



HAL
open science

Prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans : revue systématique de la littérature

C. Prince, P. Samozino, P. Edouard

► **To cite this version:**

C. Prince, P. Samozino, P. Edouard. Prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans : revue systématique de la littérature. *Journal de Traumatologie du Sport*, 2019, 36, pp.96 - 105. 10.1016/j.jts.2019.03.001 . hal-03486098

HAL Id: hal-03486098

<https://hal.science/hal-03486098>

Submitted on 21 Dec 2021

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Faites le point

Prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans : Revue systématique de la littérature.

Injury prevention of 14 to 19 years old alpine ski racers: Systematic review.

Titre court : Prévention des blessures du jeune skieur alpin
Short title: Injury prevention of young alpine skier

C. Prince^{1*}, P. Samozino¹, P. Edouard^{2,3,4}

¹ *Université Savoie Mont-Blanc, Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité, EA 7424, F-73000 Chambéry, France*

² *Unité de médecine du sport, Service de physiologie clinique et de l'exercice, CHU de Saint-Etienne, 42055 Saint-Etienne, France*

² *Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (EA 7424), Université de Lyon, Université Jean-Monnet, 42100 Saint-Etienne, France*

³ *Commission Médicale de la Fédération Française d'Athlétisme (FFA), 33 avenue Pierre de Coubertin, 75640 Paris cedex 13, France*

* Auteur correspondant :

Adresse e-mail : caroline.prince49@gmail.com

Résumé

Objectif : Réaliser un état des lieux des connaissances actuelles concernant la prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition, âgé de 14 à 19 ans, en suivant la séquence de prévention des blessures en 4 étapes de van Mechelen et al. (1992).

Méthode : Une revue systématique a été effectuée en novembre 2018 en utilisant deux moteurs de recherche (« Pub Med » et « Science Direct ») et les mots-clés suivants : «Injury», « Sports injuries », «Young», «Adolescent», «Epidemiology», « Risk factor », « Prevention », « Alpine skiing » et « Alpine ski » pour inclure les articles traitant de l'épidémiologie, l'identification de facteurs de risque, la mise en place et/ou l'évaluation des programmes de prévention des blessures du skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans.

Résultats : Cinq études rapportaient des résultats concernant l'épidémiologie des blessures du skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans : ces blessures étaient majoritairement localisées au genou concernant les ligaments et la blessure la plus fréquente était la lésion du Ligament Croisé Antérieur (LCA). Deux études identifiaient l'asymétrie de force entre les muscles fléchisseurs et extenseurs du rachis, ainsi que l'asymétrie de performance au *one leg hop test* comme facteurs de risque de lésion du LCA. Une étude a rapporté qu'un programme de prévention basé sur l'amélioration du contrôle neuromusculaire des membres inférieurs et le renforcement des muscles du rachis limitait le nombre de lésion du LCA.

Discussion et conclusion : Les lésions du LCA étaient les plus fréquentes chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans, un faible contrôle neuromusculaire ainsi qu'une asymétrie de musculature du tronc seraient prédictifs de cette lésion, et il semblerait que la mise en place d'un programme de prévention puisse diminuer la survenue de cette blessure. Cependant, d'autres études longitudinales cherchant à identifier les facteurs de risque potentiels, leur évolution dans le temps et leur modification par des programmes de prévention sont nécessaires.

Niveau de preuve : 4

Mots clés : Ski alpin ; Adolescent ; Prévention des blessures ; Epidémiologie ; Facteurs de risque.

Abstract

Objectives: To provide a comprehensive overview of what is known about injury prevention in the 14-19 year-old competitive alpine skier following the 4-step injury prevention sequence from van Mechelen et al. (1992).

Method: A systematic review was conducted in November 2018 using two database ("Pub Med" and "Science Direct") and the following keywords: "Injury", "Sports injuries", "Young", "Teenager", "Epidemiology", "Risk factor", "Prevention", "Alpine skiing" and "Alpine skiing" to include articles dealing with epidemiology, identification of risk factors, implementation and/or injury prevention programs for alpine competitive skiers from 14 to 19 years-old.

Results: Five studies reported on the epidemiology of 14-19 year-old competitive alpine skier injuries : these injuries were mainly localized at the knee, involved ligaments, and the most common injury was Anterior Cruciate Ligament (ACL) injury. Two studies identified the asymmetry of strength between the flexors and extensors muscles of the trunk as well as the asymmetry of performance on the one leg hop test as risk factors for ACL injury. One study showed that a prevention program based on the improvement of neuromuscular control of the lower limbs and strengthening of the spine muscles could limit the number of ACL lesions.

Discussion and conclusion: ACL lesions are the most common lesion in 14- to 19-year-old competitive alpine skiers. Poor neuromuscular control and muscular asymmetry of the trunk were predictive of this lesion and it would appear that prevention program could reduce the incidence of this injury. However, other longitudinal studies seeking to identify potential risk factors, their evolution over time and their modification through prevention programs are still necessary.

Level of evidence : 4

Key words : Alpine ski ; Adolescent ; Injury prevention ; Epidemiology ; Risk factors.

1. Introduction

La pratique du ski alpin, qui plus est de compétition, entraîne un risque élevé de blessures [1]. Pour promouvoir une pratique du ski tout en protégeant la santé des skieurs, il est donc important que les staffs techniques et médicaux autour des skieurs mettent en place des mesures de prévention de ces blessures. La prévention des blessures chez le skieur alpin pratiquant en compétition est un sujet qui a souvent été étudié chez les adultes, mais qui l'est moins concernant les adolescents [1]. Compte tenu du fait que la physiologie de l'adulte et du jeune ne sont pas les mêmes, il est fort probable que les blessures, et par conséquent les stratégies de prévention, diffèrent entre ces deux populations [2]. Nous nous proposons donc, par cette revue de littérature, de présenter l'état des connaissances concernant la prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans, en utilisant le modèle méthodologique décrit par van Mechelen et al. [3] dans la « séquence de prévention des blessures ». Ce cadre méthodologique aujourd'hui adopté par la communauté scientifique se construit autour de 4 étapes clés qui composeront le plan de notre manuscrit : 1) déterminer l'étendue de la problématique des blessures ; 2) déterminer les facteurs et les mécanismes favorisant l'apparition de la blessure ; 3) introduire en pratique des mesures visant à réduire les risques de blessures futures et la sévérité de celles-ci ; et 4) évaluer l'efficacité des mesures préventives proposées dans l'étape 3.

2. Matériel et Méthode

2.1. Sélection des articles

Cette revue de la littérature a été réalisée au 17 novembre 2018, en utilisant deux moteurs de recherche : « Pub Med » et « Science Direct », avec les mots-clés suivants : « Injury », « Sports injuries », « Young », « Adolescent », « Epidemiology », « Risk factor », « Prevention », « Alpine skiing », et « Alpine ski ». Pour être inclus dans notre étude, les articles devaient présenter les critères suivants : *i*) être publiés avant le 17 novembre 2018, *ii*) traiter soit de l'épidémiologie, soit des facteurs de risque, soit des méthodes de prévention des blessures en ski alpin de compétition, *iii*) concerner des sujets âgés de 14 à 19 ans, *iv*) être publiés en français ou en anglais. Les articles ont été examinés sur la base du titre et de l'abstract, puis du texte complet. Les références des articles inclus ont également été examinées pour rechercher d'autres articles.

2.2. Extraction des données

Les articles inclus ont été répartis en fonction de l'étape de la « séquence de prévention » à laquelle ils correspondaient.

Pour les articles rapportant des données épidémiologiques des blessures et répondant à l'étape 1, ont été recueillies les données suivantes : la définition de la blessure, la durée de l'étude, le type de population étudiée, le nombre de blessés, le nombre de blessures, le pourcentage de blessés, l'incidence des blessures, la localisation des blessures, le type des blessures et la sévérité des blessures.

Pour les articles rapportant des informations concernant les facteurs de risques de blessures et répondant à l'étape 2, seuls ceux s'intéressant aux facteurs de risque modifiables (c'est-à-dire les facteurs sur lesquels il est possible d'intervenir par des mesures préventives) ont été retenus, les données extraites étaient : la population étudiée, le nombre d'athlètes, les facteurs de risque analysés, les tests réalisés pour évaluer ces facteurs et le lien établi ou non entre ces facteurs et la blessure.

Pour les articles traitant de la mise en place de mesures préventives et à l'analyse de leur efficacité et répondant aux étapes 3 et 4, les données recueillies visaient à détailler les programmes de prévention mis en place et leurs impacts sur les blessures. Les niveaux de preuve scientifique et les grades de recommandation ont été déterminés pour les articles sélectionnés.

3. Résultats

3.1. Articles sélectionnés

Une première recherche par mots clés a permis d'identifier 66 articles. Parmi ceux-ci, 59 ont été exclus (52 par lecture des résumés et 7 par lecture complète des articles) car ils ne correspondaient pas aux critères d'inclusions prédéfinis. Un article a été identifié par référence. En conclusion, un total de 8 articles a donc été inclus dans notre revue de littérature. La Figure 1 présente la séquence de sélection des articles. Le Tableau 1 présente les 8 articles inclus avec le design, le niveau de preuve scientifique, le grade de recommandation, et l'étape de la « séquence de prévention des blessures » du cadre méthodologique de van Mechelen et al.[3].

3.2. Epidémiologie des blessures

Cinq études [4-8] ont rapporté des résultats sur l'épidémiologie des blessures du jeune skieur alpin de 14 à 19 ans (Tableau 2). Il est à noter que ces études différaient sur la définition de la blessure, sur la période de suivi et sur les données recueillies. Parmi ces études, trois ce sont intéressées à l'épidémiologie des blessures lors de rassemblements sportifs comme les Jeux Olympiques d'hiver de la jeunesse (« Winter Youth Olympic Games ») en 2012 [5] et en 2016 [7] ou encore le Festival Olympique d'hiver de la jeunesse (« Winter Youth Olympic Festival ») en 2015 [6]. Lors de ces compétitions réunissant entre 120 et 200 skieurs alpins âgés de 14 à 19 ans, le nombre de blessés variait de 12 à 17 skieurs, représentant 6% à 14% des participants [5-7]. Deux autres études se sont intéressées au suivi longitudinal des blessures chez les skieurs alpins au cours de leur scolarité alors qu'ils avaient entre 14 et 19 ans. Une première étude longitudinale de 5 ans portant sur 431 skieurs rapportait 193 blessés (45%) et 312 blessures [8]. Une seconde étude longitudinale de 2 ans portant sur 104 skieurs rapportait 89 blessés (85%) et 235 blessures [4]. Parmi les cinq études, les blessures les plus fréquentes se situaient aux genoux (10% à 40%), aux lombaires (7% à 25%), aux jambes (2% à 25%), aux doigts (2% à 17%), à la tête (3% à 13%) et enfin aux chevilles (2% à 9%) ; les 25% restant se répartissant au reste du corps [5-8]. Concernant le type de blessures rencontrées : les ruptures ligamentaires, subluxations et dislocations étaient les plus fréquentes (18% à 25%), suivies par les contusions et les hématomes (0 à 40%), puis les déchirures, ruptures musculaires ou tendineuses (14% à 25%), les fractures (4% à 22%), les commotions cérébrales (0% à 9%), les tendinopathies (2% à 15%) et enfin les blessures « autres » (0% à 15%) [5-8]. Concernant le contexte d'apparition des blessures, les blessures sans contact étaient les plus fréquentes (30% à 47%), suivies des blessures par contact avec objets (13% à 33%), puis des blessures par surutilisation (17 à 25%) [5-8]. Les données épidémiologiques précitées ne rendaient pas compte du diagnostic de blessure exact le plus fréquemment rencontré en ski alpin. Seule l'étude de Westin et al. évaluait la prévalence des lésions du ligament croisé antérieur (LCA) à 15%, cette lésion était la plus fréquente [8]. La Figure 2 illustre les données épidémiologiques précitées.

3.3. Identification des facteurs de risque modifiables de blessures

Aucun article analysant des facteurs de risque extrinsèques modifiables n'a été retrouvé dans

notre revue de la littérature. Concernant les facteurs de risque intrinsèques modifiables, chez l'adolescent, seuls les facteurs liés à des paramètres physiques tels que la force musculaire, l'extensibilité musculaire, les tests d'équilibre et les scores de certains tests fonctionnels ont fait l'objet d'études.

Concernant la force maximale, Raschner et al. [9] ont pu mettre en évidence le risque que représentait une asymétrie de force musculaire maximale isométrique entre muscles fléchisseurs et extenseurs du tronc dans la survenue de lésion du LCA chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans. Un ratio de force des muscles fléchisseurs/extenseurs du tronc éloigné de 1 était prédictif de lésion du LCA : ce ratio était compris entre 0,91 et 0,95 pour les athlètes non blessés, en dessous de 0,65 et au-delà de 1,10 pour les athlètes blessés. Dans cette même étude, aucun lien n'a pu cependant être rapporté entre la force des membres inférieurs (leg press strength test) [9] et la survenue de blessure. L'extensibilité des muscles extenseurs et fléchisseurs de hanche, ainsi que l'extensibilité des muscles extenseurs de genou ne semblait pas être un facteur prédictif de lésion du LCA [10]. Concernant la dorsiflexion passive de cheville, qu'elle soit réalisée avec le genou en flexion ou en extension, celle-ci ne semblait pas être en lien avec la survenue de blessure du LCA [10]. Concernant les tests fonctionnels, Westin et al. [10] ont mis en évidence lors d'un « one-leg hop test for distance » (sans évaluation de stabilité en fin de test), qu'une asymétrie de 10 cm ou plus lors de la réalisation du test était liée à un plus grand risque de lésion du LCA. Cependant, d'autres tests fonctionnels tels que le square hop test [10], le side hop test [10] ou encore le drop jump test (mesurant l'indice de réactivité) [9] ne semblaient pas être associés à un risque augmenté de lésion du LCA. De même, aucun lien n'a été établi entre les qualités de coordination (Jump coordination test) [9] et/ou d'endurance (Cooper test et line run test) [9] et les blessures. Les facteurs de risque intrinsèques et modifiables sont présentés dans le Tableau 3.

3.4. Mesures préventives et évaluation de leur efficacité.

A notre connaissance, un seul article a présenté les résultats de l'analyse d'un programme spécifique d'entraînement et son caractère préventif sur la survenue de lésion du LCA dans une population de jeunes skieurs alpin de 14 à 18 ans [11]. C'était un essai clinique randomisé contrôlé dans laquelle les athlètes (n= 764) étaient répartis en un groupe interventionnel (n= 308) réalisant le programme et un groupe contrôle (n=456) ne réalisant pas le programme de prévention. Le programme, réalisé sur une année, consistait au départ de l'étude en la visualisation d'une vidéo expliquant la lésion du LCA, puis en une vidéo montrant des exercices de « contrôle neuromusculaire et de renforcement des muscles du tronc », le but du programme étant d'être aussi bon sur une jambe que sur l'autre lors de la réalisation des exercices. A l'issue de la saison, le risque absolu de lésion du LCA était significativement diminué dans le groupe interventionnel [11].

4. Discussion

Les principaux résultats de notre revue systématique de la littérature sur les connaissances actuelles concernant la prévention des blessures du skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans sont présentés dans la Figure 3.

4.1. Epidémiologie

Les études concernant l'épidémiologie des blessures du skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans nous permettaient de mieux cerner l'étendue de la problématique des blessures. Les blessures les plus fréquentes touchaient les membres inférieurs et, en particulier, l'articulation du genou et la zone lombaire. Les ruptures ligamentaires et les contusions étaient les lésions

majoritairement rencontrées et les blessures sans contact étaient également les plus fréquentes. La lésion la plus fréquente était celle du LCA avec une prévalence estimée entre 9% et 15% [4-8]. Cependant, il est à noter qu'il n'existait pas de consensus sur la définition et les caractéristiques de la blessure en fonction des études rendant difficile la comparaison des études entre elles. Malgré ce manque de consensus la lésion du LCA et les douleurs lombaires étaient les plus fréquentes et devraient, par conséquent, être la cible prioritaire des actions préventives menées.

4.2. Facteurs de risque

Des *facteurs extrinsèques et modifiables* ont été décrits chez le skieur alpin adulte tels que la sécurité, le matériel ou les conditions météorologiques lors des courses [1]. À notre connaissance, ces facteurs n'ont pas été spécifiquement décrits pour les skieurs alpins adolescents.

Les *facteurs intrinsèques et modifiables* ont été décrits chez le skieur alpin adulte tels que neuromusculaires, hormonaux, liés aux qualités physiques, physiologiques, psychologiques ou encore annexés à la technique de ski [12,13]. Chez le jeune skieur, peu de résultats étaient disponibles : deux études uniquement s'y étaient intéressées. Un ratio de force entre fléchisseurs et extenseurs du tronc éloignés du 1, ou une asymétrie droite/gauche de plus de 10 cm lors de la réalisation d'un « *one leg hop test* » étaient considérés comme des facteurs de risque de lésion du LCA [9,10]. Seule la lésion du LCA était traitée dans ces études, bien que moins fréquentes les lésions au niveau lombaire avaient une incidence non négligeable (de 7% à 25%) [4-8] et n'étaient pas traitées.

Afin d'identifier les facteurs de risque potentiels, les deux études précitées [9,10] réalisaient des screenings de début de saison et parfois de fin de saison, cette méthode ne tient pas compte de la variation des paramètres physiques au cours du temps, il serait intéressant de suivre l'évolution de ces paramètres, en particulier dans une population d'adolescent et lors d'études de plus d'une année [14]. La poursuite de ces études est également nécessaire en vue d'obtenir un nombre de blessures plus conséquent afin d'augmenter la puissance statistique des liens établis.

4.3. Mesures préventives : mise en place et évaluation

Un seul article a rapporté l'efficacité d'un programme de prévention visant à améliorer les qualités de contrôle neuromusculaire pour diminuer l'incidence des lésions de LCA [11]. Il serait intéressant d'approfondir les recherches quant au risque représenté par une asymétrie de contrôle neuromusculaire. De plus, un renforcement de la musculature du dos avait un effet protecteur sur les lésions du LCA, il serait intéressant de savoir si un même programme aurait un effet sur les douleurs et les lésions lombaires. À ce jour, peu de facteurs de risque intrinsèques et modifiables ont été identifiés pour le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans, ce qui pourrait expliquer le peu de mesures préventives existantes et d'études évaluant leur efficacité.

4.4. Limites

Les limites de cette revue de la littérature étaient liées en partie aux limites et aux niveaux de preuve des articles inclus, et à des choix méthodologiques. Les articles sélectionnés devaient être en français ou en anglais et être publiés dans des revues scientifiques indexées sur les moteurs de recherche « Pub Med » et « Science Direct ». Par conséquent, certains articles référencés sur d'autres bases de données et/ou non publiés dans des revues scientifiques (tels que des comptes-rendus émis au cours d'évènements sportifs par les fédérations sportives ou par les commissions médicales présentes aux évènements sportifs) n'ont pu être inclus. Nous avons fait le choix de limiter notre recherche à des athlètes âgés de 14 à 19 ans pour répondre

à notre question, mais des données supplémentaires sont disponibles pour les athlètes jeunes de 9 à 14 ans [15,16].

4.5. Perspectives

Un consensus sur la définition et la méthode de recueil des blessures permettrait un cumul des données sur un recueil multicentrique pour améliorer les connaissances sur l'épidémiologie et les facteurs de risque de blessures. Les modifications physiologiques au cours du temps, en particulier dans les populations d'adolescents, devraient être prises en compte dans la méthode d'identification des facteurs de risque. Pour cela, des études longitudinales permettant de suivre les variations des facteurs de risque au cours du temps, et notamment lors de programmes de prévention, devraient être mises en place.

5. Conclusion

Cette revue de littérature a permis de réaliser une synthèse des connaissances actuelles de la prévention des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans. Les blessures les plus fréquentes touchaient les membres inférieurs et en particulier l'articulation du genou, la lésion la plus fréquente était la rupture du LCA avec une prévalence estimée entre 9% et 15%. Les facteurs de risque de blessures identifiées concernaient surtout les lésions du LCA. Des paramètres tels qu'une asymétrie de force entre fléchisseurs et extenseurs du tronc ou une asymétrie droite/gauche lors de la réalisation d'un « *one leg hop test* » de plus de 10 cm sont à ce jour considérés comme des facteurs de risque de lésion du LCA.

En pratique, diminuer l'incidence des blessures et notamment celles du LCA, pourrait se traduire par une surveillance régulière des facteurs de risque. Cette surveillance devrait se faire le plus régulièrement possible afin d'être au plus proche de la condition physique réelle des athlètes [14]. Les asymétries de force des muscles du rachis pourraient être suivies et évaluées avec l'aide d'un dynamomètre manuel [9]. Les asymétries lors du « *one leg hop test* » pourraient être suivies. Enfin, afin de corriger ces facteurs chez les skieurs qui seraient à risque, un programme d'exercices visant à améliorer le contrôle neuromusculaire des membres inférieurs [17] ainsi que le renforcement musculaire des muscles fléchisseurs et érecteurs du rachis, pourrait permettre de corriger les éventuelles asymétries de force.

6. Références

- [1] J. Sporri, E. Müller, J. Kroll, et M. Gilgien, « How to Prevent Injuries in Alpine Ski Racing: What Do We Know and Where Do We Go from Here? », *Sports Medicine*, 2017;47:599-614.
- [2] N. Maffulli, V. Denaro, et F. Spiezia, « Aetiology and Prevention of Injuries in Elite Young Athletes », *Medicine and sport science*, 2011;56:187-200.
- [3] W. van Mechelen, H. Hlobil, et H. C. Kemper, « Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts », *Sports Medicine*, 1992;14:82-99.
- [4] C. Hildebrandt et C. Raschner, « Traumatic and overuse injuries among elite adolescent alpine skiers: A two-year retrospective analysis », *International Sport Medicine Journal*, 2013;14:245-255.

- [5] G. Ruedl, W. Schobersberger, E. Pocecco, C. Blank, et L. Engebretsen, « Sport injuries and illnesses during the first Winter Youth Olympic Games 2012 in Innsbruck, Austria », *British Journal of Sports Medicine*, 2012;46:1030-1037.
- [6] G. Ruedl *et al.*, « Sports injuries and illnesses during the 2015 Winter European Youth Olympic Festival », *British Journal of Sports Medicine*, 2016;50: 631-636.
- [7] K. Steffen *et al.*, « Sports injuries and illnesses in the Lillehammer 2016 Youth Olympic Winter Games », *British Journal of Sports Medicine*, 2017;51:29-35.
- [8] M. Westin, M. Alricsson, et S. Werner, « Injury profile of competitive alpine skiers: a five-year cohort study », *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 2012;20:1175-1181.
- [9] C. Raschner, H.-P. Platzer, C. Patterson, I. Werner, R. Huber, et C. Hildebrandt, « The relationship between ACL injuries and physical fitness in young competitive ski racers: a 10-year longitudinal study », *British Journal of Sports Medicine*, 2012;46:1065-1071.
- [10] M. Westin, M. Harringe, B. Engstrom, M. Alricsson, et S. Werner, « Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in Competitive Adolescent Alpine Skiers », *The orthopaedic Journal of Sports Medicine*, vol. 6, n° 4, avr. 2018.
- [11] M. Westin, M. Harringe, B. Engstrom, M. Alricsson, et S. Werner, « Prevention of anterior cruciate ligament injuries in competitive alpine skiing », *Injury Prevention*, vol. 22, n° (Suppl), 2016.
- [12] J. Sporri, J. Kroll, G. Amesberger, O. Blake, et E. Müller, « Perceived key injury risk factors in World Cup alpine ski racing—an explorative qualitative study with expert stakeholders », *British Journal of Sports Medicine*, 2012;46:1059-1064.
- [13] T. Bere, T. Flørenes, T. Krosshaug, L. Nordsletten, et R. Bahr, « Events leading to anterior cruciate ligament injury in World Cup Alpine Skiing: a systematic video analysis of 20 cases », *British Journal of Sports Medicine*, 2011;45: 1294-1302.
- [14] A. Esmaeili *et al.*, « Normal Variability of Weekly Musculoskeletal Screening Scores and the Influence of Training Load across an Australian Football League Season », *Frontiers in Physiology*, vol. 2018;9:1-10,.
- [15] L. Müller, C. Hildebrandt, E. Müller, C. Fink, et C. Raschner, « Long-Term Athletic Development in Youth Alpine Ski Racing: The Effect of Physical Fitness, Ski Racing Technique, Anthropometrics and Biological Maturity Status on Injuries », *Frontiers in Physiology*, vol. 8, n° 656, 2017.
- [16] L. Müller, C. Hildebrandt, E. Müller, R. Oberhoffer, et C. Raschner, « Injuries and illnesses in a cohort of elite youth alpine ski racers and the influence of biological maturity and relative age: a two-season prospective study », *Journal of Sports Medicine*, 2017;8:113-122.
- [17] G. Myklebust, L. Engebretsen, I. Hoff Braekken, A. Skjølberg, O. Olsen, R. Bahr, « Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons », *Clinical Journal of Sport Medicine*, 2003;13:71-78.

Tableau 1 : Niveau de preuve scientifique, grade de recommandation, design de l'étude et étape de la « séquence de prévention des blessures » dans laquelle ils s'incluent

Article et référence	Niveau de preuve scientifique (De 1 à 4)	Grade de recommandation (De A à C)	Design de l'étude	Correspondance avec l'étape de la « séquence de prévention des blessures »
Hildebrandt et al. 2013 (4)	Niveau 4	C	Étude rétrospective	Étape 1 Étape 2
Raschner et al. 2012 (9)	Niveau 4	C	Étude rétrospective	
Rueld et al. 2012 (5)	Niveau 4	C	Étude épidémiologique	Étape 1
Rueld et al. 2016 (6)	Niveau 4	C	Étude épidémiologique	Étape 1
Steffen et al. 2017 (7)	Niveau 4	C	Étude épidémiologique	Étape 1
Westin et al. 2012 (8)	Niveau 2	B	Étude de cohorte	Étape 1
Westin et al.2016 (11)	Niveau 2	B	Essai clinique randomisé	Étapes 3 et 4
Westin et al. 2018 (10)	Niveau 3	C	Étude cas témoins	Étape 2

Tableau 2 : Résultats des études épidémiologiques des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans

Auteurs et références	Population étudiée	Nombre d'athlètes	Définition de la blessure retenue dans l'étude	Durée de l'étude (durée en jours)	Résultats			
					Nombre de blessés (%)	Nombre de blessures	% Blessés - Filles - Garçons	Incidence blessure (blessures/1000h ski) - Filles - Garçons
Hildebrandt et al. 2013 (4)	Agés de 15 à 18 ans.	104	« Tout problème musculo-squelettique qui interrompt ou restreint l'entraînement normal et qui requière une attention médicale »	89 (85,6)	235	- 33,3 - 55,2	NC	
Rueld et al. 2012 (5)	Athlètes sélectionnés pour les Youth Olympic Games. Agés de 14 à 18 ans. Age moyen 16,6+-0,9 ans	120	« Plainte musculo-squelettique ou commotion cérébrale, nouvelle ou reblessé, survenue pendant l'entraînement ou la compétition et pendant la période de l'étude »	13-22 Janvier 2012 (9)	17 (14)	NC	- 16 - 13	
Rueld et al. 2016 (6)	Athlètes sélectionnés pour le Winter Youth Olympic Festival. Agés de 14 à 18 ans. Age moyen 17,0+-0,8 ans.	202	« Plainte musculo-squelettique ou commotion cérébrale, nouvelle ou reblessé, survenue pendant l'entraînement ou la compétition et pendant la période de l'étude »	25-30 Janvier 2015 (6)	12 (5,9)	NC	- 9,1 - 3,5	
Steffen et al. 2017 (7)	Athlètes sélectionnés pour les Youth Olympic Games. Agés de 14 à 18 ans. Age moyen des femmes 16,6 ans. Age moyen des garçons 16,6 ans.	124	« Nouveaux ou récurrents symptômes musculo-squelettique ou commotion cérébrale (...) survenus à l'entraînement ou en compétition pendant la durée de l'étude. »	12-21 Février 2016 (10)	16 (12,9)	NC	- 15,3 - 10,8	
Westin et al. 2012 (8)	Athlètes inscrits en école spécialisés en ski en Suède. Age moyen des femmes 16,7 ans Age moyen des garçons 16,7 ans	431	« Qui apparaît pendant l'entraînement ou la compétition, et qui empêche le skieur de participer aux entraînements ou de skier (...) pour au moins une session d'entraînement ou une compétition »	Septembre 2006 à Mai 2011 (173)	193 (44,8)	312	- 1,77 (3,25) - 1,62 (2,97)	

Tableau 3 : Résultats des études identifiant les facteurs de risque modifiables de blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans

Auteur et référence	Population étudiée	Nombre d'athlètes	Evaluation	Test réalisé ou paramètre testé	Paramètre recueilli	Facteur de risque de blessure modifiable
Raschner et al. (9) 2012	Athlètes du Skigymnasium Stams (école spécialisée dans le haut niveau à ski).	370	Force	Extension isométrique du tronc maximale	Force relative des extenseurs du tronc absolue et relative des fléchisseurs du tronc	Une faiblesse des extenseurs du tronc est un facteur de risque de blessure du LCA. Une faiblesse des fléchisseurs du tronc est un risque de blessures des membres inférieurs et de lésion du LCA
	Agés de 14 à 19 ans			Flexion isométrique du tronc	Force maximale relative des fléchisseurs du tronc	
				Flexion et extension isométrique du tronc	Ratio force maximale fléchisseurs /extenseurs	Un ratio éloigné de 1 est un facteur prédictif de blessures du LCA
Westin et al. (10) 2018	Athlètes inscrits en école spécialisée en ski en Suède.	339	Tests fonctionnels	“One leg hop test” for distance	Longueur du saut en cm	Une courte distance au test est un facteur prédictif de lésion du LCA. Une asymétrie de 10 cm ou plus entre les deux jambes est prédictif de lésion du LCA

Figure 1 : Diagramme de flux de la sélection des articles

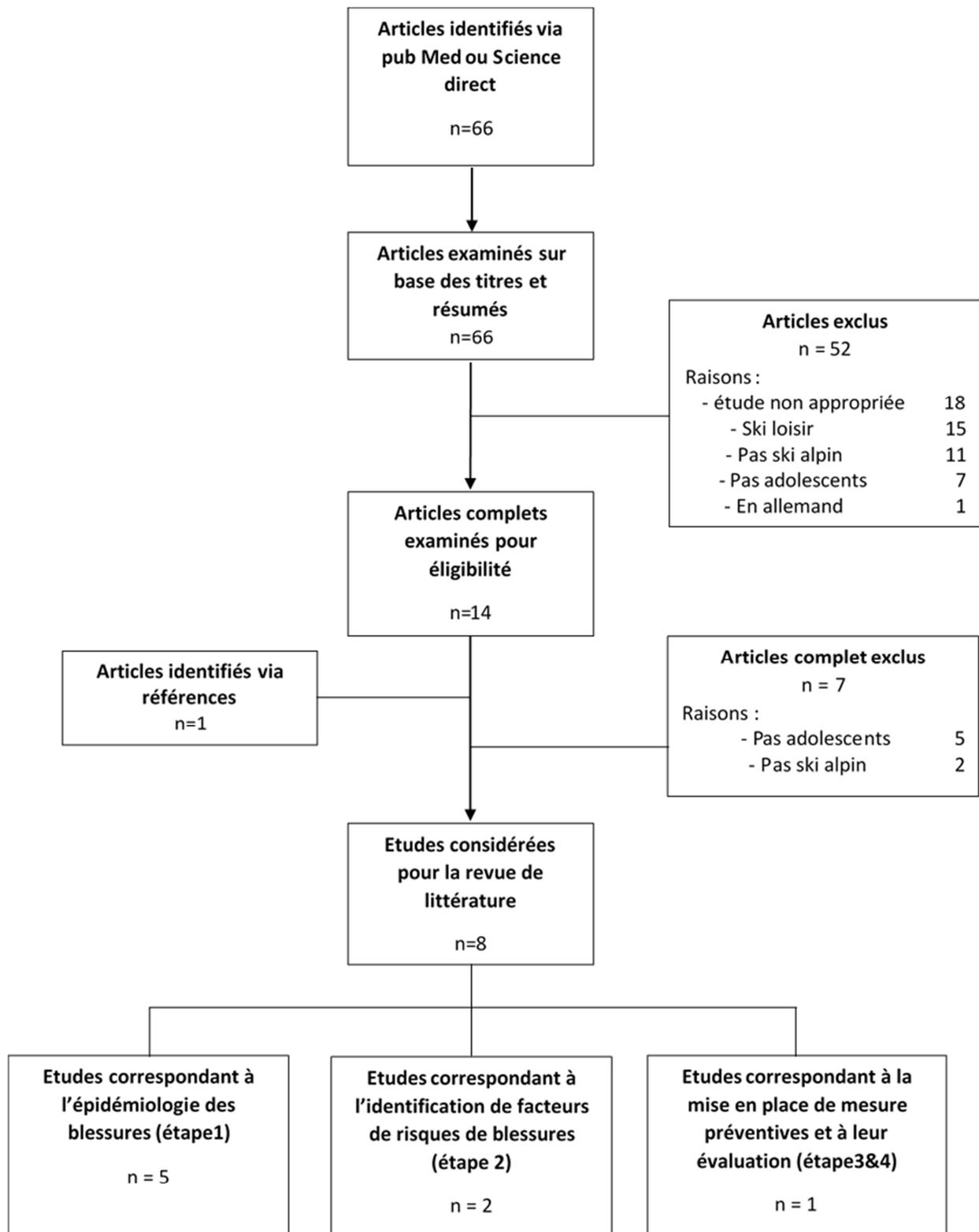


Figure 2 : Localisation (a), type (b) et contexte d'apparition (c) des blessures chez le skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans.

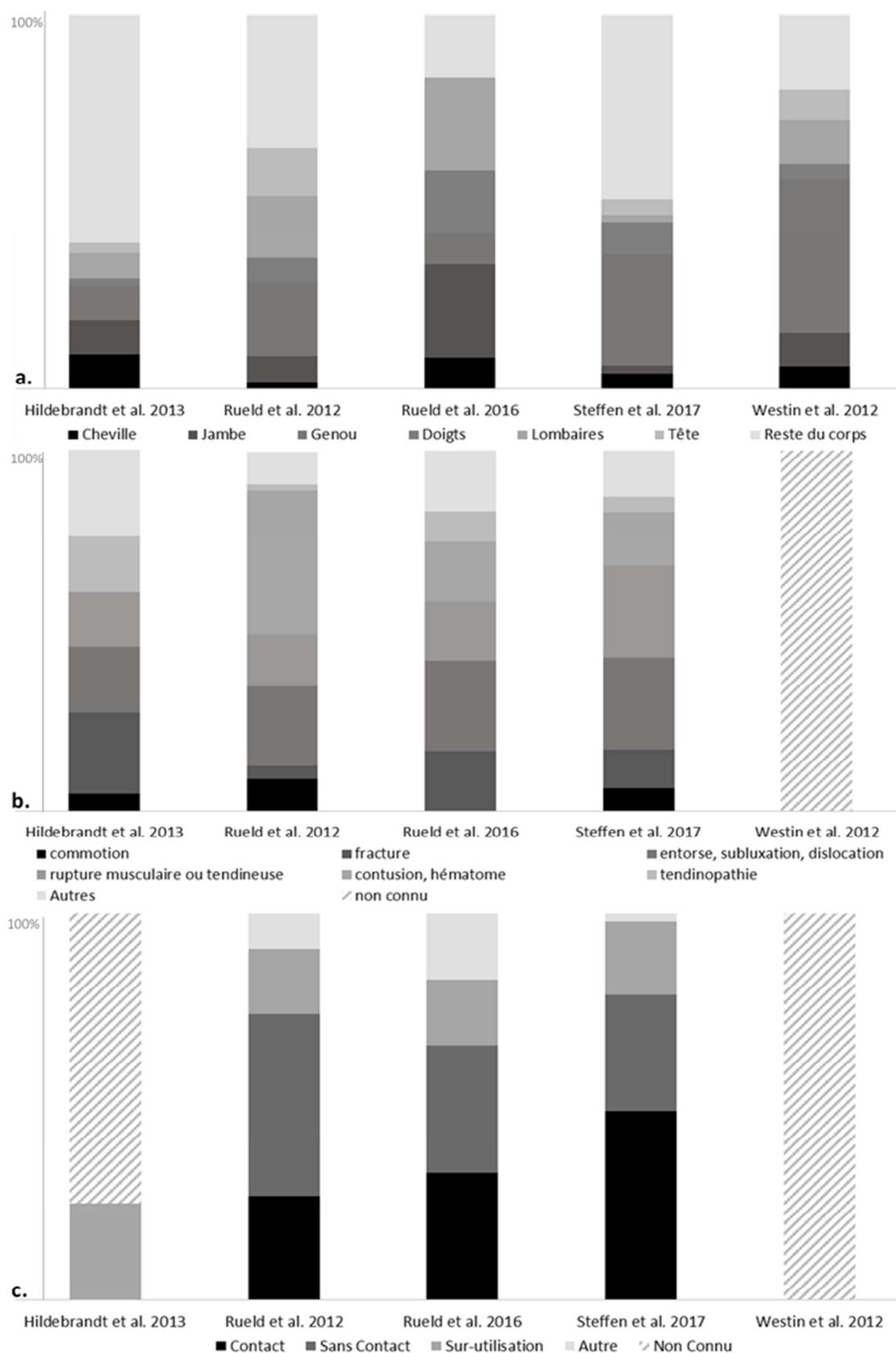


Figure 3 : Illustration de la prévention des blessures du skieur alpin de compétition âgé de 14 à 19 ans sur base de la séquence de prévention de van Mechelen [3].

