



**HAL**  
open science

# Description des conditions environnementales, météorologiques et de fréquentation, lors des traumatismes graves liés aux sports d'hiver, dans la population pédiatrique de moins de 16 ans

Amélie Basso

► **To cite this version:**

Amélie Basso. Description des conditions environnementales, météorologiques et de fréquentation, lors des traumatismes graves liés aux sports d'hiver, dans la population pédiatrique de moins de 16 ans. Médecine humaine et pathologie. 2019. dumas-02176926

**HAL Id: dumas-02176926**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02176926>**

Submitted on 8 Jul 2019

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

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



## AVERTISSEMENT

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

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

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 au SID de Grenoble :  
[bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:bump-theses@univ-grenoble-alpes.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/juridique/droit-auteur>

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

Année : 2019

**DESCRIPTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES, METEOROLOGIQUES ET DE FREQUENTATION, LORS DES TRAUMATISMES GRAVES LIES AUX SPORTS D'HIVER, DANS LA POPULATION PEDIATRIQUE DE MOINS DE 16 ANS.**

THÈSE  
PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU TITRE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

DIPLÔME D'ÉTAT

Amélie BASSO

[Données à caractère personnel]

THÈSE SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Le : 04/07/2019

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE

Président du jury :

Mr le Professeur DEBILLON

Membres :

Mr le Docteur MORTAMET (directeur de thèse)

Mr le Professeur PIOLAT

Mr le Professeur BOUZAT

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

Doyen de la Faculté : Pr. Patrice MORAND

Année 2018-2019

ENSEIGNANTS DE L'UFR DE MEDECINE

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie réanimation
PU-PH	APEL Florent	Ophtalmologie
PU-PH	ARVIEUX-BARTHELEMY Catherine	Chirurgie générale
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
PU-PH	BENHAMOU Pierre Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
MCU-PH	BOISSET Sandrine	Agents infectieux
PU-PH	BOLLA Michel	Cancérologie-Radiothérapie
PU-PH	BONAZ Bruno	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PU-PH	BOUGEROL Thierry	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne
PU-PH	BOUZAT Pierre	Réanimation
PU-PH	BRAMBILLA Christian	Pneumologie
PU-PH	BRAMBILLA Elisabeth	Anatomie et de Pathologie Cytologiques
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique, médecine d'urgence
MCU-PH	BROUILLET Sophie	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
PU-PH	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH	CANALI-SCHWEBEL Carole	Réanimation médicale
PU-PH	CARPENTIER Françoise	Thérapeutique, médecine d'urgence
PU-PH	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PU-PH	CESBRON Jean-Yves	Immunologie
PU-PH	CHABARDES Stephan	Neurochirurgie
PU-PH	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
PU-PH	CHARLES Julie	Dermatologie
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardio- vasculaire
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophtalmologie

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	CHIRICA Mircea	Chirurgie générale
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	CLAVARINO Giovanna	Immunologie
PU-PH	COHEN Olivier	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	COURVOISIER Aurélien	Chirurgie infantile
PU-PH	COUTTON Charles	Génétique
PU-PH	COUTURIER Pascal	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale, pharmacologie clinique
PU-PH	CURE Hervé	Oncologie
PU-PH	DEBATY Guillaume	Médecine d'Urgence
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastro-entérologie, Hépatologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Addictologie
PU-PH	DEMONGEOT Jacques	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
PU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique et procréation
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DUMESTRE-PERARD Chantal	Immunologie
PU-PH	EPAULARD Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
PU-PH	ESTEVE François	Biophysique et médecine nucléaire
MCU-PH	EYSSERIC Hélène	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	FAGRET Daniel	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie générale
MCU-PH	FAURE Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FEUERSTEIN Claude	Physiologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH	FRANCOIS Patrice	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie, transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Gériatrie et biologie du vieillissement
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	GIOT Jean-Philippe	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
MCU-PH	GUZUN Rita	Endocrinologie, diabétologie, nutrition, éducation thérapeutique
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie, biologie moléculaire
PU-PH	HALIMI Serge	Nutrition
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Génétique et procréation
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie obstétrique
PU-PH	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-MG	IMBERT Patrick	Médecine Générale
PU-PH	JOUK Pierre-Simon	Génétique

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	JUVIN Robert	Rhumatologie
PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
MCU-PH	KASTLER Adrian	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARERE José	Epidémiologie ; Eco. de la Santé
MCU-PH	LABLANCHE Sandrine	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
MCU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie - virologie
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
MCU - PH	LE PISSART Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénéréologie
PU-PH	LEROUX Dominique	Génétique
PU-PH	LEROY Vincent	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie
PU-PH	LETOUBLON Christian	Chirurgie digestive et viscérale
PU-PH	LEVY Patrick	Physiologie
PU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
MCU-PH	LUPO Julien	Virologie
PU-PH	MAGNE Jean-Luc	Chirurgie vasculaire
MCU-PH	MAIGNAN Maxime	Médecine d'urgence
PU-PH	MAITRE Anne	Médecine et santé au travail
MCU-PH	MALLARET Marie-Reine	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	MALLION Jean-Michel	Cardiologie
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie, transfusion
MCU-PH	MAUBON Danièle	Parasitologie et mycologie
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie - virologie
MCU-PH	MC LEER Anne	Cytologie et histologie
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie - virologie
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie
PU-PH	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie
PU-PH	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hémato - transfusion
PU-PH	PASSAGGIA Jean-Guy	Anatomie
PU-PH	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie réanimation
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PEPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PERENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation
PU-PH	PERNOD Gilles	Médecine vasculaire
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH	PISON Christophe	Pneumologie
PU-PH	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Virologie
PU-PH	POLACK Benoît	Hématologie

CORPS	NOM-PRENOM	Discipline universitaire
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes
PU-PH	PONS Jean-Claude	Gynécologie obstétrique
PU-PH	RAMBEAUD Jean-Jacques	Urologie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction
MCU-PH	RENDU John	Biochimie et Biologie Moléculaire
MCU-PH	RIALLE Vincent	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	ROMANET Jean Paul	Ophthalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
MCU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale, pharmaco clinique, addictologie
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie, toxicologie et pharmacologie
MCU-PH	RUBIO Amandine	Pédiatrie
PU-PH	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie Cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses, maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	TERZI Nicolas	Réanimation
MCU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU-PH	VUILLEZ Jean-Philippe	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	WEIL Georges	Epidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	ZAOUI Philippe	Néphrologie
PU-PH	ZARSKI Jean-Pierre	Gastro-entérologie, hépatologie, addictologie

PU-PH : Professeur des Universités et Praticiens Hospitaliers

MCU-PH : Maître de Conférences des Universités et Praticiens Hospitaliers

PU-MG : Professeur des Universités de Médecine Générale

MCU-MG : Maître de Conférences des Universités de Médecine Générale

## TABLE DES MATIERES

### REMERCIEMENTS

1. Introduction.....	8
2. Matériel et méthode .....	10
2.1) Recueil de patient .....	10
2.2) Recueil de données .....	11
2.3) Analyses statistiques.....	14
3. Résultats .....	15
3.1) Description de la cohorte .....	16
3.2) Description des conditions environnementales présentes lors des accidents .....	18
3.3) Conditions environnementales et mécanisme de l'accident.....	21
3.4) Conditions environnementales et atteinte crânienne .....	21
3.5) Conditions environnementales et ISS >15 .....	22
4. Discussion .....	23
4.1) Neige fraîche et gravité des accidents.....	23
4.2) Neige fraîche, traumatisme crânien et casque .....	25
4.3) Conditions météorologiques normales et facteur de risque humain.....	29
4.4) Conditions météorologiques et mécanismes des accidents .....	30
4.5) Fréquentation et accident.....	30
4.6) Limites de l'étude .....	31
5. Conclusion .....	32
BIBLIOGRAPHIE.....	33
ANNEXE.....	36
ABSTRACT.....	38
RESUME.....	39

### FIGURES ET TABLEAUX

<u>Figure 1</u> : Nombre total d'accidents liés aux sports d'hiver, par département, de 2010-11 à 2017-18 et localisation des stations météorologiques représentatives de chaque département	11
<u>Figure 2</u> : Flow chart.....	15
<u>Figure 3</u> : Moyenne des températures, enneigement et chute de neige fraîche de l'ensemble accidents survenus pour chaque mois d'hiver .....	20
<u>Figure 4</u> : Accidents graves liés aux sports d'hiver et fréquentation des domaines skiables des 4 départements regroupés (Savoie, Haute Savoie, Isère et Hautes-Alpes) .....	20
<u>Figure 5</u> : Scatter plot.....	23
<u>Figure 6</u> : Retentissement cérébral de l'accélération linéaire et angulaire .....	27
<u>Tableau 1</u> : Description de la cohorte .....	17
<u>Tableau 2</u> : Description des conditions environnementales associées aux accidents graves liés aux sports d'hiver et selon le mécanisme d'accident .....	19
<u>Tableau 3</u> : Lien entre les conditions environnementales et la présence ou non d'un traumatisme crânien.....	21
<u>Tableau 4</u> : Lien entre les conditions environnementales et la sévérité du traumatisme, défini par un score ISS > 15.....	22

## REMERCIEMENTS

Merci aux membres du jury d'avoir accepté de juger mon travail.

Guillaume, un grand merci pour ton encadrement. Ton esprit synthétique, pertinent, perspicace et surtout, toujours optimiste, a pu compensé le mien, plutôt farfouille, désorienté et pessimiste et m'a permis d'aboutir à ce travail.

Mr le Professeur Debillon, merci pour votre investissement général auprès de tous les internes. Merci pour votre patience et votre compréhension, face à ce dilemme, entre médecine et montagne, qui m'a habité tout le long de cet internat.

Mr le Professeur Piolat, merci pour votre patience et bienveillance, inébranlable, en toutes circonstances, entre vents et marées du CHU. Merci pour la physiopathologie, l'anatomie, les détails et astuces, qui remplissent toujours vos réponses, à nos nombreuses questions sur le monde viscéral.

Mr le Professeur Bouzat, merci pour l'attention portée à mon travail.

Merci aux médecins et infirmières du service de Réanimation Néonatale qui m'ont permis de passer un an dans la joie et la bonne humeur malgré les journées difficiles, pas si simples, rallongées et parfois tristes. Merci pour la douceur Espagnole et Tadjik découverte entre deux couveuses, un nouveau parfum d'amitié.

Merci à l'équipe de réanimation pédiatrique pour ce semestre aussi dur qu'enrichissant. Du soutien à 4h du matin et des extra théâtraux.

Merci à l'équipe du Centre de santé de l'Arlequin pour sa bienveillance, sa bonne humeur, son envie de transmettre, mille et un conseils, pour faire face à une autre sorte de réanimation qu'est la réanimation sociale.

Merci à mes co-internes, et co-internes devenues assistantes, pour avoir partagé des rires, des pleurs, des bières, des doutes, des raz le bols, des cours de poteries, des pièces de théâtre, des gardes, des repos de garde, des bastilles, des EV, des sushis, un power point, une table des matières, une lecture et des relectures.

Merci à tous les copains de la montagne, du Sud et du Nord, pour ces moments, perchés, effilés, concentrés, à rigoler, hors du temps, à l'autre bout du monde, autour d'une bière, d'un piano, d'un falafel, en haut d'un déco, du mat d'un bateau. Qui sont encore là pour une mise en page, un diagramme hurluberlu, un retour chariot. Mes soupapes pendant ces 10 ans.

Merci à ma famille, du premier au énième degré, à ceux qui sont là et qui ne le sont plus, à ceux qui sont à coté ou un peu plus loin. Pour le premier, FF-pépé le haricot et coco abricot, parce que vous êtes toujours là, comme des racines profondes, bras ouverts, que mes jours soit tempête, déluge, ou retour au soleil. Pour les énièmes, je vous remercie pour votre attention, ajustée, votre soucis, de moi, pour les rires, pour une soirée Brassens grattée, pour une écharpe si bien tricotée, pour un verre de vin partagé, une confiture de coing, pourquoi pas un Béjart en décembre prochain. Pour tous ces moments vécus depuis le début.

Merci à ma belle famille, pour me rappeler les choses essentielles de la vie. La beauté des pivoines, le gout d'une vraie salade, le soleil qui nous caresse les joues, le règne des abeilles, la sagesse et la modestie.

Merci à Julien, qui depuis 10 ans, m'a fait vivre les plus extraordinaires moments de ma vie. Un rayon de soleil resté à mes cotés, stoïque, malgré mes orages et ouragans médicaux.

## 1. Introduction

La pratique des sports d'hiver reste une activité très appréciée dans les pays occidentaux. Chaque année, les domaines skiables français accueillent plus de 8 millions de pratiquants. Néanmoins, ces sports de glisse entraînent annuellement plus de 140 000 blessés et 10 à 15 décès en moyenne (1, 2). Malgré les mesures de prévention en vigueur, ce chiffre reste stable depuis plusieurs années (1).

De manière générale, pour réduire le nombre et la gravité des accidents, une meilleure compréhension des facteurs qui en sont responsables est primordiale.

Il est d'autant plus nécessaire de s'intéresser à la population pédiatrique qui est, en elle-même, un facteur de risque d'accident et d'accident grave (3–5). Les moins de 11 ans sont en effet plus exposés au risque de collision par leur petite taille qui les rend moins visibles (6–8). Ils sont aussi plus à risque de traumatismes crâniens (8–10). Leur tête, plus basse, est propice à s'impacter contre l'autre pratiquant lors de collision. Plus lourde en proportion du reste du corps, lors d'une chute, elle a tendance à être projetée en avant et s'impacter la première (7,11). Les enfants ont moins conscience des situations à risque. Ils peuvent atteindre des vitesses élevées qu'ils ne sont plus capables de maîtriser en plus d'avoir des réflexes plus lents pour freiner, tourner ou s'arrêter afin d'éviter un obstacle (12). Les adolescents quant à eux, sont attirés par les nouveaux terrains de jeux (snowpark, halfpipe, boardercross), la pratique à haute vitesse et la prise de risque (13–15), responsables des accidents les plus graves. C'est aussi à partir de 14 ans que le port du casque décline (1, 8, 16).

En accidentologie, c'est l'existence de ce type de données qui permet d'améliorer la prévention et gagner en efficacité. Elles permettent de cibler et réajuster les mesures en fonction de la population, l'évolution des pratiques, du matériel et de l'environnement dans lequel évoluent les pratiquants.

Pour la population pédiatrique, l'axe prioritaire initial qui en ressortait, était la prévention du traumatisme crânien.

Les campagnes de sensibilisation alors mises en place ont été efficaces puisque l'utilisation du casque chez l'enfant est passée de 15 à 97 % entre 1995 et 2017 avec une réduction entre 21 et 60 % des traumatismes crâniens (9, 11). Mais depuis les années 2010, tout comme le nombre de blessés, le nombre de traumatismes crâniens stagne (9, 16, 17) indiquant la nécessité de développer de nouvelles stratégies.

L'étude de nouveaux facteurs de risque d'accidents traumatiques sont autant de cibles potentielles pour améliorer la prévention. La responsabilité des conditions météorologiques et de fréquentation dans l'accidentologie est mal connue. Il a été montré, chez l'adulte, que les conditions de température (18), d'enneigement (19, 20), de visibilité (21) et de densité de pratiquants (22) pouvaient entrer en jeu dans les mécanismes de ces accidents.

Dans notre population pédiatrique, qui diffère de l'adulte tant au niveau physiologique que comportemental, aucune étude n'a été menée. Ces facteurs pourraient-ils devenir une cible pertinente à partir desquels développer de nouvelles mesures de prévention ?

Dans un travail récent, nous avons constitué une cohorte rétrospective sur 8 saisons hivernales, entre 2010 et 2018, des traumatismes graves pédiatriques liés aux sports d'hiver. La présente étude, sujet de cette thèse, est un travail ancillaire ayant pour objectif principal de décrire les conditions environnementales dans lesquelles sont survenus ces accidents.

## 2. Matériel et méthode

Nous avons conduit une étude monocentrique au Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Grenoble, rétrospective, sur huit saisons d'hiver. Le CHU de Grenoble est le seul centre référent de niveau 1 de la région Rhône-Alpes pour la prise en charge des traumatisés graves pédiatriques. Chaque hiver, il accueille l'ensemble des traumatisés lié aux sports d'hiver de la Savoie, Haute-Savoie, et de l'Isère et dans une moindre mesure, ceux survenus dans les Hautes-Alpes.

Les critères d'inclusion étaient : tout patient âgé de 1 à 15 ans, admis en service de surveillance continue ou de réanimation (pédiatrique ou adulte), du CHU de Grenoble, pour accident grave lié à un sport d'hiver, du 1<sup>er</sup> décembre 2010 au 30 avril 2018.

L'accident était défini comme grave par le fait qu'il nécessitait une prise en charge en service de surveillance continue ou de réanimation. Les sports d'hiver que nous avons considéré étaient le ski, le snowboard et la luge. Une saison d'hiver s'étendant du mois de décembre au mois d'avril.

### 2.1) Recueil de patient

Les patients ont été recueillis à partir de deux bases de données :

- Base du TRENAU (Trauma system REseau Nord Alpin des Urgences). Le recueil des patients a été réalisé par des médecins urgentistes, prospectivement. L'analyse des données était rétrospective.
- Base du PMSI (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information). Le recueil des patients s'est fait à partir des codages diagnostics de la CIM 10 correspondants (codes W02 et SXX). Nous avons ensuite recherché les données dans les dossiers informatiques ou papiers.

Les patients dont le département du lieu de l'accident n'était pas connu ont été exclus car nous ne pouvions récupérer aucune donnée météorologique.

## 2.2) Recueil de données

Les données environnementales ont été obtenues à partir de la date et du département du lieu de l'accident.

Pour chaque département, nous avons choisi une station météorologique d'importance jugée représentative des conditions hivernales des domaines skiables du département (cf. Figure 1).

Nous avons choisi la station :

- Avoriaz représentative des domaines skiables de la Haute Savoie
- L'Alpes d'Huez de l'Isère
- Serre chevalier des Hautes-Alpes
- La Plagne de la Savoie

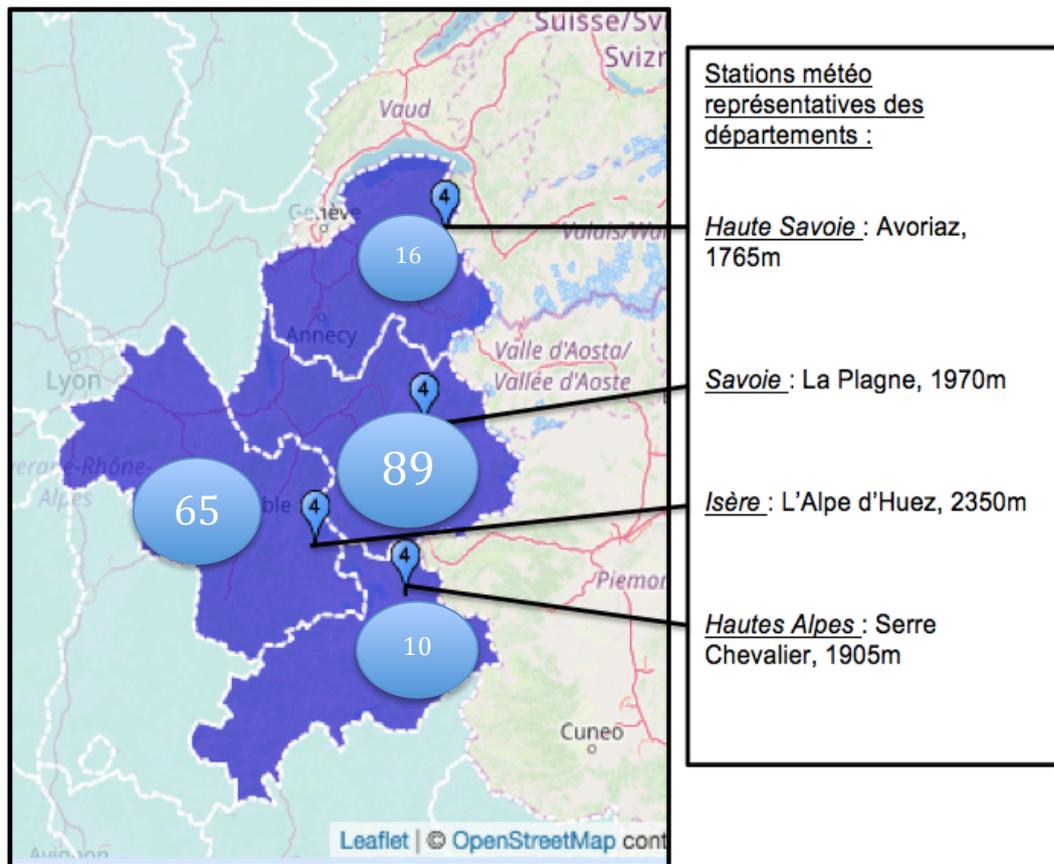


Figure 1 : Nombre total d'accidents liés aux sports d'hiver, par département, de 2010-11 à 2017-18 et localisation des stations météorologiques représentatives de chaque département.

Le choix des variables météorologiques a été guidé par les données de la littérature, l'avis des professionnels de la montagne et la disponibilité des données.

Parmi les nombreux sites internet météorologiques existants, seules les données de Météo France, jugées les plus fiables, ont été utilisées. Une autorisation a été nécessaire pour accéder aux bulletins archivés. Les variables recueillies à partir de la date et du département de l'accident étaient :

#### Données météorologiques

- Décadaires départementales :
  - Hauteur d'enneigement décadaire moyen, en centimètre
  - Cumul des chutes de neige fraîche décadaire, en centimètre
  - Température décadaire moyenne, en degré Celsius

Le terme décadaire définit une période de 10 jours.

Les valeurs renseignées correspondaient donc à la moyenne ou au cumul en valeur absolue, des relevés effectués à la station correspondante, sur les 10 jours incluant la date de l'accident.

- Mensuelles régionales :
  - Température
  - Précipitation
  - Ensoleillement

Ces données étaient qualitatives. Elles étaient définies comme déficitaires, normales ou excédentaires, par rapport aux normes de température, précipitations et ensoleillement évaluées sur les 30 années précédentes.

### Données de fréquentation

Représentées par deux variables :

- Nombre de journées skieurs : correspondant au nombre de forfait vendu par jour. Nous avons le nombre de journées skieurs par saison, de l'ensemble des 4 départements concernés.
- Période ou hors période de vacances scolaires : définie avec la date de l'accident selon les calendriers officiels français, en fonction de l'année et de la zone de vacance A, B ou C.

### L'Injury Severity Score (ISS)

Le score ISS (Injury Severity Score), que nous avons choisi d'analyser en critère de jugement secondaire, est une méthode d'évaluation de la sévérité globale des blessures. Cette méthode est standardisée et universelle chez les polytraumatisés adultes. Elle est aussi le standard d'évaluation des patients traumatisés pédiatriques en attendant la validation d'un score plus adapté (23). Son calcul se fait à partir des scores AIS (Abbreviated Injury Scale) de chaque lésion.

Une lésion est d'abord classée selon une des 6 régions anatomiques du corps parmi : tête et cou, face, thorax, abdomen, membres, surface externe. Elle est ensuite cotée de 1 (mineure) à 6 (constamment mortelle) avec l'aide d'un dictionnaire décrivant plus de 2000 lésions (24).

Les trois AIS les plus élevés, appartenant à trois territoires différents, sont retenus. La somme des carrés de ces AIS fournit un score allant de 1 à 75. Un score ISS > 15 définit un traumatisme sévère.

### Les mécanismes

Les mécanismes responsables des accidents étaient de trois types : chute, collision avec l'environnement et collision humaine.

### *2.3) Analyses statistiques*

Nous avons utilisé la médiane et son intervalle interquartile (IQR) pour présenter les données quantitatives. L'effectif et son pourcentage pour les données qualitatives.

Pour répondre aux critères de jugement secondaires, qui s'attachaient à comparer les conditions environnementales entre : 1/ les mécanismes de l'accident, 2/ atteinte crânienne ou non et 3/  $ISS > 15$  ou  $\leq 15$ , nous avons utilisé pour les variables qualitatives, le test du Chi 2 ou test de Fisher en cas d'effectif insuffisant et l'analyse de variance (ANOVA) pour les variables quantitatives. Une p-value inférieure ou égale à 0,05 était considérée comme statistiquement significative.

### 3. Résultats

Sur les huit saisons hivernales, 211 cas de traumatismes graves liés aux sports d'hiver ont été recueillis à partir des deux bases de données. 28 cas ne répondaient pas aux critères d'inclusion (23 avaient plus de 15 ans, 3 avaient une pratique autre que le ski, luge ou snowboard et 2 cas étaient survenus hors saison hivernale). Trois cas ont été exclus car le département du lieu de l'accident était inconnu et les données environnementales non récupérables. Comme présenté dans le *flow chart*, Figure 2, 180 patients ont été analysés.

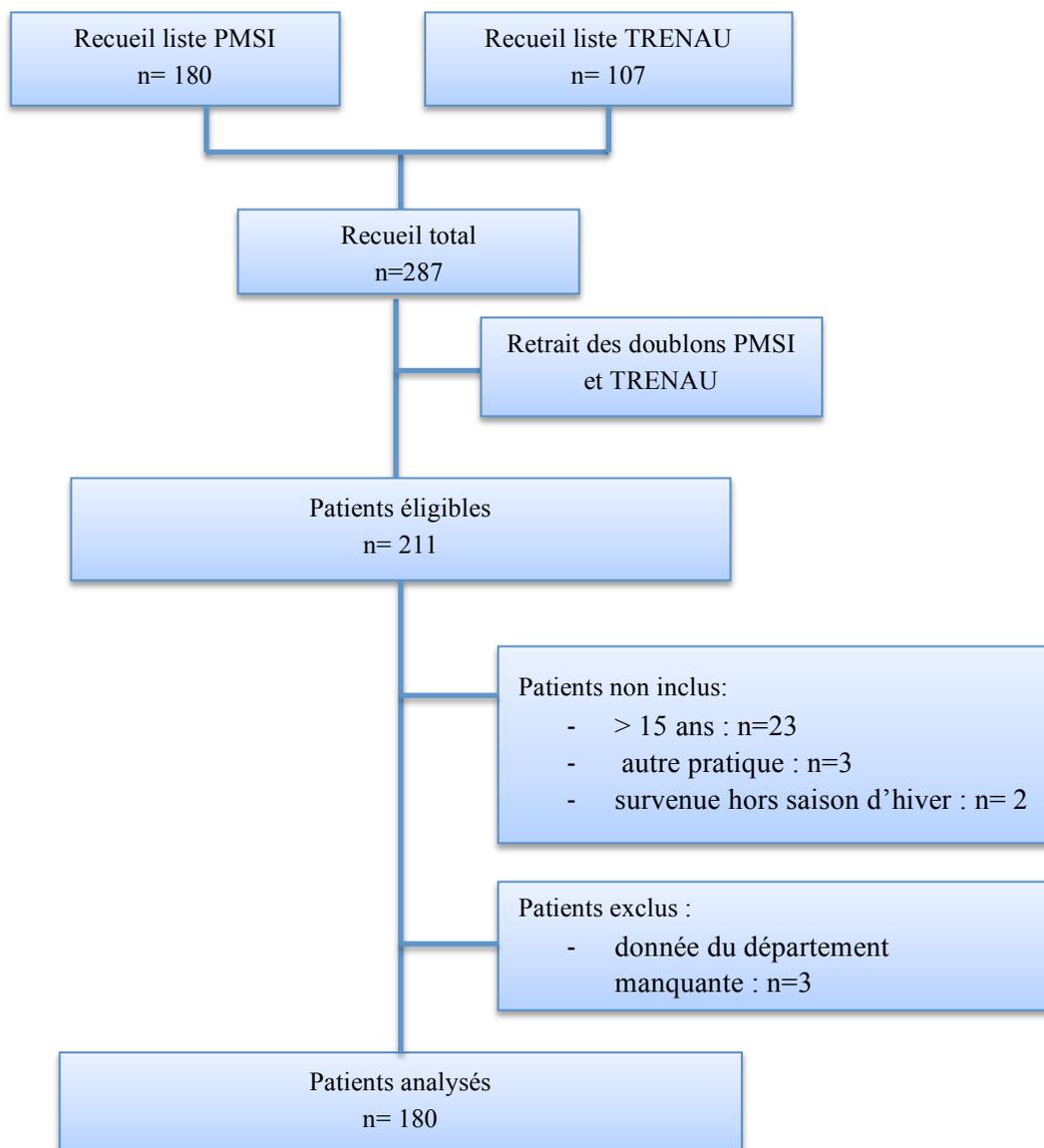


Figure 2 : Flow chart.

### 3.1) Description de la cohorte

Les caractéristiques principales de la cohorte sont rappelées dans le tableau 1.

Les patients étaient principalement de sexe masculin (n=123, 69%) et âgés entre 11 et 15 ans (n=107, 59%). La Savoie et l'Isère rassemblaient le plus grand nombre d'accidents avec respectivement 49% (n= 89) et 36% (n= 65), comme présenté dans la figure 1.

En moyenne, le nombre d'accidents pouvait varier entre 15 et 30 par saison sur l'ensemble de notre région. La saison 2010-2011 était celle qui en comptait le plus avec n=30 (17%) traumatisés. La pratique principale était le ski (n=133, 74%), suivi de la luge (n=27, 15%) et du snowboard (n=20, 11%). Les chutes représentaient le mécanisme principal d'accident (n=100, 56%) devant les collisions environnementales (n= 45, 25%) et les collisions humaines (n= 33, 19%).

Dans cette cohorte, l'ISS moyen était de 15,8. Près de la moitié des patients (n=92, 51%), avait un traumatisme crânien bien que 69% d'entre eux (n=60) portaient un casque. Presque un tiers des patients (n= 56, 31%), avaient un traumatisme abdominal. Les deux patients décédés avaient 6 et 8 ans. Les deux accidents sont survenus à ski. L'un par chute, l'autre par collision environnementale. Tous les deux avaient un traumatisme crânien bien que casqué.

	n (%) ou moyenne (+/- écart type)
Age moyen en année	10,6 (+/- 3,3)
Groupe d'âge	
1-5 ans	16 (9)
6-10 ans	57 (32)
11-15 ans	107 (59)
Sexe	
Masculin	123 (68)
Féminin	57 (32)
Pratique	
Ski	133 (74)
Snowboard	20 (11)
Luge	27 (15)
Mécanisme*	
Chute	100 (56)
Collision environnementale	45 (25)
Collision humaine	33 (19)
ISS** > 15	92 (51)
ISS moyen	15,8 (+/-10)
Port de casque*	117 (65)
Atteinte :	
Traumatisme crânien	91 (51)
Traumatisme abdominal	56 (31)
Sans traumatisme crânien ni abdominal	33 (18)
Durée totale d'hospitalisation (jours)	8,5 (+/- 8,2)
Décès	2 (1)

**Tableau 1 :** Description de la cohorte de patients traumatisés graves de moins de 16 ans en lien avec les sports d'hiver (saisons hivernales 2010-2018, n=180).

*\*Les données étaient manquantes pour : n=2 pour le mécanisme, n=28 pour le port du casque*

*\*\*ISS : Injury Severity Score*

### 3.2) Description des conditions environnementales présentes lors des accidents

Les caractéristiques des conditions météorologiques et de fréquentation sont résumées dans le tableau 2.

La température médiane au moment des accidents était de - 1,5 °C (IQR -5,1 ; 0,7). La médiane de l'enneigement était de 122 cm (IQR 69 ; 162), celle du cumul des chutes de neige fraîche de 11 cm (IQR 3 ; 36).

Soixante dix neuf pourcent des accidents (n=143) sont survenus quand le cumul des chutes de neige fraîche, sur 10 jours, était bas, défini par seuil inférieur à 40 cm.

La figure 3 montre que les mois qui comptaient le plus grand nombre d'accidents semblaient concorder avec ceux dont le cumul des chutes de neige fraîche était le plus bas.

La figure 4 montre que les saisons où la fréquentation des quatre départements concernés était la plus élevée ne correspondaient pas à celles comptant le plus grand nombre d'accidents.

Il y avait aussi, autant d'accidents en période de vacances scolaires que hors période de vacances.

	Total n=180	Chute (n= 100)	Collision environnementale (n=45)	Collision humaine (n=33)	P value
Températures décadaïres moyennes* (°C)	-1,5 (-5,1; 0,7)	-1,5 (-5,1; 0,8)	-1,7 (-5,1; -0,5)	-1,6 (-5,1; -0,2)	0,89
Enneigement décadaïre moyen* (cm)	122 (69; 162)	112 (68; 162)	100 (67; 153)	146 (104; 171)	0,14
Chutes de neige décadaïres* (cm)					
Médiane	11 (3; 36)	8 (3; 8)	12 (2; 35)	12 (4,5; 36)	0,61
Nombre quand < 40 cm	143 (79)	80 (80)	35 (78)	26 (79)	0,95
Température mensuelle					
Excédentaire	92 (51)	54 (54)	21 (47)	16 (49)	0,89
Normale	20 (11)	10 (10)	6 (13)	3 (9)	
Déficientaire	68 (38)	36 (36)	18 (40)	14 (42)	
Précipitations mensuelles					
Excédentaires	69 (38)	41 (41)	13 (29)	15 (46)	0,58
Normales	23 (13)	12 (12)	7 (16)	4 (12)	
Déficientaires	88 (49)	47 (47)	14 (56)	14 (42)	
Ensoleillement mensuel					
Excédentaire	80 (44)	38 (38)	25 (56)	15 (46)	0,38
Normal	14 (8)	8 (8)	3 (7)	3 (9)	
Déficientaire	86 (48)	54 (54)	17 (37)	15 (46)	
Période de vacances	93 (52)	55 (55)	21 (47)	17 (52)	0,64

**Tableau 2** : Description des conditions environnementales associées aux accidents graves liés aux sports d'hiver chez des enfants de moins de 16 ans, n=180 et conditions environnementales en fonction du mécanisme de l'accident (n = 178), n (%) ou médiane (intervalle interquartile).

*\*Les données étaient manquantes pour : n=6 pour la température moyenne, n=1 pour l'enneigement moyen et chute de neige fraîche.*

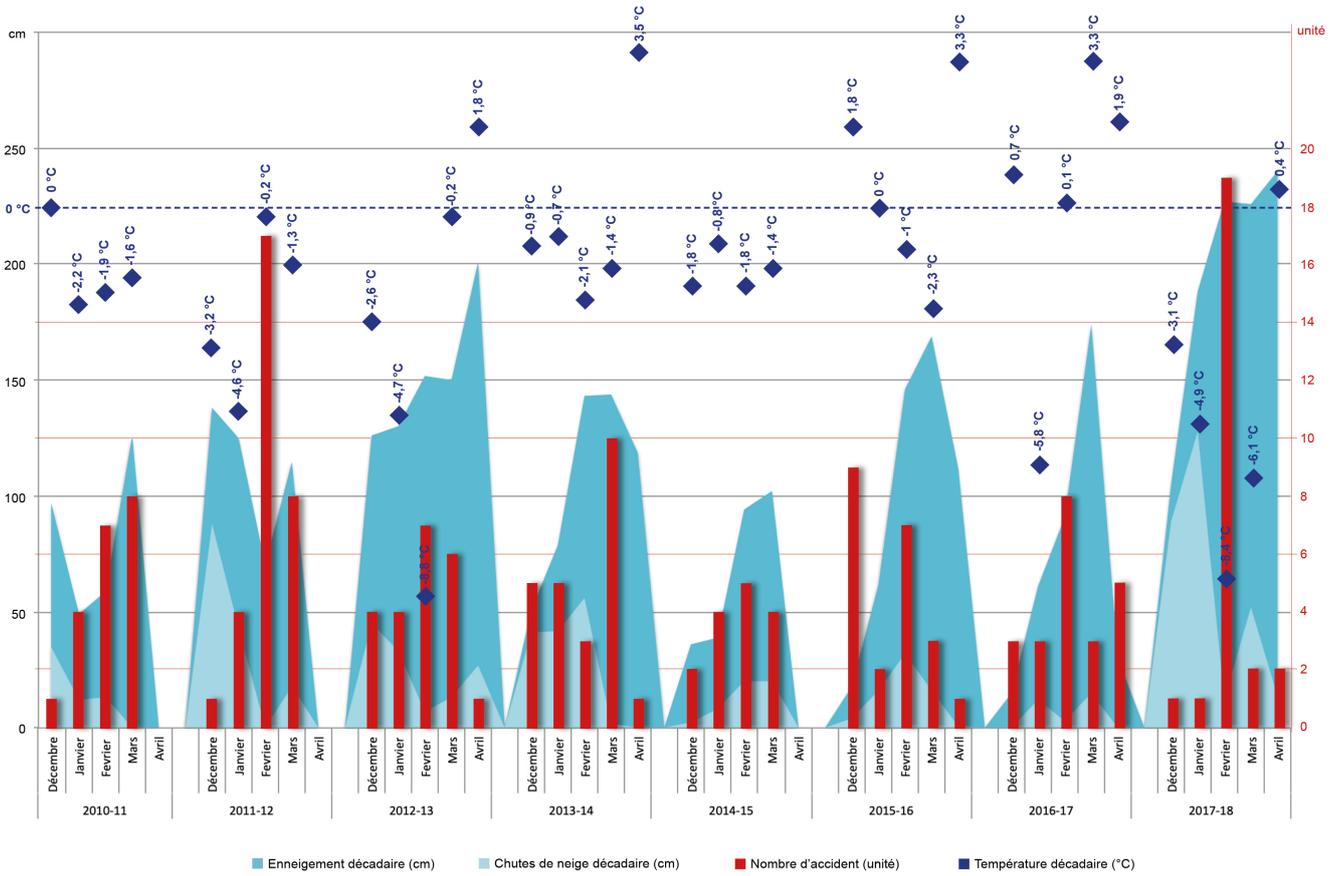


Figure 3 : Moyenne des températures, enneigement et chute de neige fraîche de l'ensemble accidents survenus pour chaque mois d'hiver.

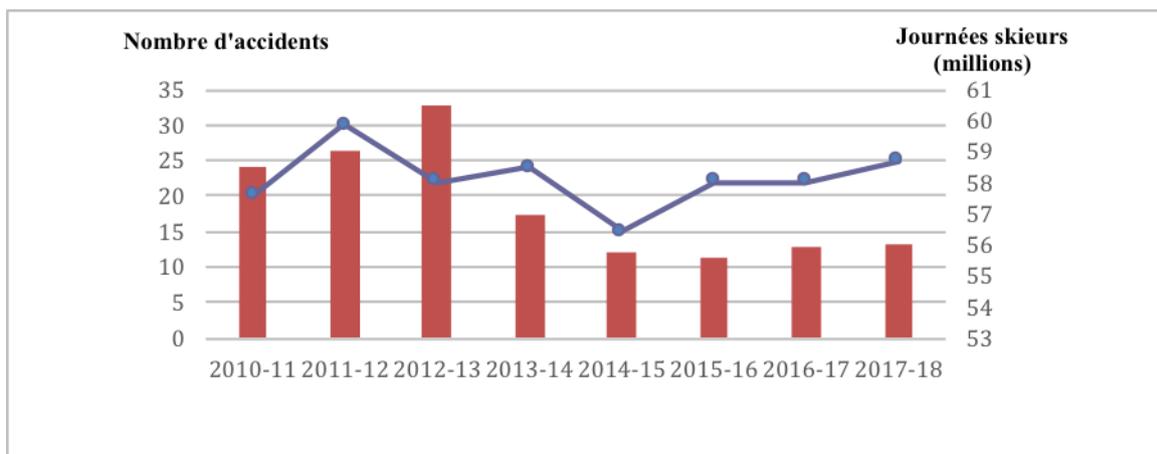


Figure 4: Accidents graves liés aux sports d'hiver et fréquentation des domaines skiables des 4 départements regroupés (Savoie, Haute Savoie, Isère et Hautes-Alpes).

### 3.3) Conditions environnementales et mécanisme de l'accident

Les résultats de la comparaison des conditions environnementales en fonction du mécanisme d'accident sont présentés dans le tableau 2 ci-dessus.

Il n'existe pas de lien statistique entre les conditions environnementales et le mécanisme d'accident.

### 3.4) Conditions environnementales et atteinte crânienne

Les résultats de la comparaison des conditions environnementales entre les traumatisés crâniens ou non sont résumés dans le tableau 3.

Nous n'avons pas mis en évidence de lien statistique entre les conditions environnementales et le fait de présenter un traumatisme crânien à l'admission.

Sans différence significative, la médiane du cumul des chutes de neige fraîche était inférieure dans le groupe avec atteinte crânienne ( $p = 0,17$ ).

	Traumatisme crânien associé, n=91	Absence de traumatisme crânien, n=89	P value
Température décadaire moyenne* (°C)	- 1,7 (-4,8; 0,6)	-1,5 (-5,7; 0,7)	0,54
Enneigement décadaire moyen* (cm)	122 (69; 160)	123 (69; 170)	0,60
Chutes de neige décadaires moyennes* (cm)	10 (2,5; 33)	14 (3,8; 37)	0,17
Température mensuelle			
Excédentaire	46 (51)	46 (52)	0,65
Normale	12 (13)	8 (9)	
Déficiente	33 (36)	35 (39)	
Précipitations mensuelles			
Excédentaires	36 (40)	33 (37)	0,11
Normales	7 (8)	16 (48)	
Déficientes	48 (53)	40 (45)	
Ensoleillement mensuel			
Excédentaire	42 (46)	38 (43)	0,79
Normal	6 (7)	8 (9)	
Déficiente	43 (47)	43 (48)	
Période de vacances	46 (51)	47 (53)	0,87

Tableau 3 : Lien entre les conditions environnementales et la présence ou non d'un traumatisme crânien, chez les enfants de moins de 16 ans, n (%) ou médiane (intervalle interquartile).

\*Les données étaient manquantes pour : n=6 pour la température moyenne, n=1 pour l'enneigement moyen et chute de neige fraîche.

### 3.5) Conditions environnementales et ISS >15

Les résultats de la comparaison des conditions environnementales entre les patients dont l'ISS était supérieur ou inférieur/égal à 15 sont résumés dans le tableau 4.

Nous n'avons pas mis en évidence de lien statistique significatif entre les conditions environnementales et le fait d'avoir un ISS >15.

L'enneigement décadaire moyen était plus bas, de 23 cm, quand l'ISS était supérieur à 15 ( $p=0,16$ ) et le cumul des chutes de neige fraîche décadaire plus élevé de 4cm ( $p=0,23$ ). Le scatter plot présenté en Figure 5, ne montre pas de corrélation négative forte entre l'augmentation du cumul des chutes de neige fraîche et la diminution de l'ISS, ( $R^2 = -0,03$ , IC 95% (-0,2 ; 0,1)  $p = 0,72$ ). Sans significativité, les accidents sévères survenaient moins fréquemment en période de vacances scolaires (49% vs 55%,  $p=0,54$ ).

	ISS>15, n=92	ISS<=15, n=88	P value
Températures décadaires moyennes (°C)*	- 1,4 (-4,9; 0,6)	- 1,8 (-5,7; 0,8)	0,82
Enneigement décadaire moyen* (cm)	104 (63; 162)	127 (77; 160)	0,16
Chutes de neige décadaires* (cm)	12 (4; 37)	8 (1; 36)	0,23
Température mensuelle			
Excédentaire	53 (58)	39 (44)	0,13
Normale	7 (8)	13 (15)	
Déficitaires	32 (35)	36 (41)	
Précipitations mensuelles			
Excédentaires	35 (38)	34 (39)	0,99
Normales	12 (13)	11 (13)	
Déficitaires	45 (49)	43 (49)	
Ensoleillement mensuel			
Excédentaire	42 (46)	38 (43)	0,48
Normal	9 (10)	5 (6)	
Déficitaires	41 (45)	45 (51)	
Période de vacances	45 (49)	48 (55)	0,54

**Tableau 4** : Lien entre les conditions environnementales et la sévérité du traumatisme, défini par un score ISS\*\* > 15 dans les accidents graves liés aux sports d'hiver chez les enfants de moins de 16 ans, n (%) ou médiane (intervalle interquartile).

\*Les données étaient manquantes pour : n=6 pour la température moyenne, n=1 pour l'enneigement moyen et chute de neige fraîche.

\*\*ISS : Injury Severity Score

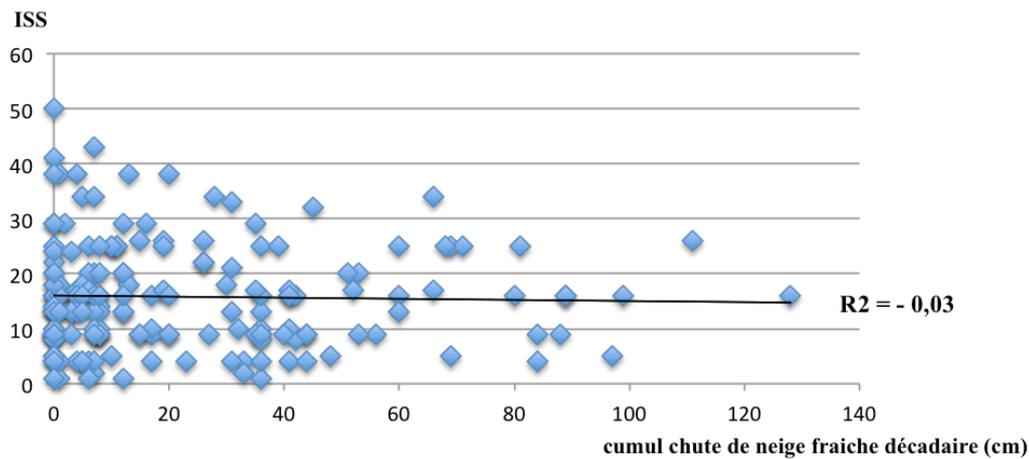


Figure 5 : Scatter plot, valeurs ISS et quantité de neige fraiche décadaire.

## 4. Discussion

A notre connaissance cette étude est la première à prendre en compte les facteurs météorologiques et de fréquentation dans l'accidentologie pédiatrique liée aux sports d'hiver. En ce sens, nos résultats contribuent à l'amélioration des connaissances actuelles. Ils montrent que les conditions météorologiques dans lesquelles survenaient les accidents de notre cohorte n'étaient pas extrêmes. La température et l'enneigement s'inscrivaient dans des normes hivernales (25). La condition marquante était le manque de neige fraiche pour la plupart des traumatismes. En revanche, il n'y avait pas plus d'accidents durant les périodes de haute ou basse fréquentation.

### 4.1) Neige fraiche et gravité des accidents

Dans notre étude, 79% des accidents sont survenus quand le cumul des chutes de neige fraiche décadaire était inférieur à 40 cm. Le seuil de 40 cm a été choisi selon les données de la littérature et l'avis des professionnels de la montagne. Moore et al. (20) ont montré que des chutes de neige fraiche journalières, de moins de 5 cm, étaient associées indépendamment et de manière significative, à des traumatismes graves (ISS>15).

Dans notre étude, si l'on rapporte le cumul décadaire quotidiennement, 79% de nos traumatismes graves (ici définis par une prise en charge en service de surveillance continue ou de réanimation) sont survenus quand le cumul était inférieurs à 4 cm par jour, en moyenne. Ce qui est concordant avec l'étude de Moore et Al.

Si l'on considère la gravité des accidents avec le score ISS, nos résultats ne montrent pas de lien statistique entre la hauteur des chutes de neige fraîche et le fait d'avoir un ISS  $>$  ou  $\leq 15$ . Le scatter plot présenté en Figure 5 montre néanmoins une décroissance des scores ISS avec l'augmentation du cumul des chutes de neige fraîche. Ce résultat est concordant avec l'étude de Girardi et al. (19). Cette équipe a mis en évidence une corrélation négative faible, significative, entre le score ISS et la hauteur des chutes de neige fraîche mesurée quotidiennement.

La neige fraîche est un élément protecteur. Elle constitue, indépendamment de la hauteur d'enneigement, une couche absorbante qui réduit la densité de la surface impactée, sur piste en cas de chute ou sur les éléments naturels (rocher, bois) en cas de collision. La densité de la neige passe de 100 kg/m<sup>3</sup> quand elle est fraîche à 700 kg/m<sup>3</sup> quand elle est dure. La glace atteint 900 kg/m<sup>3</sup> et l'acier 8000 kg/m<sup>3</sup> (26).

La densité de la surface impactée est un des principaux facteurs, avec la vitesse, déterminant l'intensité des forces de chocs (7). En biomécanique, c'est le terme d'accélération qui est employé pour caractériser la force d'un impact. Elle correspond au taux de variation de vitesse au cours du temps et est exprimée en mètre par seconde au carré (m.s<sup>-2</sup>) ou en g. Plus la variation de vitesse est importante et rapide, plus l'accélération est élevée. Plus l'accélération est élevée, en intensité et/ou en durée, plus le risque lésionnel, sur les différents segments du corps (tête, cou, thorax, et membres inférieurs), est important (27).

De ce fait, l'augmentation de densité d'une surface impactée entraîne des variations de vitesse plus grandes et brutales et majore ce risque lésionnel. Des études expérimentales sur mannequins, portant spécifiquement sur les traumatismes crâniens, le confirment.

Elles mettent en évidence une augmentation significative de l'accélération subie par le segment céphalique entre un impact sur neige souple et neige dure (9).

#### 4.2) Neige fraîche, traumatisme crânien et casque

Dans notre étude, sans significativité, les traumatismes crâniens survenaient à des cumuls de neige fraîche inférieurs à ceux des non traumatisés crâniens. Plus de la moitié (56%), étaient liés à une chute avec impact sur surface neigeuse, suivie de 31% par collision contre un obstacle environnemental. Le reste, 13%, était lié à des collisions humaines. Une des hypothèses serait que le manque de neige fraîche ait contribué à ces traumatismes en rendant la surface neigeuse impactée plus dense ou en rendant les obstacles naturels dépourvus de leur couverture absorbante.

Néanmoins, un des points à soulever est la limite de protection que confère un casque puisque 69% des traumatisés crâniens en portait un.

Les études d'efficacité de protection des casques sont le fruit de nombreux travaux actuels. Si la démocratisation du port du casque a permis une diminution entre 21 et 60 % des traumatismes crâniens tous confondus (9, 11), ce taux stagne depuis plusieurs années et les atteintes cérébrales pures ne diminuent pas (9, 17, 28).

Parmi ces travaux, certains remettent en question le choix de densité de la mousse (9, 10, 28). La densité est le point clé pour définir les capacités d'absorption de choc du casque (9). Plus elle est dense, plus elle protège des impacts à haute énergie, mais plus la force de choc nécessaire à sa déformation et absorption doit être élevée. Si l'on veut qu'elle se déforme à des impacts de plus faible énergie, il faut en diminuer la densité.

En pratique, le choix de cette densité est étroitement lié aux conditions de test d'homologation. Lors de ces tests, Européens (European Norms ) EN 1077, ou Américains (American Society of Testing Materials) ASTM 2040, les casques sont soumis au test d'absorption de choc.

Ils sont projetés contre une surface d'acier à des vitesses imposées de 19,4 km/h (EN 1077) ou 22,3 km/h (ASTM 2040). Pour être homologué, les valeurs d'accélération linéaires enregistrées dans le casque ne doivent pas dépasser 250g (EN 1077) ou 300g (ASTM 2040) (29).

La réalisation de ces tests sur un support en acier, très dense, entraîne des impacts à haute énergie. Les concepteurs doivent donc s'orienter vers une mousse aussi, très dense, pour ne pas dépasser le seuil des 250g ou 300g. Ces conditions sont comparables aux surfaces impactées lors des collisions environnementales contre obstacles rigides (pylone, arbre, rocher). Mais ces scénarios représentent seulement 13 % des causes de traumatisme cérébral selon l'étude de Bailly et al. (9). En pratique, la plupart des traumatismes cérébraux surviennent par chute, contre surface neigeuse, qui est beaucoup moins dense et qui absorbe une partie du choc. Dans cette configuration, on ne se sait pas comment la mousse se comporte (9, 30). Il se peut que l'impact ne soit pas d'énergie assez élevée pour entraîner sa déformation et absorber le choc.

Néanmoins, même si la surface neigeuse est moins dense qu'une surface d'acier, elle reste suffisante pour entraîner des traumatismes cérébraux légers et en particulier des commotions cérébrales (9).

Les vitesses imposées par le test sont de 19,4 km/h ou 22,3 km/h, alors que des études ont montré que la vitesse moyenne des pratiquants était de 44km/h (13, 28). La sévérité des traumatismes cérébraux est dépendante de la densité de la surface impactée mais aussi de la vitesse (7, 9, 30). A 44 km/h, en cas de chute ou collision, la cinétique d'impact se retrouve doublée par rapport à celle du test. On peut se demander si la mousse est alors assez dense pour apporter une protection. Pour les impacts à basse vitesse, la problématique est la même que pour les surfaces peu denses expliquée ci dessus, avec le risque de non déformation de la mousse (31).

Les tests d'homologation évaluent la protection des casques uniquement lors de chocs linéaires. L'accélération linéaire est celle qui entraîne des lésions focales, pouvant s'étendre de la surface à la profondeur selon l'intensité : plaie, hématome et fracture du scalp, saignement intra ou péri cérébral (hématome et contusion).

En cas de choc tangentiel l'accélération est angulaire. Elle entraîne des mouvements de cisaillement particulièrement responsables de lésions disséminées (commotions et lésions axonales diffuses) et de ruptures vasculaires périphériques (hématomes sous duraux) (Cf figure 6).

En réalité, les chocs linéaires et tangentiels purs sont rares. Les plus fréquents sont obliques, combinant des forces d'accélération linéaires et angulaires. Le risque lésionnel lié à la composante angulaire n'est à ce jour pas évalué par les tests d'homologation en dépit des conséquences non négligeables (31- 32).

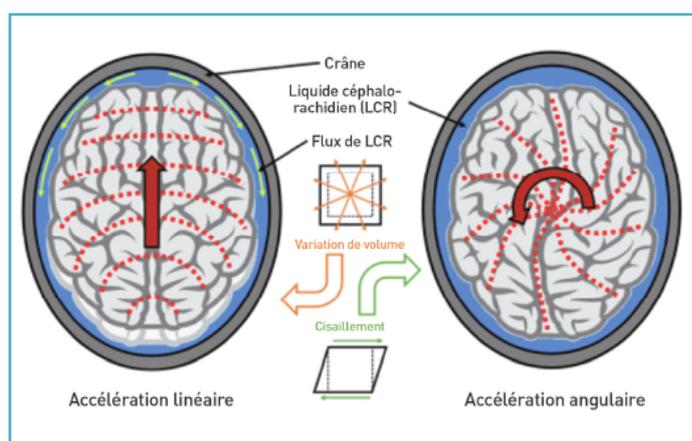


Figure 6 : Retentissement cérébral de l'accélération linéaire et angulaire.

Pour finir, la limite d'accélération linéaire acceptée par le test est fixée à 250G (EN 1077) ou 300G (ASTM 2040), alors que le risque de traumatisme cérébral léger est déjà de 50% au-delà de 82G (33). Un traumatisme cérébral léger correspond à un dysfonctionnement cérébral immédiat, transitoire et réversible. Une commotion cérébrale en fait partie. C'est un terme souvent employé pour les traumatismes liés à la pratique sportive.

Elle est définie par une perte de connaissance (non obligatoire), une confusion ou une désorientation de moins de 30 minutes (le score de Glasgow restant toujours  $\geq 13$ ), une amnésie antérograde ou rétrograde post-traumatique de 1 à 24 heures selon les auteurs (34). Si les commotions cérébrales sont banalisées en pratique courante, elles ne sont pas dénuées de conséquences à moyen et long terme, et particulièrement dans la population pédiatrique. Le cerveau en période de croissance est vulnérable et de nombreux auteurs rapportent un risque majoré d'altération des fonctions cognitives et mnésiques lors de commotions répétées (34).

Au final, les casques, pour répondre aux critères de validation des tests d'homologation, sont conçus pour protéger des traumatismes cérébraux survenant dans des conditions restreintes, représentées par celles du test. Ces conditions ne sont pas représentatives de la majorité des scénarios d'accidents. En pratique, les vitesses sont supérieures, la surface impactée moins dense et les impacts obliques.

Une meilleure connaissance des surfaces impactées permettrait d'améliorer la conception des casques et la protection des traumatismes crâniens. Cette donnée est d'autant plus pertinente dans le contexte actuel de réchauffement climatique. Celui-ci tend à modifier de manière générale l'enneigement des domaines skiables et donc la qualité des surfaces potentiellement impactées. Les chutes de neige fraîche se font de plus en plus rares, l'enneigement global devient déficitaire et le recours à la neige de culture plus fréquent. Cette neige, bien que permettant le maintien de l'activité, est plus dense et se transforme plus vite en glace (35). Elle ne couvre pas non plus les éléments naturels en bordure de piste (bois, rocher) à risque potentiel de collision.

Il est probablement complexe de concilier un produit protégeant à la fois des impacts à faible et haute énergie. Dans notre étude, les deux enfants décédés étaient atteints de traumatisme crânien bien que casqués. L'un par collision environnementale, l'autre par chute. Les chutes de neige fraîche décadaires étaient de 13 cm et 60 cm respectivement.

Des casques combinant des mousses de deux densités différentes, pour protéger de ces deux types d'impacts, sont en cours de validation (36).

Une nouvelle technologie appelée MIPS (Multidirectional Impact Protection System) a récemment été développée pour mieux protéger des impacts tangentiels. La coque et la mousse sont séparées par une couche à faible friction permettant au casque de glisser par rapport à la tête lors d'un impact en rotation. Ce système diminue le mouvement de rotation et permet de rediriger et absorber l'accélération angulaire transmise au cerveau (37). Cette technologie est de plus en plus intégrée dans la conception des nouveaux casques.

#### 4.3) Conditions météorologiques normales et facteur de risque humain

Les températures et l'enneigement s'inscrivaient dans des normes hivernales (25). On peut supposer que ces conditions adéquates aient favorisé l'expression d'autres facteurs de risques et notamment comportementaux. Les conditions agréables laissent place à l'émulation et la pratique à haute vitesse (6, 15, 38-40).

La vitesse augmente le risque de perte de contrôle et favorise les chutes. Elle expose aussi au risque de collision humaine et environnementale car les manœuvres d'évitement deviennent difficilement réalisables. Comme nous l'avons expliqué précédemment, elle est aussi un facteur de gravité lors d'un impact. Il serait intéressant de préciser si les conditions météorologiques adéquates, favorisent la prise de risque chez nos accidentés d'âge pédiatrique et/ou s'ils sont victimes des comportements à risque des autres pratiquants, notamment par collision. A l'inverse, si les mauvaises conditions météorologiques (précipitations, froid extrême) sont accidentogènes (18, 21) elles sont compensées par plus de vigilance et une meilleure régulation de la vitesse (39). C'est probablement la raison pour laquelle on retrouve autant d'accidents quand l'ensoleillement était excédentaire que déficitaire. Quand il est excédentaire, il peut se concevoir comme un paramètre de bonne visibilité favorisant la prise de vitesse.

Une étude comptant 2326 accidents, à ski et snowboard, a montré que 70 % survenaient par journée ensoleillée (41). En cas de mauvaise visibilité, les obstacles sont moins bien perçus et majorent le risque de chute ou de collision (21) mais la vitesse est moins élevée et la vigilance accrue.

#### *4.4) Conditions météorologiques et mécanismes des accidents*

Concernant les mécanismes, nos résultats ne montrent pas de différence significative des conditions météorologiques. A notre sens, les données dont nous disposons n'étaient pas suffisantes pour évaluer ce lien. Des données sur la qualité de la neige auraient été plus appropriées. Il a été montré que les accidents survenaient principalement quand elle était glacée (38, 42, 43). Quand elle était bien damée, le nombre d'accidents et l'ISS diminuaient (22). Il est aussi possible que l'influence des conditions météorologiques soit minime en comparaison d'autres facteurs non météorologiques comme la qualité du balisage, la raideur et le niveau de piste (22), le niveau de ski (4).

#### *4.5) Fréquentation et accident*

Nos résultats ne montrent pas de lien statistique entre le degré de fréquentation et le nombre d'accidents, les mécanismes, les traumatismes crâniens et le fait d'avoir un ISS > 15. L'hypothèse est que les périodes à haute densité de pratiquants sur piste augmentent le risque de chute par tentative d'évitement et de collisions. Mais la vitesse et la vigilance sont plus régulées (40). Par moindre densité, le risque de chutes et de collisions par évitement laisse place aux chutes et collisions par augmentation de la vitesse.

Il est aussi supposable que la population pédiatrique, par ses spécificités anatomiques et comportementales, soit un facteur de risque suffisant quelque soit les conditions météorologiques ou de fréquentation.

#### 4.6) Limites de l'étude

Le caractère rétrospectif de l'étude a limité la qualité de nos données. Les conditions présentées dans cette étude n'étaient que des extrapolations faites à partir des bulletins archivés de Météo France. Beaucoup de données souhaitées et nécessaires à l'interprétation des conditions n'étaient pas récupérables (visibilité, qualité de neige, ensoleillement). Les données de fréquentation obtenues étaient à grande échelle. L'organisme privé « Domaines skiables de France » dispose de données précises (nombre de journées skieurs, par classe d'âge, de chaque station) mais ce dernier n'a accepté de partager ces données que sous couvert d'un premier article publié, qui sera peut-être celui-ci. L'association Médecins de montagne permettait l'accès à ses données (obtenues par système de comptage humain au pied des remontées mécaniques de 8 stations) mais nous n'avons pu les considérer puisqu'elles ne distinguaient pas la population pédiatrique et adulte.

Cette étude était monocentrique et étudiait une population très spécifique : pédiatrique, traumatisée grave et d'un seul massif. Néanmoins certains de nos résultats pourraient être généralisables.

L'analyse des données était univariée alors que l'accidentologie regroupe une multiplicité de facteurs qui s'intriquent entre eux. Pour mettre en évidence un lien indépendant entre conditions environnementales et accidentologie, il faudrait s'affranchir des facteurs de risque déjà connus par une analyse multivariée.

Un exemple de questionnaire pour une analyse multivariée (dans le cadre d'une étude prospective) est proposée en annexe 1.

## 5. Conclusion

**THÈSE SOUTENUE PAR :** Amélie BASSO

**TITRE :**

**DESCRIPTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES,  
METEOROLOGIQUES ET DE FREQUENTATION, LORS DES TRAUMATISMES  
GRAVES LIES AUX SPORTS D'HIVER DANS LA POPULATION PEDIATRIQUE DE  
MOINS DE 16 ANS**

**CONCLUSION :**

Cette étude est la première à prendre en compte les conditions météorologiques et de fréquentation dans l'accidentologie grave pédiatrique. Le manque de neige fraîche semble être associé à la survenue d'accidents grave dans la population pédiatrique, ce qui n'est pas le cas pour les températures ou la fréquentation des stations. D'autres études seraient nécessaires pour

- 1/ confirmer le lien entre la quantité de neige fraîche et l'incidence et la gravité des accidents et
- 2/ évaluer un éventuel lien entre bonnes conditions météorologiques et comportement à risque (vitesse). Il est en effet indispensable de définir précisément l'impact des conditions météorologiques dans les traumatismes graves liés aux sports d'hiver pour ensuite développer de nouvelles mesures de prévention.

**VU ET PERMIS D'IMPRIMER**

Grenoble, le : 17/05/19

**LE DOYEN**

Pour le Président  
et par délégation  
—  
Le Doyen de Médecine  
Pr. Patrice MORAND

**Pr. Patrice MORAND**

**LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE**

**Pr. Thierry DEBILLON**

CHU de Grenoble Alpes  
Hôpital Couple Enfant  
Clinique de Néonatalogie  
et de Réanimation Pédiatrique  
Pr Th. DEBILLON

## BIBLIOGRAPHIE

1. Médecins de Montagne, Accidents de sports d'hiver : chiffres 2017-18, Available from : <http://www.mdem.org/telecharger>. Accessed May 2019.
2. Domaines skiabiles, Accidents sur les pistes, Available from : <http://www.domaines-skiabiles.fr/fr/accidentpistes/>. Accessed May 2019.
3. Polites et al.: Safety on the slopes: ski versus snowboard injuries in children treated at United States trauma centers. *J Pediatr Surg* 2018; 53(5): 1024-7.
4. Sulheim et al.: Risk factors for injuries in alpine skiing, telemark skiing and snowboarding-case-control study. *Br J Sports Med* 2011; 45(16): 1303-9.
5. Médecins de Montagne, "L'enfant et le sport: ski et sport de glisse", Publication available from:  
[http://www.mdem.org/france/DT1192703056/telechargerdocument/index.html/idfichier37\\_idapplication-publication](http://www.mdem.org/france/DT1192703056/telechargerdocument/index.html/idfichier37_idapplication-publication); Accessed June 2019.
6. Hagel B: Skiing and snowboarding injuries. *Med Sport Sci* 2005; 48:74-119.
7. Bailly N et al.: Analysis of Injury Mechanisms in Head Injuries in Skiers and Snowboarders. *Med Sci Sports Exerc.* 2017; 49(1): 1-10.
8. Summers et al.: The spectrum of pediatric injuries sustained in snow sports. *J Pediatr Surg* 2017; 52(12): 2038-41.
9. Bailly N et al.: Numerical Reconstruction of Traumatic Brain Injury in Skiing and Snowboarding. *Med Sci Sports Exerc.* 2018; 50(11): 2322-9.
10. Bailly N et al.: Effect of Helmet Use on Traumatic Brain Injuries and Other Head Injuries in Alpine Sport. *Wilderness Environ Med.* 2018; 29(2): 151-8.
11. Russell K et al.: The effect of helmets on the risk of head and neck injuries among skiers and snowboarders: a meta-analysis. *CMAJ* 2010; 182(4): 333-40.
12. Hoshizaki B et al.: Performance analysis of winter activity protection headgear for young children. *J Neurosurg Pediatr.* 2012; 9(2): 133-8.
13. Ruedl G et al.: Mean speed of winter sport participants depending on various factors, *Sportverletz Sportschaden.* 2010; 24(3): 150-3.
14. Brooks MA et al.: Evaluation of skiing and snowboarding injuries sustained in terrain parks versus traditional slopes. *Inj Prev.* 2010; 16(2): 119-22.
15. Ruedl G et al.: Factors associated with self-reported risk-taking behaviour on ski slopes. *Br J Sports Med.* 2010; 44(3): 204-6.
16. Bergmann KR et al.: Concussion Among Youth Skiers and Snowboarders: A Review of the National Trauma Data Bank From 2009 to 2010. *Pediatr Emerg Care.* 2016; 32(1): 9-13.

17. Gil JA et al.: Epidemiology of Snow Skiing-Versus Snowboarding-Related Concussions Presenting to the Emergency Department in the United States from 2010 to 2014. *Clin J Sport Med.* 2017; 27(5): 499-502
18. Ruedl G et al.: Impact of environmental factors on knee injuries in male and female recreational skiers. *Scand J Med Sci Sports.* 2012; 22(2):185-9.
19. Girardi et al. : Factors affecting injury severity among recreational skiers and snowboarders: an epidemiology study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*18(12): 1804-9.
20. Moore SJ, Knerl D.: Let it snow: how snowfall and injury mechanism affect ski and snowboard injuries in Vail, Colorado, 2011-2012. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013; 75(2): 334-8.
21. Hume PA et al.: Recreational Snow-Sports Injury Risk Factors and Countermeasures: A Meta-Analysis Review and Haddon Matrix Evaluation. *Sports Med.* 2015 45(8): 1175-90.
22. Bergstrøm KA, Ekeland A.: Effect of trail design and grooming on the incidence of injuries at alpine ski areas. *Br J Sports Med.* 2004; 38(3): 264-8.
23. Brown JB et al.: The value of the Injury Severity Score in pediatric trauma: Time for a new definition of severe injury? *J Trauma Acute Care Surg* 2017; 82(6): 995-1001.
24. Invs santé, Description et gravité des lésions traumatiques selon les classifications AIS 1998 et IIS 1994, Available from : [http://opac.invs.sante.fr/doc\\_num.php?explnum\\_id=5724](http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=5724). Accessed June 2019.
25. Météo France, Données Publiques de Météo-France - Fiche climatologique, Available from : [https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id\\_produit=117&id\\_rubrique9](https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=117&id_rubrique9), Accessed May 2019.
26. Morel.A: Le Corps Noir (ou apparentés) ; Available from : [http://meteo05.sepcs.fr/neige/manteau\\_neigeux.pdf](http://meteo05.sepcs.fr/neige/manteau_neigeux.pdf), Accessed : June 2019.
27. Ingénierie du Crash: Available from : [http://www.unit.eu/cours/ingenierie\\_crash/Information/preambule.htm](http://www.unit.eu/cours/ingenierie_crash/Information/preambule.htm), Accessed June 2019.
28. Dickson TJ et al.: A human factors approach to snowsport safety: Novel research on pediatric participant's behaviors and head injury risk. *Appl Ergon.* mars 2016; 53 Pt A:79-86.
29. European Committee for Standardization, British Standards Institution, Helmets for alpine skiers and snowboarders 2013. Available from : <http://www.ccl-international.com/wp-content/uploads/2015/07/SKI-HELMET-SNOWBOARD-HELMET-STANDARD-BS-EN1077-2007.pdf> ; Accessed June 2019.
30. Bailly N et al.: Head impact in a snowboarding accident. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(9):964-74.

31. Koncan DA et al. : Performance of Children and Adult Alpine Helmets under Characteristic Falling Conditions. *Procedia Eng* 2016; 147:578-83.
32. Langrand DB. Prof. Y. Ravalard Dr. E.Deletombe. Available from: [http://www.unit.eu/cours/ingenierie\\_crash/Complements\\_pdf/Biomeca/CN\\_Crash-Biomeca\\_Niv2.pdf](http://www.unit.eu/cours/ingenierie_crash/Complements_pdf/Biomeca/CN_Crash-Biomeca_Niv2.pdf), Accessed June 2019.
33. Zhang L et al.: A proposed injury threshold for mild traumatic brain injury. *J Biomech Eng.* 2004; 126(2):226-36.
34. Vidalin H et al.: Les commotions cérébrales et le sport. *Journal de Traumatologie du Sport* 2010; 27, 83—93.
35. Spandre P et al.: Dynamique de la neige de culture dans les Alpes Françaises. Contexte climatique et état des lieux. *J Alp Res*; 2015;(103-2).
36. Mosleh Y et al.: Novel Composite Foam Concept for Head Protection in Oblique Impacts. *Adv Eng Mater.* 2017; 19(10):1700059.
37. TECHNOLOGY MIPS; Available from: <http://mipsprotection.com/technology/> Accessed : June 2019.
38. Bouter LM et al. : Personal and environmental factors in relation to injury risk in downhill skiing. *Int J Sports Med.*1989; 10(4): 298-301.
39. Biener K et al.: The weather and skiing accidents. *MMW Munch Med Wochenschr.* 1979; 121(12): 427-30.
40. Holleczeck T, Tröster G.: Particle-based model for skiing traffic. *Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys.* 2012; 85(5 Pt 2):056101.
41. Ruedl G et al.: Factors associated with injuries occurred on slope intersections and in snow parks compared to on-slope injuries. *Accid Anal Prev.* 2013; 50: 1221-5.
42. Hamada T et al.: Comparison of tibial shaft ski fractures in children and adults. *Clin J Sport Med.* 2014; 24(5): 380-4.
43. Meyers MC et al.: Downhill ski injuries in children and adolescents. *Sports Med.* 2007; 37(6):485-99.

## ANNEXE : Questionnaire

### 1) Données du patient

Age :	1-5 ans <input type="checkbox"/>	
	6-10 ans <input type="checkbox"/>	
	11-15 ans <input type="checkbox"/>	
Sexe :	Féminin <input type="checkbox"/>	
	Masculin <input type="checkbox"/>	
Origine :	Résident local <input type="checkbox"/>	
	Vacancier <input type="checkbox"/>	
Niveau de ski :	Débutant <input type="checkbox"/>	
	Intermédiaire <input type="checkbox"/>	
	Confirmé <input type="checkbox"/>	
Casqué :	oui <input type="checkbox"/>	homologation EN 1077 <input type="checkbox"/>
		homologation ASTM F 2040 <input type="checkbox"/>
	Non <input type="checkbox"/>	
Pratique :	Ski <input type="checkbox"/>	
	Snowboard <input type="checkbox"/>	
	Luge <input type="checkbox"/>	
	Si Autre :	

### 2) Données météorologiques

Hauteur de neige tombée en 24h (météo France), (cm) :

Enneigement moyen (météo France), (cm) :

Température moyenne du jour (météo France), (°C) :

Qualité de la neige :    Glacée

                                  Poudreuse

                                  Lourde

                                  Damée

                                  Bosselée

Neige :                      Naturelle

                                  De culture

                                  Non connu

Visibilité :                Bonne

                                  Moyenne

                                  Mauvaise

Ensoleillement :        Oui

                                  Non

Lien site météo France : <https://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp>

### 3) Données de l'accident

Nom de la station :		
Mécanisme :	Chute <input type="checkbox"/> par	perte de contrôle <input type="checkbox"/> Evitement <input type="checkbox"/> Saut <input type="checkbox"/> Liée au terrain <input type="checkbox"/> l'accidenté <input type="checkbox"/>  un autre pratiquant <input type="checkbox"/>  naturel (arbre, rocher) <input type="checkbox"/>  non naturel (pylône, piquet) <input type="checkbox"/>
	Collision humaine <input type="checkbox"/> induite par :	
	Collision environnementale <input type="checkbox"/> contre un élément :	
<hr/>		
Lieu :	Piste <input type="checkbox"/>  Hors piste <input type="checkbox"/> Hors domaine skiable* <input type="checkbox"/>  Snowpark (halfpipe, boardercross, bigair...) <input type="checkbox"/> remontée mécanique <input type="checkbox"/>	Bleue <input type="checkbox"/> Verte <input type="checkbox"/> Rouge <input type="checkbox"/> Noire <input type="checkbox"/> Intersection <input type="checkbox"/>
<hr/>		
Moment :	Mois :	
	Jour :	
	Vacances scolaires	Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
	Matin <input type="checkbox"/> Après midi <input type="checkbox"/> Après fermeture des pistes <input type="checkbox"/>	

\*Hors domaine skiable : en dehors des zones accessible par gravité depuis les remontées mécaniques

## ABSTRACT

### **DESCRIPTION OF ENVIRONMENTAL, METEOROLOGICAL AND ATTENDANCE CONDITIONS, IN SEVERE INJURIES RELATED TO WINTER SPORTS, IN THE PEDIATRIC POPULATION UNDER 16 YEARS.**

Amelie BASSO

**Context-** Number of winter sports injuries do not decrease despite of prevention measures. Among the risk factors responsible for these accidents, the implication of environmental factors, particularly meteorological, remains unclear. The aim of this study was to describe the weather and the attendance conditions, in a cohort of severe injuries, related to winter sports in pediatric's population.

**Method -** This is a single center and retrospective study (2010-2018). All patients under the age of 16 admitted to Pediatric or Adult Intensive Care Unit at the University Hospital of Grenoble, following a skiing, snowboarding and sledding injury, were included.

**Results -** 180 patients were included (mean age 10.6 years). Skiing, snowboarding and sledding accidents accounted for 74% (n=133), 11% (n=20) and 15%(n=27) patients, respectively. During the day of the accident, cumulative fresh snowfalls in the 10-day period were low, with a median at 11 cm (IQR 3, 36) and less than 40 cm in 79 % of cases (n=143). Temperatures and average snow conditions were consistent with winter standards. Trauma occurred as much in periods of high or low attendance. There was no significant difference between environmental conditions and 1 / the mechanisms of accidents (falls, environmental collisions and human collisions), 2 / the occurrence of head trauma, and 3 / the severity of the trauma defined by an ISS>15.

**Conclusion -** The lack of fresh snowfall seems to be associated with the occurrence of severe injuries in the pediatric population, which is not the case for the temperatures or attendance of the resort. Further studies would be needed to explore the correlation between the amount of fresh snowfall and the incidence and severity of injuries.

**Keywords:** winter sports, trauma, injury, weather conditions, snowfall, pediatric

## RESUME

### **DESCRIPTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES, METEOROLOGIQUES ET DE FREQUENTATION, LORS DES TRAUMATISMES GRAVES LIES AUX SPORTS D'HIVER, DANS LA POPULATION PEDIATRIQUE DE MOINS DE 16 ANS.**

Amelie BASSO

**Contexte** - Le nombre de traumatisme lié aux sports d'hiver ne diminue pas malgré les mesures de prévention en vigueur. Parmi les facteurs de risque responsables de ces accidents, l'implication des facteurs environnementaux, notamment météorologiques demeure floue. L'objectif de cette étude était de décrire les conditions météorologiques et de fréquentation, dans une cohorte de patients pédiatriques, traumatisés graves, à la suite d'un accident lié aux sports d'hiver.

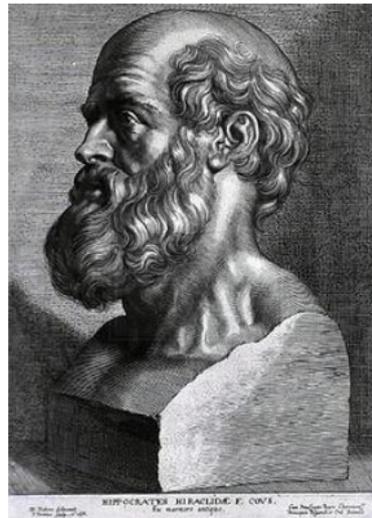
**Méthode** - Il s'agit d'une étude monocentrique et rétrospective (2010-2018). Tous les patients âgés de moins de 16 ans, admis dans un service de surveillance continue ou de réanimation (pédiatrique ou adulte) au CHU de Grenoble, pour un traumatisme lié à un accident de ski, snowboard et luge, ont été inclus.

**Résultats** - Au total, 180 patients (âge moyen 10,6 ans) ont été inclus. Soixante quatorze pourcents (n= 133) des accidents sont survenus à ski, 11% (n=20) en snowboard et 15% (n=27) en luge. Le jour de l'accident, le cumul des chutes de neige fraîche décadaire était bas, avec une médiane à 11 cm (IQR 3; 36) et inférieur à 40 cm dans 79% des cas (n= 143). Les températures et l'enneigement moyen décadaire s'inscrivaient dans des normes hivernales. Les accidents survenaient autant en période de haute ou de basse fréquentation. Il n'y avait pas de lien significatif entre les conditions environnementales et 1/ le mécanisme des accidents (chute, collision environnementale et collision humaine), 2/ la survenue d'un traumatisme crânien, et 3/ la sévérité du traumatisme défini par un score ISS > 15.

**Conclusion** - Le manque de neige fraîche semble être associé à la survenue d'accidents graves dans la population pédiatrique, ce qui n'est pas le cas pour les températures ou la fréquentation des stations. D'autres études seraient nécessaires pour préciser le lien de corrélation entre quantité de neige fraîche et l'incidence et la gravité des accidents.

**Mots clés** : sports d'hiver, traumatisme, conditions météorologiques, chute de neige, pédiatrie

## SERMENT D'HIPPOCRATE



### **SERMENT D'HIPPOCRATE**

*En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples et devant l'effigie d'HIPPOCRATE,*

*Je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.*

*Je donnerai mes soins gratuitement à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail. Je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.*

*Admis dans l'intimité des maisons, mes yeux n'y verront pas ce qui s'y passe ; ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*

*Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.*

*Je garderai le respect absolu de la vie humaine.*

*Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.*