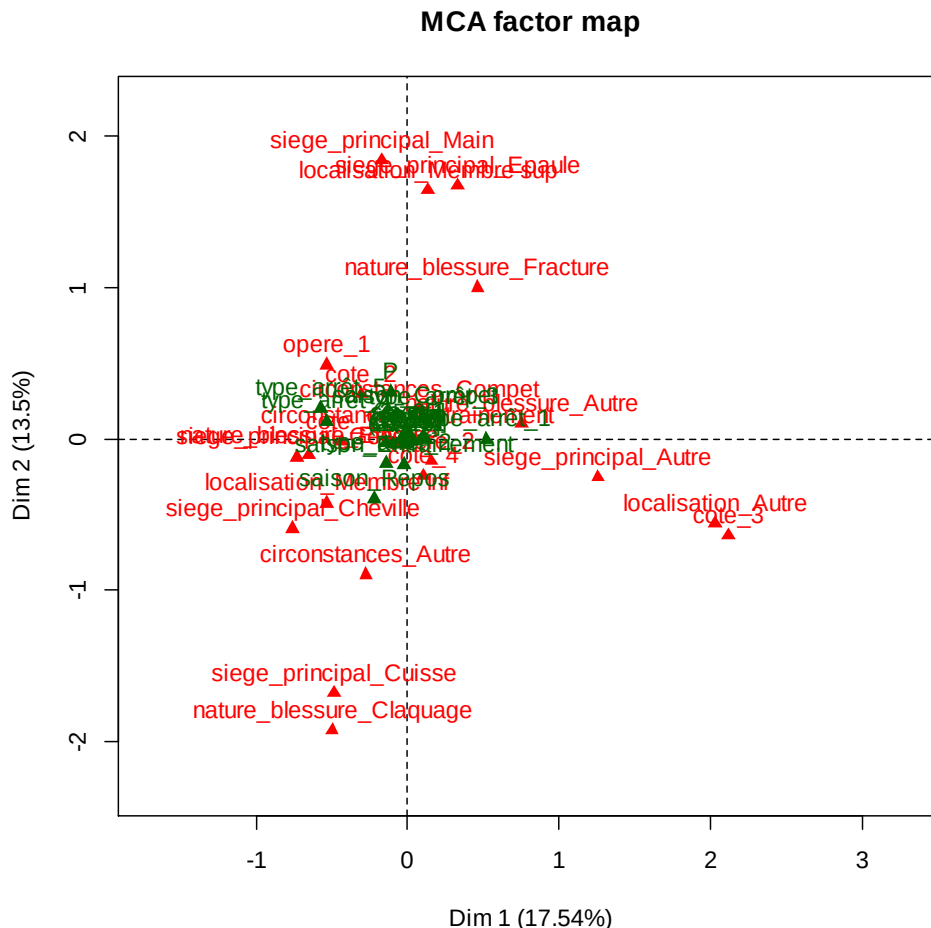


Figure 64 : Distribution des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié

Les modalités « cuisse » et « claquage » sont proches, ce qui signifie que les skieurs font généralement des claquages à la cuisse (Figure 64).

Les variables « siège principal » et « nature » de la blessure sont très corrélées et sont des sous-modalités de la variable « localisation ». Ainsi, il convient de réaliser une deuxième ACM avec seulement une des trois variables.

2.2. Deuxième ACM

Voici les résultats de l'ACM réalisée sans les variables « nature », « blessure » et « localisation ».

La variable « siège principal » est toujours très bien représentée dans le premier plan factoriel. Les variables « saison » (Entraînement, Compétition ou Préparation physique) et « type d'arrêt » sont mieux représentées dans ce plan factoriel.

On remarque que la variable « type d'arrêt » est proche de la variable « opéré » (Figure 65).

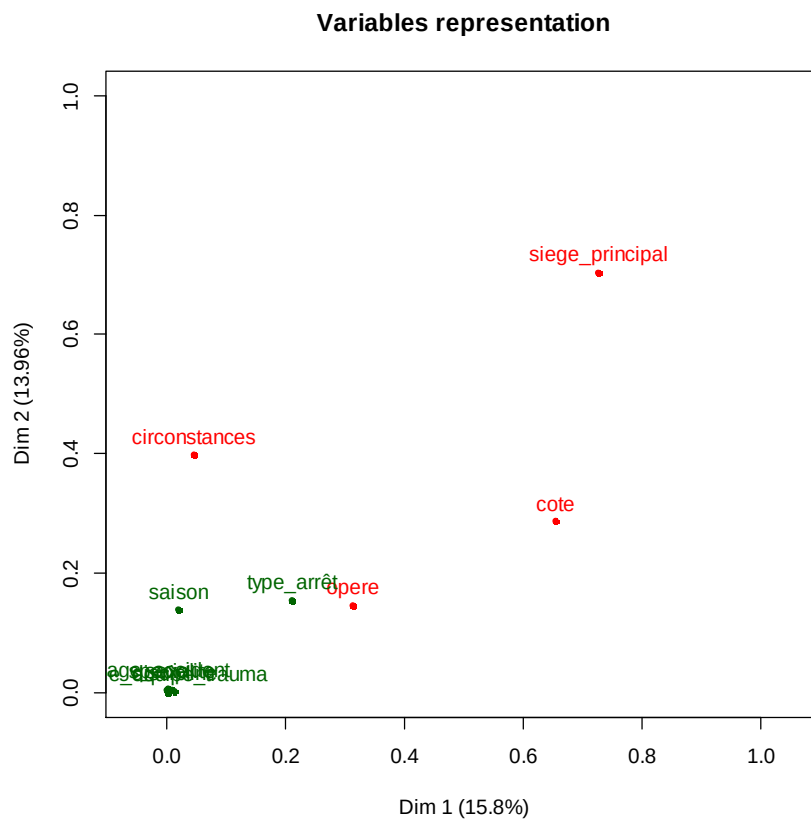


Figure 65 : Carte factorielle

On retient principalement que (Figure 66) :

- En haut : lors de la préparation physique, ce sont plutôt des accidents qui concernent la cuisse et la cheville, dont le côté de la blessure est inconnu et ayant lieu plutôt pendant la saison de repos (mai à juillet).
- En bas à gauche : les accidents durant les compétitions concernent surtout les genoux, impliquent une opération et entraînent des arrêts de type 4 ou 5 (> 3 mois).

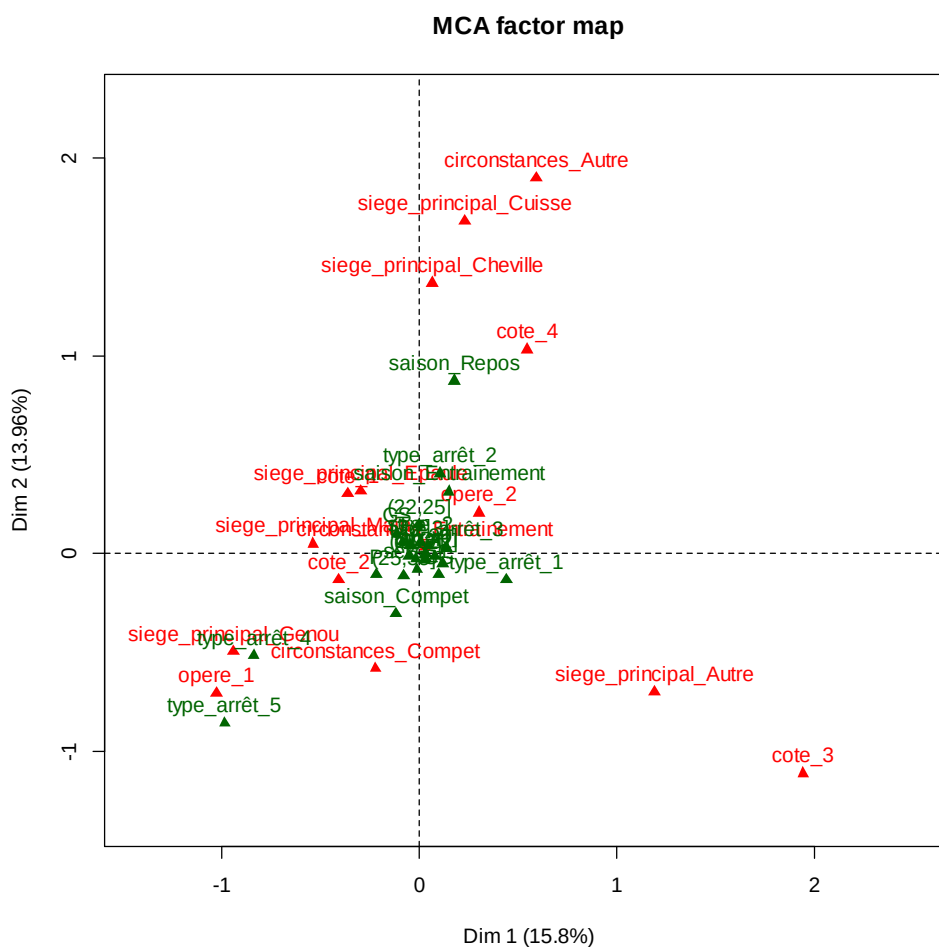


Figure 66 : Distribution des variables actives d'après le premier plan factoriel étudié

3. Corrélation entre le type de blessure et la discipline

Une analyse factorielle multiple (AFM) a été réalisée avec les variables « discipline » (en vert) et les variables « accident » (en rouge) (localisation, siège principal, ...). Elle montre qu'il n'y a **aucun lien** entre elles (Figure 67).

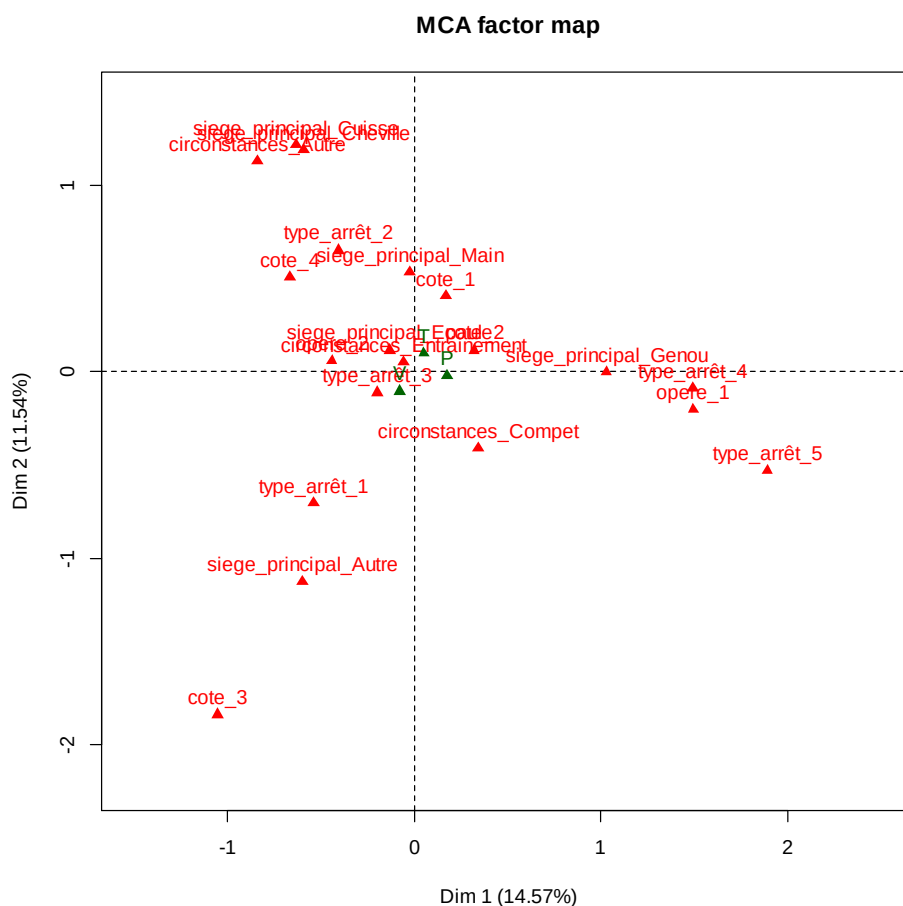


Figure 67 : Corrélation entre les variables « accident » et « discipline » d'après le premier plan factoriel étudié

4. Relation entre le taux de lactates et le risque de blessure

La représentation du nuage de points de ces deux variables (taux de lactates et accident) ne montre **aucune structure immédiate**.

Une représentation de la répartition des taux de lactates max en fonction du nombre d'accidents **ne permet pas non plus de conclure sur un éventuel lien** (Figure 68).

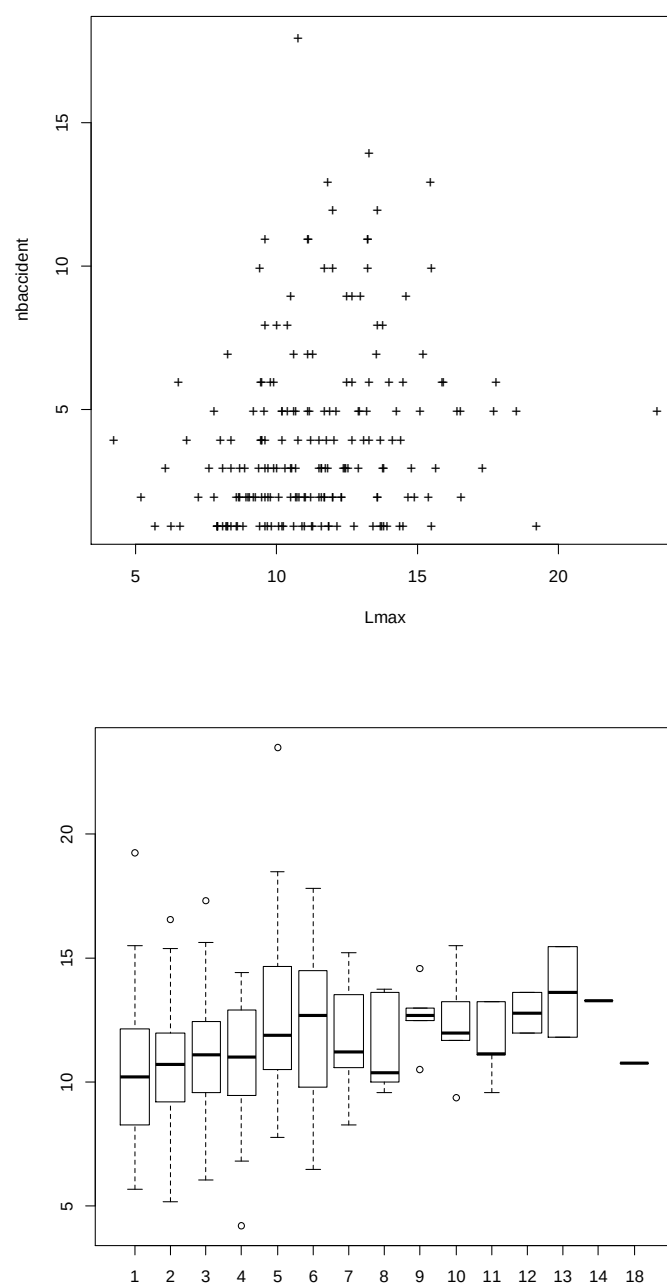


Figure 68 : en haut : Nuage de points entre les variables « lactates max » et « nombre d'accidents », en bas : Nombre d'accidents (ordonnée) en fonction du taux de lactates max (abscisse)

D'après la régression de Poisson, nous constatons qu'il y a un lien positif, statistiquement significatif entre le nombre d'accidents et le taux de lactates max. En effet, une augmentation d'un point du taux de lactates max (de 1 mmol/l) entraînerait une augmentation du nombre d'accidents pour un skieur de 0.057.

Ainsi, **il semblerait plutôt que plus le taux de lactates max est élevé, plus le skieur a de risque d'avoir un nombre d'accidents élevé mais le coefficient étant faible, on ne peut pas l'interpréter comme un facteur important.**

5. Typologie des accidents avec entorse du genou

Nous avons réalisé une ACP sur cette catégorie d'accident. La variable « durée en équipe au moment du traumatisme » est très bien corrélée avec l'axe 2 ($r^2=0,80$) et est très proche de la variable « âge au moment de l'accident » (Figure 69). Ainsi, **plus on reste en équipe de France, plus on se blesse tard.**

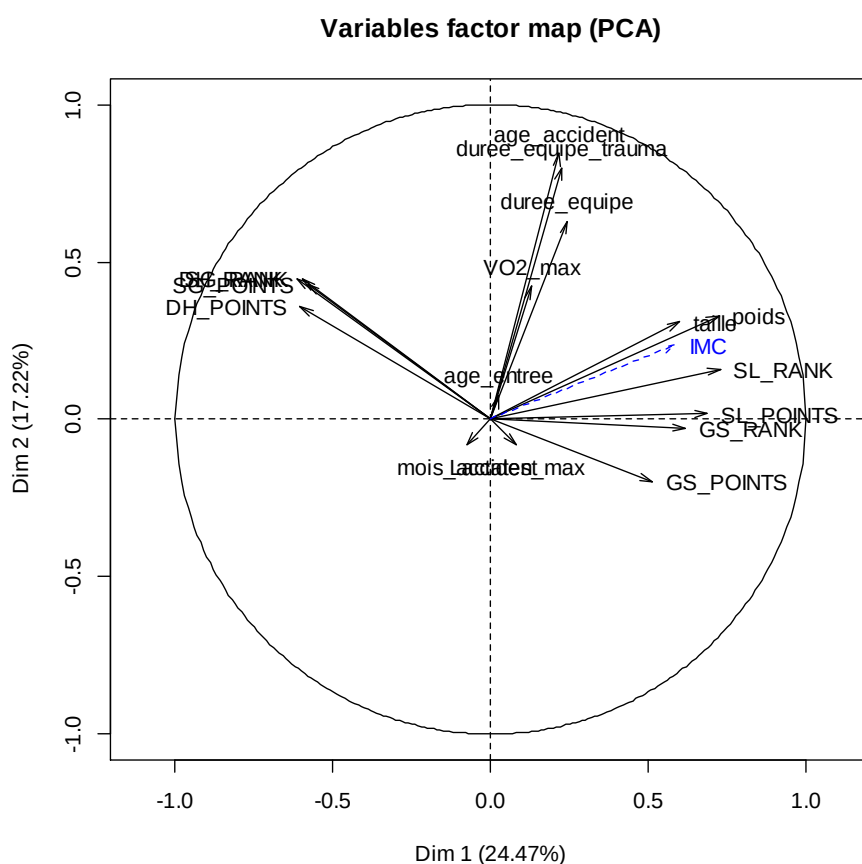


Figure 69 : Cercle de corrélation des variables actives dans le plan factoriel étudié

BIBLIOGRAPHIE

- [1] www.olympics.org/fr/ski-alpin-equipement-et-histoire?tab=histoire
- [2] www.skistory.com
- [3] Bourgeois T. Impact des caractéristiques des skis sur la traumatologie du membre inférieur. Analyse de la traumatologie du membre inférieur en ski au sein des deux grandes stations des Alpes, entre 2003 et 2006. Thèse d'exercice : Médecine, Toulouse III, 2007. 100 pages.
- [4] www.skirandonnenordique.com
- [5] www.sardes.inrialpes.fr
- [6] Comité International Olympique. Ski alpin : participation au cours de l'histoire des Jeux Olympiques d'hiver. Document de référence novembre 2011.
- [7] Zitoun-Florentin F. Contribution à l'analyse de la relation entre la filière aérobie et les performances sportives des skieurs alpins en filière d'accès haut-niveau de 1994 à nos jours. Thèse d'exercice : Médecine, Grenoble, 2011. 257 pages.
- [8] Règlement FIS juillet 2012. Version 22.08.2012.
- [9] Fenet N. Impact de la modification des normes de réglage des fixations sur la traumatologie du genou en ski alpin. Thèse d'exercice : Médecine, Grenoble, 2002. 151 pages.
- [10] www.ekosport.fr/normes-reglage-ski-afnor.asp
- [11] AFNOR.org Sports et loisirs : les normes de matériels, équipements et activités. Novembre 2011.
- [12] <http://crepetjeanluc.chez-alice.fr/utiles/reglages%20fixation.htm>
- [13] Binet H. Pathologie provoquée ou induite par la chaussure. Publication Médecins de Montagne.

- [14] Bahr R., Krosshaug T. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sports. *Br J Sports Med* 2005; 39:324-329.
- [15] <http://blogperso.univrennes1.fr/arthur.charpentier/index.php/post/2009/02/02/Le%22cercl e-des-corr%C3%A9lations%22-en-ACP>
- [16] <http://foad.refer.org/IMG/pdf/M04-4.pdf>
- [17] <http://www.xlstat.com/fr/produits-solutions/fonctionnalite/analyse-factorielle-multiple-afm.html>
- [18] Laporte JD. Impact des caractéristiques des skis sur la traumatologie du membre inférieur. Analyse de la traumatologie du membre inférieur en ski au sein de deux grandes stations des Alpes entre 2003 et 2006. Thèse d'exercice : Médecine, Toulouse III, 2007. 100 pages.
- [19] Tonje Wåle Flørenes. Injury surveillance in World Cup skiing and snowboarding. Faculty of Medicine, Thesis of medicine, University of Oslo, 2010.
- [20] Davidson Terence M., Laliotis Aristotelis T. Alpine skiing injuries, a nine-year study. *West J Med* 1996 ;164 :310-314.
- [21] Langran M, Jachacy GB. Ski injuries in Scotland, a review of statistics from Cairngorm ski area winter 1993/1994. *Scott Med J* 1996 Dec; 41(6):169-72.
- [22] Publication Médecins de Montagne. Accidentologie des sports d'hiver. Dossier de presse 2011.
- [23] Ekeland A., Dimmen S., Lystad H., Aune AK. Completion rates and injuries in alpine races during the 1994 Olympic Winter Games. *Scand J Med Sci Sports* 1996; 6: 287-290.
- [24] Bere TT., Florenes TW., Nordsletten L., Bahr R. Injuries among World Cup Alpine Skiers. 2nd World congress on Sports injury prevention, 26 to 28 june 2008, Norway. *Br J Sports Med* 2008;42;491-548.
- [25] Rousseaux Blanchi M-P. Rapport FFS: La traumatologie du ski alpin. 2007. Communication interne au niveau federal.
- [26] Krosshaug T., Randjelovic S., Bere T. FIS Injury Prevention. Portoroz June 2011.

- [27] Warme WJ., Feagin JA jr., King P., Lambert KL., Cunningham RR. Ski injury statistics, 1982 to 1993, Kackson Hole Ski Resort. Am J Sports Med, 1995 Sep-Oct;23(5): 597-600.
- [28] Sahlin Y. Alpine Skiing injuries. Br. J. Sp. Med 1987 ; Vol 23.
- [29] Hombourger M. Eléments d'épidémiologie et cliniques des entorses du genou dues à la pratique du ski alpin (à propos de 376 cas). Thèse d'exercice : Médecine, Créteil, 1989.
- [30] Ekeland A., Holtmoen A., Lystad H. Lower extremity equipment-related injuries in alpine recreational skiers. Am J Sports Med. 1993 Mar-Apr;21(2):201-5.
- [31] Saragaglia D., Huboud-Peron A., Kirschmeier M., Vouaillat H., Diemer CH., Thénault M-H., Bota S. Epidémiologie des accidents de ski et des sports de glisse. Journal de Traumatologie du sport 1998 ; vol.16 ; issue 1bis ; p8.
- [32] Plaweski S, Huboud-Peron A, Faure C, Merloz Ph. Traumatologie des sports d'hiver : étude épidémiologique rétrospective à propos de 260 blessés. Journal de traumatologie du sport sept 1997 ; Vol 14 ; Issue 3, p129-135.
- [33] Langran M., Selvaraj S. Snow sports injuries in Scotland : a case-control study. Br. J Sports Med 2002; 36: 135-140.
- [34] Noirel P. Les accidents de sports d'hiver. Thèse d'exercice : Médecine, Nancy, 2006. 125 pages.
- [35] Natri A., Beynnon BD., Ettlinger CF., Johnson RJ., Shealy JE. - Alpine ski bindings and injuries. Current findings - Sports Med. 1999 Jul ;28(1) :35-48.
- [36] Margreiter R., Raas E., Lugger L. J. the risk of injury in experienced Alpine skiers. Orthop Clin North Am 1976; 7: 51-54.
- [37] Rioufrays M. Accidents traumatiques au sein des équipes de France de ski alpin saison 86/87. thèse d'exercice : Médecine, Lyon, 1988. 57 pages
- [38] Engebretsen L., Steffen K., Alonso J., Aubry M, Dvorak J., Junge A., Meeuwisse W., Mountjoy M., Renström P., Wilkinson M. Sports injuries and illnesses during the Winter Olympic Games 2010. Br J Sports Med 2010;44;772-780.
- [39] Bere T., Florenes T., Krosshaug T, Nordsletten L., Bahr R. FIS ISS Alpine Skiing. Zurich 2011.

- [40] Nachbauer W. Injury statistics of Austrian ski federation seasons 1992/1993 - 2008/2009. Communication interne au niveau federal.
- [41] Toubreau C., Bouvet A. Traumatologie du sport : ski. Médecine du Sport 1977 : Vol. 51 Issue special traumatologie. P. 39-40.
- [42] Forster H., Strohmenger U. The changing picture of ski accidents. Evaluation of ski injuries during the 1981/1982 Winter in Bavaria. Aktuelle Traumatol. 1984 Feb;14(1):1-4.
- [43] Koehle MS., Lloyd-Smith R., Taunton JE. Alpine ski injuries and their prevention. Sports Med 2002 :32(12) : p. 785-793.
- [44] Laporte JD. Epidémiologie des fractures du fémur en stations de sports d'hiver en France. Publication Médecins de Montagne, 1997.
- [45] Bergstrøm K. A., Bergstrøm A., Ekeland A. Organisation of safety measures in an Alpine World Junior Championship. Br J Sports Med 2001: 35: 321-324.
- [46] Chambat P., Pujol N., Rousseaux Blanchi MP. The incidence of anterior cruciate ligament injuries among competitive alpine skiers : a 25-year investigation. The American Journal of Sports Medicine 2007 ; 35(7) : 107064.
- [47] Rousseaux Blanchi MP. Pathologie du ski. Epidémiologie des traumatismes dans les sections de ski de haut niveau. Journal de traumatologie du sport 1998 ; vol 16 ; Issue 1bis ; p8-9.
- [48] Rousseaux Blanchi M-P., Chambat P., Dechavanne C., Rachet O. Rupture du LCA en Ski Alpin : prévention. Groupe de travail FFS, 2011. Communication interne au niveau fédéral.
- [49] Chambat P. La rupture du LCA chez les skieurs de haut niveau. Journal de traumatologie du sport 1998 ; Vol. 16 ; Issue 1 bis ; p. 11-12.
- [50] Lefebvre JC. L'évolution de la traumatologie du ski : évolution actuelle de la sécurité à ski. Bulletin Médical du ski 1986 : Issue 50. P. 13-15.
- [51] Duplan B., Bourgeat E., Menthonnex P. Accidents de ski, évolution de la gravité et de la mortalité du ski alpin. Concours médical 1984 ; Vol.106 ; Issue 43 ; p4207-4210.

- [52] Westin M., Alricsson M., Werner S. Injury profile of competitive alpine skiers : a five-year cohort study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012 Jun;20(6): 1175-81.
- [53] Hewett TE., Ford KR., Hoogenboom BJ., Myer GD. Understanding and preventing ACL injuries : current biomechanical and epidemiologic considerations, update 2010. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, Vol. 5, Number 4, December 2010, p. 234-250.
- [54] Réseau épidémiologique d'accidentologie des sports d'hiver de Médecine de Montagne, surveillance intermédiaire, avril 2008.
- [55] Rousseaux-Blanchi MP., Chambat P., Rachet O., Dechavanne C., N. Coulmy. Rupture du LCA en ski alpin : prévention. Commission médicale de la FFS, 2012. Communication interne au niveau fédéral.
- [56] N. Coulmy. Prévention des ruptures du LCA : revue de la littérature scientifique. Rapport du département sportif et scientifique et de la commission médicale de la FFS 2007. Communication interne au niveau fédéral.
- [57] Stevenson H., Webster J., Johnson R., Beynnon B. Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *The Iowa Orthopedic Journal*, vol. 18: 64-66.
- [58] Publication Médecins de Montagne. Dossier de presse 2006-2007.
- [59] Laporte JD., Binet MH. L'épidémiologie au service de la prévention. Publication médecins de Montagne, 1997.
- [60] Medvecky MJ., Bosco J., Sherman OH. Gender disparity of anterior cruciate ligament injury, etiological theories in the female athlete. *Hospital for joint diseases* 59(4): p. 217-226, 2000.
- [61] Shealy JE., Ettlinger CF. Gender-related injury patterns in skiing. *Skiing trauma and safety tenth volume*, American society for testing and materials, 1996, p. 45-47.
- [62] Miret-Zanoni L. Etude des facteurs de risque prédisposant aux entorses graves du genou dans la pratique du ski (à propos de 126 cas). Thèse d'exercice : Médecine, Lyon I, 1988. 201 pages.

- [63] YU B., Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. Br J Sports med 2007 ; 41 : i47-i57.
- [64] Toth PA., Cordasco FA. Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. JGSM 4(4) : p. 25-34, 2001.
- [65] Wojtys Edward M., Huston Laura J., Lindenfeld Thomas N., Hewett Timothy E., Greenfield M-L. Association between the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female. The American Journal of Sports Medicine, Vol.26, No5, 1998.
- [66] Hewett Timothy E., Bohdanna T., Myer Gregory D. Effects of the Menstrual Cycle on Anterior Cruciate Ligament Injury Risk, a systematic review. The American journal of sports medicine, February 9 2007.
- [67] Benedetto KP. Lésions du LCA chez le skieur professionnel. Journal de traumatologie du sport 1998 ; Vol.16 : Issue 1 bis ; p. 13.
- [68] Fritschy D. Une lésion rare de la cheville chez les skieurs de compétition. Schweizerische Zeitschrift fuer Medizin und Traumatologie 1994 : Issue 1. P. 13-16.
- [69] Cheveigne C. Entorses de la métacarpo-phalangienne du pouce chez le skieur. SMS, Spécialistes de Médecine du Sport dec 1999/jan 2000 : Issue 23. P. 7-9.
- [70] Gouiffes F. Le pouce du skieur. Thèse d'exercice : Médecine, Grenoble, 2006. 84 pages.
- [71] Primanio GA. Skier's thumb injuries associated with flared ski pole handles. American Journal of Sports Medicine 1985 : Vol. 13 Issue 6. P. 425-427.
- [72] Hagel BE., Pless IB., Goulet C., Platt RW., Robitaille Y. Effectiveness of helmets in skiers and snowboarders: case-control and case crossover study. BMJ. 2005 Feb 5;330(7486):281.
- [73] Macnab AJ., Smith T., Gagnon FA., Macnab M. Effect of helmet wear on the incidence of head/face and cervical spine injuries in young skiers and snowboarders. Injury prevention 2002; 8: 324-327.
- [74] Russel K., Christie J., Hagel BE. The effect of helmets on the risk of head and neck injuries among skiers and snowboarders: a meta-analysis. CMAJ, March 9, 2010, 182(4).

- [75] Lavagne P, Fontanel F., Broux C., Dutheil V., Wroblewski I., Jacquot C., Merloz Ph. Epidémiologie des accidents graves de sports d'hiver. Journal de Traumatologie du sport 1998 ; Vol. 16, Issue bis, p. 10-11.
- [76] Koehle MS., Lloyd-Smith R., Taunton JE. Alpine ski injuries and their prevention. Sports Med 2002 ;32(12) : p. 785-793.
- [77] Burtscher M., Gatterer H., Flatz M., Sommersacher R., Woldrich T., Ruedl G., Hotter B., Lee A., Nachbauer W. Effects of modern ski equipment on the overall injury rate and the pattern of injury location in Alpine skiing. Clin J Sport Med 2008, 18:355–357.
- [78] Burtscher M., Nachbauer W. Injury risk of Austrian skiers and comparison of the injury pattern of traditional and carving skiers. Österreichisches Kuratorium für Alpine Sicherheit Sicherheit im Bergland, Innsbruck, Austria, 1999, p. 107–115.
- [79] Shonhuber H., Garotta. Evolution du matériel de ski alpin et sa répercussion sur la traumatologie. Journal de traumatologie du sport 1998 ; vol 16 ; issue 1bis ; p. 13-14.
- [80] Ruedl G., Linortner I., Schranz A., Fink C., Schindelwig K. Distribution of injury mechanisms and related factors in ACL-injured female carving skiers. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2009) 17:1393–1398.
- [81] Johnson RJ., Ettlinger CF., Shealy JF. Injury trends, risk factors involving ACL injuries in alpine skiing. Abstracts of the sixteenth international symposium on ski trauma, skiing safety, Arai Mountain, Niigata, Japan, 17–23 April 2005. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14:101.
- [82] Binet MH. Ski parabolique, surf ... Quelle pathologie pour ces nouvelles pratiques ? Publication Médecins de Montagne, 1997.
- [83] Köhne G., Kusche H., Schaller C., Gutsfeld P. Ski accidents changes since introduction of carving ski. Sportorthopädie Sporttraumatologie, 2007, 23:63–67.
- [84] Merkur A., Whelan KM., Kuah E., Choo P. The effect of ski shape on injury occurrence in downhill skiing. Skiing trauma and safety, 2007, fourteenth volume. ASTM, Saline, p. 129–139.

- [85] Laporte JD., Binet MH. Pourquoi vous devez connaître les nouvelles normes de réglage des fixations de ski alpin ? Sport Med, février 2001, 129, p. 13-16.
- [86] Mathieu E. Analyse des mécanismes de rupture du LCA dans le ski. Thèse d'exercice : Médecine, Lyon Sud, 1994. 83 pages.
- [87] Finch CF., Kelsall HL. The effectiveness of ski bindings and their professional adjustment for preventing alpine skiing injuries. Sports Med 1998 Jun ; 25 (6) : p. 407-416.
- [88] White AT., Johnson SC. Physiological aspects and injury in elite alpine skiers. Sports Medicine 1993, 15 (3): p. 170-178.
- [89] Urabe Y., Ochi M., Onari K., Ikuta Y. Anterior cruciate ligament injury in recreational alpine skiers : analysis of mechanisms and strategy for prevention. J. Orthop Sci. 7 : p. 1-5, 2002.
- [90] Magnin JP., Binet MH., Laporte D., Association MDM. Evolution de la chaussure de ski depuis son origine. Journal de Traumatologie du sport 1998 ; Vol. 16, Issue bis, p. 10.
- [91] Saragaglia D., Diemer C., Hubond-Peron A., Kirschmeier M., Vouillat H. Evolution de la traumatologie du ski alpin : comparaison entre deux études réalisées à 20 ans d'intervalle à Grenoble (1968-1976 et 1990-1997). Congrès Sport et Appareil locomoteur, 14ème journée de Bichat, Samedi 21 mars 2001.
- [92] Shealy JE., Ettlinger CF., Johnson FJ. Signal detection theory : a model for evaluating release/retention criteria in alpine ski-binding-boot systems. Skiing trauma and safety, 12th Volume, American society for testing and materials, p. 120-131, 1999.
- [93] Jenouire P., Alpine skiing injuries. Médecine du sport 25 sept 1987 : Vol.61 Issue 5. P. 274-276.
- [94] Rousseaux Blanchi MP., Chambat P., Coulmy N., Rache O. Les ruptures du LCA en 2007 dans des équipes de France de ski et les actions de prévention entreprises. Rapport FFS 2007. Communication interne au niveau fédéral.
- [95] European SkiFederation. Building recommendations for the prevention of injuries : final recommendations. Lausanne, 16 April 2010.

[96] Brouns F., Saris WHM., Ten Hoor F. Nutrition as a factor in the prevention of injuries in recreational and competitive downhill skiing. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* Mar 1986: Vol. 26 Issue 1. P. 85-91.

TABLE DES MATIERES

Liste des professeurs	3
Serment d'Hippocrate	9
Remerciements	10
Sommaire	20
Liste des Abréviations	24
1. <u>INTRODUCTION : LE SKI ALPIN</u>	26
1.1. L'histoire du ski	27
1.1.1. Les origines	27
1.1.2. De l'Antiquité au XVIIIème siècle	28
1.1.3. Du XVIIIème siècle au XXème siècle.....	29
1.1.4. Du XXème siècle aux années 1980	30
1.1.4.1. Naissance d'un sport loisir	30
1.1.4.2. Naissance des stations de ski	31
1.2. La naissance du Ski Alpin en compétition	32
1.3. Les différentes disciplines du ski alpin et leurs caractéristiques	32
1.3.1. Slalom (anciennement Slalom Spécial)	33
1.3.2. Slalom Géant (ou Géant)	34
1.3.3. Descente	35
1.3.4. Super G (ou Slalom Super Géant ou Super Géant)	35
1.3.5. Super Combiné	36

1.4.	Le ski de haut niveau	36
1.4.1.	Préparation des athlètes en Equipe de France	36
1.4.2.	La saison de compétition	37
1.5.	L'évolution du matériel de ski alpin	40
1.5.1.	Des premiers skis aux skis paraboliques	42
1.5.2.	Les fixations	44
1.5.3.	Les chaussures	47
1.5.4.	Les bâtons	48
1.5.5.	Le casque	48
2.	<u>ETUDE</u>	49
2.1.	Introduction : objectifs de l'étude	50
2.2.	Matériel et méthode	50
2.2.1.	Population et type d'étude	50
2.2.2.	Méthode	50
2.2.2.1.	Le recueil des données	50
2.2.2.1.1.	Les dossiers des athlètes	50
2.2.2.1.2.	Les paramètres de performance sportive	52
2.2.2.2.	L'analyse statistique	52
2.2.2.2.1.	L'analyse en composante principale (ACP)	54
2.2.2.2.1.1.	Les données	54
2.2.2.2.1.2.	Les objectifs et la technique	54
2.2.2.2.2.	L'analyse des correspondances multiples (ACM) ...	58
2.2.2.2.3.	L'analyse factorielle multiple (AFM)	58

2.3. Résultats	59
2.3.1. Statistiques descriptives	59
2.3.1.1. Statistiques générales	59
2.3.1.1.1. Données générales : la population	59
2.3.1.1.2. Répartition des accidents selon l'année de naissance	61
2.3.1.1.3. Nombre de blessures par athlète	61
2.3.1.2. Répartition des blessures en fonction de la localisation	63
2.3.1.2.1. Membre inférieur	64
2.3.1.2.1.1. Le bassin	64
2.3.1.2.1.2. La cuisse	65
2.3.1.2.1.3. Le genou	65
2.3.1.2.1.4. La jambe	67
2.3.1.2.1.5. La cheville	68
2.3.1.2.1.6. Le pied	69
2.3.1.2.2. Membre supérieur	70
2.3.1.2.2.1. L'épaule	71
2.3.1.2.2.2. Le bras	71
2.3.1.2.2.3. Le coude	72
2.3.1.2.2.4. L'avant-bras	73
2.3.1.2.2.5. Le poignet	73
2.3.1.2.2.6. La main	74
2.3.1.2.3. Rachis	75
2.3.1.2.4. Tête	76

2.3.1.2.5. Thorax	77
2.3.1.2.6. Abdomen	78
2.3.1.3. Répartition des blessures en fonction de leur nature	80
2.3.1.3.1. Les entorses	81
2.3.1.3.2. Les fractures	81
2.3.1.3.3. Les lésions musculaires	83
2.3.1.3.4. Les luxations	84
2.3.1.3.5. Les lésions tendineuses	84
2.3.1.4. Les circonstances des accidents	86
2.3.1.5. Durée d'arrêt sportif secondaire à une blessure	88
2.3.1.6. Côté de la blessure	90
2.3.1.7. Evolution en fonction du temps	90
2.3.1.7.1. Deux pics de fréquence	90
2.3.1.7.2. L'évolution des accidents au cours des 17 saisons ..	91
2.3.1.7.3. L'évolution de certaines blessures au cours des 17 saisons	93
2.3.1.7.3.1. Les lésions du membre inférieur	93
2.3.1.7.3.2. Les lésions du membre supérieur	102
2.3.1.7.3.3. Les traumatismes crâniens	106
2.3.1.8. Répartition des blessures en fonction de l'âge	106
2.3.1.9. Répartition en fonction des disciplines	108
2.3.1.10. Le nombre de blessés opérés	109
2.3.2. Résultats de l'analyse statistique	109

3. <u>DISCUSSION</u>	111
3.1. Statistiques générales	114
3.1.1. L'incidence des blessures	114
3.1.2. Le siège et la nature des lésions	116
3.1.3. Les circonstances des blessures	121
3.1.3.1. Compétition et entraînement	121
3.1.3.2. La plus grande fréquence des blessures en descente	122
3.1.3.3. Pics de fréquence des blessures	124
3.1.4. Gravité des lésions et durée d'arrêt sportif	126
3.1.5. La prédominance féminine des blessures en ski alpin	127
3.2. Quelques lésions	128
3.2.1. Les entorses du LCA	128
3.2.1.1. L'évolution de la traumatologie du LCA	128
3.2.1.2. Le sur-risque féminin	129
3.2.1.3. Plus de lésions chez les meilleurs mondiaux ?	130
3.2.2. Les atteintes de la cheville	131
3.2.3. Les entorses du LLI du pouce	131
3.2.3.1. Le rôle du matériel	132
3.2.3.2. Les principes de prévention	132
3.2.4. Les traumatismes crâniens	133
3.3. Les facteurs de risque dans le ski alpin	134
3.4. Le rôle de l'évolution du matériel sur la traumatologie des membres inférieurs	134

3.5. Perspectives : les grands principes de prévention	137
<u>CONCLUSION</u>	139
Liste des Tableaux	140
Liste des Figures	142
Annexe : les résultats de l'analyse statistique	146
Bibliographie	158
Table des matières	167

VU

NANCY, le **3 septembre 2012**

Le Président de Thèse

Professeur B. CHENUEL

NANCY, le **3 septembre 2012**

Le Doyen de la Faculté de Médecine

Par délégation,

Mme le Professeur K. ANGIOI

AUTORISE À SOUTENIR ET À IMPRIMER LA THÈSE 4073

NANCY, le 7/09/2012

LE PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Professeur P. MUTZENHARDT

RESUME DE LA THESE : Epidémiologie des accidents de ski alpin en équipe de France : étude rétrospective de 1994 à 2011.

Introduction : Le ski alpin, né il y a plus de 10 000 ans est devenu un sport de compétition et les accidents traumatologiques liés à sa pratique ont connu d'importantes évolutions ces dernières décades. Ainsi, en partenariat avec la Fédération Française de Ski, nous avons souhaité analyser les accidents de ski alpin sur une période longue de 17 saisons afin de définir des actions de prévention à mettre en œuvre.

Matériel et méthode : Il s'agit d'une étude épidémiologique, rétrospective, relevant tous les accidents survenus chez les skieurs de l'équipe de France de ski alpin entre le 1^{er} avril 1994 et le 31 mars 2011.

Résultats : Cette étude a inclus 237 skieurs (115 femmes et 122 hommes). Elle a recensé 848 accidents et 884 blessures. Le membre inférieur représente 63,5% des blessures, le membre supérieur 22% (dont 45% de lésions de la main), le rachis 7,4%, la tête 5%, le thorax 1,8% et l'abdomen 0,3%. Les entorses regroupent 46,8% des lésions et les fractures 11,9%. Pour le membre supérieur (22%), l'entorse du LLI du pouce représente 5,2% de toutes les lésions. Les traumatismes crâniens totalisent 3,2% des blessures. Il faut retenir que le genou représente 31,1% des lésions recensées dont 43,6% de ruptures du LCA, soit 13,5% de toutes les blessures et 33% des blessures graves constatées. Globalement, le nombre de blessures a diminué ces dernières années. Depuis les années 1970, l'incidence des lésions de la jambe et de la cheville diminue au profit d'une dramatique augmentation des entorses graves du genou.

Discussion et conclusion : L'évolution de la traumatologie en ski alpin est due en grande partie à l'évolution du matériel et en particulier du couple chaussure-fixation et du ski. La recrudescence des entorses graves du genou et la fréquence des TC inquiètent et incitent à la mise en place de mesures de prévention au sein des équipes nationales et internationales.

TITRE EN ANGLAIS: Epidemiology of ski injuries in French National Alpine Ski Team: a retrospective study from 1994 to 2011.

THESE : MEDECINE GENERALE – ANNEE 2012

MOTS CLES : épidémiologie, accident, ski alpin, skieurs de haut niveau, traumatologie, prévention

KEY WORDS : epidemiology, injuries, alpine skiing, elite skiers, traumatology, prevention.

UNIVERSITE DE LORRAINE

Faculté de Médecine de Nancy

9, avenue de la Forêt de Haye

54505 VANDOEUVRE LES NANCY Cedex