



**HAL**  
open science

# Étude de la technique de plaquage comme piste de travail pour une stratégie de prévention de la commotion cérébrale dans le jeu de rugby à xv

Caroline Heynard

## ► To cite this version:

Caroline Heynard. Étude de la technique de plaquage comme piste de travail pour une stratégie de prévention de la commotion cérébrale dans le jeu de rugby à xv. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-01846035

**HAL Id: dumas-01846035**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01846035>**

Submitted on 20 Jul 2018

**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.

**Université de Bordeaux**  
**U.F.R. DES SCIENCES MEDICALES**

Année 2018

Thèse n° 81

**Thèse pour l'obtention du**  
**DIPLOME d'ETAT de DOCTEUR EN MEDECINE**

Présentée et soutenue publiquement

**Par HEYNARD Caroline**

Née le 20/01/1990 à BERGERAC (24)

Le 27 Juin 2018

**ETUDE DE LA TECHNIQUE DE PLAQUAGE COMME PISTE DE**  
**TRAVAIL POUR UNE STRATEGIE DE PREVENTION DE LA**  
**COMMOTION CEREBRALE DANS LE JEU DE RUGBY A XV**

Directeur de thèse : Monsieur Le Professeur DECQ

Jury

Monsieur le Professeur Jean-Marc VITAL, directeur

Monsieur le Docteur Claude LABANERE, rapporteur

Monsieur le Professeur Patrick DEHAIL, juge

Monsieur le Professeur Hervé DOUARD, juge



# REMERCIEMENTS

A mon directeur de thèse, monsieur **le Professeur Philippe DECQ**,

Professeur des Universités et praticien hospitalier

Chef de Service de Neurochirurgie à l'hôpital Beaujon AP-HP :

*Merci pour sa patience, sa gentillesse, sa disponibilité, son investissement et sa pédagogie tout au long de ce travail. Merci d'avoir mis de la rigueur et de la méthodologie dans mon enthousiasme parfois difficile à maîtriser.*

Au président du Jury, monsieur **le Professeur Jean-Marc VITAL**

Professeur des Universités et praticien hospitalier

Chirurgien orthopédiste au CHU de Bordeaux-Pellegrin :

*Pour me faire l'honneur de présider le jury de ma thèse. Merci pour l'intérêt que vous portez à ce travail, et pour votre disponibilité.*

A mon rapporteur de thèse, monsieur **le Docteur Claude LABANERE**

Médecin du sport à la clinique du sport de Mérignac

Médecine de l'équipe de France de rugby à VII :

*Merci pour tous ces conseils avisés, la relecture et les corrections apportées à mon travail. Merci pour le grand intérêt que vous y avez porté. C'est un honneur pour moi de vous avoir comme rapporteur.*

Merci également aux membres du jury, d'avoir accepté ce rôle :

A monsieur le **Professeur Patrick DEHAIL**

Professeur des Universités et praticien hospitalier

Chef de service de médecine physique et réadaptative au CHU de Bordeaux-Pellegrin

*Pour l'honneur que vous me faites en acceptant d'être juge de ce travail. Soyez assuré de mon profond respect.*

A monsieur le **Professeur Hervé DOUARD,**

Professeur des Universités et praticien hospitalier

Cardiologue au CHU Haut-Lévêque

*Pour avoir accepté de juger mon travail. Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect, pour l'honneur que vous me faites.*

Merci à toute l'équipe investie dans ce projet d'étude : **Miassa, Madalina** et mes co-lecteurs de vidéos **Charlotte, Yohan** et **Elliott**.

A **mes parents**, pour leur soutien inconditionnel. Il n'y a pas de merci assez fort pour tout ce que vous me donnez.

A mes frères **Pierre** et **Vincent**, et ma belle-sœur **Marie**, pour toutes ces heures passées à m'écouter, me porter et me supporter.

Aux TC's du SAM : **Anouk, Aurore, Marie et Marion**, ainsi que nos coachs **Sandrine et Matthieu**. Parce que la gym est un sport collectif, et qu'une équipe s'épaulé dans la compétition et dans la vie.

A **Bédé**, pour tous ces conseils précieux pour la perche, et le reste.

A **Alex, Lucas et MJ**, qui savent que je ne suis plus désolée.

A **Olivia, Charlotte, Cédric et Vivien**, mes co externes et amis, pour toutes ses heures de travail et de pause.

A **Margaux et Hélène**, mes co-internes, pour ces heures à l'hôpital.

A **Floriane, Florine, Lalou, Idoïa, Sophie, Aude, Laura et Emily** pour ces moments de décompression si nécessaires pour repartir au travail.

A **Matthieu**, pour ces mots si justes et cette oreille attentive.

Enfin à mes maîtres de stage : les Docteurs **Philippe Ducène, Maryse Garrabos, Valérie Degenne et Clarissa Dubost** pour tout ce qu'ils m'ont transmis, pour leur gentillesse et leur manière d'avoir influencé et marqué ma propre pratique.

Et **Lionel Laffitte**, grâce à qui tout a commencé.

# SIGLES

CC : commotion cérébrale

m : mètre

kg : kilogramme

cm : centimètre

GPS : global positioning system

p : indice statistique

G : indice de gravité

mph : miles par heure

km/h : kilomètres par heure

IC95 : intervalle de confiance à 95%

RR : risque relatif

OR : odds ratio

mTBI : mild traumatic brain injury

P : momentum

# SOMMAIRE

Remerciements	3
Sigles	6
Sommaire	7
Introduction	10
Partie A – Revue de littérature	19
Propos introductifs et méthodologie	21
I. Evolution du jeu au cours du temps	23
1. Description du jeu	23
a. Les phases de jeu avec contact	23
b. Les joueurs : anthropométrie	27
c. Les données GPS : description d'un match	32
2. Les impacts	34
a. Nombre d'impacts	34
b. Evolution au cours du temps en nombre et en intensité	37
3. Les plaquages	39
a. Nombre de plaquages au cours d'un match	39
b. Intensité des plaquages	42
c. Evolution des plaquages	44
II. Plaquages et commotions	47
1. Quelle est la part de blessures inerrantes au plaquage	47
2. La commotion cérébrale, épidémiologie	61
3. Les commotions cérébrales parmi les blessures dues au plaquage	69
III. Prévention et technique de plaquage	76

1. Programmes de prévention	76
2. Le port de matériel de protection	81
3. Analyse de la technique de plaquage	88
Annexes	101
Partie B- L'étude	105
I. Introduction	107
II. Matériel et méthode	109
1. Matériel	109
2. Méthode	111
III. Analyse statistique	115
IV. Résultats	118
V. Discussion	129
Conclusion	135
Bibliographie	137
Serment	151
Résumé	152



# INTRODUCTION

La commotion cérébrale est définie par un dysfonctionnement cliniquement transitoire du système nerveux central, spontanément résolutif, et secondaire à la transmission directe ou indirecte d'une énergie cinétique à l'extrémité céphalique (un choc direct à la tête n'est pas obligatoire pour subir une commotion cérébrale).

C'est un traumatisme cérébral léger qui se traduit par un syndrome commotionnel [99] pouvant associer à des degrés divers des troubles somatiques (maux de tête, perte de connaissance, amnésie des faits), cognitifs (désorientation, temps de réaction augmenté), de l'équilibre, émotionnels (labilité émotionnelle), comportementaux (irritabilité), ou encore relatifs au sommeil (insomnie). Cette définition est issue de la dernière conférence internationale de consensus de 2016 sur la commotion cérébrale en pratique sportive [100] :

*« In the broadest clinical sense, SRC is often defined as representing the immediate and transient symptoms of traumatic brain injury (TBI). Such operational definitions, however, do not give any insights into the underlying processes through which the brain is impaired, nor do they distinguish different grades of severity, nor reflect newer insights into the persistence of symptoms and/ or abnormalities on specific investigational modalities.*

*Sport related concussion is a traumatic brain injury induced by biomechanical forces. Several common features that may be utilised in clinically defining the nature of a concussive head injury include:*

*SRC may be caused either by a direct blow to the head, face, neck or elsewhere on the body with an impulsive force transmitted to the head.*

*SRC typically results in the rapid onset of short-lived impairment of neurological function that resolves spontaneously. However, in some cases, signs and symptoms evolve over a number of minutes to hours.*

*SRC may result in neuropathological changes, but the acute clinical signs and symptoms largely reflect a functional disturbance rather than a structural injury and, as such, no abnormality is seen on standard structural neuroimaging studies.*

*SRC results in a range of clinical signs and symptoms that may or may not involve loss of consciousness. Resolution of the clinical and cognitive features typically follows a sequential course. However, in some cases symptoms may be prolonged.*

*The clinical signs and symptoms cannot be explained by drug, alcohol, or medication use, other injuries (such as cervical injuries, peripheral vestibular dysfunction, etc) or other comorbidities (eg, psychological factors or coexisting medical conditions) ».*

Le syndrome commotionnel doit pouvoir être distingué des symptômes liés à l'usage des drogues, de l'alcool, de médicaments à tropisme neurologique, à l'existence de traumatismes associés (traumatisme cervical par exemple) ou à la présence de comorbidités préexistantes à la blessure (syndromes anxiodépressifs par exemple).

Les symptômes sont uniquement fonctionnels : il n'y a en phase aiguë, aucune trace en imagerie cérébrale.

Ils perdurent quelques minutes à quelques jours. Ils sont dits « persistants » au-delà de 10 à 14 jours pour un adulte et quatre semaines pour un enfant [99].

Cette définition n'inclut pas de notion de degré de sévérité, ni de mécanisme de survenue.

La commotion cérébrale est rencontrée fréquemment dans les sports dits de contacts ou de collisions, comme les sports collectifs (risque de collision entre les participants), dont le rugby fait partie, les sports de combat et les sports à

grande cinétique. Les fédérations sportives concernées sont listées dans le tableau 1, représentant pour la France 5,8 millions de licenciés. Sur ce nombre, il est possible d'estimer que les deux-tiers des licenciés participent activement à la pratique de ces sports.

Tableau 1 : nombre de licenciés en France en 2015 par sports dits à risque (source ministère des sports)

<i>Nom fédération</i>	<i>n licenciés 2015</i>
<i>Fédération française de ski</i>	124111
<i>Fédération française de hockey sur glace</i>	20653
<i>Fédération française de basketball</i>	513 727
<i>Fédération française de boxe</i>	45204
<i>Fédération française de cyclisme</i>	119617
<i>Fédération française d'équitation</i>	673026
<i>Fédération française de football</i>	2135193
<i>Fédération française de handball</i>	513 194
<i>Fédération française de hockey</i>	15945
<i>Fédération française de judo, jujitsu, kendo et discipl. Ass.</i>	552815
<i>Fédération française de karaté et discipl. Ass.</i>	243432
<i>Fédération française de lutte</i>	
<i>Fédération française de pentathlon moderne</i>	
<i>Fédération française de roller sports</i>	58729
<i>Fédération française de taekwondo</i>	53871
<i>Fédération française de rugby</i>	323571
<i>Fédération française d'aïkido, d'aïkibudo et affinitaires</i>	27464
<i>Fédération française d'aïkido et de budo</i>	25872
<i>Fédération française de savate, boxe française et discipl. Ass.</i>	51025
<i>Fédération française de cyclotourisme</i>	125627
<i>Fédération française de football américain</i>	22136
<i>Fédération française de motocyclisme</i>	59337
<i>Fédération française de rugby à XIII</i>	11523
<i>Fédération française de Kick Boxing, Muay Thaï et discipl. Ass.</i>	37071
<b>TOTAL</b>	<b>5753143</b>

Dès la suspicion du diagnostic de commotion cérébrale, le joueur doit être sorti du terrain et évalué par un personnel médical compétent [99]. Si le diagnostic s'avère exact, un protocole de retour à la compétition doit être appliqué, avec

plusieurs paliers successifs impliquant en premier lieu du repos, puis des efforts physiques d'intensité croissante [100].

Cette pathologie a, par l'intermédiaire des médias et des images de chocs violents, pris une ampleur populaire récente.

Par ailleurs, l'hypothèse de la survenue à long terme de pathologies cérébrales secondaires aux commotions cérébrales répétées ne fait qu'augmenter cet intérêt de la part de tous les acteurs sportifs. Bien qu'aucun lien de causalité ne soit clairement établi, quelques arguments convergent vers la possibilité de développement chez certains athlètes de pathologies neurologiques tardives au premier rang desquels les *troubles de l'humeur*, les *déficits cognitifs légers* voire les *troubles démentiels* regroupés sous l'appellation d'encéphalopathie chronique post-traumatique. Il faut cependant noter que dans les pathologies neurodégénératives de nature démentielle, l'antécédent traumatique cérébral est effectivement un facteur favorisant, identifié depuis longtemps [101] mais n'est pas le seul (l'alcool, l'obésité, le tabac, le diabète et l'HTA sont aussi des facteurs favorisants [102]), ainsi que d'autres facteurs prépondérants comme la génétique et le vieillissement.

C'est dans ce contexte de connaissance et de conscience populaire que la prévention prend une place importante. Le but de cette prévention est de diminuer l'incidence de la pathologie en question. Elle peut prendre des formes physiques avec du matériel, ou plus abstraites avec des modifications de règles ou des programmes de prévention.

Les moyens matériels que sont les protège-dents et les casques ont montré une efficacité discutée sur la prévention de la commotion cérébrale.

Toutefois, ils permettent une protection contre les lésions du massif facial et

dentaires pour les protège-dents par exemple. Les casques ont un effet protecteur sur les lésions du scalp et sur les fractures du crâne, montré notamment dans les sports alpins, l'équitation, ou le cyclisme. Il peut être intéressant de surveiller l'apparition du risque paradoxal de sensation de sécurité véhiculé par le casque. En effet, le joueur peut changer son comportement de jeu, en prenant plus de risques car il se sent protégé par son matériel.

Les changements de règles, une des mesures phare de la prévention jusque-là, ont pu diminuer l'incidence de la commotion cérébrale de manière importante lorsque des mécanismes sont reconnus comme plus à risque. Ceci a été ainsi parfaitement démontré, par la suppression du Body Checking au Hockey sur glace chez les enfants, ce qui a drastiquement diminué le nombre de commotion cérébrale à cet âge. De même, au football (soccer), il a été montré que 50% des commotions survenant lors d'un jeu utilisant la tête, apparaissaient par un contact avec le membre supérieur. La règle stipule désormais l'interdiction du contact ballon-membre supérieur. La prévention par la modification des règles de jeu peut aussi se faire en permettant une évaluation médicale nécessaire, sans conséquence sur la poursuite du jeu (remplacement, temps dédié...). Dans ce contexte, les arbitres ont un rôle crucial [103].

L'arbitre a aussi un rôle en veillant au maintien du fair-play et du respect de tous les athlètes, tout en conservant le cours de jeu et la compétitivité entre eux, sans violence inappropriée.

Un dernier axe de prévention passe par l'éducation thérapeutique et la diffusion des informations concernant les commotions au niveau des joueurs, des encadrants et du public.

Notre travail a porté sur l'analyse du plaquage dans le jeu de rugby à XV, phase de jeu reconnu comme très pourvoyeuse de commotion cérébrale, notamment chez le joueur plaqueur. Ce geste technique et complexe sera expliqué puis analysé à l'aide de vidéos. L'objectif de ce travail est de déterminer s'il existe un lien entre la réalisation technique du plaquage et la survenue d'une commotion cérébrale ouvrant la possibilité de stratégies de prévention de cette affection.



**PARTIE A**

**REVUE DE  
LITTERATURE**



# PROPOS INTRODUCTIFS A LA REVUE DE LITTERATURE – METHODOLOGIE

Cette première partie, sous forme de revue de littérature, s'applique à retracer l'évolution du rugby afin de remettre dans un contexte très actuel la problématique exposée : la recherche d'une piste de prévention de la commotion cérébrale.

Pour débiter, il est nécessaire de rappeler quelques éléments fondamentaux sur le jeu de rugby, dont les définitions sont issues du site internet de World Rugby, l'instance internationale.

Les moteurs de recherches utilisés pour chaque thème étaient La Cochrane library, Scopus, Science Direct, Sport Discus et PubMed.

Les critères d'inclusions étaient que ce soit un article original, qu'il concerne le rugby (peu importe le nombre de joueurs), et peu importe le sexe ou l'âge des joueurs.

Les critères d'exclusions étaient : les extraits de livres.

La première partie montre qu'il existe une évolution dans le jeu de rugby, avec notamment une cassure en 1995 et le passage au professionnalisme. On s'intéresse aux impacts, et aux plaquages, à leur nombre, leur intensité.

Les mots clés utilisés dans chaque moteur de recherche étaient : rugby, physical collision, contact, tackle, kinematics, statistics, evolution.

Dans la Cochrane, seulement 12 articles sont identifiés, 65 dans Scopus, 16 dans Sciences direct, 65 aussi dans Sport discus et 16 dans PubMed. Certains de ces articles se croisent évidemment. Au final, il aura été retenu 5 articles pour décrire le jeu, 21 concernant les impacts et 10 concernant les plaquages.

La deuxième partie aborde les blessures : celles qui ont lieu durant les plaquages, et plus particulièrement la commotion cérébrale, qu'elle soit issue d'un plaquage ou non.

Les mots clés étaient : rugby, tackle, injury, concussion, mild traumatic brain injury, brain injury.

On retrouve 1 seul article dans la Cochrane, 152 dans Scopus, 14 dans Sport Discus, 41 dans Science Direct et 27 dans PubMed. On aura utilisé finalement 22 articles pour décrire les blessures dans le cadre du plaquage, 21 concernant l'épidémiologie de la commotion cérébrale et 18 abordent cette dernière durant le plaquage.

Enfin la dernière partie concerne la prévention des blessures et de la commotion cérébrale, et les différents moyens qui ont pu être mis en place dans ce but préventif.

Les mots clés étaient : rugby, concussion, mild traumatic brain injury, prevention, headgear, mouthguard.

Il y avait cinq articles dans la Cochrane, 16 dans Scopus, 27 dans Sport Discus, et 44 dans PubMed. Neuf de ces articles ont permis de décrire les programmes de prévention de blessures existants au travers le monde, 18 évaluent l'efficacité du matériel de protection contre les blessures et 13 étudient la technique de plaquage et son implication dans les blessures.

Certains de ces articles ont pu être utiles dans plusieurs parties, et cela donne un total de 103 articles référencés dans la bibliographie.

## I. Evolution du jeu au cours du temps :

Le rugby, quel qu'il soit (VII, XIII ou XV), se classe parmi les sports dits « de contacts ».

En effet, ce contact entre plusieurs joueurs est autorisé et on le rencontre sur des phases de jeu telles que les plaquages (action dont le but est d'arrêter la progression du porteur de balle en le mettant au sol ou non selon la définition de World Rugby (instance internationale)), les mêlées fermées et ouvertes (maul), ou encore les rucks...

Ces impacts et contacts ont évolué avec le jeu, depuis la création au début du XIXe siècle, jusqu'au rugby professionnel, tel qu'on le connaît aujourd'hui, dans le TOP 14 par exemple.

### 1) Descriptions du jeu :

#### a) Les phases de jeu avec un contact :

Les phases de jeu impliquant un contact sont multiples dans le jeu de rugby : World Rugby explique les caractéristiques de chacune :

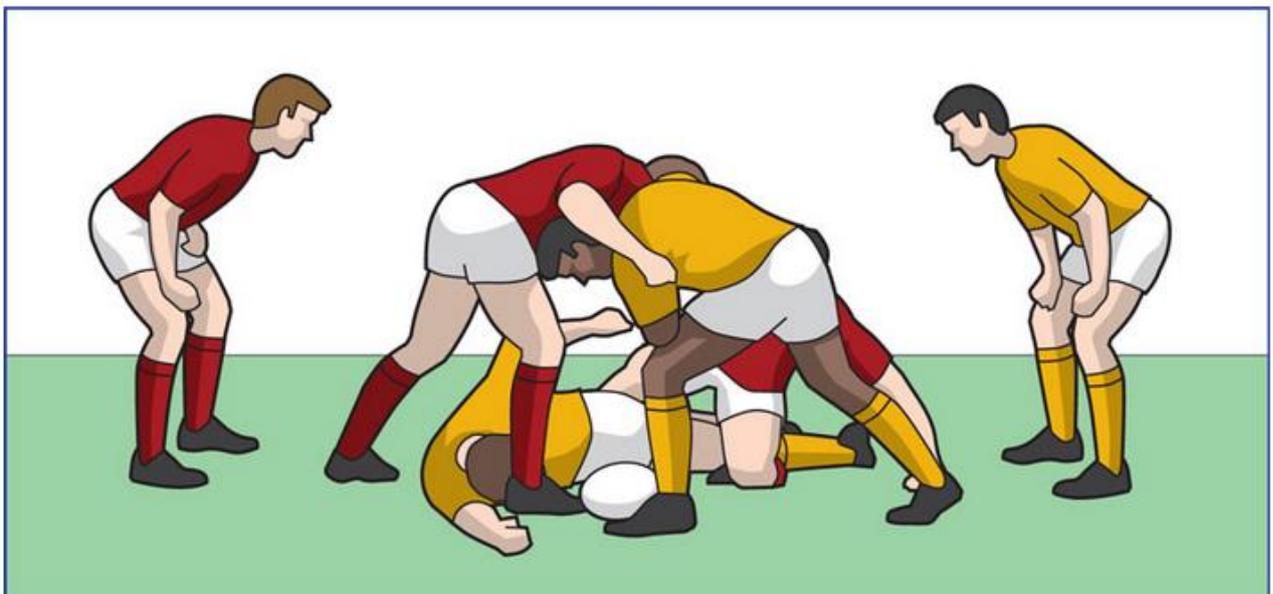


Figure 1. World Rugby

Le plaquage est défini par : le fait que « le porteur du ballon doit être tenu et mis au sol par un adversaire ou plus. ». Etre mis au sol signifie avoir au moins un genou à terre et être tenu signifie qu'un plaqueur doit continuer de tenir le porteur du ballon jusqu'à ce que ce dernier soit au sol ou s'arrête.

Cette action est au cœur du jeu de rugby et représente une majorité des contacts, nous le verrons plus tard.

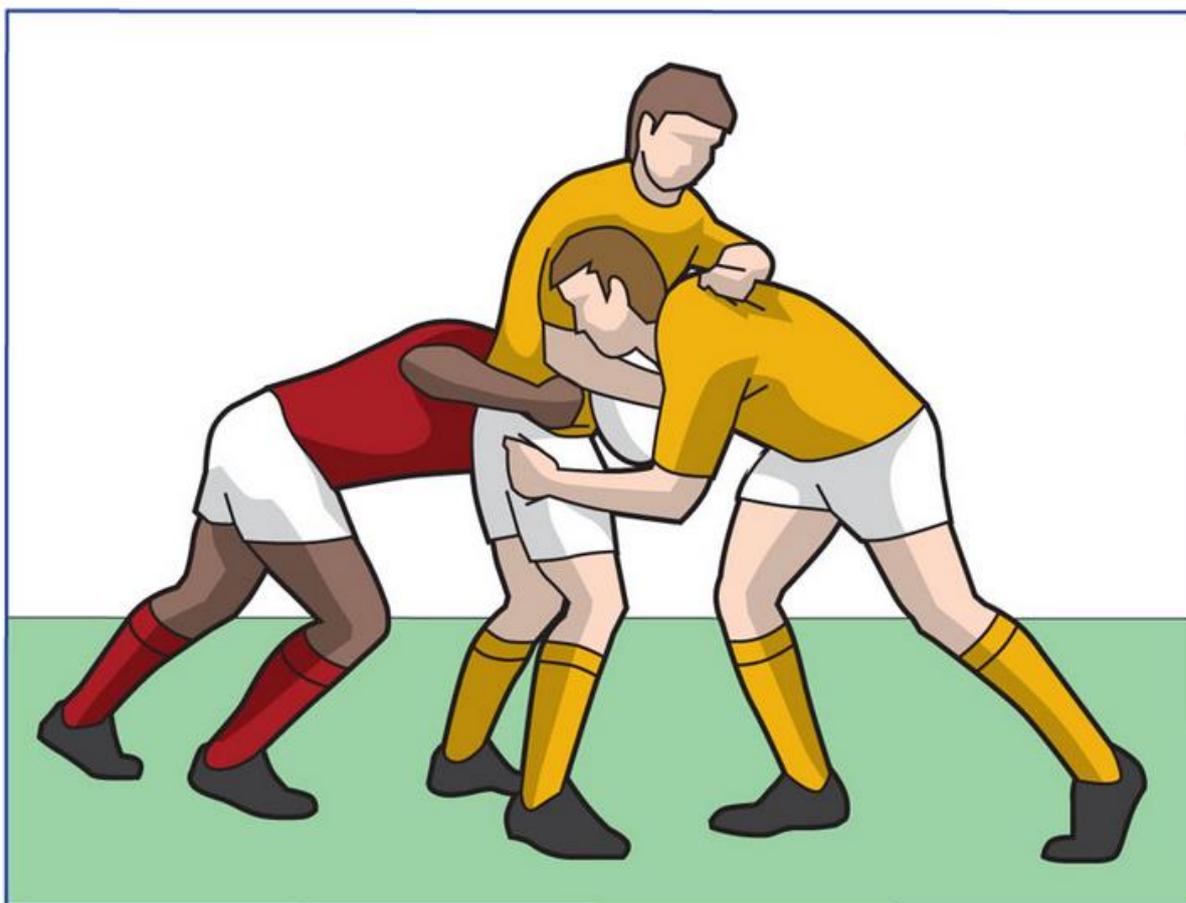
La phase de jeu suivante expliquée par World Rugby est le ruck : son objectif est de permettre aux joueurs de lutter pour obtenir le ballon qui est sol, en restant sur leurs appuis. Un ruck se forme lorsqu'au moins un joueur est en contact avec un adversaire, ces deux joueurs étant sur leurs pieds et au-dessus du ballon qui est au sol. Les joueurs impliqués dans toutes les étapes du ruck ne doivent pas avoir la tête et les épaules plus basses que les hanches.



*Ruck*

*Figure 2. Le ruck (source world rugby)*

A la différence du ruck, le maul est quant à lui un regroupement où le ballon n'est pas au sol. Une fois formé, le maul doit avancer vers la ligne de but. Un maul implique un porteur du ballon et au moins un joueur de chaque équipe, liés ensemble et sur leurs pieds.



*Maul*

Figure 3. Le maul (source world rugby)

Enfin, la mêlée : l'objectif de la mêlée ordonnée est de reprendre le jeu avec une lutte pour la possession après une faute mineure ou un arrêt de jeu. L'arbitre réalise la marque pour créer la ligne médiane de la mêlée, qui est parallèle aux lignes de but.



Figure 4. La mêlée (source world rugby)

Après avoir évoqué le cadre de jeu, il faut maintenant introduire les acteurs, à savoir les joueurs.

b) Les joueurs : anthropométrie

Il existe différents postes de jeu dans le rugby à XV :

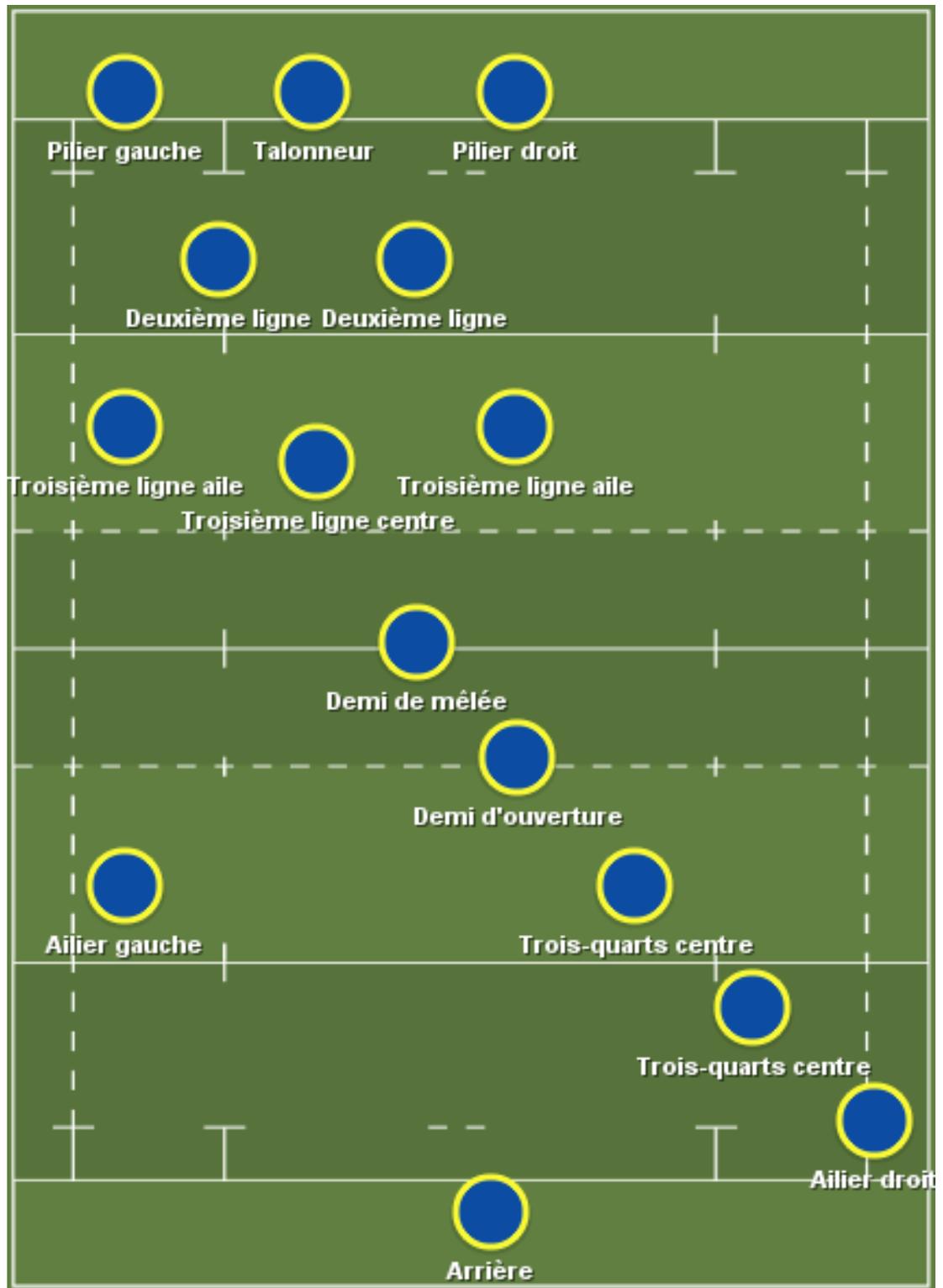


Figure 5. Les postes en français



Figure 6. Les postes en anglais

*Selon les postes :*

On peut diviser les joueurs en deux grands groupes : les avants (forwards), du poste 1 à 8, et les arrières (backs) du numéro 9 à 15. Ces groupes se retrouvent dans la littérature.

Pour expliquer les différences qui existent entre ces deux principaux groupes de joueurs, Quarrie[12] a mesuré, pesé et classé des joueurs néo-zélandais selon différents morphotypes. Cette étude est assez ancienne (1996) mais illustre bien les différences de gabarits en fonction des postes.

## Anthropometry and physical performance in rugby: K L Quarrie et al.

**Table 2.** RIPP cohort pre-season 1993. Anthropometric characteristics of male players

		Grade							
		Senior A		Senior B		Under-21		Under-19/18	
		n		n		n		n	
Age (years)	Forwards	50	22.7	20	25.5	33	18.9	29	16.7
	Backs	44	21.9	19	22.5	32	18.9	25	17.1
Height (cm)	Forwards	50	186.0	20	181.2	33	183.3	29	180.2
	Backs	44	177.8	19	176.5	32	177.5	25	175.4
Mass (kg)§	Forwards	50	98.5	20	88.1	33	89.4	29	82.6
	Backs	44	81.8	19	77.3	32	75.5	25	72.0
Neck circumference (cm)	Forwards	47	42.7	19	40.3	33	40.8	29	39.3
	Backs	39	39.6	19	38.6	32	38.6	25	37.6
Endomorphy§	Forwards	47	3.7	19	3.2	33	3.6	28	3.4
	Backs	41	2.5	19	2.9	32	2.4	25	2.2
Mesomorphy§	Forwards	47	6.5	18	6.0	33	5.9	25	5.6
	Backs	39	6.2	17	5.3	32	5.4	23	5.5
Ectomorphy	Forwards	50	1.1	19	1.4	33	1.5	28	2.0
	Backs	44	1.4	19	1.8	32	2.2	25	2.3

Tableau 1. 1. Anthropométrie 1993

Source : Quarrie, *British Journal of Sports Medicine* (1995): 263-70 [12]

On remarque que les avants sont plus grands de 14 cm en moyenne et plus lourds de 6 kg en moyenne. En termes de morphotype, ils sont plus endomorphes que les arrières et moins ectomorphes. Le groupe mésomorphe ne montre pas de différence entre les avants et les arrières.

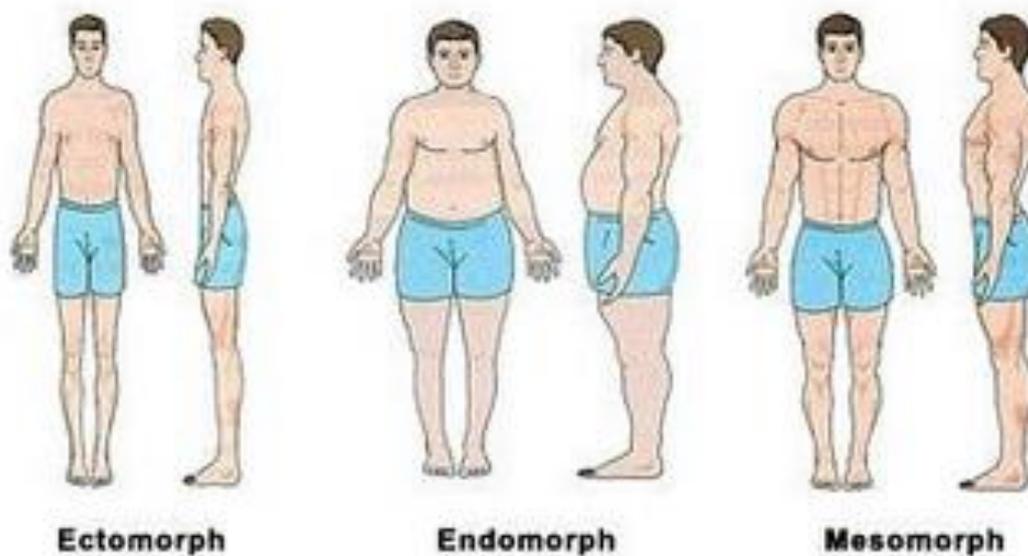


Figure 7 Modèles morphologiques  
 Source : Quarrie, *British Journal of Sports Medicine* (1995): 263-70 [12]

En fonction du morphotype du joueur et de ses caractéristiques anthropométriques, il pourra développer différentes aptitudes : à courir vite, ou pousser fort en mêler par exemple...

*Effet du professionnalisme :*

Pour mieux recontextualiser les données anthropométriques actuelles, voici une étude de 2001 montrant l'évolution des physiques des joueurs de rugby à XV dans les deux hémisphères et à plusieurs niveaux, de plus de 18 ans [18] : de 1905 à 1974, la moyenne de la masse de tous les joueurs, des avants et des arrières était de 87.8, 92.7 et 80.0 kg respectivement. Entre 1975 et 1999, les masses moyennes étaient augmentées avec 95.1, 103.7 et 84.7kg respectivement. Concernant la mesure de la taille en mètre, on trouve 1.804, 1.833 and 1.763 m pour tous les joueurs, les avants et les arrières respectivement entre 1905 and 1974, et 1.840, 1.833 and 1.794 m respectivement pour la période de 1975 à 1999. L'IMC (BMI : body mass index) augmente de 26.2 (tous les joueurs), 27.1 (avants) et 24.9 (arrières) de 1905 à 1974, à 28.6, 30.0 and 26.8 pour 1975 à 99.

On retrouve le même constat : les avants sont plus grands et plus lourds que les arrières. Mais cette étude a déjà presque 20 ans et les physiques ont continué d'évoluer depuis.

L'étude de 2007 de Quarrie [19] compare notamment les données anthropométriques avant et après l'introduction du professionnalisme en 1995, en Nouvelle-Zélande, chez des joueurs d'élite.

**Table VII. Player stature and mass (NZ players only) [predicted values  $\pm$  standard deviation between games (not between players) for 1995 and 2004].**

	1995	2004
Stature, forwards (cm)	190.5 $\pm$ 0.7	190.1 $\pm$ 1.0
Stature, backs (cm)	180.3 $\pm$ 1.1	182.9 $\pm$ 0.8
Mass, forwards (kg)	102.3 $\pm$ 1.2	111.1 $\pm$ 2.9
Mass, backs (kg)	83.4 $\pm$ 2.1	95.7 $\pm$ 2.3

*Tableau 1. 2. Evolution anthropométrique  
Quarrie, Journal of Sports Sciences ( 2007): 895-903. [19]*

Par rapport à l'étude précédente, les avants ont continué de grandir, atteignant 1,90m en 1995, mais sans réelle évolution depuis l'ère professionnelle. A contrario, ils ont pris de la masse en passant de 102,3 kg de moyenne (103kg de moyenne dans l'étude précédente de 75 à 99) à 111,1 kg, soit presque 10kg en 9 ans.

Il en est de même pour les arrières néo-zélandais : on retrouve une très légère augmentation de la taille (+2,6cm) et une prise de masse plus importante avec une augmentation de 12,3kg en moyenne.

Enfin, une étude de 2015 [24] dans le Super 15 (élite du rugby à XV dans l'hémisphère Sud) détaille les mensurations des joueurs intégrés :

**Table I. Subject characteristics**

	Front row	Locks	Loose forwards	Inside backs	Outside backs
Age (years)	26.6 $\pm$ 3.73	23.7 $\pm$ 2.14	27.0 $\pm$ 4.41	27.5 $\pm$ 2.63	25.8 $\pm$ 1.26
Height (m)	1.86 $\pm$ 0.04	2.01 $\pm$ 0.05	1.88 $\pm$ 0.04	1.81 $\pm$ 0.02	1.89 $\pm$ 0.05
Weight (kg)	112.1 $\pm$ 5.14	112.3 $\pm$ 3.51	106.5 $\pm$ 2.30	92.9 $\pm$ 3.00	106.3 $\pm$ 13.7

Data are mean  $\pm$  SD.

*Tableau 1. 3. Anthropométrie selon les postes  
Lindsay, European Journal of Sport Science (2015): 480-87 [24]*

Les avants sont divisés selon les 3 lignes de la mêlée : front row pour la première ligne, locks pour la deuxième et loose forwards pour la troisième. Les arrières sont divisés en inside backs : pour les demi de mêlées, d'ouverture et les centres ; les outside backs correspondent aux ailiers et à l'arrière. Les chiffres n'ont que peu bougé depuis 2004 pour les avants, mais en revanche, les arrières ont plutôt pris de la masse et des centimètres. Cependant, la comparaison reste difficile car les groupes ne sont pas strictement superposables. J'attire l'attention sur le gabarit des outside backs, qui sont quasi identiques aux troisièmes lignes (loose forwards).

Cette prise de masse est très probablement à mettre en lien avec un développement musculaire plus important, secondaire à une charge d'entraînement plus importante dans le cadre du professionnalisme.

Au final, les physiques des joueurs de rugby à XV ont largement évolué en plusieurs décennies : ils sont plus grands et plus lourds que leurs homologues des années 90.

#### c) Les données GPS : description d'un match

Aujourd'hui, les équipes professionnelles sont dotées de matériel GPS (Global positioning system) permettant d'analyser les actions de jeu poste par poste, de déterminer certaines caractéristiques (distance parcourue, allure moyenne, distance et fréquence des sprints, etc...) et donc d'adapter la préparation physique.

Voici un exemple des informations disponibles grâce aux GPS [13]. Il s'agit ici de rugby à VII.

**Table 2 Positional Comparisons of Physical Game Demands and Heart-Rate (HR) Responses During Match Play in Male Rugby Sevens Players, Mean  $\pm$  SD**

Variable	Forwards (n = 12)	Backs (n = 11)	P	ES $\pm$ 90% CL	Qualitative assessment
Total distance covered (m/min)	97.7 $\pm$ 6.8	107.4 $\pm$ 10.3	.02	1.07 $\pm$ 0.73	Very likely
Distance covered >14 km/h (m/min)	25.6 $\pm$ 4.3	32.4 $\pm$ 7.5	.02	1.09 $\pm$ 0.73	Very likely
Distance covered >20 km/h (m/min)	8.3 $\pm$ 3.5	11.2 $\pm$ 3.4	.10	0.74 $\pm$ 0.73	Likely
Average sprint distance (m)	17.9 $\pm$ 3.6	19.5 $\pm$ 6.5	.63	0.21 $\pm$ 0.74	Unclear
Maximal sprint distance (m)	37.5 $\pm$ 10.0	44.5 $\pm$ 14.4	.22	0.54 $\pm$ 0.73	Likely
Maximal speed (km/h)	27.4 $\pm$ 2.1	28.2 $\pm$ 2.6	.44	0.33 $\pm$ 0.73	Unclear
Average HR (% HR <sub>max</sub> )	85.9 $\pm$ 3.5	85.7 $\pm$ 2.8	.91	0.05 $\pm$ 0.78	Unclear
Percentage of time >90% HR <sub>max</sub>	36.5 $\pm$ 20.0	28.2 $\pm$ 18.7	.24	0.55 $\pm$ 0.79	Likely
Effindex	1.1 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1	.02	1.17 $\pm$ 0.79	Very likely
Number of impacts >7 g	45.1 $\pm$ 24.5	41.8 $\pm$ 20.7	.75	0.16 $\pm$ 0.87	Unclear
Number of tackles	7.4 $\pm$ 1.8	4.1 $\pm$ 2.4	.03	1.31 $\pm$ 0.90	Very likely
Number of rucks	1.0 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.9	.97	0.02 $\pm$ 1.34	Unclear

Abbreviations: ES, effect size; CL, confidence limits; F, forwards (n = 12); B, backs (n = 11).

On note par exemple que les avants parcourent moins de distance que les arrières, avec une vitesse moins importante, mais plaquent plus qu'eux.

Au total, on distingue plusieurs profils de joueurs, aux rôles différents sur le terrain. Ainsi dans la littérature, ils sont souvent divisés en avants et arrières. C'est parmi ce type de données que l'on retrouve le nombre d'impacts par match ou entraînement par exemple.

## 2) Les impacts

### a) Nombre d'impacts :

Nous allons voir différentes études qui recensent des données GPS, dont les impacts durant des matchs principalement mais aussi des entraînements. Des articles ont été publiés concernant plusieurs types de rugby : à VII, XIII et XV.

#### **Au rugby à VII :**

Par exemple, lorsqu'on compare différents niveaux de jeu en Australie en 2016 [2] (junior, amateur et professionnel), le nombre d'impacts supérieurs à 10g est plus importants chez les joueurs évoluant en élite (de deux à quatre fois plus) avec  $25.0 \pm 11.2$  impacts  $\cdot$  match<sup>-1</sup>, qu'en junior ( $6.3 \pm 3.5$ ) ou senior ( $11.8 \pm 6.6$ ).

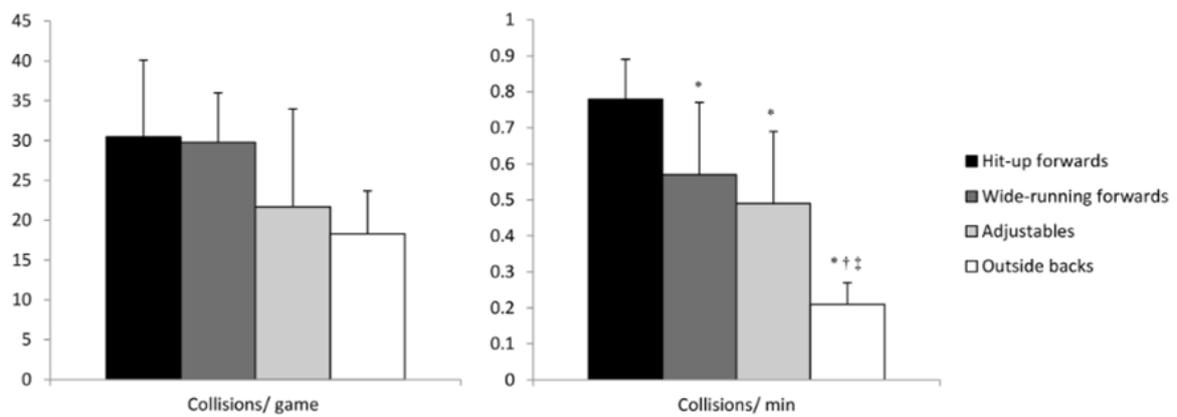
Dans l'étude de comprenant le tableau ci-dessus (tableau 1.4) [13], réalisée en 2013 chez des joueurs de rugby à VII en élite, on mesure une moyenne de  $25.6 \pm 14.3$  impacts de 7 à 8 g,  $15.2 \pm 7.7$  impacts de 8 à 10 g, et  $2.5 \pm 2.1$  impacts >10 g par match par joueur.

#### **Au rugby à XIII :**

Il existe de nombreuses études menées en Australie. Parmi les informations qui en découlent, on constate que les *avants* sont plus impliqués dans les phases de contact [3] dans 6 études sur 8 dans une méta analyse datant de 2016, sans différence entre les catégories jeunes et séniors, et ceci de manière plus importante lors des *phases de défense* que d'attaque selon Gabett et al. [4], [5], avec

1,9 impacts par minute lors des phases de défense contre 0,8/minutes en attaque, pour un avant. [8]  
 En match, il compte 24 à 47 impacts par joueur [11] , et ceci est variable selon le poste et le niveau de jeu, avec toujours plus d'impacts dans les phases de défense et pour les avants.

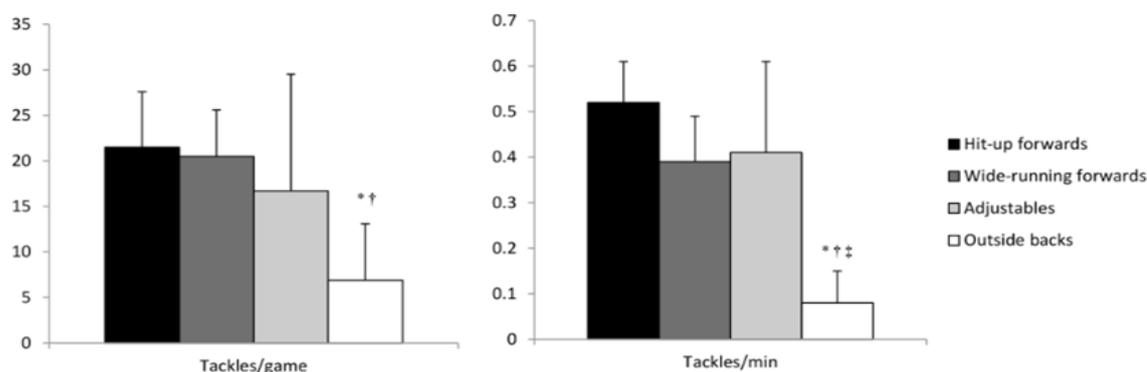
Ces schémas représentent la proportion d'impacts et de plaquages par postes et par minutes de jeu. Ils sont là à titre d'exemple puisque le rugby à XIII n'est pas strictement superposable au rugby à XV (absence des troisièmes lignes ailes ou 6 et 7) [9]



**Figure 1** — Collisions per game and collisions per minute of match play for rugby league positional groups during match play, mean ± SD. Collisions are composed of both hit-ups and tackles. Outside backs = centers and wingers; adjustables = hookers, halfbacks, five-eighths, and fullbacks; wide-running forwards = second rowers and locks; hit-up forwards = props. \*Significantly different ( $P < .05$ ) from hit-up forwards. †Significantly different ( $P < .05$ ) from wide-running forwards. ‡Significantly different ( $P < .05$ ) from adjustables.

Figure 8. Collisions par match et par minute

Source : Cummins, *International Journal of Sports Physiology & Performance* (2015): 732–39. [9]



**Figure 2** — Tackles per game and tackles per minute of match play for 4 positional groups during rugby league match play, mean  $\pm$  SD. \*Significantly different ( $P < .05$ ) from hit-up forwards. Outside backs = centers and wingers; adjustables = hookers, halfbacks, five-eighths, and fullbacks; wide-running forwards = second rowers and locks; hit-up forwards = props. †Significantly different ( $P < .05$ ) from wide-running forwards. ‡Significantly different ( $P < .05$ ) from adjustables.

IJSPP Vol. 10, No. 6, 2015

Figure 9. Plaquages par match et par minute au rugby à XIII

Source : Cummins, *International Journal of Sports Physiology & Performance* (2015): 732–39 [9]

Les avants sont plus concernés par les collisions et les plaquages, notamment la première ligne, de manière significative.

Les impacts à l'entraînement sont bien plus nombreux que ceux en match selon Gabett [10] : 55 966 sur une saison entière (temps passé à l'entraînement bien supérieur qu'en match), dont 24 821 en phase de préparation de la saison régulière.

En Europe : [23] une étude menée en 2012 dans le championnat élite a montré que les deux et troisième lignes ( $36 \pm 5$ ) et la première ligne ( $35 \pm 6$ ) étaient impliqués plus souvent dans des impacts que les arrières ( $20 \pm 3$ ) et les joueurs de la charnière ( $23 \pm 3$ ;  $p < 0.05$ ).

Dans une étude menée chez de jeunes joueurs en Nouvelle-Zélande en 2014 [27] (moins de 11 ans, ou U11), la moyenne des impacts par joueur et par match est de 116, dont 13 seraient très intenses (supérieurs à 10G). Les avants sont les plus exposés : on note 1511 impacts contre 466 pour les arrières sur un match entier ( $p < 0.001$ ).

Pour synthétiser, le rugby à XIII implique le plus souvent des avants dans les phases de jeu avec impact, et durant les phases de défense. Mais encore une fois, ce n'est pas superposable au rugby à

XV.

### **Au rugby à XV :**

#### *Hémisphère Nord :*

Dans une étude réalisée dans la Premiership anglaise, durant les saisons 2003/04 et 2005/06 [6], on décompte 22 842 contacts en 50 matchs soit 456,8 contacts par match.

Toujours chez les anglo-saxons, durant la saison 2012/13 [26], le nombre total d'impacts dans un match de niveau élite, dans une étude sur 15 match, est mesuré à  $50 \pm 29$  (moyenne de tous les joueurs),  $78 \pm 18$  (pour les avants), et  $28 \pm 12$  (pour les arrières) ; ce nombre est converti à la minute : TI (n.min-1) =  $0.68 \pm 0.39$  (tous les postes),  $0.97 \pm 0.30$  (avants)  $0.37 \pm 0.17$  (arrières).

Une étude irlandaise en 2011 [25] compare les données GPS lors d'un match international, entre un avant et un arrière. Le premier subit 838 impacts au cours d'un match contre 573 pour un arrière. Plus de la moitié (respectivement 472 et 353) de ces impacts sont à faible intensité (5,0 à 5,9 G). A contrario, les arrières subissent plus de contacts de forte intensité (>10,0G) que les avants : respectivement 13 contre 10.

#### *Hémisphère Sud :*

Sur une saison de rugby amateur en Nouvelle-Zélande, une revue de littérature publiée en 2015 [14] trouve un total de 20,687 impacts >10 G sur une saison pour une équipe (52 articles inclus), 11,459 (45 % moins) impacts >15 G, et 4024 (81 % moins) impacts >30 G.

En Super 15 [24] en 2015, le nombre d'impacts par minute pour les avants est estimé  $0,56 \pm 0,23$  par minute de jeu et  $0,36 \pm 0,17$  par minute de jeu pour les arrières. La moyenne des deux groupes est de  $0,47 \pm 0,22$  impacts par minute de jeu, avec une prédominance des rucks, devant les plaquages et les temps ballon en main.

Le nombre d'impacts est variable d'un poste à un autre, avec une prédominance pour les avants, comme au rugby à XIII.

Ils sont également variables dans le temps, c'est ce qui va être décrit ci-dessous.

b) Evolution au cours du temps, en nombre et en intensité :

Il suffit de regarder des images de retransmissions télévisées de rugby de différentes décennies pour s'apercevoir que le rugby a évolué en termes de jeu et d'intensité.

En 2003, une étude [7] met en avant l'augmentation du nombre de rucks depuis 1988 : entre 1988 et 92: 62.4 évènements/match, puis entre 1993 et 95: 76.0 évènements/match, entre 1996 et 99: 111.6 évènements/match et enfin entre 2000 et 2002: 134.4 évènements/match. Autrement dit, le chiffre a doublé entre 1988 et 2002.

Le passage au professionnalisme signe une augmentation du temps de jeu effectif d'après cette étude, et ceci de manière significative (26,5% à 32,1% de temps de jeu effectif).

Dans l'hémisphère Sud en 2007 [19], l'évolution du nombre d'impact après le passage au professionnalisme a montré une augmentation des contacts comme le ruck (+63%), le plaquage (+51%) et une diminution du nombre de mauls (-25%) et de mêlées (-8%).

Table VI. Effects on the number of match activities (mean changes with 90% confidence limits; ↑, increase; ↓, decrease).

	Professionalism		10-year trend		Good conditions	
	Effect (%)	Magnitude	Effect (%)	Magnitude	Effect (%)	Magnitude
Scrums	-8; ± 22	Unclear	-17; ± 10	Moderate ↓	-8; ± 19	Unclear
Lineouts	-14; ± 17	Moderate ↓	-19; ± 8	Moderate ↓	-6; ± 16	Unclear
Rucks	63; ± 33	Very large ↑	59; ± 18	Very large ↑	4; ± 17	Unclear
Mauls	-25; ± 21	Moderate ↓	-12; ± 12	Small ↓	1; ± 25	Unclear
Passes	20; ± 17	Large ↑	2; ± 8	Unclear	7; ± 13	Unclear
Kicks during play	-30; ± 14	Large ↓	0; ± 10	Unclear	-24; ± 13	Large ↓
Tackles	51; ± 23	Very large ↑	13; ± 9	Moderate ↑	4; ± 9	Unclear

Tableau 1. 5. Effet du professionnalisme sur le jeu  
Source : Quarrie, *Journal of Sports Sciences* (2007): 895-903 [19]

Le tableau ci-dessus (Tableau 1.5) montre également une analyse par décennie et en fonction des conditions de jeu (terrain, pluie, vent).

Ces variations sont expliquées par les auteurs, essentiellement par les changements de règles au cours du temps.

#### *Deux études sur le rugby à XIII :*

En 2013, Kempton [15] cherche à savoir s'il existe une variation des impacts au cours d'un match, notamment due à la fatigue. Des périodes de 5 minutes sont analysées (0 à 5, 35 à 40, 40 à 45, 70 à 75 et 75 à 80 min), il n'est pas démontré de variation significative du nombre d'impacts mesurés de 1,8 à 2,3 par minutes. A contrario, il existerait une diminution de la distance parcourue lorsqu'on tend vers la fin du match.

La fatigue n'est ici pas un élément qui fera varier le nombre d'impact au cours d'un match.

Egalement en 2013, Cummins [16] étudie l'intensité des impacts dans le rugby à XIII australien (NRL) : il utilise les données GPS de joueurs évoluant en élite et classe les impacts en 6 catégories selon leur

intensité. Au total, 46,6% ( $1437.25 \pm 827.1$  impacts sur un match) de ces impacts sont dits à « haute intensité ». Les piliers sont le plus exposés.

Aujourd'hui, on trouve dans la littérature des exemples pour représenter l'importance de ces chocs : en effet un choc entre deux joueurs professionnels, jouant à l'aile, d'une masse de 100kg, serait équivalente à un accident de voiture à l'allure de 40 mph [1], soit environ 64 km/h.

Au final, le nombre d'impacts a bel et bien augmenté, notamment depuis le passage au professionnalisme, tout comme leur intensité.

Ces impacts semblent très représentés par les plaquages. C'est ce que nous allons voir par la suite.

### **3) Les plaquages : nombres, évolution, intensité**

a) Nombre de plaquage au cours d'un match :

#### **Au rugby à VII :**

Toujours dans l'étude de 2013 [13], il est décrit  $5.7 \pm 2.7$  plaquages par joueur par match. Les avants plaquent plus avec  $7,4 \pm 1,8$ , contre  $4,1 \pm 2,4$  pour les arrières au cours d'un match, et ceci de manière significative.

#### **Au rugby à XIII :**

Une étude de 2002 [21] évalue les plaquages à 118 par match comme valeur médiane, au Royaume-Uni, chez les professionnels, contre 150 à 155 entre 1992 et 2000.

Une autre étude menée dans le championnat anglais élite en 2012 [23] estime que les deuxième et troisième lignes, et les première lignes plaquent respectivement à la fréquence de 0,51 et 0,33 plaquages par minutes, ou 25 fois par match.

Chez les jeunes australiens en 2013 [22], les moins de 15 ans réaliseraient  $0,23 \pm 0,13$  plaquages

réussis par minute en situation de match et  $0,04 \pm 0,04$  plaquages ratés par minute, toujours en match. Ce chiffre est comparé aux joueurs de moins de 16 ans :  $0,22 \pm 0,10$  plaquages réussis par minute et  $0,03 \pm 0,02$  plaquages ratés ; et chez les moins de 17 ans on retrouve  $0,20 \pm 0,14$  plaquages réussis par minute et  $0,09 \pm 0,05$  plaquages ratés par minute.

### **Au rugby à XV :**

#### *Hémisphère Sud :*

Une étude menée en Australie [20] de 2002 à 2006 sur plusieurs niveaux de jeu (moins de 15 ans, moins de 18 ans, amateurs, professionnels et internationaux) estime à 145 la moyenne de plaquages par heure de jeu.

Dans l'étude de Fuller, publiée en 2007, [6] décrite ci-dessus retrouvant environ 450 impacts par match. Le nombre de plaquages est estimé à 221.0 (215.9–226.2) par match, avec 14.8 (13.8–15.9) collisions (tentative d'arrêter le porteur de balle sans utiliser les bras). A titre indicatif, la deuxième action de jeu la plus courante correspond aux rucks avec 142.5 (139.2–145.9) événements par match. Au total, le plaquage est deux fois plus courant dans le jeu que les autres contacts ( 50 à 60% de ces contacts).

Dans le Super 15 en 2016 [24], on estime le nombre de plaquages par minute à  $0,13 \pm 0,09$  en moyenne. Ce chiffre est plus important chez les avants par rapports aux arrières, et parmi les avants, ce sont les troisièmes lignes qui plaquent le plus avec  $0,17 \pm 0,09$  par minute (chiffre significatif).

Table III. Averaged video analysis data comparing player positions presented as events per minute

Position	Total impacts	Tackles and Tackle Assists	Ball carries	Rucks
Group	0.47 ± 0.22	0.13 ± 0.09	0.09 ± 0.06	0.24 ± 0.21
Forwards	0.56 ± 0.23***	0.15 ± 0.08**	0.08 ± 0.05	0.33 ± 0.25***
Backs	0.36 ± 0.17	0.11 ± 0.11	0.11 ± 0.06*	0.13 ± 0.09
Front row	0.51 ± 0.11***	0.14 ± 0.07	0.06 ± 0.05	0.32 ± 0.09***
Locks	0.54 ± 0.01***	0.16 ± 0.09	0.10 ± 0.02*	0.28 ± 0.06***
Loose forwards	0.64 ± 0.36***	0.17 ± 0.09*	0.09 ± 0.06*	0.37 ± 0.42***
Inside backs	0.39 ± 0.20	0.14 ± 0.12	0.11 ± 0.07**	0.15 ± 0.11
Outside backs	0.31 ± 0.09	0.07 ± 0.07 <sup>#</sup>	0.12 ± 0.06**	0.11 ± 0.03

Data are mean ± SD; Comparisons are made between forwards and backs within each column, and positional groups within each column.

Group ( $n = 104$ ), forwards ( $n = 56$ ), backs ( $n = 48$ ).

<sup>#</sup>Significantly fewer than all other groups.

\* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

Tableau 1. 6 Impacts et plaquages selon les postes dans le Super 15  
Source : Lindsay, *European Journal of Sport Science* (2015): 480-87. [24]

Il faut nuancer le nombre de plaquages, puisque ne sont inclus sous ce terme que les actions où le joueur est plaqueur. Lorsqu'il est plaqué, il est inclus dans le groupe « ball carries ». Il est donc difficile de comparer ces chiffres aux autres études.

Le ruck arrive ici en première position parmi les impacts, que cela soit pour les avants ou les arrières.

Dans l'étude de Quarrie [32] en 2010, il comptabilise 203±29 plaquages par match, en élite en Nouvelle Zélande, de 2003 à 2005.

#### *Hémisphère Nord :*

En 2015, dans une étude menée au Royaume-Uni [71] chez les amateurs, sur une période de 3 saisons, le nombre de contacts est évalués à 370 par match (IC95 : 364-378) avec un chiffre plus haut parmi les joueurs de meilleur niveau (groupe A : 399/match) par rapport aux joueurs de niveau intermédiaire (374) et bas niveau (339). Parmi ces contacts : les plaquages sont chiffrés à 140,9 par match (136,9-145,2).

b) Intensité des plaquages

Dans une étude menée en hémisphère Sud en 2014, dans le rugby à XV [17], Hendricks évalue ce qu'il appelle le momentum, dont la formule est la suivante :  $P = m.v$  où  $m$  est la masse du joueur et  $v$  la vitesse moyenne dans les 0,5 secondes avant le plaquage. Ce concept se rapproche de ce que nous avons appelé le rapport de force dans notre étude.

Il cherche à savoir si ce momentum influence l'issue du plaquage, soit à l'avantage du plaqueur, soit du porteur de balle.

**Table 4. Kinetic Energy before contact and magnitude of impact (energy distributed between ball-carrier and tackler upon contact). Data reported as mean ( $\pm$ SD).**

	n	Ball-carrier Kinetic Energy (Joules)	Tackler Kinetic Energy (Joules)	Energy (magnitude of impact) (Joules)
<b>Front-on</b>				
<b>Contact dominated by Ball-carrier</b>	13	1417 (628)	1519 (1077)	2754 (1075)
<b>Contact dominated by Tackler</b>	17	1464 (1815)	1911 (1395)	3063 (1911)
<b>Side-on</b>				
<b>Contact dominated by Ball-carrier</b>	27	1463 (1030)	1389 (1055)	2705 (1462)
<b>Contact dominated by Tackler</b>	3	1058 (862)	435 (283)	1431 (1078)

Tableau 1. 7. Energie cinétique avant contact et dégagée durant l'impact  
Source : Hendricks, *Journal of Sports Science & Medicine* (2014): 557-63. [17]

**Table 2.** Average velocity for the ball-carrier and tackler by position (forward and backs). Data reported as mean ( $\pm$ SD).

	n	Ball-carrier	n	Tackler
<b>Velocity before Front-on Tackle (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>				
All Forwards	16	5.2 (2.4)	13	5.6 (1.9)
All Backs	14	4.7 (1.3)	17	5.8 (2.3)
All Positions	30	5.0 (2.0)	30	5.7 (2.1)
<b>Velocity before Side-on Tackle (<math>m \cdot s^{-1}</math>)</b>				
All Forwards	15	5.2 (1.9)	10	3.7 (1.1)
All Backs	15	5.1 (1.7)	20	5.5 (2.1)
All Positions	30	5.1 (1.8)	30	4.9 (2.0)

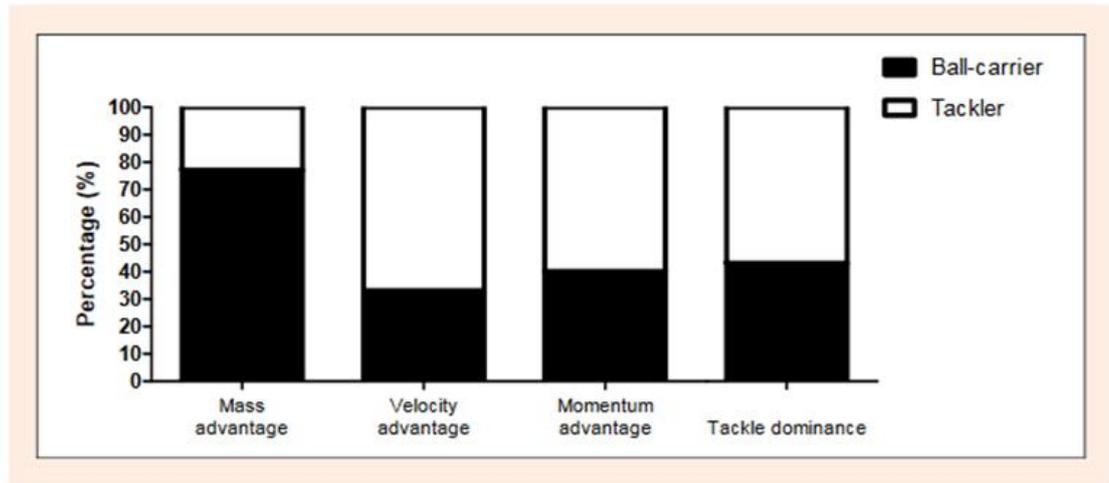
Tableau 1. 8. Vitesse moyenne des joueurs avant plaquage

Source : Hendricks, *Journal of Sports Science & Medicine* (2014): 557-63 [17]

Cette étude illustre le fait que l'action de plaquage est une action qui développe de l'énergie : on calcule plusieurs centaines de joules lors de l'impact. Ceci en fait une action à risque.

L'auteur différencie les plaquages de face et de côté : l'énergie maximum développée se trouve être dans les plaquages de face et dominés par le plaqueur (1911 joules).

Les arrières ont une vitesse avant le plaquage plus importantes que les avants en moyenne. Ils vont donc être impliqués dans des impacts à plus forte intensité que les avants.



**Figure 2.** Percentage proportion of ball-carrier and tackler mass advantage, velocity advantage, momentum advantage and tackle dominance for the front on tackle (Data reported as percentage frequency, n=30)

Tableau 1. 9. Proportion de variables en faveur du plaqueur ou du plaqué  
 Source : Hendricks, *Journal of Sports Science & Medicine* (2014): 557-63 [17]

Les résultats de cette étude sont à l'avantage du plaqueur en ce qui concerne l'issue du plaquage de face, tout comme la vitesse et le momentum. La masse reste très à l'avantage du porteur de balle.

Au total, le plaquage est démontré comme une action à haute énergie, et plus souvent à l'avantage des plaqueurs.

c) Evolution des plaquages :

Toujours dans l'étude de Quarrie [19] en 2007, on remarque une augmentation du nombre de plaquages avec l'arrivée du professionnalisme. Elle est estimée à 51% depuis 1995, avec une augmentation de 13% par décennie. Le nombre de plaquages n'est pas statistiquement variable en fonction des conditions de jeu.

Le tableau ci-dessous (1.10) compile les chiffres des impacts et plaquages selon le type de rugby : VII, XIII ou XV.

Dans des articles récents, il a été pris comme référence le nombre de 200 plaquages par match comme repère, soit la moitié des contacts.

<b>IMPACTS</b>		<b>PLAQUAGES</b>		
	FREQUENCE (impacts par minute)	TOTAL (impacts par match)	FREQUENCE (plaquages par minute)	
<b>RUGBY à VII</b>		Impacts > 10G en élite 25,0± 11,2 par joueur ; en junior 6,3± 3,5 ; en senior 11,8± 6,6	5,7± 2,7 par joueur dont 7,4± 1,8 pour un avant et 4,1± 2,4 pour un arrière	
		Impacts > 10G en élite 2,5± 1,2 ; impacts de 8 à 10G 15,2± 7,7 ; impacts de 7 à 8G : 25,6± 14,6		
<b>RUGBY à XIII</b>	1,9 en défense et 0,8 en attaque pour un avant	24 à 47 (méta analyse)	0,51 pour un 3e ligne et 0,33 pour un 1e ligne (anglo saxons)	
	1,8 à 2,3 en 2013 dans l'hémisphère sud	36± 5 pour un avant ; 20± 3 pour un arrière ; 23 ± 3 pour les joueurs de la charnière (élite en europe)	0,23± 0,13 réussis et 0,04 ± 0,04 ratés chez les U15 ; 0,22± 0,10 réussis et 0,03± 0,02 ratés chez les U16 et 0,20± 0,14 réussis et 0,09± 0,05 ratés chez les U17 (Australie)	
<b>RUGBY à XV</b>		116 pour les moins de 11 ans dont 13 > 10G		
	0,68± 0,39 en moyenne ; 0,97± 0,30 pour un avant et 0,37 ± 0,17 pour un arrière (anglo saxons)		0,13± 0,09 en moyenne avec 0,17± 0,09 pour les 3e lignes (meilleurs plaqueurs, Super 15)	
	0,56± 0,23 pour les avants ; 0,36± 0,17 pour les arrières et 0,47± 0,22 en moyenne (Super 15)	456,8 pour une équipe (premier ship)		145 par heure de jeu (Australie)
		50 ± 29 en moyenne par joueur ; 78± 18 pour les avants et 28 ± 12 pour les arrières (anglo saxons) 20687> 10G sur une saison ; 11459 > 15G ; 4024 > 30G (Nouvelle-Zélande)		221,0 par match (Premiership)
	370 impacts par match (RU, amateurs)		51± 23 (Hémisphère Sud)	
	838 pour les avants et 573 pour les arrières dont 13>10G pour les avants et 10 pour les arrières (Irlande)		140,9 par match (rugby amateur RU)	
			203±29 (Nouvelle-Zélande, élite)	

Tableau 1. 10. Récapitulatif des impacts et plaquages selon le type de rugby

Pour conclure cette première partie, on retiendra que le rugby a évolué, notamment depuis le passage au professionnalisme. Les impacts, caractérisant ce sport, sont en augmentation en valeur absolue, et le détail de ces contacts montre que les plaquages correspondent à plus de la moitié de ceux-là. Le changement de morphologie des joueurs, accompagnant l'évolution du jeu, est en faveur d'une augmentation de la masse musculaire, et semblerait être plus importante chez les arrières. Au total, il y a plus d'impacts, plus de plaquages et les joueurs sont plus lourds : la résultante de ces facteurs est une énergie dégagée plus importante lors de phases de contact.

Dans la partie suivante, nous allons étudier le plaquage et sa propension à être à l'origine de blessures.

## II. PLAQUAGES ET COMMOTIONS

Le rugby est classé parmi les sports dits de contacts, ces derniers sont nombreux et ne cessent d'augmenter en nombre et en intensité, comme nous avons pu le voir. Malheureusement, il se trouve que ces derniers sont à l'origine de nombreuses blessures.

Le terme de « blessure » n'est pas toujours le même en fonction des études : certaines impliquent le seul recours à une équipe médicale, d'autres n'incluent que les joueurs non disponibles pour l'entraînement ou match suivant. Il est donc difficile d'en comparer certaines entre elles. Nous allons voir l'implication du plaquage dans l'origine des blessures, et notamment de la commotion cérébrale.

### 1) Quelle est la part de blessures inerrantes au plaquage

Déjà en 1985, d'après Spark et al. [28] le plaquage est à l'origine de 39,6% des blessures en match dans une étude menée sur 3 saisons en rugby scolaire en Angleterre, loin devant les rucks et les mauls (18,7% et 6,9% respectivement).

Ce chiffre était en augmentation par rapport à une série menée par lui-même entre 1950 et 1971 où il ne trouve que 16,9% de blessures causées par l'action de plaquage.

Chiffre à noter, l'incidence de blessures est de 194/10 000 heures joueur. Le fait d'être plaqueur est très légèrement plus à risque mais ce de manière non significative (20,2% de plaqueurs blessés contre 19,4% de plaqués).

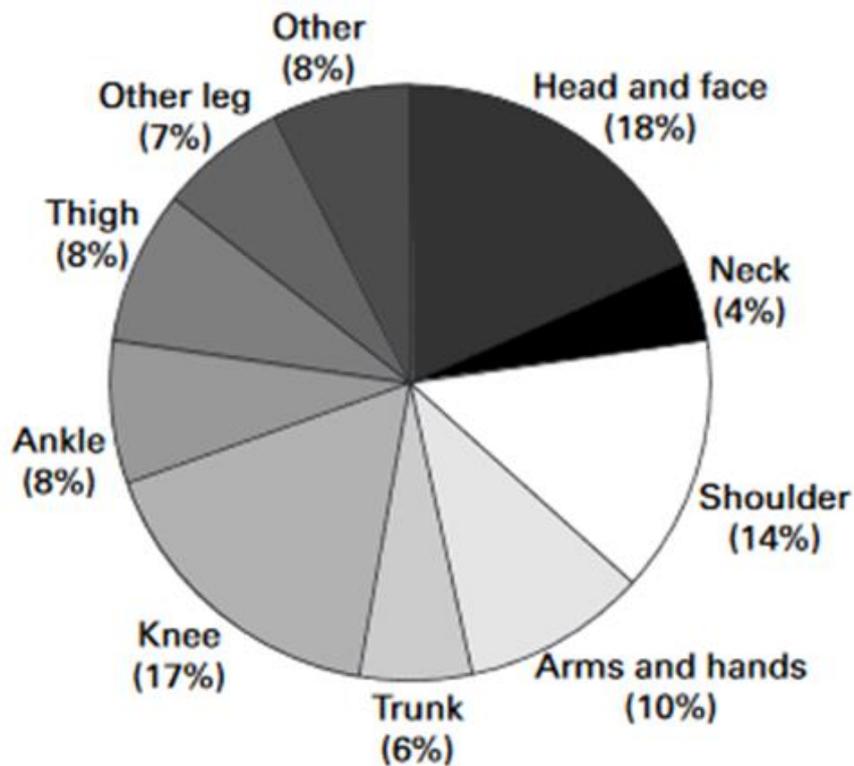
En 1995, Garraway [30] estime que 49% des blessures sont dues au plaquage dans le rugby écossais durant la saison 93-94. 15% des blessures se produisent dans les rucks, 8% dans les mêlées, 12% dans les touches et 2% dans les mauls.

L'étude suivante est menée dans la fin des années 90 en Nouvelle-Zélande, dans le cadre d'un programme national de surveillance [31] : Le taux de blessures pour 100 heures de jeu pour un joueur est estimé à 9,9 en match et 1,2 blessures à l'entraînement, soit une moyenne de 8,3 (IC95 : 6.7 à 10.8).

Le plaquage apparaît la phase de jeu la plus dangereuse : c'est à l'origine de 40% des blessures

répertoriées dans l'étude. C'est suivi par les rucks (17% des blessures) puis les mauls (12%), le jeu courant (9%), les mêlées (7%) et d'autres phases de jeu (15%).

Dans cette étude, les plaqués sont plus blessés (49%) que les plaqueurs (47%) lorsqu'on regarde plus précisément les victimes sur plaquage (les 4% restants sont des joueurs de soutien).



*Figure 2 Body site for injuries sustained in tackles (game injury events only, n=180), Rugby Injury and Performance Project cohort, 1993.*

*Figure 100. Régions anatomiques touchées dans les plaquages  
Source ; Bird, British Journal of Sports Medicine (1998): 319-25 [31]*

Le schéma ci-dessus montre la répartition des blessures sur plaquages durant les matchs. On note 40% de blessures au membre inférieur.

Les chiffres de cette étude sont comparés à d'autres [45], obtenus par l'analyse vidéo de matchs de Nouvelle-Zélande retransmis à la télévision (niveau élite).

Players role*	NZRFU video		RIPP	
	n	%	n	%
Ball Carrier	11	39	87	49
Tackler	13	47	85	48
Support Player	4	14	6	3
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100</b>	<b>178*</b>	<b>100</b>

\* The player's role was unknown in one case.

Tableau 2. 1 Joueurs blessés dans l'action de plaquage  
Source : Wilson, *Journal of Science and Medicine in Sport* (1999): 153-62 [45]

On note que cette fois ci, c'est bien le plaqueur qui est plus blessé que le plaqué (47% versus 39% respectivement).

*Après 1995 et le professionnalisme :*

En comparant l'épidémiologie des blessures avant et après le passage au professionnalisme en Ecosse, dans les catégories élite (saison 93/94 versus 97/98) [32] : le constat est identique puisqu'on retrouve toujours le plaquage comme responsable du plus grand nombre de blessures (48%). Chez les professionnels, 37% des blessés sont représentés par le plaqué contre 26% en amateur, et particulièrement les 3<sup>e</sup> lignes.

Lorsqu'on regarde les joueurs arrières (centres et ailiers), 74% des blessures surviennent lors de plaquages en 93/94 contre 50% pour les professionnels en 97/98 et 53% chez les amateurs.

Pour les joueurs de la charnière, la tendance s'inverse entre les deux périodes évaluées : 69% des blessés sont plaqués en 93/94 alors que ce sont les plaqueurs qui sont blessés à 70% en 97/98.

En 2005, Brooks [35] montre que les blessures causées par un contact sont plus nombreuses chez les avants que chez les arrières et ceci est statistiquement significatif, dans une étude conduite parmi l'élite anglo-saxonne sur deux ans. Parmi ces contacts, le plaquage est à l'origine du plus grand nombre de blessés chez les arrières, tandis que ce sont les mauls et rucks qui causent le plus de blessés chez les avants.

Durant l'action de plaquage, il y a plus de blessures du plaqué lorsque celui-ci est réalisé de côté (51%) et de face (34%), contrairement au plaqueur qui se blesse plus sur les plaquages de face (56%) et de côté en second (38%).

L'incidence des blessures des plaqués est significativement plus élevée chez les arrières que chez les avants. Les auteurs expliquent cela par la cinétique plus importante de ces joueurs lorsqu'ils ont la balle en main : en effet, ils ont plus d'espace pour se lancer et prendre de la vitesse, et lors des contacts, l'énergie dissipée est plus importante.

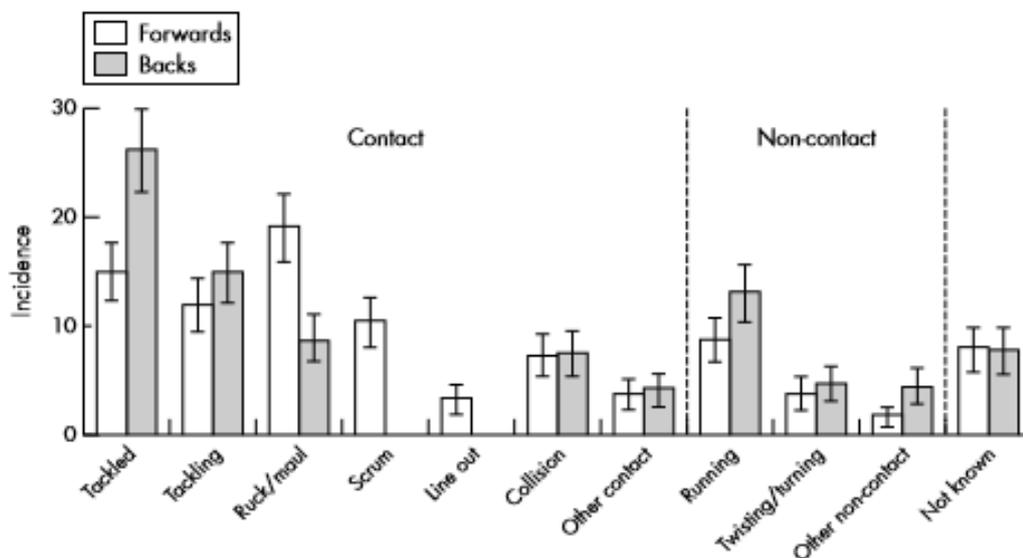


Figure 11. Incidence des blessures pour 1000 heures-joueurs par phase de jeu  
Source : Brooks, British Journal of Sports Medicine (2005): 757-66 [35]

Le tableau ci-dessus, tiré de cette étude, illustre la place des plaquages dans les mécanismes de blessures. Il faut noter que le fait de plaquer ou d'être plaqué est différencié, avec une plus forte tendance à la blessure lorsque le joueur subit le plaquage (comme décrit plus haut).

L'auteur de cette étude compare les blessures durant les entraînements à celles arrivant durant les matchs, dans un autre article [36] : 57% de joueurs blessés à l'entraînement le sont sur des phases de jeu sans contact. C'est en courant qu'ils se blessent le plus.

Il faut nuancer ce résultat, puisque l'incidence des blessures à l'entraînement est moins importante que celle en match avec 2,0/1000 heures-joueurs (contre 91/1000 heures-joueurs en match).

Quarrie [33] décrit les blessures sur plaquages et l'indisponibilité des joueurs de Nouvelle-Zélande (niveau élite). Ainsi, il attribue 58% de toutes les blessures aux plaquages. Parmi ces derniers, les porteurs de balles sont plus souvent remplacés pour blessures lorsqu'ils sont plaqués au niveau du tronc (« high », figure 12 ci-dessous ) ou des hanches (« middle ») de face ou de côté. Les plaqueurs quant à eux sont plus souvent remplacés lorsqu'ils plaquent au niveau du tronc ou des hanches également, sur des plaquages de face et de côté.

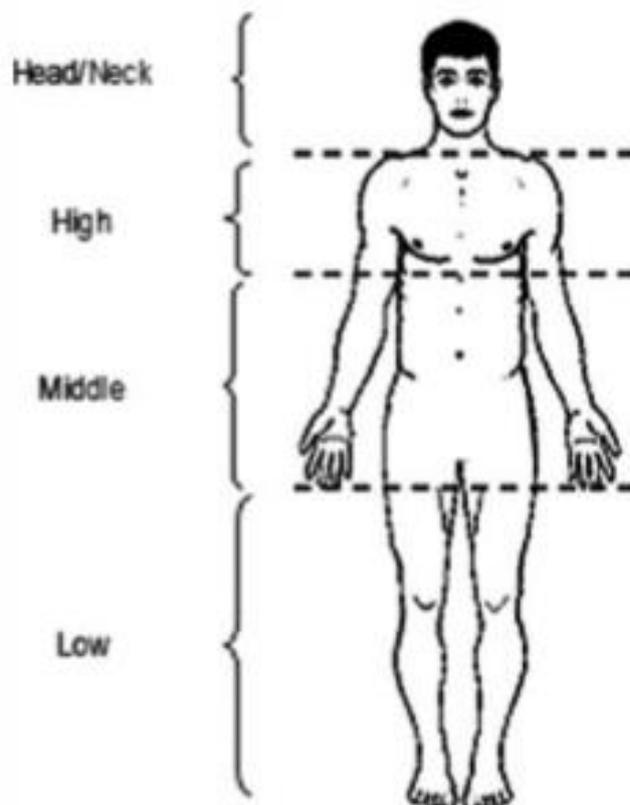


Figure 12. Site d'impact lors du plaquage  
Source : Quarrie, *The American Journal of Sports Medicine* (2008) 1705-16.[33]

En 2007, Fuller [6] estime que le plaquage est responsable de cinq fois plus de blessures que les autres actions (33.9 blessures/1000 heures-joueurs), notamment pour les arrières : 170 blessures sur plaquages contre 143 pour les avants (n = 497, p=0.006).

Dans le schéma ci-dessous (figure 13), le fait d'être plaqueur ou plaqué est séparé. Ici, le plaqueur est

sujet aux blessures du membre inférieur le plus souvent, devant la tête et le coup en deuxième position, mais il faut savoir que ce terme regroupe les lésions musculaires, ligamentaires, tendineuses, osseuses et cutanées.

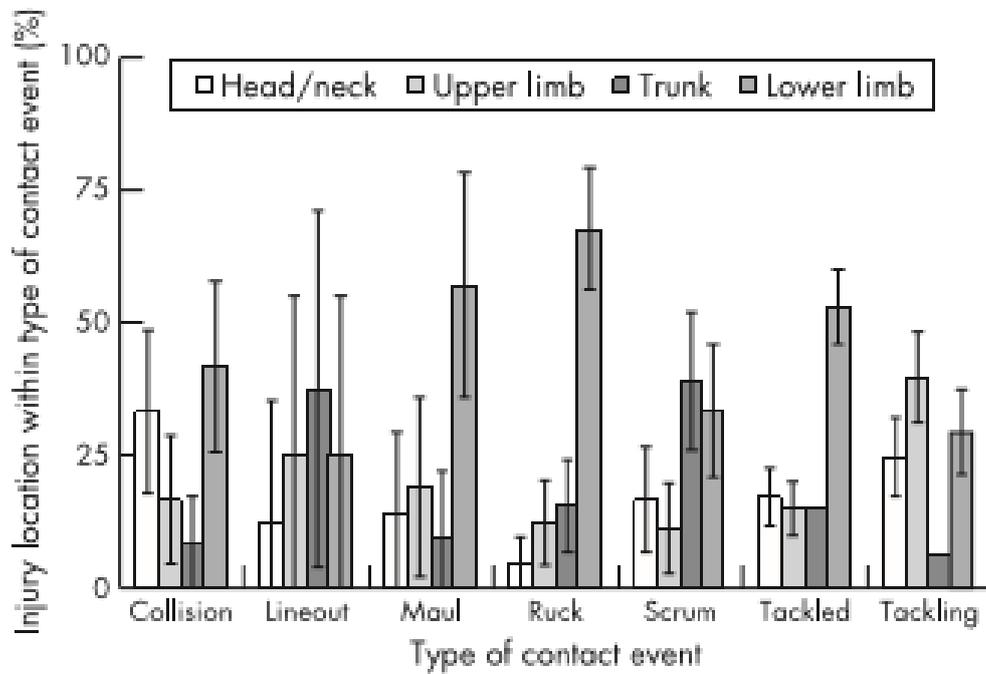


Figure 13. Région anatomique blessée en fonction du type de contact  
 Source : Fuller, .” British Journal of Sports Medicine (2007): 862–67 [6]

**Table 3** Number, average severity (days absence), incidence (number of injuries/1000 player-hours and per 1000 events) and risk (number of days lost/1000 player-hours and per 1000 events) of time-loss injuries as a function of the type of contact event

Event type	Number of injuries	Incidence of injury		Severity of injury	Risk of injury	
		Injuries/1000 player-hours (95% CI)	Injuries/1000 events (95% CI)	Days (95% CI)	Days lost/1000 player-hours (95% CI)	Days lost/1000 events (95% CI)
Collision	36	3.9 (2.8–5.4)	10.5 (7.6–14.6)	19.0 (6.6–31.4)	74.1 (53.5–102.7)	199.8 (144.1–277.0)
Lineout	8	0.9 (0.5–1.8)	1.1 (0.6–2.2)	41.9 (8.6–75.2)	36.3 (18.2–72.6)	46.5 (23.3–93.0)
Maul	21	2.3 (1.5–3.5)	4.9 (3.2–7.5)	9.6 (3.6–15.6)	21.8 (14.2–33.4)	47.2 (30.8–72.4)
Not collapsed	9	1.0 (0.5–1.9)	6.4 (3.3–12.3)	10.8 (0–23.3)	10.5 (5.5–20.2)	69.0 (35.9–132.6)
collapsed	12	1.3 (0.7–2.3)	4.2 (2.4–7.4)	8.7 (3.5–13.9)	11.3 (6.4–19.9)	36.7 (20.8–64.6)
Ruck	65	7.0 (5.5–8.9)	2.0 (1.6–2.6)	12.7 (8.6–16.8)	89.2 (70.0–113.8)	25.0 (19.6–31.9)
Scrum	54	5.8 (4.4–7.6)	8.1 (6.2–10.6)	26.4 (17.1–35.7)	154.2 (118.1–201.3)	213.2 (163.2–278.2)
Not collapsed	50	5.4 (4.1–7.1)	9.0 (6.8–11.9)	27.9 (18.0–37.8)	150.9 (114.4–199.1)	251.6 (190.7–332.0)
collapsed	4	0.4 (0.2–1.1)	3.5 (1.3–9.3)	7.5 (5.4–9.6)	3.2 (1.2–8.5)	26.0 (9.8–69.3)
Tackle	313	33.9 (30.3–37.9)	6.1 (5.5–6.8)	20.7 (16.7–24.7)	701.6 (628.0–783.8)	127.0 (113.7–141.9)
All events	497	53.8 (49.3–58.7)	4.7 (4.3–5.1)	20.0 (17.0–23.0)	1077.2 (986.5–1176.2)	94.3 (86.4–103.0)

Tableau 2. 2 Epidémiologie des blessures

Source : Fuller, .” *British Journal of Sports Medicine* (2007): 862–67 [6] [6]

Par ailleurs, le plaquage est fréquent dans le jeu, c’est cette phase de jeu qui provoque le plus de blessures en valeur absolue (n=313 blessures, sur les 497 de l’étude), comme il est décrit dans le tableau ci-dessus (tableau 2.2). L’incidence de blessures est de 33,9/1000 heures-joueurs, c’est la plus importante. Mais il semble que d’autres actions soient plus « dangereuses » avec une incidence pour 1000 évènements plus importantes (collisions et mêlées). Cependant, ces actions sont moins fréquentes dans le jeu, ce qui donne une incidence pour 1000 heures-joueurs plus importante pour le plaquage et un nombre de jours d’insiponibilité plus important : 701.6 (628.0–783.8) jours de non disponibilité du joueur/1000 heures-joueurs.

De 1993 à 2003, une étude canadienne [42] basée sur la surveillance des blessures soignées aux urgences, survenues dans le jeu de rugby ( de 14 à plus de 25 ans, hommes et femmes), indique que la plus grande partie est induite par les plaquages : (506/1,527) soit 33,1%. La part de plaqués blessés représente 24,2% de toutes ces blessures, et les plaqueurs seulement 8,9%.

Enfin, la commotion cérébrale est mesurée à hauteur de 5,4% de ces blessures.

En 2009, une étude américaine [67] menée sur une saison de rugby universitaire, chez les hommes et les femmes, indique que le plaquage est également l'action la plus à risque de blessure.

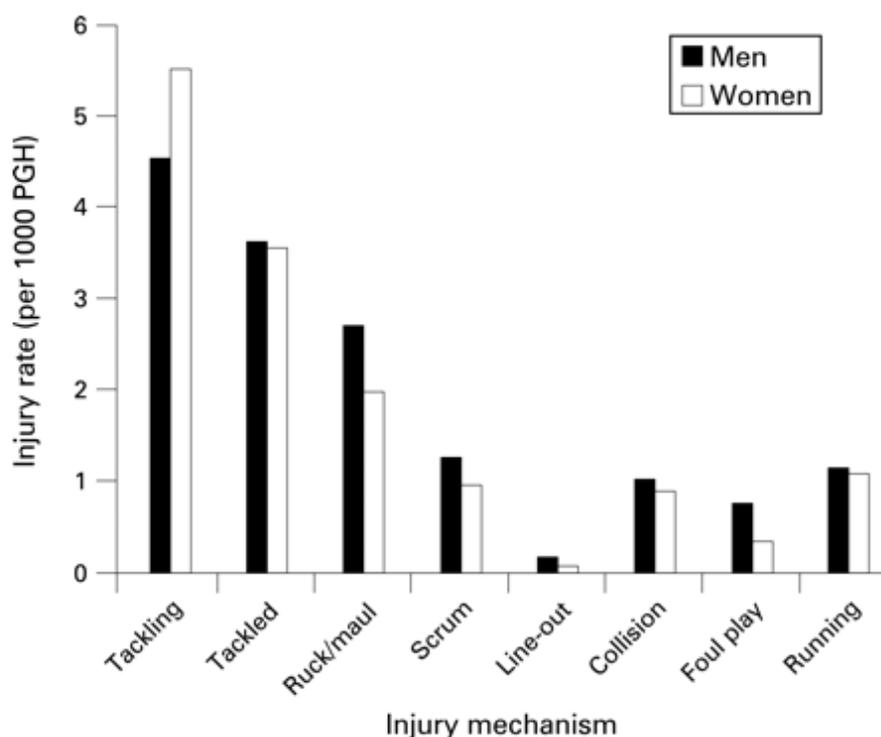


Figure 14. Taux de blessures par mécanisme de blessure  
Source : Kerr, British Journal of Sports Medicine (2008): 595-603. [67]

Mais les auteurs précisent que les joueurs et joueuses universitaires se blessent quatre fois moins sur plaquage que leurs homologues professionnels.

*Depuis 2010 :*

En 2010, Hendricks [4] fait remarquer que le plaquage est à risque de blessure, et ceci dans plusieurs séries : 9 sur 10 indiquent que l'action la plus risquée est le plaquage, parmi plusieurs études dans le rugby à XV et à des niveaux différents (toujours sénior).

Table 1. Injuries Associated with Different Phases of Play in Amateur and Professional Rugby Union Players (1993-2007)

The tackle event places players at highest risk of injury compared to the other facets of play (bold). All data are expressed as a % of the total number of injuries sustained.

	Bird et al. <sup>47</sup> 1993 (Club senior)	*Lee et al. <sup>55</sup> 1993-1994 (Club Senior)	Jakoet et al. <sup>43</sup> 1995 (World Cup)	Bottini et al. <sup>48</sup> 1991-1997 (Club Senior)	Targett <sup>46</sup> 1996-1997 (Super 12)	Holtzhausen et al. <sup>34</sup> 1999 (Super 12)	Bathgate et al. <sup>45</sup> 1994-2000 (Professional Senior)	*Brooks et al. <sup>44</sup> 2002-2003 (Professional Senior)	Best et al. <sup>41</sup> 2003 (World Cup)	Fuller et al. <sup>42</sup> 2007 (World Cup)
Tackle	40	49	56	24	46	61	58	35	39	35
Ruck	17	15	23	14	36	17	15	16	6	13
Maul	12	n/a	n/a	16	#	#	#	#	n/a	5
Scrum	7	8	1	8	8	5	2	5	5	5
Line-Out	n/a	n/a	0	n/a	5	5	0	n/a	3	1
Open Play	9	n/a	11	36	5	7	20	18	28	31
Other	15	n/a	9	3	n/a	5	5	23	19	11

n/a – data not collected

# - data of maul injuries was combined with ruck injuries

\* - data do not add up to 100%

Toujours en 2010, c'est McIntosh [20] qui estime une fréquence moyenne de blessures à 12 pour 1000 plaquages en situation de match.

	Level					Total
	Elite	Grade	<20 yr	<18 yr	<15 yr	
Games	15	15	24	13	10	77
Hours fully coded	10	9	14.8	7.1	4.7	45.6
Tackle events	1422	1368	2000	1103	725	6618
Tackle events resulting in game injury	21	13	26	18	3	81
Tackle events per hour	142	152	135	155	154	145
Game injuries in a tackle event per hour	2.1	1.4	1.8	2.5	0.6	1.8
Game injuries in a tackle event per 100 tackle events	1.5	1.0	1.3	1.6	0.4	1.2

Tableau 2. 4 Description des plaquages par niveau de jeu

Source : McIntosh, *Medicine & Science in Sports & Exercise* (2010): 977-84 [20]

Lors de la coupe du monde féminine en 2010 [44] : le mécanisme de blessure le plus fréquent est représenté par le fait d'être plaqué : c'est plus de la moitié des blessures des arrières (52,4%) et 33,3% en moyenne. Les plaqueuses sont moins à risques avec seulement 5,1% des blessures.

Risk factor	Percentage of injuries (95% CI)		
	Forwards (n=18)	Backs (n=21)	All players (n=39)
<b>Match activity</b>			
Collision	11.1 (0 to 25.6)	9.5 (0 to 22.1)	10.3 (0.7 to 19.8)
Lineout	5.6 (0 to 16.1)	0.0 (–)	2.6 (0 to 7.5)
Maul	11.1 (0 to 25.6)	4.8 (0 to 13.9)	7.7 (0.7 to 16.1)
Ruck	22.2 (3.0 to 41.4)	9.5 (0 to 22.1)	15.4 (4.1 to 26.7)
Running	11.1 (0 to 25.6)	14.3 (0 to 29.3)	12.8 (2.3 to 23.3)
Scrum	5.6 (0 to 16.1)	0 (–)	2.6 (0 to 7.5)
Tackled	11.1 (0 to 25.6)	52.4 (31.0 to 73.7)	33.3 (18.5 to 48.1)
Tackling	5.6 (0 to 16.1)	4.8 (0 to 13.9)	5.1 (0 to 12.1)
Other	16.7 (0.6 to 33.9)	4.8 (0 to 13.9)	10.3 (0.7 to 19.8)

Tableau 2. 5. Distribution des blessures selon le mécanisme  
Source : Taylor : *British Journal of Sports Medicine* (2011): 1243-45. [44]

Au total, le plaquage est à l'origine de 38,3% des blessures recensées durant le mondial féminin. C'est un peu moins que leurs homologues masculins, mais il reste l'action la plus à risque.

En 2015, une étude dans le rugby amateur anglo-saxons [71] estime l'incidence des blessures à 15/1000 plaquages type « collision » (le plaqueur charge le joueur adverse avec une épaule, illégal) contre 2,3/1000 plaquages en général. Les blessures sur les plaquages collision sont plus importantes parmi les joueurs de niveau intermédiaire (34,9/1000 plaquages) puis de bas niveau (26,3) puis pour les meilleurs (7,3). L'incidence de blessure sur plaquage est calculée à 8,4/1000 heures-joueurs (IC95 : 7,8-9,0).

*Chez les jeunes joueurs :*

En 2017, une étude menée dans le rugby scolaire au Royaume-Uni [40], estime l'incidence des blessures à 29,06/1000 heures de match. Le plaquage est responsable du plus grand nombre de ces blessures, juste devant le fait d'être plaqué (50% des blessures).

Les trois sites les plus touchés, recensés dans l'étude sont : la tête et la face en première position

avec 23,9% des blessures, puis l'épaule et la clavicule avec 15,3% des blessures et enfin, le genou avec 13,1%.

Parmi les jeunes australiens [62] : une étude publiée en 2017 décrit que le fait de plaquer est à l'origine du plus de blessures recensées, suivi par le fait d'être plaqué, puis par les contacts. Ces trois phases de jeu totalisent 77% de toutes les blessures de cette étude.

#### *Méta-analyse :*

Dans une méta-analyse de 2013 [38] sur les blessures du rugby professionnel : l'incidence durant les matchs est calculée à 81/1000 heures-joueurs (IC95 : 63–105), et 3/1000 heures-joueurs (IC95 : 2–4) durant les entraînements.

Ici, c'est le plaqué qui apparaît comme le joueur le plus susceptible de se blesser (29 pour 1000 heures-joueurs, IC95 : 19–46). Tandis que le plaqueur n'arrive qu'en deuxième position des potentiels blessés avec une incidence à 19 /1000 heures-joueurs (IC95 : 12–29).

Les auteurs ont également mis en évidence un lien entre le niveau de jeu et l'incidence des blessures, puisqu'ils montrent qu'un niveau plus élevé serait associé à un plus fort risque de blessure.

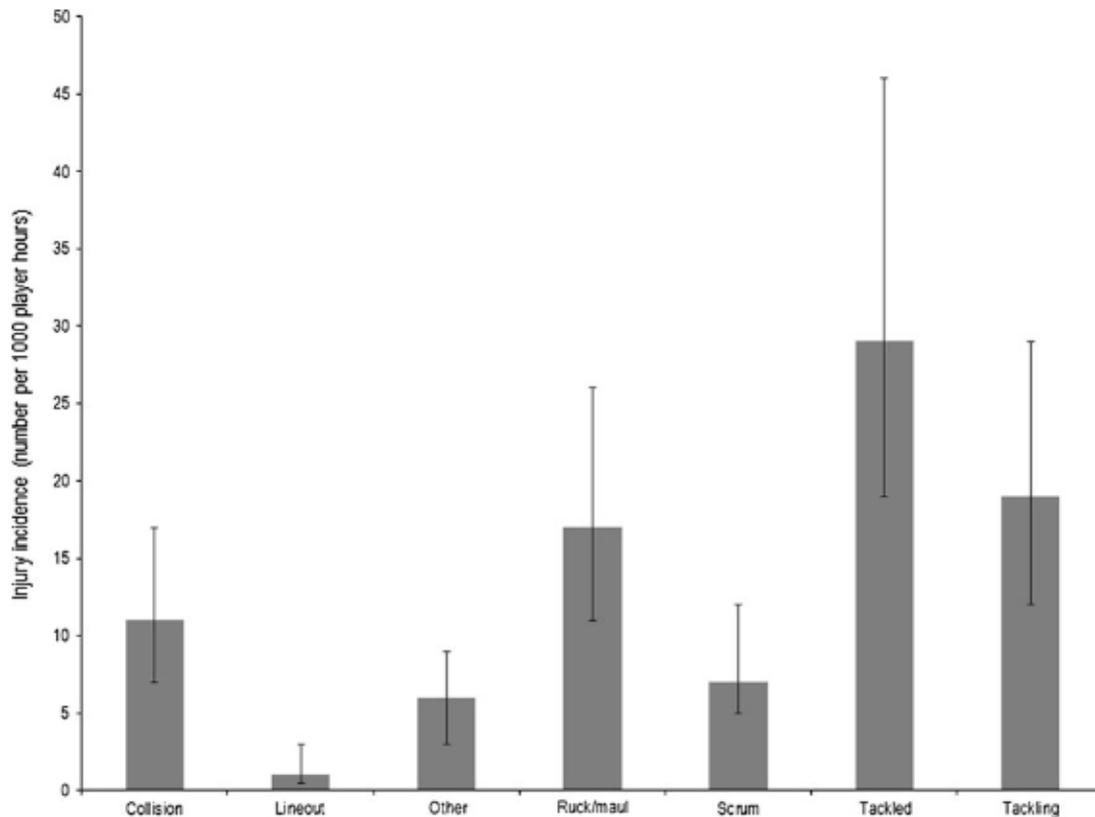


Figure 15. Incidence des blessures en fonction du mécanisme  
 Source : Williams, Sports Medicine (2013): 1043-55 [38]

Ils nuancent cette méta-analyse en rappelant que la notion de « blessure » est variable d’une étude à une autre : la définition de ce terme est choisie arbitrairement par chaque auteur, allant du simple recourt à l’équipe médical jusqu’à l’absence d’au moins 24h du joueur ou encore du fait de ne pas être disponible au prochain match ou entraînement, comme nous l’avions dit en avant-propos.

Pour comparer dans le **rugby à XIII** :

Dans une étude de 2012 [34], menée en Australie et en Nouvelle-Zélande, chez les professionnels, c’est le talonneur qui est le plus exposé avec  $26.3 \pm 10.2$  plaquages réussis et  $3.3 \pm 1.2$  ratés par match. Ici c’est le porteur de balle qui est le plus victime de blessures sur plaquages (53%). Et ce chiffre augmente lorsqu’il y a deux ou plus joueurs plaqueurs.

Gabbet en 2012 [37] met en évidence des facteurs de risques de blessure dans le rugby à XIII professionnel en Australie : les joueurs plus lourds, ceux ayant moins de capacité à maintenir une activité à haute intensité de course, les plus rapides et les moins « forts » musculairement au niveau du tronc avaient un risque statistiquement plus élevé de se blesser sur contact.

Par ailleurs, l'auteur identifie aussi le plaquage comme la cause la plus fréquente de blessures lors d'une action avec contact : notamment le fait d'être plaqueur (47.4 [IC95 = 38.0–59.1] pour 1000 heures) et d'être plaqué (30.0 [IC95 = 22.6–39.7] pour 1000 heures).

Dans une étude plus ancienne, de 1996 [50], au Royaume-Uni, la surveillance médicale sur 4 ans estime que les plaquages sont à l'origine de 46,3% et 21,3% des blessures, respectivement chez les plaqués et plaqueurs.

**Dans le rugby à VII :**

En 2002 [39] : l'incidence de blessures sur contact est estimée à 198/1000 heures-joueurs (IC95 : 108.3-333.3 ;  $p < 0.001$ ), sans différence entre les plaqués (70.9/1000 heures-joueurs (IC95 : 23.0-165.2) et les plaqueurs (70.9/1000 heures-joueurs (IC95 : 23.0-165.2).

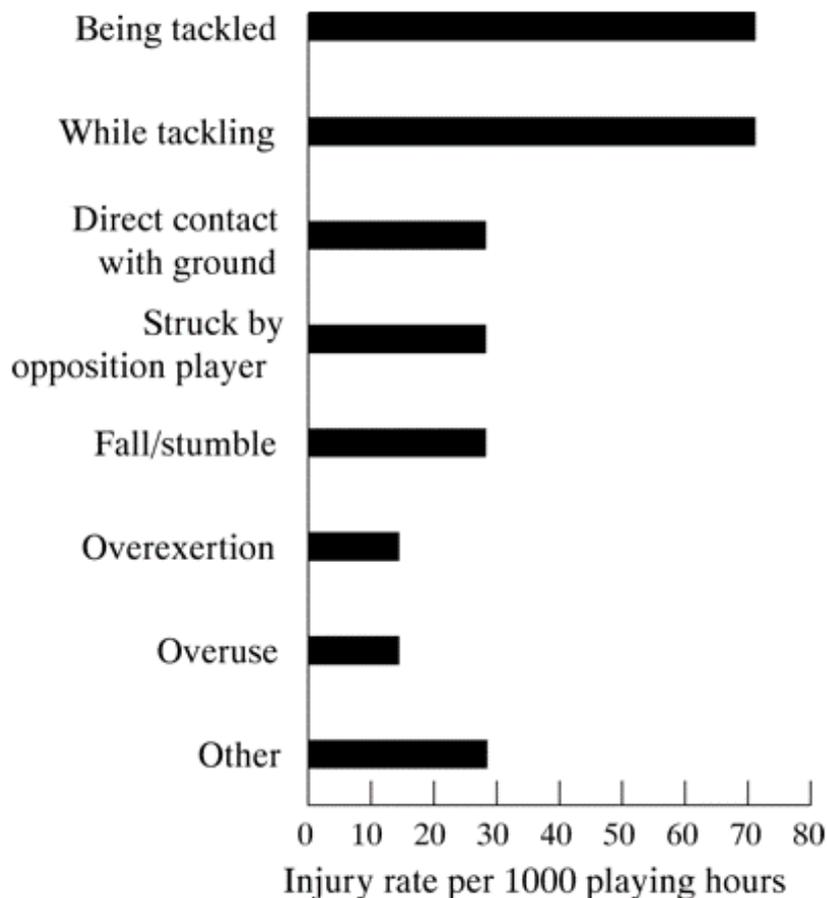


Figure 16. Incidence des blessures selon le mécanisme au rugby à VII  
 Source : Gabbett, *British Journal of Sports Medicine* (2002): 23-26 [39]

En 2016, une étude de surveillance des blessures de l'ensemble des tournois de VII au niveau de l'élite mondial [63], sur 3 années, met en évidence les risques du plaquage : 78,5% des blessures surviennent sur une phase de contact. En première mi-temps, le fait de plaquer est responsable de 39,0% des blessures chez les arrières et de 31,7% chez les avants. En 2<sup>e</sup> mi-temps, le chiffre est de 31,9% et 32,7% respectivement pour les arrières et les avants. Les joueurs plaqués sont blessés à 22,6% pour les arrières et 27,7% pour les avants en 1<sup>e</sup> mi-temps et à 17,9% et 21,8% respectivement en 2<sup>e</sup> période. Le plaquage est la première cause de blessures. Pour les arrières, les blessures lors de course représentent 30% du total en deuxième mi-temps.

Cet article conclue sur le risque de blessure qui est augmenté avec le niveau de fatigue : risque musculaire, et articulaire par un mécanisme de déficit en proprioception probable.

Ainsi, le plaquage est une action à risque dans toutes les formes de rugby avec contact : la part de blessures successives à un plaquage est variable de 24 à 74% selon les séries avec des chiffres le plus

souvent situés entre 40 et 60% de la totalité des blessures.

Encore une, fois, la variabilité de ces chiffres résulte de la définition du terme de « blessure » qui peut être différent d'une étude à une autre.

Par ailleurs, l'incidence de blessure sur plaquage est également variable de 2,3 à 33,9/1000 heures-joueurs dans la littérature.

*Au total :*

Le fait retrouvé dans quasiment tous les articles est que c'est cette action qui provoque le plus de blessures, tous niveaux, âges et sexes confondus.

Maintenant, intéressons-nous plus particulièrement à la commotion cérébrale (CC), avant de faire le lien entre cette dernière et le plaquage.

## **2) La commotion cérébrale, épidémiologie :**

Cette partie cherche à déterminer quelques éléments d'épidémiologie concernant la CC. Les études sont globalement plus récentes car les articles plus anciens ne différenciaient pas la CC des autres blessures à la tête et à la nuque (« head and neck »).

Brooks en 2005 [35] estime l'incidence de la commotion cérébrale à 4,4/1000 heure-joueur. Aucun mécanisme n'est rapporté quant à son origine.

En 2008, une étude dirigée sur trois saisons dans le championnat élite anglais (13 équipes incluses) [80] estime l'incidence des CC à 4,1/1000 heures-joueurs, imposant un repos moyen de 13 jours. Cela correspond à la troisième blessure la plus fréquente, tout poste confondu.

L'incidence de la CC durant les entraînements est calculée à 0,02/1000 heures-joueurs.

Dans une étude de 2009 [60] sur trois ans dans l'hémisphère Sud, et dans plusieurs niveaux de jeu : l'incidence des traumatismes cérébraux moyens (mild trauma brain injury) est estimée à 2,9 à 9,1 pour 1000 heures-joueurs pour les joueurs professionnels, à 0,6 à 5,0 pour 1000 heures-joueurs pour

les amateurs et environ 1,03 pour 1000 heures joueurs dans le milieu scolaire.

Voici une étude sur le rugby amateur au Royaume Uni, menée sur 3 saisons de 2009 à 2012 [41] :

l'auteur présente 3 groupes selon les catégories. Dans le groupe A sont placées deux catégories semi-professionnelles, dans le B le rugby amateur d'un certain niveau et dans le groupe C le rugby amateur de plus bas niveau (3 dernières divisions).

L'incidence « d'attention médicale » (appel de l'équipe médicale) est plus importante pour le groupe A par rapport aux autres, et au groupe B par rapport au C.

En ce qui concerne les blessures à la tête, il y a eu 55 appels au staff médical pour 1000 heures-joueurs, ce qui représente 24% de toutes les blessures ayant nécessité une aide médicale. Cette incidence est plus élevée parmi le groupe A (70/1000 heures-joueurs), comparé au groupe B (52/1000 heures-joueurs) et C (48/1000 heures-joueurs).

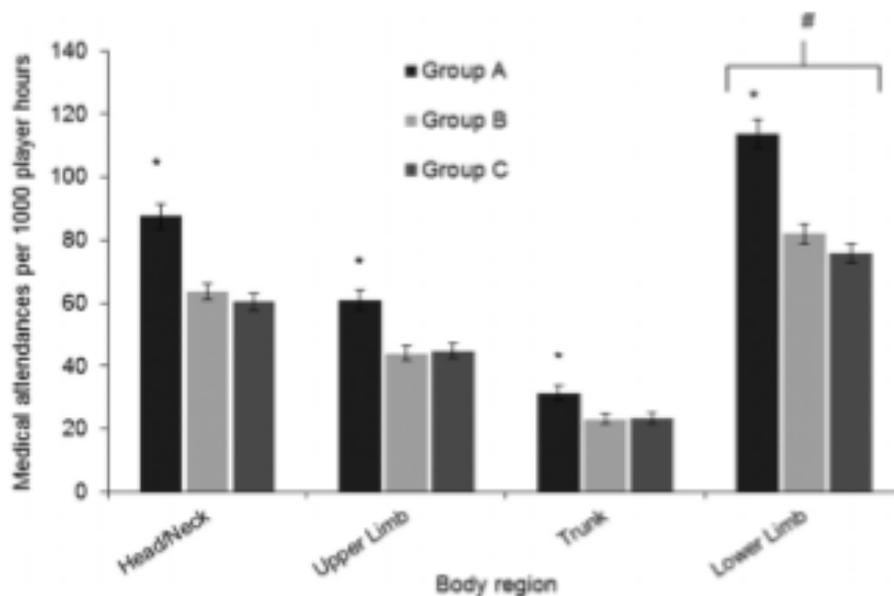


Figure 17. Incidence des interventions du staff médical en fonction du site blessé  
Source : Roberts, *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* ( 2014): [41]

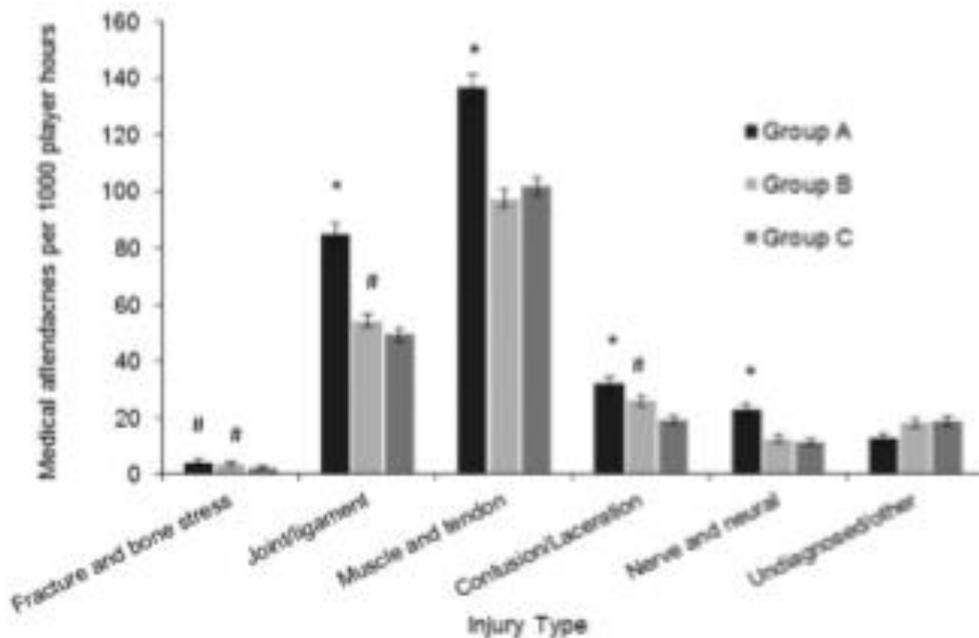


Figure 18. Incidence des interventions du staff médical en fonction du type de blessure  
 Source : Roberts, Orthopaedic Journal of Sports Medicine ( 2014): [41]

Une autre incidence intéressante est celle des joueurs sortis sur blessure à la tête : 8/1000 heures-joueurs. Ces blessures comprennent celles classées sous le terme « nerve/neural » : ce sont seulement 3% de toutes les blessures mais 42% des raisons de sortie du terrain.

L'auteur précise que les commotions ne sont pas spécialement mentionnées mais sont classées parmi « head » et « nerve/neural ».

Cette étude ne parle pas de mécanisme de blessure mais se penche sur le rugby amateur en général. L'incidence de sortie sur blessure à la tête se rapproche de l'incidence des commotions cérébrales en France dans le rugby professionnel.

En 2010 lors de la coupe du monde des féminines [44], une étude de surveillance a établi la commotion cérébrale comme la 3<sup>e</sup> blessure la plus fréquente (10% des blessures), juste après les entorses de genoux (15%) et de la cheville (13%).

Dans une étude de 2014 [43], faisant un point sur les blessures du rugby dans la littérature, il est rappelé une incidence de la commotion cérébrale dans le milieu du rugby scolaire de 21,5%, et de

20% en 1999 dans le Super 12 (championnat élite de l'hémisphère Sud).

L'auteur rappelle également les six « R » de l'ancien World Rugby (IRB) :

- Recognize : savoir reconnaître les symptômes de commotion cérébrale
- Remove : sortir du terrain au moindre doute
- Refer : consulter un spécialiste
- Rest : se reposer le temps nécessaire en cas de diagnostic avéré
- Recover : l'absence de tout symptôme est indispensable au retour au jeu
- Return : autorisation donnée par un professionnel de santé

En 2017, une étude anglo-saxonne sur le rugby amateur et semi-pro [54] évalue les blessures à la tête : l'incidence de la commotion cérébrale est de 1.46/1000 heures-joueurs, sans différence entre les différents niveaux de jeu. C'est l'étiologie la plus fréquente parmi les blessures à la tête entraînant une indisponibilité du joueur (60% des blessures, contre 15% de fractures et 12% de pathologies cutanées).

Parmi les joueurs blessés, parmi les plaqueurs, ce sont les troisièmes lignes ont un risque plus important et de manière significative de subir une commotion cérébrale (RR : 2.05; IC95 : 1.57-2.52). Cette différence n'est plus lorsqu'on compare les avants et les arrières.

Dans cette même série [59], les contacts sont à l'origine de 80% des blessures, avec le plaquage comme le plus fréquent. La CC représente 7% de toutes les blessures, mais elle pourrait être sous diagnostiquée dans le milieu amateur à cause d'un manque de connaissance des symptômes et de la peur d'être éloigné des terrains plusieurs semaines.

Toujours dans le rugby anglais, une étude de 2016 parmi les joueurs de l'élite [56] sur 2 saisons, montre une incidence de la CC à 8,9/1000 heures-joueurs (6,8 durant la saison 12/13 et 11,0 durant la saison 13/14).

Cette étude se penchait sur les récives de blessures, et indique qu'un joueur commotionné une fois, a un risque de 60% de se blesser à nouveau, à n'importe quel endroit sans limite de temps, par rapport à un joueur n'ayant jamais eu de CC (IC95 : 1.4-1.9). Depuis, l'incidence des commotions cérébrales dans le rugby anglais professionnel n'a cessé de progresser, atteignant la saison dernière un niveau de 20 commotions pour 1000 joueurs/heures

Figure 3

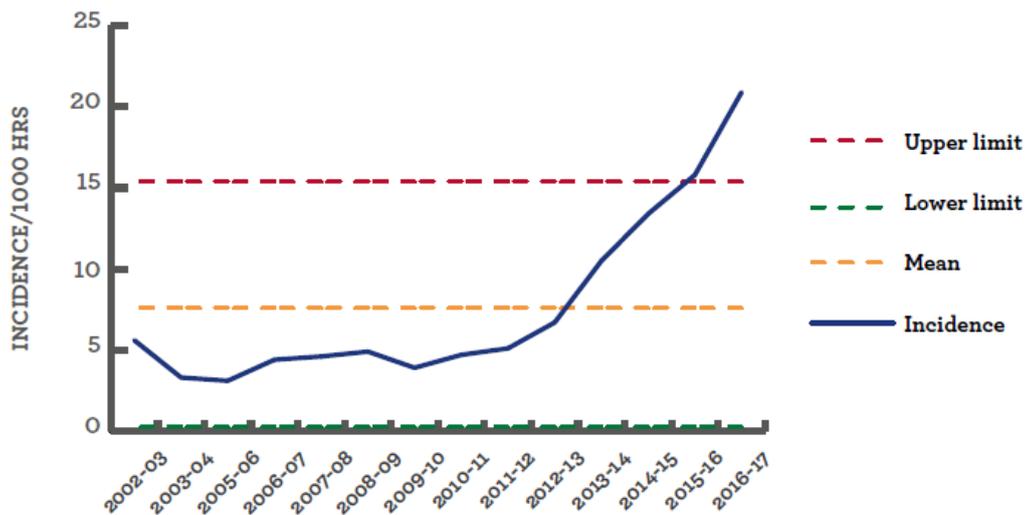


Figure 3: Incidence per 1000 player hours of reported match concussions by season with mean  $\pm$  2 standard deviations.

Source : Cross, ». *British Journal Sports Medicine* (2016): 926-31 [56]

En 2016 toujours, une étude américaine [68] rétrospective sur 10 ans, a répertorié les passages aux urgences suite à une blessure survenue en jouant au rugby. Les sites de blessures les plus fréquents sont la tête (17,4%), la face (15,4%), l'épaule (14,7%) et le cheville (10%). Parmi les blessures à la tête, la CC en représente 40% (soit 7% de toutes les blessures), les pathologies cutanées 15,3% et les contusions 6,7%.

En 2015, Fuller [46] compare l'incidence de la commotion cérébrale entre le rugby à VII et à XV dans plusieurs compétitions de haut niveau :

**Table 1** Exposures (player-match-hours) and numbers and incidences of concussion for Rugby-7s and Rugby-15s competitions

Competition	Exposure* Player-hours	Concussions			Incidence* Concussions/1000 player-hours (95% CI)
		Backs	Forwards	All players	
<b>Rugby-7s</b>					
Sevens World Series	4086	21	13	34	8.3 (5.9 to 11.6)
Tournaments with a further tournament played in the following week	2022	8	2	10	4.9 (2.6 to 9.1)
Tournaments with no tournament played in the following week	2064	13	11	24	11.6 (7.8 to 17.3)
<b>Rugby-15s</b>					
English Premiership	31 745	68	78	146	4.6 (3.9 to 5.4)
Rugby World Cup	3840	9	11	20	5.2 (3.4 to 8.1)
Junior World Championship	6100	7	13	20	3.3 (2.1 to 5.1)
Junior World Rugby Trophy	2080	6	4	10	4.8 (2.6 to 8.9)
Pacific Nations Cup	560	3	0	3	5.4 (1.7 to 16.7)

\*Exposure and incidence values relate to "All players".

Tableau 2. 6. Exposition et incidence de CC entre rugby à VII et rugby à XV  
Source : Fuller, *British Journal of Sports Medicine* (2015): 478-83 [46]

Ainsi, l'incidence des commotions à VII est calculée à 8,3/1000 heures-joueurs, dont 9,0 pour les arrières et 7,4 pour les avants. Pour le rugby à XV, elle est nettement plus basse avec « seulement » 4,5/1000 heures-joueurs (sans différence entre les arrières et les avants). Cette incidence est significativement plus élevée à VII, avec un risque relatif de 1,84 (IC95 : 1,28-2,65,  $p < 0,001$ ) par rapport au XV.

#### *Rugby scolaire et chez les jeunes joueurs :*

En 2017, la surveillance des blessures chez les jeunes irlandais dans le milieu scolaire [40] recense 6,01 commotions cérébrales pour 1000 heures-joueurs.

Chez les jeunes, lors d'une surveillance des blessures, par vidéo, dans un tournoi de moins de 18 ans en Afrique du Sud [49], sur trois années : 18 commotions ont été signalées mais seulement 10 ont pu être analysées avec la vidéo. Cela représente environ 11% du total des blessures.

Sur ces 10 commotions, les avants sont autant touchés que les arrières. L'incidence est de 5,78/1000 heures-joueurs en moyenne sur les trois ans, avec un pic en 2013 à 9,53/1000 heures-joueurs, sans hypothèse particulière pour expliquer cette augmentation (3,8 et 3,9/1000 heures-joueurs en 2011 et 212 respectivement).

Il existe un contact direct sur la tête du joueur blessé dans chaque cas de commotion analysé à la vidéo.

Une autre étude chez les jeunes sud-africains [55] entre 2011 et 2014, incluant 531 matchs, indique une incidence de la CC à 6.8/1000 heures-joueurs. Les moins de 13 ans et les moins de 16 ans ont une incidence plus importante que les moins de 18 ans, avec un risque relatif, respectivement de 1,5 et 1,7 avec  $p=0,09$  et  $p=0,03$ .

Parmi les différents postes, le talonneur et les troisième lignes ont une incidence de CC plus importante et ceci de manière significative ( $p<0,05$ ).

En 2016, une étude concernant le rugby scolaire en Australie [61] estime l'incidence des blessures à 31,8/1000 heures-joueurs (IC95 25,4-39,4). Celle de la CC est à 6,0/1000 heures-joueurs (IC95 : 3,5-9,6). Les joueurs les plus âgés se blessent plus et les événements conduisant le plus à une blessure sont le fait de plaquer ou d'être plaqué. C'était une étude comportant 80 cas.

Sur une série plus grande (332 blessures) mais toujours sur le rugby scolaire en Australie [62], le même auteur décrit une incidence de blessure à 23,7/1000 heures-joueurs (IC95 : 21,2-26,3). Il y a eu 61 cas de suspicions de commotion, ce qui donne une incidence de 4,3/1000 heures-joueurs (IC95 : 3,6-5,5).

Une étude chez les universitaires (NCAA) américains [67] en 2009, montre une incidence de blessure 16,9/1000 heures-joueurs chez les hommes et 17,1 chez les femmes. Pour la CC, cette incidence est de 2,16/1000 heures-joueurs chez les hommes contre 1,58 chez les femmes. Les auteurs précisent que le diagnostic de CC est à prendre avec des précautions puisqu'il n'a pas toujours été posé par un professionnel de santé.

Une revue de la littérature de 2015 sur le rugby chez les jeunes (enfants ou adolescents) [64] joueurs incluant 20 études sur le rugby à XV, 3 sur le XIII et deux dont le statut est inconnu : le premier constat réside dans la définition de la CC et des blessures, qui est variable d'une étude à l'autre. Ceci donne une incidence de la CC allant de 0,2 à 6,9/1000 heures-joueurs pour le XV et de 4,6 à 14,7/1000 heures-joueurs pour le XIII. Ceci donne une probabilité de survenue de CC sur une saison de 0,3 à 11,4% à XV et de 7,7 à 22,7% à XIII.

### *Méta-analyse :*

Dans une méta-analyse de 2014 [51] incluant 37 études, l'incidence moyenne de la commotion cérébrale durant les matchs est calculée à 4,73/1000 heures-joueurs. Celle durant les entraînements est estimée à 0,07/1000 heures-joueurs. Durant les matchs, les arrières ont un chiffre légèrement plus élevé avec une incidence de 4,85 contre 4,02 pour les avants. Chez les femmes, le chiffre est de 0,55/1000 heures-joueurs et à VII à 3,01/1000 heures-joueurs.

### **Au rugby à XIII :**

Une étude datant [50] de 1996 sur quatre ans, a recensé 35 commotions. Ceci correspond à une incidence de 8/1000 heures de jeu en match et représente 6 à 11% de toutes les blessures.

Une méta-analyse plus récente (2015) estime cette incidence entre 8,0 à 17,5/1000 heures-joueurs. [53]

### **Au rugby à VII :**

Une étude américaine de 2016 [52], de 2010 à 2013, incluant des hommes et des femmes, de 13 à 46 ans, de plusieurs niveaux (13644 joueurs), évalue l'incidence de la commotion cérébrale à 7,7/1000 heures-joueurs. Les avants ont un chiffre à 4,3 et les arrières 9,5/1000 heures-joueurs. Il n'y a pas de différence significative entre les hommes et les femmes (respectivement 7,6 et 8,1,  $p = 0,593$ ).

Parmi les niveaux de jeu, les commotions sont plus fréquentes lorsque le niveau est plus élevé (élite comparée aux amateurs de bas niveaux : risque relatif à 5,4,  $p = 0,001$ ).

Parmi les joueurs qui ne sont pas en élite, les arrières sont plus touchés que les avants : 7,7 contre 3,6/1000 heures joueurs respectivement. Le risque relatif pour est estimé à 1,28 ( $p = 0,024$ ).

A contrario, il n'y a pas de différence significative entre les postes parmi les joueurs de l'élite.

Une étude de surveillance des blessures récente [63] sur le tour mondial à VII indique une incidence de blessure à 108,3/1000 heures-joueurs (121,0 pour les arrières et 91,5 pour les avants, différence significative entre ces deux types de joueurs). Les blessures les plus fréquentes sont les entorses du genou (13,0%), de la cheville (12,8%) et la CC (10,4%). Cette dernière montre une augmentation significative durant la période de l'étude. C'est expliqué par les auteurs par une prise de conscience

de ce diagnostic par les joueurs, le staff technique et médical, et l'introduction d'un protocole en 2013/2014.

*Au final :*

Au total, l'incidence de la commotion varie de 0,2 à 11,0/1000 heures-joueurs dans ces différents articles. Le chiffre le plus bas est de 0,07/1000 heures-joueurs, mais ceci correspond à une incidence durant les entraînements.

La CC représente 3 à 21,5% des blessures selon les séries.

Il est intéressant de retenir qu'un joueur commotionné a un risque de blessure supérieur de se blesser (1,4 fois plus) par rapport à un autre qui n'aura jamais subi de CC.

### 3) La place de la commotion parmi les blessures dues au plaquage

Selon l'étude de Sparks en 1985 [28], le deuxième site de blessures, sur plaquage, le plus commun est désigné par « head and neck » avec 49 CC recensées sur les 3 ans de jeu, derrière les blessures du membre inférieur. Ces dernières correspondent au diagnostic le plus porté parmi le groupe « head and neck ».

On peut observer la prépondérance de blessures de la tête et du cou parmi plusieurs études [29]

SITE OF INJURY PERCENT						
	Weightman and Browne (1974)	Adams (1977)	O'Connell (1954)	Davies and Gibson (1978)	Davidson (1978)	Allemandou (1971)
Head & Neck	30.6	16.1	23.8	24.5	37.9	18.3
Upper Limb	22.1	32.3	31.2	22.5	28.3	28.4
Trunk	11.6	11.2	11.2	10.6	6.5	13.4
Lower Limb	35.7	40.4	33.8	42.4	27.3	39.9
Number of cases	1,944	1,000	600	151	757	10,510

Tableau 2. 7. Site de blessures dans plusieurs articles  
Source : Sparks, *British Journal of Sports Medicine* (1981): 30–32 [29]

On notera que le membre inférieur est le site le plus souvent touché, et que la tête et le cou arrivent en deuxième position ou troisième position (une seule fois en premier en 78).

#### *Hémisphère Sud :*

Selon Fuller [6] : la commotion est également la deuxième blessure la plus courante pour le plaqueur, après les lésions ligamentaires à l'épaule. Il retrouve 14 commotions sur une série de 497 événements médicaux soit 3%.

Dans l'étude de Bird en 98 [31] en Nouvelle-Zélande, sur l'épidémiologie des blessures dans le rugby à plusieurs niveaux (scolaires, jeunes, séniors, femmes et hommes) : la commotion cérébrale représente 4,5% des blessures identifiées. Elles surviennent dans 64% des cas sur un plaquages : 46% pour le plaqueur, 36% pour le porteur de balle et 18% pour les joueurs de soutien.

L'étude a été menée sur toute la saison 93, et est en accord avec les autres chiffres trouvés dans la littérature en ce qui concerne la phase de jeu responsable.

Dans l'étude de surveillance menée en 1993 en Nouvelle-Zélande, dans le milieu professionnel [45] : la commotion cérébrale représente 8% des blessures sur plaquages. C'est également 11% de blessures du plaqueur (n= 9) et 5% des blessures du plaqué (n= 4).

Ici c'est donc le plaqué qui est le plus victime de commotion cérébrale.

Dans l'étude de Fuller de 2015 [46], le plaquage est encore la principale cause de commotion cérébrale, dans le rugby à VII : 47,6% pour les arrières, 38,5% pour les avants et 44,1% en moyenne pour tous les joueurs.

A XV, plaquer est à l'origine de 31,4% des commotions, soit encore une fois la première cause. Les arrières sont sujets à cette blessure dans 33,3% des cas et les avants dans 29,7%.

Cependant, si on regarde par groupe de joueurs, les avants sont plus susceptibles de subir une commotion lors de collisions (43,6% ; 31,1% pour les arrières et 37 ;7% en moyenne pour tous les joueurs). Ceci est à nuancer, puisque si on ajoute les valeurs « tackling » et « tackled », pour former un sous-groupe comprenant tous les plaquages, c'est cette action qui sera la plus à même de causer des commotions cérébrales.

**Match activities responsible for concussion injuries as a function of match format (Rugby-7s, Rugby-15s) and playing position (backs, forwards, all players)**

Match activity	Proportion of concussion injuries, % (95% CI)						Risk ratio (95% CI)	
	Rugby-7s (n=34)			Rugby-15s (n=191)			Backs vs forwards	
	Backs (n=21)	Forwards (n=13)	All players (n=34)	Backs (n=90)	Forwards (n=101)	All players (n=191)	Rugby-7s	Rugby-15s
Collision	19.0 (2.3 to 35.8)	30.8 (5.7 to 55.9)	23.5 (9.3 to 37.8)	31.1 (21.5 to 40.7)	43.6 (33.9 to 53.2)	37.7 (30.8 to 44.6)	0.62 (0.19 to 2.06)	0.71 (0.49 to 1.04)
Maul	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	1.0 (0 to 2.9)	0.5 (0 to 1.5)	-	0.00 (-)
Ruck	0.0 (-)	7.7 (0 to 22.2)	2.9 (0 to 8.6)	6.7 (1.5 to 11.8)	9.9 (4.1 to 15.7)	8.4 (4.4 to 12.3)	0.00 (-)	0.67 (0.25 to 1.78)
Scrum	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	0.0 (-)	1.0 (0 to 2.9)	0.5 (0 to 1.5)	-	0.00 (-)
Tackled	33.3 (13.2 to 53.5)	15.4 (0 to 35.0)	26.5 (11.6 to 41.3)	25.6 (16.5 to 34.6)	10.9 (4.8 to 17.0)	17.8 (12.4 to 23.2)	2.17 (0.53 to 8.88)	2.35* (1.21 to 4.54)
Tackling	47.6 (26.3 to 69.0)	38.5 (12.0 to 64.9)	44.1 (27.4 to 60.8)	33.3 (23.6 to 43.1)	29.7 (20.8 to 38.6)	31.4 (24.8 to 38.0)	1.24 (0.54 to 2.81)	1.12 (0.74 to 1.71)
Other	0.0 (-)	7.7 (0 to 22.2)	2.9 (0 to 8.6)	3.3 (0 to 7.0)	4.0 (0.2 to 7.8)	3.7 (0.1 to 6.3)	0.00 (-)	0.84 (0.19 to 3.66)

*Tableau 2. 8. Phase de jeu responsable de commotion cérébrale selon le jeu et le poste  
Source : Fuller, British Journal of Sports Medicine (2015): 478-83 [46]*

Ce tableau issu de cette étude récapitule les incidences de commotion en fonction des actions de jeu et des postes.

On note que le plaqueur est plus à risque que le plaqué dans chaque sous-groupe, et que les arrières le sont également plus que les avants.

#### *Hémisphère Nord :*

En 2008, Kemp [80] indique que les CC survenant en Premiership (3 saisons, 13 clubs) surviennent à 28% durant l'action de plaquage (plaqueur blessé), à 20% lors de contacts (« collisions »), et à 19% lorsque le joueur est plaqué.

Ceci nous apporte un total de 47% de CC sur plaquage.

Roberts [54] en 2017, dans son étude menée dans le rugby amateur au Royaume-Uni, estime que les commotions se produisent dans 38% des cas chez le plaqueur et dans 36% des cas chez le plaqué (soit 74% de commotions durant un plaquage).

En restant dans l'hémisphère Nord, une étude de 2016 chez les joueurs élites de Premiership [56] indique que le plaquage est responsable du plus grand nombre de CC : avec 30% des cas chez les plaqueurs et 28% chez les plaqués.

En 2017, Tucker [57] étudie les vidéos d'un programme de surveillance des blessures dans l'élite de l'hémisphère Nord. Il comptabilise 611 vidéos d'évènements ayant mené à un protocole HIA, dont 464 sur plaquages (sortie du joueur pour suspicion de CC). Ces derniers représentent 76% de tous les protocoles HIA de l'étude.

Parmi les résultats, il montre que 72% des sorties pour suspicions de CC arrivent chez les plaqueurs (et 28% pour les plaqués).

L'incidence des protocoles HIA est de 1,94/1000 plaquages, soit la plus importantes comparées aux autres actions de jeu avec contact et au jeu ouvert.

Avec cette même série, il effectue plusieurs analyses [58] :

Event	HIA event	Average events per match	Propensity (95% CI), HIAs per 1000 events	HIA period (95% CI), matches per HIA event
Tackles	464	158	1.94 (1.77 to 2.12)	3.1 (2.8 to 3.4)
Kick contests	14	5.9	1.57 (0.93 to 2.65)	108.3 (64.1 to 182.9)
Mauls	11	10.4	0.70 (0.39 to 1.26)	137.8 (76.3 to 248.9)
Scrum	9	16.3	0.36 (0.19 to 0.69)	168.4 (87.6 to 323.7)
Rucks	73	162.9	0.30 (0.24 to 0.37)	20.8 (16.5 to 26.2)
Lineouts	2	25.2	0.05 (0.01 to 0.20)	758.0 (189.6 to 3030.9)
Open play	38	n/a	n/a	n/a

HIA, head injury assessment; n/a, not applicable.

Tableau 2. 9. Actions de jeu responsables de protocoles HIA  
Source :Tucker, *British Journal of Sports Medicine* (2017): 1147-51. [58]

Parmi les différents postes, les ailiers ont le risque de subir un protocole HIA le plus bas (1 tous les 147,9 matchs), au contraire des demis d'ouverture qui ont le plus élevé.

Position	HIA events	Tackles/ player/ match	Propensity (95% CI), HIAs per 1000 tackles	Matches/HIE/player
<b>Backs</b>				
Fly-half	44	4.95	2.93 (2.18 to 3.94)	68.9 (51.3–92.6)
Scrum-half	36	3.80	3.12 (2.24 to 4.33)	84.2 (60.7–116.7)
Centre	68	5.83	1.93 (1.52 to 2.45)	89.2 (70.3–113.1)
Full-back	31	2.05	4.99 (3.51 to 7.10)	97.8 (68.8–139.1)
Wing	41	2.65	2.55 (1.88 to 3.46)	147.9 (108.9–200.9)
<b>Forwards</b>				
Hooker	38	6.93	1.81 (1.32 to 2.49)	79.8 (58.1–109.7)
Number 8	33	6.38	1.71 (1.22 to 2.41)	91.9 (65.3–129.3)
Prop	59	5.51	1.76 (1.36 to 2.27)	102.8 (79.7–132.7)
Lock	56	6.08	1.52 (1.17 to 1.98)	108.3 (83.3–140.7)
Flanker	54	7.38	1.21 (0.93 to 1.58)	112.3 (86.0–146.6)

HIA, head injury assessment.

Tableau 2. 10. Probabilité de protocole HIA en fonction du poste  
Source :Tucker, *British Journal of Sports Medicine* (2017): 1147-51. [58]

Au total, les arrières (2,62 HIA/1000 plaquages ; IC95 2,29-2,98) ont un risque significatif supérieur à celui des avants (1,54/1000 plaquages ; IC95 1,36-1,75), sur les plaquages, de sortir pour suspicion de CC (RR 1,54, IC95 : 1,28-1,84).

Dans les autres phases de jeu, ce sont les avants qui sont le plus à risque.

La probabilité de déclencher un protocole HIA est plus importante lorsque la tête du plaqueur entre en contact avec la tête du plaqué, puis par le coude, et le genou. Le risque le moins important survient quand la tête du plaqué touche le torse du plaqué.

#### *Chez les jeunes joueurs :*

Une étude menée en Afrique du Sud, en 2014 chez les jeunes (moins de 18 et moins de 13) [47], durant plusieurs tournois sur deux années différentes, indique que les blessés sur plaquages le sont tout d'abord au niveau d'une articulation (29%). Les contusions (22%) sont la deuxième blessure la plus fréquente dans ce cas, suivie par les pathologies musculaires (15%), les commotions à hauteur de 10% puis les pathologies cutanées (10%).

Toujours chez les jeunes d’Afrique du Sud [48] : le plaquage est décrit comme à l’origine de 50% des commotions recensées dans cette étude (seulement 10). Par ailleurs, les rucks sont également pourvoyeurs avec 4 commotions sur les 10.

Et encore une étude chez les jeunes sud-africains [55] en 2017 décrit le plaquage comme pourvoyeur de CC, et en est responsable de 62%, avec un risque majoré pour le plaqueur : RR à 4,3 et de manière significative ( $p < 0,001$ ).

La surveillance sur plusieurs années d’un tournoi de moins de 18 ans en Afrique du Sud [68] indique que la CC correspond à 12% des blessures du plaqueur et 4% des blessures du plaqué.

#### **Rugby à VII :**

L’étude américaine de 2016 [52] : le fait de plaquer est à l’origine de 38,8% des commotions cérébrales, et le fait d’être plaqué 23,9% (collisions : 23,9%, rucks 9,0% et autres phases de jeu 4,5%).

Parmi les avants, plaquer cause 47,1% des commotions et être plaqué 17,6%. Et parmi les arrières, plaquer cause 40,0% des commotions et être plaqué 20,0%.

Toutes les blessures surviennent dans le contexte d’un impact avec le sol ou un autre joueur.

Les plaquages de face impliquent le plus de traumatismes avec 45,6% des commotions, suivis par ceux de côté (37,8%) et ceux de dos (17,5%)

#### **Rugby à XIII :**

Dans une méta-analyse de 2015 [53], 39 articles sont inclus et le plaquage est identifié comme la cause la plus fréquente de commotion cérébrale, avec une plus forte tendance à se blesser pour les plaqueurs que les plaqués, tous comme les avants par rapports aux arrières.

Lorsque le porteur de balle se blesse, il est plus souvent plaqué aux épaules ou dans la partie haute du torse, en dehors de son champ de vision et quand il y a deux plaqueurs ou plus.

Une étude de 2014 [65] menée dans l’hémisphère Sud chez les professionnels décrit un taux de CC

plus important lors des plaquages : l'action de plaquer est à l'origine de 64,4% des blessures et le joueur plaqué est blessé dans 23,9% des cas.

*Au total :*

Pour finir, les plaquages sont responsables de 8 à 64% des CC, et jusqu'à 76% de protocoles HIA dans l'étude de Tucker [57].

Parmi ces joueurs, c'est plus souvent les plaqueurs qui est commotionné, avec un risque plus élevé pour les arrières que pour les avants.

### III.PREVENTION ET TECHNIQUES DE PLAQUAGES

Nous avons vu que le plaquage est une action à risque de blessure et notamment de CC. Ce constat a été fait par les fédérations au travers le monde, par World Rugby et par le monde scientifique.

Face à cela, la question de la prévention est légitime. Plusieurs stratégies ont été adoptées et évaluées, dans le but de faire diminuer l'incidence de la CC.

Les articles suivants nous décrivent ces actions de préventions, via les programmes de préparation physique, le matériel de protection ou encore de manière assez récente : l'analyse technique, notamment par la vidéo.

Nous commencerons par faire un tour d'horizon des programmes de prévention.

#### 1) Programme de prévention

Ces programmes ont pour but d'établir une préparation physique particulière, certains axés sur des types d'exercices particuliers (proprioception, pliométrie, résistance) ou sur un travail centré sur la technique (technique de plaquage par exemple). Cette préparation aurait un rôle dans la diminution de l'incidence des blessures. C'est du moins l'effet secondaire le plus recherché.

Il existe plusieurs programmes nationaux dans l'hémisphère Sud, qui seront détaillés dans certains articles par la suite.

##### *Hémisphère Sud :*

La première de ces études se penche sur la technique de plaquage et la compare selon les différents programmes existants, justement dans l'hémisphère Sud. [48]

Le plaquage est une action dite balistique : elle se prépare, et s'exécute avec la phase de contact, s'en suit le déroulement du plaquage, et se termine par une phase de récupération. Cette notion de balistique se retrouve dans la littérature.

Par ailleurs, ici, il est comparé la technique d'exécution du plaquage de face :

NZRU RugbySmart 2008	NZRU RugbySmart 2007	ARU SmartRugby 2008	SA Rugby BokSmart	NZ LeagueSmart
1. Sight target	Sight Target	Position the ball carrier	Track the attacking player	Sight Target
2. Move forward into tackle	Position inside the ball carrier	Approach in an upright position with hands up in front, and thumbs up	Stay square to your opponent for as long as possible	Hands above waist, elbows in
3. Move slightly inside the ball-carrier (inside shoulder)	Run in pre-tackle stance	Sight the target – above the knees	Run towards your attacking player's inside shoulder	Move in close to the runner
4. Face up!	Chin up	Balance and dip the body late, keeping the head up, looking forward	Deny them space	Keep your eyes on the target
5. Keep feet alive and position lead foot close to ball carrier	Eyes open	Place lead foot in close	Shuffle and do not cross your feet	Head up and away to the side
6. Drive with legs to make firm contact with the shoulder and with the head to the side	Back straight	Position head to the side of opponent (ear against thigh), and look forwards	Keep your face up during the tackle	Contact with your lead shoulder
7. Punch arms forward and wrap around the ball-carrier	Hands above hips	Drive with legs and make firm contact with front shoulder	Keep your eyes open and sight your target	Wrap arms "Bear hug"
8. Continue power drive through to complete the tackle	Go forward	Wrap arms and lock (hand to elbow), cheek to thigh (no gaps) and squeeze	Focus on the core of the attacker	
9. Regain feet and recover ball	Zero in on target	Finish on top of the ball carrier	Keep your spine in line	
10.	Drive with legs to make firm contact with the shoulder on the target Head behind ball carriers body	Quickly regain feet	Align your head outside of the tackler and not in front	
11.	Lock on with the arms around the ball carrier		Shorter, faster steps as you approach	
12.	Continue power drive		Keep your elbows low and hands up (boxer stance)	
13.	Regain feet		Dip and step into the tackle with lead foot	
14.	Recover ball		Punch and wrap the arms(hit-and-stick)	
15.			Maintain leg drive into the tackle	
16.			Once on the ground, regain feet quickly	
17.			Compete for the ball	

Figure 119. Les directives techniques à l'intention des coachs dans le plaquage de face  
Source : Hendricks, *International Journal of Sports Science & Coaching* (2010): 117–35 [48]

Les programmes sont originaires de Nouvelle-Zélande (NZRU Rugbysmart), Australie (ARU SmartRugby), Afrique du Sud (Rugby BokSmart), et du XIII néo-zélandais (LeagueSmart).

Les consignes techniques sont grossièrement identiques. C'est ces points techniques que nous retrouverons dans la grille d'évaluation des vidéos de l'étude présentée ci-après.

L'auteur conclut son article en insistant sur le fait que maîtriser la technique de plaquage théorique par les coachs, permet ensuite de la transmettre aux joueurs. L'amélioration de cette technique serait une clé pour réduire l'incidence des blessures selon lui.

Dans une étude de 2009 sur l'évaluation de « RugbySmart » en Afrique du Sud [76] : les auteurs démontrent une diminution des blessures sur les actions de jeu abordées dans ce même programme de prévention (plaquage, mêlée, rucks, comportement) entre 96-98 et 2005 (début du programme 2001).

Tableau 3.1. Evolution du comportement des joueurs après introduction du programme de prévention

Source : Gianotti, *Journal of Science and Medicine in Sport* (2009): 371-75. [76]

Behaviour at practice as reported by players

Behaviour	1996			1997			1998	2005		
	Fwds (%), n = 105	Back (%), n = 96	Total (%) (90% CI), n = 203	Fwds (%), n = 79	Back (%), n = 55	Total (%) (90% CI), n = 135	Total (%) (90% CI), n = 216	Fwds (%), n = 318	Back (%), n = 250	Total (%) (90% CI), n = 573
Warm-up	84	84	84 (80–88)	84	82	83 (78–88)	100	98	98	98 (97–99)
Cool-down	49	48	48 (42–54)	66	53	61 (54–68)	67 (62–72)	78	83	80 (77–83)
Safe tackle	45	46	45 (39–51)	48	51	49 (42–56)	56 (50–62)	84	87	86 (84–88)
Safe ruck	39	40	39 (33–45)	39	36	38 (31–44)	41 (36–46)	69	68	68 (65–71)
Safe scrum	70	50	61 (55–67)	73	45	62 (55–69)	59 (54–64)	93	59	78 (75–81)

Fwds: forwards; back: backs.

Le tableau ci-dessus (3.1) indique des changements de comportement après la mise en place du RugbySmart. On notera que la quasi-totalité des joueurs participent à l'échauffement ce qui n'était pas le cas auparavant, et que les actions avec contacts jugées plus sûres, sont également plus nombreuses.

#### Hémisphère Nord :

En 2017, une étude prospective randomisée, menée dans le Royaume-Uni [96], tente de montrer l'efficacité d'un programme de prévention spécifique au rugby, en termes de réduction de blessures (« rugby-specific movement control programme »), chez les amateurs (niveaux 3 à 9, 3 étant un niveau semi-professionnel et 9 loisir).

Le programme en question comprenait des exercices de proprioception, de renforcement musculaire, de mobilité, plus particulièrement centrés sur les membres inférieurs, les épaules et la tête et le cou. Le bras « contrôle » de l'étude avait un programme comprenant des exercices dynamiques avec des étirements et des exercices en résistance ne ciblant pas une partie du corps en particulier (maintien de l'aveugle).

L'étude a été menée de juillet 2015 à Mai 2016, avec 41 clubs dans le bras intervention et 40 dans le bras contrôle. La moyenne des blessures par club (absence supérieure à 8 jours) a été mesurée à 5,5 pour le bras intervention et 7,0 pour les clubs contrôle.

Il y a eu 47 blessures à la tête et au cou dont 45 CC, avec une diminution de 60% du risque de CC dans le groupe intervention : RR 0,4 avec IC90 : 0,2-0,7.

La compliance des deux groupes s'avère bonne (85% dans le groupe intervention et 83% dans le groupe contrôle).

Les auteurs concluent donc au bénéfice d'un tel programme sur la prévention de la CC, mais il n'y a par contre pas de différence significative concernant l'ensemble des blessures cibles (membres inférieurs, épaules, et tête et cou).

*Chez les jeunes joueurs :*

En 2007 [78] une étude sud-africaine cherchait à évaluer l'effet d'un programme de prévention des blessures chez les 15 et 16 ans. Pendant deux ans, un bras de l'étude inclus dans l'entraînement des exercices de renforcement musculaire, de proprioception afin d'améliorer certains aspects biomécaniques et posturaux notamment.

Les résultats montrent que l'incidence totale des blessures n'est pas modifiée de manière significative. Cependant, les blessures dites « intrinsèques » sont diminuées de manière significative dans le bras testé. Au contraire, l'incidence des blessures « extrinsèques » n'est pas modifiée. Les auteurs concluent à l'efficacité d'un tel programme et le conseillent.

Récemment, en 2017, une étude anglo-saxonne menée chez les scolaires [81] (moins de 15, moins de 16 et moins de 18 ans) d'aout à décembre 2015, cherchait à évaluer l'impact d'un programme de prévention des blessures (incluant, proprioception, pliométrie, résistance et technique théorique). Les résultats montrent que dans le groupe appliquant le programme de prévention, il y a un effet bénéfique sur l'incidence des blessures, mais sans être statistiquement significatif : le risque relatif de blessures à la tête ou à la nuque est de 0,72 (IC95 : 0,51-1,01), celui pour les membres supérieurs est de 0,66 (IC95 : 0,40-1,10), enfin celui des CC est de 0,71 (IC95 : 0,48-1,05).

Néanmoins, les équipes réalisant le programme de prévention au moins 3 fois par semaine (4 écoles sur les 17 de ce bras) rapportent 72% de blessures durant les matchs en moins (RR = 0,28, IC95 : 0,14-0,51), 72% également de blessures sur contact en moins (RR : 0,28, IC95 : 0,14-0,56), et une réduction de 59% des CC (RR : 0,41, IC95 : 0,17-0,99). Ces résultats sont significatifs.

Enfin, l'incidence des CC dans le bras avec intervention est à 6/1000 heures-joueurs et à 8/1000 heures-joueurs dans le bras contrôle.

Au final, il y aurait un effet dose de ce programme de prévention : les résultats sur tout le bras intervention ne sont pas significatifs, tandis que sur les écoles qui pratiquent le programme de manière plus intensive, voient un effet bénéfique sur la réduction des blessures, de manière significative au contraire.

### *Revue de littérature :*

En 2016, une revue de la littérature concernant les programmes de prévention [82], inclut 10 articles et conclut qu'il existe peu de preuve d'une efficacité de ces interventions. Par contre, la sensibilisation des coachs, arbitres, et les changements de règles modifieraient réellement les comportements des joueurs et l'incidence de blessures majeures, en dehors de la CC.

En 2013, une revue de littérature [92] tente de retracer les différents moyens de prévention de la CC dans différents sports. Aucune preuve n'est démontrée quant à l'utilité du casque pour prévenir la CC dans le rugby (ou du protège-dents dans le football US), tout comme les changements de règles, d'après les auteurs (études citées ci-dessus et dessous).

Je classe cette étude dans cette partie car il y est évoqué une hypothèse : l'augmentation de la force de la nuque réduirait l'incidence de la CC, par la réduction de la vitesse linéaire ou de rotation du crâne lors des impacts. Finalement, il n'y a pas non plus de preuve significative pour affirmer cette hypothèse, testée par l'intermédiaire de programme de prévention.

Cette étude polyvalente montre qu'il n'y a toujours pas de réponse évidente dans les stratégies de prévention de la CC.

### *Etat de connaissances dans les clubs :*

En 2017, cent dix-huit membres de clubs de rugby amateurs (joueurs, parents, coachs, dirigeants) australiens sont sondés [93] concernant leurs connaissances sur la CC (reconnaissance, traitement et prévention) avec des questions ouvertes. Les thèmes récurrents concernant la prévention sont le travail de la technique, l'entraînement et l'éducation. Les interrogés se sentent peu concernés par la prise en charge et estiment que cela repose sur le corps soignant/médical.

En 2015, une autre étude australienne de type sondage [84] s'intéresse aux connaissances des intervenants dans le rugby amateur. Par l'intermédiaire d'un questionnaire via internet (mails et réseaux sociaux), les auteurs cherchent à savoir comment les entraîneurs, joueurs ou parents se

représentent la prévention de la CC. 107 personnes ont répondu : 57% se sentent concernés par la prévention de la CC, et parmi les coaches, ce chiffre augmente à 82,4%, suivi par les soigneurs et les parents avec 61% de réponses affirmatives pour chacun. A contrario, seulement 34% des joueurs se sentent concernés par la prévention de la CC.

Ces derniers répondent en majorité qu'une « technique de plaquage propre » et un « jeu sécurisant » (safe playing) sont des facteurs pour moins de risques. Le port du casque est également un item retrouvé dans les réponses, comme le fait d'être « sensibilisé jeune » (educated early) et de comprendre ce qu'est une CC, ainsi que ses symptômes.

La stratégie qui semble la plus plébiscitée par les joueurs est l'amélioration de la technique, notamment du plaquage (64,7%), par l'apprentissage de la théorie, l'entraînement et la réalisation d'une technique juste.

Les parents répondent à 36% que le port du casque représente une stratégie de prévention de la CC, et se réfèrent au coach qui doit pouvoir indiquer un style de jeu sûr pour les enfants.

Cette étude montre qu'il existe une confiance populaire dans le matériel de protection vis-à-vis de la CC. C'est justement ce que nous allons chercher à savoir dans la partie suivante, où il est question d'études évaluant l'efficacité de ces équipements de protection.

Par ailleurs, les preuves de l'efficacité des programmes de prévention est mitigée.

## **2) Stratégies de prévention évaluées : le port de matériel de protection**

Le matériel de protection comprend le casque, le protège-dent ou encore les épaulettes. Le port de tels éléments est chose courante dans le jeu de rugby, que ce soit chez les professionnels ou chez les amateurs. Cependant, il est important de se demander s'il existe un réel effet protecteur quant à certaines blessures, et plus particulièrement la CC.

### *Le protège-dents :*

Une des premières études que je retrouve a été menée en Afrique du Sud et publiée en 1987 [91]. Elle concerne le port du protège dents. C'est une étude rétrospective réalisée par l'intermédiaire d'un sondage chez des joueurs dans le milieu scolaire.

Cent quarante-neuf joueurs portent une protection dentaire contre 361 qui n'en portent pas. Il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes concernant l'incidence des blessures à la tête et

au cou (head and neck injuries), ni pour l'incidence de la CC.

Les auteurs nuancent ces résultats en précisant qu'il n'y a pas non plus de différence significative dans l'incidence des blessures oro-faciales. Ce résultat est surprenant et en désaccord avec la littérature. Ils ajoutent donc qu'il est nécessaire de réaliser d'autres études plus puissantes avant de tirer des conclusions sur le port du protège-dents.

En 1990, un article publié concernant le port du protège-dents chez les joueurs anglais [90] conclut au bénéfice de ce type de matériel de protection.

Tableau 3.2. Comparaison des blessures entre les porteurs de protège-dents et les autres  
Source : Jennings, British Journal of Sports Medicine (1990): 159-65. [90]

<b>Table 3. Senior club rugby players</b>		
	<i>No gum shield</i>	<i>Gum shield</i>
<i>Minimum number of injuries</i>		
Mouth	24 (31%)	11 (18%)
Lips	51 (65%)	14 (23%)
Teeth	42 (54%)	8 (13%)
Jaw	15 (19%)	11 (18%)
Concussion	30 (39%)	17 (28%)
Loss of consciousness	17 (22%)	5 (8%)
<i>Type of injury</i>		
Fracture	3 (4%)	3 (5%)
Cuts	38 (49%)	14 (23%)
Chipped or broken tooth	29 (37%)	6 (10%)
Lost tooth	2 (3%)	0
Loose tooth	1 (1%)	1 (2%)
<i>Requiring treatment by</i>		
Dentist	24 (31%)	6 (10%)
Doctor	11 (14%)	10 (17%)
Specialist	4 (5%)	2 (3%)

L'étude a été dirigée dans plusieurs clubs anglais, de niveaux différents chez les adultes, et également chez des enfants (moins de onze et moins de douze ans). Elle totalise 114 joueurs, dont 60 porteurs réguliers de protège-dents et 54 qui n'en utilisent pas.

Pour la CC, les auteurs précisent qu'elle doit être sous diagnostiquée devant l'absence de corps médical dans plusieurs équipes et la « sanction » de trois semaines d'absence en cas d'un tel diagnostic. Par ailleurs, l'incidence de la CC est diminuée chez tous les joueurs de l'étude, et est calculée à 48,2% (étude rétrospective), dont 71% ne portaient pas de protège-dents.

Les conclusions tirées sont en faveur d'un effet protecteur du protège-dents vis-à-vis de la CC (également des blessures de la bouche, des dents, et des lèvres).

Dans une étude américaine dans le rugby à VII [52] : aucune différence n'a été trouvée dans la sévérité des commotions entre les hommes et les femmes portant un protège-dents. Il en est de même pour les joueurs avec un dispositif type épaulettes ou casque.

#### *Le casque :*

En 1998, une revue de littérature [89] examine les articles disponibles sur l'efficacité du port du casque dans la prévention des blessures, de manière générale. Il est remarqué que le casque est utile contre la survenue d'abrasions et de lacérations cutanées, mais il n'y a aucune conclusion sur la prévention de la CC et sur l'amortissement des impacts.

Les auteurs concluent qu'il est nécessaire de mener une étude prospective en comparant les joueurs porteurs de casque et ceux qui n'en utilisent pas afin d'en dégager des preuves fiables.

En 2001 cette fois, une étude australienne chez les moins de 15 ans [88], incluant 294 joueurs, compare l'incidence des CC entre ceux portant un casque et ceux sans.

Sur les neuf CC médicalement vérifiées, il n'existe pas de différence significative entre les deux bras de l'étude. Les auteurs concluent donc à leur hypothèse de départ : le port du casque acheté dans le commerce ne protège pas contre la CC.

Une étude canadienne publiée en 2002 [86] évalue au travers d'un sondage les croyances des joueurs et joueuses de tous niveaux (scolaires, amateurs, équipe nationale), quant à l'efficacité du port du casque en termes de protection. Les questions sont fermées et ils peuvent répondre en sélectionnant un item parmi 5 (très d'accord, d'accord, indécis, pas d'accord, vraiment pas d'accord). Soixante-trois réponses sont enregistrées : 27% portent régulièrement le casque, dont plus de la moitié (59%) font partie de l'équipe nationale. Ces chiffres sont beaucoup plus bas parmi les joueurs du milieu scolaire (26%) et amateur (10%).

Parmi tous ces joueurs, 62% sont d'accord ou très d'accord pour dire que le casque protège contre la CC. Quatre-vingts pourcents des joueurs sont en désaccord ou grand désaccord avec le fait que le port du casque peut augmenter le risque de CC (contre 14% indécis et 5 % d'accord).

Parmi les coachs interrogés (9 réponses) : cinq pensent que le port du casque ne réduit pas l'incidence ou la sévérité de la CC, un était indécis et 3 pensent qu'il y a un effet protecteur. Certains coachs qui ne croient pas en l'effet préventif du port du casque vont jusqu'à rajouter que le comportement des joueurs pourrait être modifié par un faux sentiment de sécurité (false sense of security), leur faisant prendre plus de risques dans le jeu (les coachs avaient un questionnaire à réponses ouverte).

Une autre étude présentant une méthodologie similaire [87] (sondage pour identifier les habitudes et points de vue), réalisée aux Etats-Unis en 2005 dans le milieu universitaire, inclut 131 réponses. Soixante-seize joueurs ayant répondu, indiquent avoir déjà subi une CC, soit 58%. Parmi ces blessés, 76% ne portaient pas de casque. Les postes les plus touchés sont les premières lignes (21,7% des CC). Dans ce sondage, les joueurs répondent à 40% que le casque est bénéfique dans la réduction de l'incidence ou la sévérité de la CC.

Les auteurs concluent au fait que les joueurs se croient plus en sécurité avec un casque, mais nuancent la réelle efficacité de ce matériel de protection.

Une revue de littérature de 2005 [77] admet que le port de casque ne réduit pas l'incidence de la CC dans le rugby à XV.

Toujours en 2009, une étude australienne [79] dirigée sur deux saisons chez les moins de 13, 15, 18 et 20 compare l'incidence des blessures à la tête, et des CC en fonction du port du casque. Il n'y a pas de différence significative entre les bras de cette étude.

Les auteurs précisent cependant que la compliance était faible, ce qui constitue une limite importante de l'étude. Malgré cela, les différents bras : sans casque, avec casque et avec casque modifié, comprenait 1493, 1148 et 1474 participants respectivement, pour un total de plus de 10 000 heures-joueurs par bras (sauf le port de casque : 8170).

#### *Plusieurs types de protection :*

Une étude menée en 1993 en Nouvelle-Zélande [85], sur une saison parmi des joueurs et des joueuses de niveaux différents, évaluent plusieurs matériels de protection.

Au total, le protège dents était porté par environ 65% des joueurs, le casque par 14% (strapping, protège-tibia, graisse étaient également évalués).

Durant cette étude, il semble que le port du casque ne réduise pas l'incidence de la CC, avec un RR calculé à 1,13 mais un IC95 allant de 0,40 à 3,16. Ce résultat n'est pas significatif.

Par ailleurs le port du protège dent ne donne pas de résultat concluant non plus avec un RR pour la survenue de CC de 1,62 avec IC95 0,51-5,11.

Les résultats significatifs de cette étude sont en faveur d'une diminution des blessures oro-faciales avec le port d'un protège-dents et de blessures cutanées des oreilles et du cuir chevelu avec le port du casque.

En 2008, Kemp [80] publie une étude qui est en faveur d'une réduction de l'incidence de la CC avec le port du casque et du protège-dents. Cette publication est détaillée dans un autre paragraphe. Elle a été réalisée dans le milieu professionnel anglo-saxon sur 757 joueurs durant 3 saisons.

Dans une étude de 2016 chez les moins de 18 ans en Afrique du Sud [69] sur trois ans : 10 CC sont analysées à la vidéo. 5 joueurs blessés ne portaient aucune protection (casque, protège-dents, épaulettes), 4 portaient un protège-dents et un à la fois le protège-dents et des épaulettes. Les auteurs ne concluent rien sur le port de matériel de protection.

Le programme de prévention des blessures en Nouvelle-Zélande [31] (1998) indique que sur toutes les blessures recensées 72% des joueurs ne portaient aucune protection, contre 14% avec un protège-dents et 14% avec un casque. Ces résultats sont uniquement observationnels et il n'est rien conclut quant à l'effet protecteur du matériel porté.

Dans une étude de 2017 menée au Royaume-Uni, concernant le rugby scolaire [40] : les joueurs portant des épaulettes présentaient un risque similaire de blessure aux épaules que les autres. Le risque de CC et de blessure à la tête était également similaire entre les joueurs portant un casque et ceux sans casque.

Néanmoins, les joueurs portant régulièrement un protège dents étaient moins à risque de se blesser à la tête (head and face region) comparés à ceux qui n'en portent pas.

*Revue de littérature et sondages :*

Dans une revue de la littérature de 2010 sur la prévention des blessures neurologiques [66], comprenant 10 études dont 6 sur le port de matériel de prévention (casque, protège-dents) et 4 sur des programmes de prévention, les auteurs concluent que celles sur le matériel ne fournissent que des preuves limitées quant à l'efficacité de la prévention. En revanche les programmes de prévention sont efficaces dans la réduction des blessures neurologiques. Parmi ces blessures, la CC est prépondérante mais n'est pas la seule.

Une étude australienne de 2009 [60] évalue le port du casque par l'intermédiaire d'un sondage. Plusieurs niveaux de jeu sont inclus (amateur et scolaire). 36% (1034) des joueurs interrogés rapportent porter un casque et 80% (1816) un protège-dents. Presque 15% disent avoir subi une CC dans les 12 derniers mois, dont un quart dans les trois derniers mois. Parmi ces derniers, 64% avaient plus de 8 ans d'expérience de jeu.

Un total de 347 traumatisme crânien léger (mTBI) ont été recensés chez 313 joueurs, dont 29 en ayant eu plusieurs. Ceci donne une incidence moyenne de mTBI de 7,97/1000 heures-joueurs (IC95 : 6,94-9,11). Elle est plus élevée chez les moins de 21 ans (10,54/1000 heures-joueurs) et chez les joueurs indiquant une forte impulsivité (9,91/1000 heures-joueurs). Elle est moins élevée chez les joueurs s'entraînant 3 heures ou plus dans la semaine (6,83/1000 heures-joueurs).

Les joueurs portant rarement des protections ont une incidence de mTBI presque deux fois plus importantes que ceux qui en portent tout le temps (12,62/1000 heures-joueurs et 7,39/ heures-joueurs respectivement).

Cette incidence augmente également s'il y a eu une CC dans les 3 derniers mois : 16,99/1000 heures-joueurs.

Au final, le port de casque et/ou protège-dent apparaît comme un élément protecteur contre la survenue de mTBI, dans cette étude. Les auteurs expliquent cela par le fait que les joueurs qui décident de porter une protection tout le temps, ont un tempérament plus calme que les autres et jouent moins dangereusement.

En 2016, une étude américaine [83] évalue les connaissances de joueurs dans le milieu scolaire par l'intermédiaire d'un sondage. 122 joueurs, âgés en moyenne de 19,5 ans et de 2,7 ans d'expérience, y répondent : 44,6% sont des arrières et donc 55,4% des avants.

Seulement 18,9% disent porter un casque pendant les matchs.

Parmi les joueurs interrogés : 38,1% estiment que le casque protège contre les CC, et 42,1% pensent que s'ils portent un casque, ils peuvent jouer de manière plus agressive.

Cette étude est récente et montre l'étendue de la méconnaissance de la physiopathologie de la CC dans la population générale.

Au Royaume-Uni en 2017 [95], un sondage envoyé par mail (545 réponses) aux joueurs de plusieurs niveaux (élite, semi-professionnel et scolaires) retrouve que 37% des sondés pensent que le casque protège des blessures.

Mais les résultats sont précisés : seulement 10% estiment que le casque a un effet protecteur vis-à-vis de la CC. Les autres 27% restants répondent que la protection est effective contre les « petites » blessures.

Les auteurs concluent à l'amélioration des connaissances de la CC et de ses moyens de prévention, avec une prise de conscience de l'absence de protection obtenue par les casques disponibles dans le commerce.

Enfin, une revue de la littérature établie en 2017 [94] suggère qu'il existe un effet protecteur de la CC avec le port du protège-dents. Mais cette méta-analyse concerne différents sports (hockey, rugby, basket).

Les auteurs abordent très brièvement d'autres manières de prévenir la CC dont les programmes de prévention et la technique de plaquage.

*Au total :*

Les études ne sont pas toutes unanimes sur le fait que le matériel de protection n'est pas efficace contre la CC (a contrario qui l'est contre les blessures oro-faciales et cutanées), mais cela reste la conclusion de la majorité (seulement 2 études en faveur d'un effet protecteur).

Par ailleurs, certains auteurs soulèvent le fait que des joueurs peuvent se sentir faussement protéger et devenir plus agressifs, augmentant le risque de blessure global.

Les programmes de prévention quant à eux, seraient en faveur d'une diminution des blessures.

Certains abordent la préparation physique générale des joueurs, d'autres s'intéressent uniquement à la technique de jeu.

C'est cette dernière que nous allons tenter de préciser, au travers d'études publiées à ce sujet.

La dernière partie concerne l'analyse de la technique de plaquage comme piste de prévention de la CC.

### **3) Analyse de la technique de plaquage**

Cette dernière sous partie traite plus particulièrement de l'analyse de la technique de plaquage. Il a été mis en évidence un lien entre cette phase de contact et la survenue de blessures, dont la CC. Plusieurs équipes scientifiques se sont donc posées la question des conditions de réalisation de cette action de plaquer.

Comme il a été décrit dans les programmes de prévention évoqués précédemment, la technique de plaquage implique de mettre en place plusieurs consignes simultanément, concernant plusieurs parties du corps. Par ailleurs, le contexte du plaquage est également multifactoriel (vitesse des joueurs par exemple) et analysable.

Il est licite de se demander s'il existe un lien entre une technique non aboutie et la survenue de CC.

#### *Blessures non différenciées :*

Une première étude datant de 1999, menée en Ecosse [70] sur une saison chez les séniors, retrace les blessures sur plaquages : les auteurs en incluent 72 (informations récupérées par téléphone après les matchs, auprès des joueurs concernés).

Parmi les plaqués blessés : 85% sont des arrières. 44% (32/72) des blessés estiment avoir été à leur vitesse maximale au moment de l'impact, sans différence avec l'autre joueur ; tandis que 35% rapportent une différence de vitesse de déplacement entre les deux joueurs concernés par le plaquage, au moment de l'impact. Par ailleurs, 80% des blessés étaient immobiles ou avec la vitesse la moins élevée lors de l'évènement en cause.

Plus de la moitié des blessures (52%), que ce soit le plaqueur ou le plaqué, surviennent lorsque le plaqueur entre en contact avec le joueur adverse en dehors de son champ de vision périphérique. Au total, les auteurs pointent les plaquages à haute vitesse en dehors de la vision du plaqué, alors que nous ne sommes qu'en 1999. On ne parle pas de CC mais c'est l'une des premières études à mettre en avant le contexte de survenue du plaquage et notamment la vitesse des joueurs.

En 2005 [77] une revue de littérature dirigée par McIntosh et McCrory portant sur la prévention des blessures à la tête et à la nuque, indique qu'il n'existe aucune étude montrant que l'entraînement au plaquage pourrait diminuer le risque de blessure sur cette action. Cette revue porte sur plusieurs sport (football US, australien, rugby, hockey, baseball, soccer).

Certains facteurs de risques de blessures, dont les CC, sont mis en avant : la vitesse des joueurs, les plaquages hauts, lorsque le plaqueur n'est pas dans le champ de vision du plaqué, le manque de technique du plaqueur (« lack of skill »).

Ici c'est donc plus le contexte qui est mis en cause. La variable « manque de technique » n'est pas explicitée en détail.

En 2010, McIntosh toujours [20] évalue certains aspects techniques du plaquage avec la vidéo : l'engagement des épaules ou non (shoulder active or passive tackle), attraper le porteur de balle par le maillot (jersey), par la cheville (ankle tap), et le « smother tackle » qui correspond au fait de ceinturer l'adversaire.

Il ne met pas en évidence de critère plus à risque qu'un autre, mais indique une incidence plus forte de blessure en cas d'impact à la tête du plaqueur, notamment avec les jambes du plaqué, ou lorsque le plaqué ne voit pas venir le plaqueur.

En 2010 aussi, une étude concernant le rugby professionnel anglais [75] se penche sur la technique de plaquage par l'intermédiaire de l'analyse vidéo sur deux saisons.

Les porteurs de balle sont plus souvent blessés dans les plaquage type « collisions » en un contre un et un contre deux, et les plaqueurs le sont plus dans les plaquages à deux. Il y a cependant plus de plaquage en un contre un (statistiquement significatif).

Le porteur de balle est également plus souvent touché lorsque l'impact est fort avec le plaqueur (RR 2,21, IC95 1,60-3,06 ;  $p < 0,001$ ). Le plaqueur est plus souvent touché quand il engage la tête en avant (RR 1,77, IC95 : 1,09-2,86,  $p = 0,020$ ) et l'est moins si elle est sur le côté (RR 0,85, IC 95 : 0,60-1,20 ;  $p = 0,371$ ) du plaqué, mais de manière non significative.

Les deux joueurs impliqués dans les plaquages sont plus blessés dans le cas d'un impact à la tête ou au cou : la majorité des blessures qui en découlent sont les CC ou des pathologies neurologiques cervicales. 70% des blessures du cou et de la tête chez le porteur de balle surviennent sur les plaquages de face.

La vitesse élevée, un impact à haute intensité, les collisions et les impacts à la tête sont plus à risque

de blessures pour les deux joueurs impliqués dans le plaquage, et de manière significative. Les centres sont plus à risque également lorsqu'ils plaquent (significatif).

En 2015, une étude menée chez les moins de 18 ans, durant un tournoi en Afrique du Sud, sur trois années différentes, consiste à la surveillance vidéo des blessures [49] : il y a 10 commotions cérébrales dont 5 sur plaquages.

La technique de plaquage est analysée selon plusieurs points techniques décomposés en trois parties : la phases pré contact, le contact et la phase post contact.

Certains items tels que : le placement de la tête du plaqueur du bon côté du plaqué, l'engagement de l'épaule et le décalage des appuis au sol sont mieux réalisés dans les plaquages ne causant pas de blessure (« NI tackles »), mais cette différence n'est pas significative statistiquement.

Table IV. Tackler proficiency results: injury vs non-injury (includes means  $\pm$  SD, % score for total number of events for which criteria score was satisfied, *p* values and effect sizes with interpretations)

	I ( <i>n</i> = 4)	%	NI ( <i>n</i> = 15)	%	<i>P</i> value	Effect size	Interpretation
<i>Pre-contact</i>							
Identify/track BC onto shoulder	1.00 $\pm$ 0.00	100	1.00 $\pm$ 0.00	100	-	-	
Body position - upright to low (dipping)	0.75 $\pm$ 0.50	75	0.40 $\pm$ 0.51	40	.24	0.69	Moderate
Straight back, centre of gravity, forward support base	0.00 $\pm$ 0.00	0	0.20 $\pm$ 0.41	20	.36	0.54	Small
Square to ball carrier <sup>a</sup>	1.00 $\pm$ 0.00	100	1.00 $\pm$ 0.00	100	-	-	
Boxer stance (elbows close, hands up) <sup>a</sup>	0.50 $\pm$ 0.58	50	0.42 $\pm$ 0.51	42	.71	0.15	Trivial
Head up and forward/face up	0.75 $\pm$ 0.50	75	0.67 $\pm$ 0.49	67	.77	0.16	
Shortening steps	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.00 $\pm$ 0.00	0	.05	1.19	Moderate
Approach from front/oblique <sup>a</sup>	1.00 $\pm$ 0.00	100	1.00 $\pm$ 0.00	100	-	-	
<i>Contact</i>							
Explosiveness on contact	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.40 $\pm$ 0.51	40	.61	0.30	Small
Contact with shoulder opposite leading <sup>a</sup>	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.25 $\pm$ 0.26	25	1.00	0	None
Contact in centre of gravity	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.33 $\pm$ 0.49	33	.77	0.16	Trivial
Head placement on correct side of ball-carrier	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.60 $\pm$ 0.51	60	.24	0.67	Moderate
<i>Post-contact</i>							
Shoulder usage (drive into contact)	0.25 $\pm$ 0.50	25	0.60 $\pm$ 0.51	60	.24	0.67	Moderate
Arm usage (punch forward and wrap i.e. hit-and-stick)	0.75 $\pm$ 0.50	75	0.80 $\pm$ 0.41	80	.84	0.12	Trivial
Leg drive upon contact	0.00 $\pm$ 0.00	0	0.25 $\pm$ 0.46	25	.32	0.60	Moderate
Pull ball carrier with arms to ground <sup>b</sup>	-	-	0.29 $\pm$ 0.49	-	-	-	
Release ball carrier and compete for possession	0.00 $\pm$ 0.00	0	0.00 $\pm$ 0.00	0	-	-	
Total	7.25 $\pm$ 2.06	45%	6.67 $\pm$ 3.24	41%	.74	0.19	Trivial

<sup>a</sup>NI (*n* = 8) because only pertains to front-on tackles. <sup>b</sup>NI (*n* = 7) because only pertains to side tackles.

Toujours en Afrique du Sud chez les moins de 18 ans [68] : 49 plaquages induisant des blessures sont analysés à la vidéo, contre 248 ne conduisant à aucune blessure. Les plaquages sont classés en fonction de leur type : utilisation de l'épaule, décalage des appuis , plaquages interdits type « cathédrale » (arm tackle, collision tackle, jersey tackle, lift tackle, shoulder tackle (+/- aligned, drive, opposite leading leg, same as leading leg), smoother tackle et tap tackle).

Les porteurs de balle sont moins touchés quand le premier contact se fait avec les épaules ou le bras du plaqueur (RR 0,09 (IC95 : 0,01-0,89 ; p = 0,04)), par rapport avec un contact avec la tête du plaqueur.

Pour les plaqueurs, le risque de se blesser est moindre lors d'un plaquage avec l'épaule du même côté que la jambe d'appui (shoulder tackle on the same side as leading leg), par rapport à un plaquage en engageant les bras en premier (RR 0,02 ( IC95 : 0,001-0,79, p =0,37)). Ce risque est également plus bas lorsqu'on compare les plaquages en engageant l'épaule et ceux en engageant la tête (RR = 0.02 (IC95 : 0.001-0.32 ; p = 0.006)).

La probabilité de se blesser pour un plaqueur est plus forte sur les plaquages type « collision » (pas d'engagement de l'épaule ni des bras, contact buste contre buste en premier), mais ce n'est pas significatif (RR à 5,76).

Les auteurs concluent l'étude en insistant sur le fait que les joueurs doivent plaquer en engageant l'épaule et non la tête et que cette dernière doit se trouver sur le côté du plaqué ou derrière, et non devant.

Dans cette même série [72], sur les 49 évènements conduisant à une blessure, 47% arrivent au porteur de balle et 53% au plaqueur.

Cette étude compare la technique des joueurs blessés sur plaquage (n=49) à la technique de joueurs plaquant ou plaqués, pris au hasard et non blessé (n=248). Chaque joueur obtient une « note » selon un certain nombre de critères préétablis.

Figure 120. Points techniques analysés chez le plaqueur  
 Source : Burger, British Journal of Sports Medicine (2016): 932-38 [72]

<b>Precontact</b>
Identify/track ball-carrier onto shoulder
Body position—upright-to-low (dipping)
Straight back, centre of gravity forward of support base
Square to ball-carrier
Boxer stance (elbows close, hands up)
Head up and forward/face up
Shortening steps
Approach from front/oblique
<b>Overall precontact</b>
<b>Contact</b>
Explosiveness on contact
Contact with shoulder opposite leading
Contact in centre of gravity
Head placement on correct side of ball-carrier
<b>Overall contact</b>
<b>Postcontact</b>
Shoulder usage (drive into contact)
Arm usage (punch forward and wrap, ie, hit-and-stick)
Leg drive on contact
Release ball-carrier and compete for possession
<b>Overall postcontact</b>
<b>Total</b>

<b>Precontact</b>
Eyes focused on tackler
Shifting the ball away from contact
Body position—upright-to-low body position
Body position—straight back
Head up and forward, eyes open
Shuffle or evasive manoeuvre
<b>Overall precontact</b>
<b>Contact</b>
Fending into contact
Side-on into contact
Explosiveness on contact
Body position—from a low body position up into contact
Ball protection
<b>Overall contact</b>
<b>Postcontact</b>
Leg drive on contact
Arm and shoulder usage
Go to ground and present ball/offload
<b>Overall postcontact</b>
<b>Total</b>

Figure 21. Points techniques analysés chez le plaqué  
 Source : Burger, British Journal of Sports Medicine (2016): 932-38 [72]

Les Figures 20 et 21 indiquent les points techniques selon que l'on analyse le plaqueur ou le plaqué. Pour les plaqués : dans les plaquages de face, le score technique des blessés est de  $7.17 \pm 1.90$  (sur un total possible de 14, la technique est correctement réalisée à 51%, n=12) et  $9.02 \pm 2.15$  (technique =64%, n=57) pour les joueurs non blessés.

Dans les plaquages de côté ou derrière, le score technique des blessés est de  $4.09 \pm 2.12$  (technique=36%, n=11) contre  $7.68 \pm 1.72$  (technique=70%, n=68). Clairement les plaqués non blessés

ont un score technique plus important.

Pour les plaqueurs : le score de plaquages de face est de  $7.00 \pm 1.95$  (score maximum possible 16 ; technique=44%, n=11) pour les blessés contre  $9.35 \pm 2.56$  (technique=58%, n=54) pour les non blessés.

Dans les plaquages de côté ou de dos, le score est de  $5.47 \pm 1.60$  (technique=46%, n=15) pour les blessés contre  $8.14 \pm 1.75$  (technique=68%, n=69) pour les témoins non blessés.

Les auteures indiquent que plaquer au niveau du centre de gravité (entre hanche et sternum) serait moins risqué pour le plaqueur, et le plaqué, dans le cas d'un plaquage de côté ou de dos. Ils ajoutent que plaquer en dessous de la taille peut induire un contact avec les os du bassin ou les jambes qui ont une cinétique importante à ce moment-là. Il en est de même pour les plaquages au-dessus des épaules, qui sont dans tous les cas interdits.

#### *Technique et commotion cérébrale :*

Dans une étude sud-africaine de 2015 [69] : les auteurs indiquent que les joueurs le plus commotionnés ne positionnent pas bien leur tête avant le contact : « down » ou « away » au lieu de « up and forward » comme ce qui est recommandé. On comprend que ces joueurs regardent au sol ou ailleurs, et non pas le joueur adverse qu'il s'apprêtent à plaquer. Par ailleurs, la majorité des blessures du plaqueurs surviennent lorsqu'il ne décale pas une jambe en avant pour avoir un appui fort au sol. « BokSmart », le programme de prévention de blessures, indique qu'il faut maintenir cet appui après contact, pour un plaquage plus sûr.

En 2017, l'étude menée par Tucker au Royaume-Uni, via des vidéos d'évènements conduisant à des protocoles HIA [57], se penche sur la technique du plaqueur également.

Plusieurs items sont analysés : le type de plaquage, la direction du plaquage, l'accélération des joueurs, leur vitesse et la position du buste des joueurs.

### Characteristics of the tackle analysed in this study

#### Tackle type

Active shoulder tackle	First contact is with the tackler's shoulder, and the tackler drives or attempts to drive the ball carrier (BC) backwards.
Passive shoulder tackle	First contact is with the tackler's shoulder and the tackler does not drive or attempt to drive the BC back.
Smother tackle	Tackler uses the chest and attempts to wrap both arms around the ball carrier.
Tap tackle	Tackler trips the BC with a hand on the lower limb below the knee.
Lift tackle	Tackler lifts the BC's hips above the BC head.
No arm tackle	Tackler impedes the BC without use of their arms.
High tackle	Tackler makes contact above the BC shoulders, as adjudicated by the on-field referee.

Figure 22. Caractéristiques du plaquage

Source : Tucker, *British Journal of Sports Medicine*, 2017 [57]

Le plaquage dit « active shoulder » a une probabilité significativement plus élevée de conduire à un protocole HIA (RR 2,07, IC95 1,65-2,59 ;  $p < 0,05$ ) que le plaquage type « passive shoulder » ou « smother » (RR 2,13, IC95 : 1,69-2,68 ;  $p < 0,05$ ). Ces trois types représentent 99% de tous les plaquages en match et 93% des plaquages responsables de HIA.

Les plaquages illégaux (hauts, « no arm », « lift ») ont un risque plus élevé que les plaquages réglementaires de mener à un protocole HIA : l'incidence est de 65,9/1000 plaquages illégaux, avec un RR à 35,95 (IC95 24,02-53,79). Une mention particulière est donnée au plaquages dits « hauts » puisque l'incidence des sorties de joueurs pour suspicion de CC est de 237,5/1000 plaquages hauts. Les autres sont très rares, et l'incidence pour 1000 heures-joueurs est très faible.

Les plaquages de face ont un risque relatif plus important lorsqu'on les compare aux plaquages de côté, dans l'angle et derrière (RR respectivement de 2,02, 1,65 et 1,73). C'est le cas également lorsque le plaqueur accélère (RR par rapport à un plaqueur statique : 3,05 ou lent : 2,39), ou que le plaqué accélère lorsque le plaqueur ne se déplace pas vite ou attends

Tableau 3.4. Protocoles HIA selon le type et les caractéristiques de plaquage  
 Source : Tucker, British Journal of Sports Medicine, 2017 [57]

Tackle characteristics	Events per match	HIA number	Propensity (95% CI), HIAs/1000 events	Incidence (95% CI), HIAs/1000hours	Percentage of HIAs to tackler (95% CI)
<b>Tackle type</b>					
Active shoulder	39	177	2.98 (2.57 to 3.46)	2.92 (2.52 to 3.38)	77 (70 to 82)
Passive shoulder	61	134	1.44 (1.22 to 1.71)	2.21 (1.87 to 2.62)	84 (77 to 90)
Smother tackle	57	120	1.40 (1.17 to 1.68)	1.98 (1.65 to 2.37)	64 (55 to 72)
Tap tackle	1	5	3.66 (1.53 to 8.80)	0.08 (0.03 to 0.20)	100.0
Lift (illegal)	0.05	1	6.60 (0.93 to 46.83)	0.02 (0.00 to 0.12)	0.0
No arms	0	5			0.0
High tackle	0.05	18	237.47 (149.61 to 376.91)	0.30 (0.19 to 0.47)	11.1 (3 to 33)
Use of elbow/forearm	0	1		0.02 (0.00 to 0.12)	0.0
<b>Tackle direction</b>					
Front	61	247	2.67 (2.36 to 3.02)	4.07 (3.60 to 4.61)	67 (61 to 73)
On angle	41	101	1.62 (1.33 to 1.97)	1.67 (1.37 to 2.02)	75 (66 to 83)
Side-on	42	84	1.32 (1.06 to 1.63)	1.39 (1.12 to 1.72)	81 (71 to 88)
Back	14	32	1.54 (1.09 to 2.18)	0.53 (0.37 to 0.75)	78 (61 to 89)
<b>Accelerating player</b>					
Tackler	17	116	4.47 (3.73 to 5.37)	1.91 (1.59 to 2.29)	64 (55 to 72)
Ball carrier	93	221	1.56 (1.37 to 1.79)	3.64 (3.19 to 4.16)	74 (68 to 80)
Both	31	90	1.91 (1.55 to 2.35)	1.48 (1.21 to 1.82)	77 (68 to 85)
Neither	17	37	1.47 (1.06 to 2.02)	0.61 (0.44 to 0.84)	73 (57 to 85)
<b>Number of tacklers</b>					
1	81	246	2.00 (1.77 to 2.27)	4.06 (3.5 to 4.60)	72 (66 to 77)
2	74	201	1.80 (1.57 to 2.06)	3.31 (2.89 to 3.81)	73 (66 to 78)
3 or more	3	17	3.35 (2.08 to 5.38)	0.28 (0.17 to 0.45)	71 (47 to 87)

Les contacts tête contre tête lors du plaquage sont les plus pourvoyeurs de protocoles HIA, suivis par les contacts tête du plaqueur contre le coude du plaqué et contre le genou du plaqué.

Enfin les auteurs étudient la position du buste des joueurs : droit, penché en avant ou plongeant/tombant. Pour n'importe quelle position du buste du plaqueur, la probabilité de sortir pour un protocole HIA du plaqueur est plus importante lorsque le plaqué tombe, et est moins importante quand il est penché en avant.

Pour n'importe quelle position du buste du plaqué, le plaqueur est plus susceptible de sortir du terrain s'il se tient le buste droit.

Au total, on retient que les plaquages sont plus à risque si :

- le plaqueur plaque en engageant ses épaules (active shoulder)
- c'est un plaquage de face
- le plaqueur accélère

-la plaqueur va vite

-il y a plus d'un seul plaqueur

-plaquage haut

-le buste du plaqueur est droit et celui du plaqué en train de tomber

Tackler body position	Ball carrier body position	Events per match	HIA number	Propensity (95% CI), HIAs/1000 events	Incidence (95% CI), HIAs/1000 hours	Percentage of HIAs to tackler (95% CI)
Upright	Upright	31	131	2.80 (2.36 to 3.32)	2.16 (1.82 to 2.56)	65 (56 to 73)
	Bent at the waist	9	28	1.99 (1.37 to 2.88)	0.46 (0.32 to 0.67)	46 (30 to 64)
	Falling/diving	0.05	5	65.96 (27.46 to 158.48)	0.08 (0.03 to 0.20)	40 (12 to 77)
Bent at the waist	Upright	33	133	2.64 (2.23 to 3.13)	2.19 (1.85 to 2.60)	87 (80 to 92)
	Bent at the waist	48	83	1.14 (0.92 to 1.41)	1.37 (1.10 to 1.70)	66 (56 to 76)
	Falling/diving	1	17	14.95 (9.29 to 24.05)	0.28 (0.17 to 0.45)	35 (17 to 59)
Diving	Upright	18	40	1.46 (1.07 to 1.99)	0.66 (0.48 to 0.90)	98 (87 to 100)
	Bent at the waist	16	17	0.69 (0.43 to 1.11)	0.28 (0.17 to 0.45)	88 (13 to 53)
	Falling/diving	1	10	4.89 (2.63 to 9.08)	0.16 (0.09 to 0.31)	50 (24 to 76)
Ball carrier body position	Tackler body position	Events per match	HIA number	Propensity (95% CI), HIAs/1000 events	Incidence (95% CI), HIAs/1000 hours	Percentage of HIAs to tackler (95% CI)
Upright	Upright	31	131	2.80 (2.36 to 3.32)	2.16 (1.82 to 2.56)	65 (56 to 73)
	Bent at the waist	33	133	2.64 (2.23 to 3.13)	2.19 (1.85 to 2.60)	87 (80 to 92)
	Falling/diving	18	40	1.46 (1.07 to 1.99)	0.66 (0.48 to 0.90)	98 (87 to 100)
Bent at the waist	Upright	9	28	1.99 (1.37 to 2.88)	0.46 (0.32 to 0.67)	46 (30 to 64)
	Bent at the waist	48	83	1.14 (0.92 to 1.41)	1.37 (1.10 to 1.70)	66 (56 to 76)
	Falling/diving	16	17	0.69 (0.43 to 1.11)	0.28 (0.17 to 0.45)	88 (13 to 53)
Diving	Upright	0.05	5	65.96 (27.46 to 158.48)	0.08 (0.03 to 0.20)	40 (12 to 77)
	Bent at the waist	1	17	14.95 (9.29 to 24.05)	0.28 (0.17 to 0.45)	35 (17 to 59)
	Falling/diving	1	10	4.89 (2.63 to 9.08)	0.16 (0.09 to 0.31)	50 (24 to 76)

Tableau 3.5. Probabilités de protocole HIA en fonction de la position du buste des joueurs  
Source : Tucker, British Journal of Sports Medicine, 2017 [57]

Cross publie en 2017 [97] un article sur les caractéristiques du plaquage conduisant au diagnostic de CC. Il se sert des données vidéos de l'étude précédente (rugby professionnel anglais et coupe du monde entre 2013 et 2016 ; 182 CC, 70% chez le plaqueurs).

Les variables les plus à risque de CC sont : l'accélération du plaqueur, sa vitesse, le contact tête contre tête (40 fois plus à risque de CC) tête contre sol (21,8 fois plus dangereux) et tête contre genou (20,3 fois plus risqué), et le type de plaquage (plaquage haut plus 36,5 fois plus à risque). Il est proposé, de manière excessive, d'interdire le plaquage pour un jeu plus sûr. Mais l'auteur explique que cela n'est pas possible sous peine de changer totalement le jeu de rugby.

Une autre piste de prévention est évoquée : la réduction de la vitesse des joueurs.

Les auteurs précisent enfin que ces constats ne sont malheureusement pas applicables au rugby amateur, et qu'il est nécessaire de conduire des études dans ce milieu-là.

Une étude japonaise publiée en 2018 [98] s'intéresse uniquement à la position de la tête lors des plaquages. Deux équipes universitaires sont incluses, pour un total de 28 matchs filmés, soit 3970 plaquages.

Les auteurs différencient deux types de plaquages : ceux où le plaqueur place sa tête du bon côté (« correct side »), c'est-à-dire sur le côté ou derrière le porteur de balle, versus ceux où le plaqueur place sa tête devant le porteur de balle. Ils calculent ensuite l'incidence des blessures (indisponibilité du plaqueur supérieure à 24h).

Il y a au final 317 plaquages incorrects (8,0%), et l'incidence des blessures est mesurée à 69,4/1000 plaquages (contre 2,7/1000 plaquages corrects).

### Incidence of injury according to tackle type

Injury	Total, n (/1000 tackles)	Concussion, n (/1000 tackles)	Neck injury, n (/1000 tackles)	Stinger, n (/1000 tackles)	Shoulder injury, n (/1000 tackles)	Nasal fracture, n (/1000 tackles)
Tackle with Incorrect head position	→ 22 (69.4)	10 (31.5)	3 (9.5)	12 (37.9)	1 (3.2)	2 (6.3)
	← 295	307	314	305	316	315
Tackle with correct head position	→ 10 (2.7)	4 (1.1)	1 (0.3)	4 (1.1)	0 (0)	1 (0.3)
	← 3643	3649	3652	3649	3653	3652
Degree of freedom	1	1	1	1	1	1
Pearson $\chi^2$ value	162.1	77.0	24.5	87.5	11.5	14.1
Continuity correction	153.9	68.5	16.2	89.3	2.4	7.2
Likelihood ratio	74.5	34.7	10.9	43.7	5.1	6.5
Fisher's exact test, P	<0.01*	<0.01*	<0.01*	<0.01*	0.08	0.02*
Phi coefficient	0.20	0.14	0.08	0.16	0.05	0.06
OR (95% CI)	27.2 (12.7 to 57.9)	29.7 (9.3 to 95.3)	34.9 (3.6 to 336.4)	35.9 (11.5 to 112.0)	NE	23.2 (2.1 to 256.4)
Power of analysis	1.0	0.99	0.72	1.0	NE	0.54

- **\*Significance.**
- **NE, not estimated.**

Tableau 3.6. Incidence des blessures selon la position de la tête lors du plaquage  
Source : Sobue, *British Journal of Sports Medicine*, 2017. [98]

L'incidence de la CC est mesurée à 31,5/1000 plaquages avec la tête du mauvais côté contre 1,1/1000 plaquages avec la tête correctement placée. Ce résultat est statistiquement significatif. Par ailleurs, les plaqueurs sont interrogés sur leur placement et 13,9% répondent être en faut volontairement pour les raisons suivantes : par habitude, pour protéger une épaule blessée ou parce que le porteur de balle ne s'est pas arrêté (cf tableau suivant).

Une dernière information intéressante est apportée dans cette étude : elle montre que les arrières ont une phase « pré-plaquage » plus longue que les avants. Autrement dit, ils ont en moyenne plus de temps pour se préparer, ce qui implique plus de temps pour placer leur tête.

Aucune conclusion n'est dégagée de ce constat, seulement des hypothèses pour les futures études et l'entraînement des joueurs.

Intentional	13.9%
Habitual side for tackling	6.6%
To protect tackler's injured shoulder	0.3%
The ball carrier does not stop.	6.9%
Unintentional	73.5%
Accidental	38.5%
The ball carrier directly faces the tackler.	14.8%
The ball carrier changes direction.	11.0%
Distance required for tackling is misjudged.	9.1%
None of the above/other reasons	12.6%

Tableau 3.7. Causes de mauvais placement de la tête selon les plaqueurs  
Source : Sobue, *British Journal of Sports Medicine*, 2017. [98]

Au total, il est mis en avant que le placement de la tête du plaqueur est un élément significatif influençant l'incidence de la CC.

### Rugby à XIII :

L'effet de la fatigue est évalué, sur la technique de plaquage des joueurs [73]. Ils sont filmés sur des plaquages en un contre un. Ensuite, on les soumet à des exercices physiques successifs afin d'augmenter leur fréquence cardiaque et le taux de lactates dans le sang. Puis ils sont filmés à nouveau et évalués sur leur technique, etc. Les auteurs mettent en évidence une diminution progressive de la technique de plaquage avec l'augmentation de la fatigue. Ils en concluent qu'il existe un intérêt à développer l'endurance, les changements de direction et de vitesse et l'anticipation pour réduire l'effet de la fatigue et son effet délétère sur la technique.

Dans une autre étude sur le rugby à XIII [74] chez les professionnels en Nouvelle-Zélande en 2012 : les auteurs mettent en avant la probabilité élevée de se blesser lors d'un plaquage lorsque le contact avec le plaqué se fait à hauteur des épaules ou au niveau du thorax, ou en dehors du champ de vision du plaqué, avec deux ou plus joueurs plaqueurs. La zone cible de contact sur plaqué se situe entre les cuisses et sous les bras, la tête sur le côté, dirigé par les appuis au sol.

*Pour conclure :*

Les moyens de prévention actuels tels que le matériel de protection ou les programmes de prévention n'ont pas démontré une efficacité supérieure quant à la diminution de l'incidence de la CC. Les résultats sont tout au plus controversés, voire parfois montrent un effet pervers (fausse idée de sécurité procurée par le casque et comportement plus agressif).

Les éléments techniques repérés dans plusieurs études comme à risque de blessures et de CC sont : la vitesse importante des joueurs, l'accélération du plaqué, un contact en dehors du champ de vision du plaqué, un manque de technique globale, qui peut être diminuée par la fatigue.

Les points techniques retrouvés à plusieurs reprises et qui paraissent s'imposer sont l'impact à la tête du plaqué, les plaquages interdits dont les plaquages au-dessus des épaules, un mauvais placement de la tête du plaqueur (en avant, trop haute ou trop basse).

Il y aurait une « zone cible » moins à risque pour la position de la tête du plaqueur lors de l'impact.

**ANNEXES**



**Figure 2** Collision tackle.



**Figure 1** Arm tackle.



**Figure 3** Jersey tackle.



**Figure 4** Lift tackle.



**Figure 5** Shoulder tackle.



**Figure 7** Tap tackle.



**Figure 6** Smother tackle.

# **PARTIE B**

## **L'ETUDE**



## ***I. INTRODUCTION***

Une commotion cérébrale est, rappelons-le, une dysfonction cliniquement transitoire du système nerveux central, spontanément résolutive, et secondaire à une énergie cinétique directe ou indirecte transmise à l'encéphale.

Dans le cas du jeu de rugby à XV, les contacts sont nombreux au cours d'une partie ou d'un entraînement, comme nous l'avons vu précédemment. Depuis sa création en 1823, l'évolution du jeu a pu entraîner une augmentation de leur nombre quel que soit le poste du joueur.

Ces contacts sont représentés majoritairement par l'action de plaquage (50 à 60% des contacts), devant les rucks ou les mauls. Ces plaquages ont pu augmenter en valeur absolue, avec l'évolution du rugby, depuis 1995 et le passage au professionnalisme.

Parallèlement, il est observé que la phase de jeu la plus à risque de blessures est également le plaquage. Parmi ces blessures, la commotion cérébrale n'est pas représentée de façon majoritaire (de 3 à 21,5% selon les études) mais elle est à l'origine de l'éloignement du terrain du joueur blessé, parfois pendant plusieurs semaines.

Le plaqueur est plus sujet à risque de commotion, par rapport au plaqué, selon plusieurs études vues auparavant.

L'incidence de la commotion cérébrale sur les saisons de TOP 14 (première division professionnelle du championnat de rugby à XV français) de 2012-13, 2013-14 et 2015-16 est en moyenne de 7,84 pour 1000 heures joueurs. Elle a atteint la valeur de 13,87 pour 1000 joueur-heure en 2016/17 (données FFR non publiées).

Il existe de nombreuses publications sur la sémiologie, ou la prise en charge de la commotion mais peu sur la prévention. Pour rappel, plusieurs études ont exploré les effets de matériel de protection comme le casque ou le protège dents avec des résultats discordants.

Des programmes de prévention avec une sensibilisation des joueurs et entraîneurs ont également été étudiés, où les résultats indiquent le plus souvent une diminution des blessures par rapport aux groupes témoins, mais seulement une indique une diminution significative des CC par rapport au

groupe témoin (les autres études concernent plusieurs autres types de blessures) [96].

Dans notre étude, nous nous intéressons à la technique d'exécution du plaquage par le plaqueur. Cette technique a été abordée dans d'autres séries. Une des premières en 1999 [70] indique que les plaquages en poursuite (plaqueur hors du champs de vision du plaqué) seraient plus à risque de se blesser (52% des blessures lors de cette série).

Puis la vidéo a été introduite dans ces études. Par exemple, chez les moins de 18 ans, il est décrit un risque de blessures moins important chez le plaqueur en cas de plaquage réalisé en engageant l'épaule en premier [68], ou plaquant au niveau du centre de gravité du joueur adverse [72]. Une autre montre que le contact avec la tête lors du plaquage, la vitesse importante et le contact avec le « haut » du corps du plaqué serait plus à risque de blessures pour le plaqueur [75]. Mais ces études ne sont pas spécifiques à la commotion cérébrale et parfois pas au plaqueur seulement.

Il n'existe que quelques études vidéos concernant la commotion cérébrale, dont l'une ne présente qu'un effectif de 10 vidéos et n'est pas spécifique au plaquage [49].

L'étude de Tucker [58], plus récente (2017) et avec un effectif de 611 vidéos, met en évidence le risque plus important d'être sujet au protocole HIA pour les plaqueurs (72% des protocoles HIA), notamment lorsque la tête du plaqueur rencontre celle du plaqué. Sur cette même série, [57] une analyse technique du plaquage est réalisée où sont décrits le type de plaquage, sa direction, l'accélération des joueurs, leur vitesse et pour la première fois la position de leur corps. Mais cette étude se limite au protocole HIA, sans diagnostic porté a posteriori.

Cross [97] a lui analysé certaines caractéristiques (vitesse des joueurs, type de plaquages et type d'impact) des plaquages ayant conduit à des diagnostics de commotions cérébrales. Il conclue que l'accélération du plaqueur, les plaquages hauts et les impacts directs à la tête du plaqueur sont des facteurs de risque de CC.

Dans notre cas, nous cherchons à savoir si les différentes phases techniques du plaquage peuvent être plus à risque, si elles sont mal exécutées, de diagnostic de commotion cérébrale, uniquement chez le plaqueur, grâce à l'analyse vidéo. Ceci afin de proposer une orientation de prévention en améliorant ladite technique de plaquage.

## **II. MATERIEL ET METHODE :**

### **1) Matériel :**

Il existe un programme de surveillance des blessures en matchs du TOP 14 (championnat de France élite de rugby à XV première division), où tous les évènements ayant entraîné un arrêt de jeu avec recours à l'équipe médicale sont conservés sous forme de vidéos. Chacun de ces évènements ont été transmis aux médecins des équipes pour convertir ces évènements « vidéo » en évènements médicaux avec une réévaluation clinique du joueur a posteriori pour établir ou non un diagnostic de commotion cérébrale. Ce diagnostic a été établi par chaque médecin d'équipe selon une évaluation multimodale, recommandée par World Rugby , le Pitch Side Concussion Assessment (PSCA) puis le Head Injury Assessment (HIA).

Nous avons utilisé les clips vidéos où l'évènement médical est une suspicion de commotion sur une action de plaquage, dans laquelle le joueur blessé est le plaqueur.

Le plaquage est défini par la tentative d'arrêter le porteur de balle, simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires et mis au sol, ou non. Il y a plaquage lorsque le porteur de balle met au moins un genou au sol (définition World rugby).

Dans le groupe contrôle, nous avons utilisé des vidéos de plaquages sans évènement médical ni arrêt de jeu consécutif, où nous considérons le plaqueur comme indemne de toute blessure. Ces clips proviennent d'une base de données de la FFR.

Au total, dans les vidéos coexistent trois populations : les joueurs commotionnés, les joueurs avec une suspicion de commotions mais non confirmée a posteriori, et les joueurs non blessés (vidéos contrôles).

#### *Construction de la grille d'évaluation :*

Nous avons réalisé une grille d'analyse des vidéos, concernant la technique de plaquage des joueurs. C'est avec l'aide d'un CTS (conseiller technique sportif) de la FFR (Fédération Française de Rugby) que nous avons construit les différents items, correspondant aux phases nécessaires à la réalisation d'une action de plaquage « parfaite ».

Il faut d'abord classer en fonction du **type de plaquage** :

*-de face*

*-de côté*

*-de poursuite*

Le plaquage drapeau est une variable différente : c'est le fait d'effectuer un plaquage en « sauvetage », où le plaqueur n'a le temps que de ceinturer le plaqué. Ce dernier emporte le plaqueur qui perd ces appuis et « tourne » autour de lui. Un plaquage drapeau peut être également de face ou de côté.

Le type de plaquage est une donnée totalement indépendante des autres : chaque type peut donner les fautes techniques citées ci-dessous.

Voici les différentes phases du plaquage et les fautes techniques associées, relatives aux différentes parties du corps, de haut en bas :

**La tête** : -Dans le plan horizontal : on regarde celle du plaqueur afin de voir si elle se trouve à *l'intérieur ou à l'extérieur* du corps du plaqué. Ce sens est déterminé par le sens du jeu et du ballon. La position correcte est de mettre la tête à l'extérieur, sous peine d'un contact latéral direct sur le crâne du plaqueur avec le corps du plaqué.

-Dans le plan vertical : on indique si la tête du plaqueur se situe *au-dessus des épaules du plaqués ou, à hauteur de ses épaules, ou entre ses épaules et ses hanches, ou à hauteur de ses hanches, ou en dessous de ses hanches.*

La réglementation internationale interdit les plaquages au-dessus des épaules du joueur plaqué. Ce type de plaquages dits « hauts » est sanctionné par l'arbitre. Il n'existe pas de limite basse mais pour être le plus efficace possible, il est préférable de plaquer au niveau des hanches.

NB : c'est l'engagement des épaules du plaqué qui indique à l'arbitre la hauteur du plaquage. Dans notre étude nous nous intéressons à la hauteur de la tête du plaqué.

*-la direction du regard* : il guide la partie haute du corps et la trajectoire d'engagement du plaqueur. « Il faut placer son regard pour placer le buste », c'est-à-dire regarder son vis-à-vis lors de l'action.

**Les bras** : le mouvement dit « de l'épervier » constitue la référence : il consiste à écarter les bras et les resserrer en étau autour du plaqué afin de le ceinturer et de le faire tomber.

**Les appuis** : sont-ils *présents* ou le plaqueur est-il en déséquilibre

-s'ils sont présents, les pieds sont-ils alignés sur la ligne des épaules ou plutôt décalés dans le sens antéro-postérieur, afin de pouvoir avoir un *appui fort* nécessaire à une réalisation correcte du plaquage.

Pour une analyse globale du plaquage, il faut évaluer le **rapport de force** :

C'est une notion abstraite qui se rapproche de l'énergie, et qui rassemble les notions de vitesse du joueur, de masse/gabarit notamment, et celle d'anticipation.

Il faudra tenir compte des *vitesses relatives* du plaqueur et du plaqué, sachant que la différence fera balancer ce rapport de force en faveur du joueur ayant le plus de vitesse.

On notifiera dans la grille, quel joueur est le plus massif physiquement.

On identifiera aussi le mouvement global du plaqueur avant l'action de plaquage : *est ce qu'il avance, est ce qu'il attend le joueur adverse ou est ce qu'il recule.*

Le plaquage étant un geste balistique, nous avons décidé d'inclure la notion **d'anticipation** du plaquage. Ce dernier item dans la grille est d'ordre subjectif, uniquement à l'appréciation de l'observateur.

Le logiciel RedCap (\*) a permis d'abriter les données collectées lors de notre étude. Chaque observateur avait à disposition un dossier informatique. Les résultats ont été mis en commun pour l'étude statistique.

## 2) **Méthode** :

Nous avons réalisé une étude observationnelle rétrospective en aveugle du diagnostic de commotion, à partir des données vidéos provenant du programme de surveillance des blessures. Elle concerne les saisons 2012-2013, 2013-2014 et 2014-2015 du TOP14 (championnat de France

professionnel de rugby à XV masculin, première division), soit 533 extraits, mais seulement 417 inclus.

Dans un deuxième temps, nous avons comparé ces évènements où il existe au moins une suspicion de CC, à des actions de plaquages n'entraînant pas de recours à l'équipe soignante et sans arrêt de jeu consécutif à cette même action (70 vidéos, provenant de la saison de TOP14 2016/2017).

#### *Critères de jugements :*

Le critère de jugement principal est de définir s'il y avait une ou plusieurs fautes techniques du plaqueur, lors de la réalisation du plaquage, selon certains points techniques définis dans la grille précisée ci-dessus, qui sont plus présents lors du diagnostic de CC.

Les objectifs secondaires étaient d'établir la fréquence des fautes techniques parmi les populations de joueurs, la sensibilité et la spécificité, et l'odds ratio des fautes techniques.

#### *Procédure :*

Les 6 observateurs étaient répartis en 3 groupes : 1 groupe d'experts (médecins du rugby) ; un groupe de deux médecins « non experts », connaissant ou pratiquant le rugby, et un groupe de deux médecins « naïfs » ne connaissant pas le rugby

Un premier temps de formation à l'analyse de la technique de plaquage a été effectué. Nous avons visionné de façon collective des vidéos de commotion cérébrale sur plaquage issues de match de rugby, différentes de celles de l'étude, afin de remplir la grille d'analyse décrite ci-dessus sur la technique de plaquage, par ces médecins.

Une même description objective de chacune des phases techniques à analyser a été convenue entre les observateurs pour éviter un biais d'évaluation personnelle lors du remplissage de la grille.

#### *Analyse de concordance inter juge :*

Les six médecins ont effectué une analyse préliminaire de la concordance inter observateur. Ils participaient sur une série de 34 clips en dehors de la période d'étude principale, avec la grille de

lecture pré déterminée par l'équipe de travail. Chaque observateur analysait ces vidéos de façon indépendante.

Les « juniors » et les « non experts » se répartissaient la moitié des vidéos, soit 17 dans chaque groupe, les « experts » visionnaient l'ensemble des vidéos. Les résultats étaient ensuite mis en commun au cours d'une réunion, afin d'effectuer une concordance inter groupe : entre les groupes « experts » et « juniors » et entre les groupes « experts » et « non experts ». Les résultats étaient discutés en présence des 6 médecins, ils étaient peu concordants.

Une seconde étape de concordance a été effectuée avec l'analyse de 40 clips vidéos issus de notre série dans deux groupes comportant un « junior » et un « non expert » avec la discussion de certains résultats non concordants a posteriori. Cette seconde étape a été croisée. Les résultats ont été discutés avec une amélioration de la concordance permettant de débiter la phase de développement.

#### *Phase de développement :*

Par la suite, une analyse de l'ensemble des clips du programme de surveillance des blessures concernant les suspicions de commotion cérébrale a été effectuée par 4 observateurs différents (2 naïfs et 2 non experts). La répartition était aléatoire entre les observateurs.

Ces observateurs étaient en aveugle du diagnostic ou non de commotion cérébrale. Ils pouvaient regarder les vidéos autant de fois que souhaité, sans aucun contact ni discussion avec les autres observateurs. Ils pouvaient également modifier la vitesse de visionnage selon leur souhait.

Une autre personne remplissait un formulaire avec le diagnostic avéré de commotion ou non (diagnostic porté a posteriori de l'action de jeu, par le médecin d'équipe), ce formulaire n'étant pas accessible aux évaluateurs.

Enfin, nous avons comparé les plaquages avec suspicion de commotion à des vidéos de plaquages ayant été réalisés en TOP 14, durant la saison 2016/2017. Ces vidéos sont issues de la 23<sup>e</sup> journée, et n'ont pas entraîné d'arrêt de jeu ni d'appel à l'équipe médicale. Elles sont issues de la base de données de la FFR, et ont été choisies au hasard parmi les 7 matchs disputés cette journée-là, avec au maximum une vidéo par joueur.

La même grille d'évaluation est remplie pour cette série de vidéos par un seul observateur faisant parti des 4 observateurs de la phase de développement de l'étude. Nous avons cherché à voir s'il existe autant de fautes techniques lors de ces plaquages dits « témoins ».

Le comité d'éthique du Groupe Hospitalier Paris Nord avait validé l'étude sur les commotions cérébrales pour l'année 2016- 2017. Chaque participant avait signé un certificat de confidentialité concernant les vidéos étudiées. L'accord de la CNIL n'était pas nécessaire car les données vidéos ne permettait pas d'identifier les joueurs.

### **III. Analyse statistique :**

Le recueil des données était effectué sur la grille d'évaluation finale par chacun des 4 observateurs, en ligne grâce au programme Redcap avec un dossier par évaluateur. Les résultats apparaissaient ensuite en commun pour l'étude statistique.

#### *Réajustement :*

Pour la variable « Position de la tête du plaqueur par rapport au joueur plaqué » : nous avons décidé de regrouper les modalités de réponse « au-dessus des épaules », « à hauteur des épaules » et « entre épaules et hanches » en « partie supérieure du corps », et de regrouper les modalités de réponse « à hauteur des hanches » et « en dessous des hanches » en « partie inférieure du corps ».

Pour la variable « Les appuis au sol (les pieds) du plaqueur sont » : nous avons également décidé de regrouper les modalités de réponse : « sur une même ligne » et « pas tous les deux au sol » en « non décalés ».

#### *Création de variable sur les plaquages corrects techniquement ou non :*

On distingue un plaquage correct si toutes les conditions suivantes sont réunies : tête du plaqueur à l'extérieur, regard du plaqueur droit vers le plaqué, position de la tête du plaqueur : partie supérieure du corps du plaqué, le plaqueur amorce ou réalise complètement l'enserrement des bras, pieds du plaqueur décalés, le plaqueur avance vers le plaqué.

Le plaquage est classé « incorrect » si au moins une des conditions ci-dessus n'est pas remplie.

#### *Création de la variable « masse et vitesse du plaqué plus importante que celles du plaqueur » :*

On a regroupé les questions sur la masse et la vitesse (« par rapport à celle du plaqueur, la masse/vitesse du plaqué est »). La réponse à cette nouvelle variable est oui si la vitesse et la masse du plaqueur sont plus importantes que celles du plaqué. On indique une valeur manquante si on ne sait pas à l'une des questions et non si au moins une des deux réponses est non.

Cette variable est créée en réponse au rapport de force entre les joueurs.

Méthode statistique : La description des données a été faite pour l'ensemble des vidéos (séparément pour les deux échantillons : suspicion de commotion et étude cas-témoin) et par groupe (joueurs commotionnés et non commotionnés). Toutes les variables de notre étude étaient qualitatives ; elles ont été décrites par leur effectif et pourcentage par modalité de réponse.

Des tests de Chi2 ont été utilisés pour tester les associations entre le diagnostic de commotion cérébrale (oui/non) et les variables suivantes : phase de jeu, plaquage (oui/non), « le joueur blessé est le plaqueur » (oui/non) et « impact à la tête » (oui/non), parmi les 417 vidéos de suspicion de commotion cérébrale. Des modèles de régression logistique univariés ont été réalisés pour expliquer la survenue de commotion cérébrale par les variables suscitées. Les OR et leur IC 95% ont été rapportés. La sensibilité et la spécificité (vis-à-vis du diagnostic de commotion cérébrale) ont été calculées pour les variables suivantes : plaquage (oui/non), « le joueur blessé est le plaqueur » (oui/non) et « impact à la tête » (oui/non), avec les formules suivantes :

Sensibilité= nombre de vrai positifs rapporté au nombre de cas. Spécificité=nombre de vrai négatifs rapporté au nombre de témoins.

Dans le cadre de l'étude cas-témoin, des tests de Chi2 ont été utilisés pour tester les associations entre le statut cas ou témoin et les variables suivantes sur les techniques de plaquage: le type de plaquage, le plaquage drapeau (oui/non), le côté de la tête du plaqueur dans le plan horizontal (à l'intérieur ou à l'extérieur), la direction du regard du plaqueur, le côté de la tête du plaqueur dans le sens horizontal (vers la partie inférieure ou supérieure du corps du joueur adverse), le geste d'enserrement des bras (oui/non), les appuis décalés au sol (oui/non), le mouvement global du joueur (avance, attend ou recule), le rapport de force : masse et vitesse du plaqué plus importantes (oui/non) et l'anticipation (oui/non). Des modèles de régression logistique univariés ont été réalisés pour expliquer la survenue de commotion cérébrale par les variables suscitées. Les OR et leur IC 95% ont été rapportés. La sensibilité et la spécificité (vis-à-vis du diagnostic de commotion cérébrale) ont été calculées avec les formules suscitées pour les variables suivantes : le plaquage drapeau (oui/non), le côté de la tête du plaqueur dans le plan horizontal (à l'intérieur ou à l'extérieur), le côté de la tête du plaqueur dans le sens horizontal (vers la partie inférieure ou supérieure du corps du joueur adverse), le geste d'enserrement des bras (oui/non), les appuis décalés au sol (oui/non), le rapport de force : masse et vitesse du plaqué plus importantes (oui/non) et l'anticipation (oui/non).

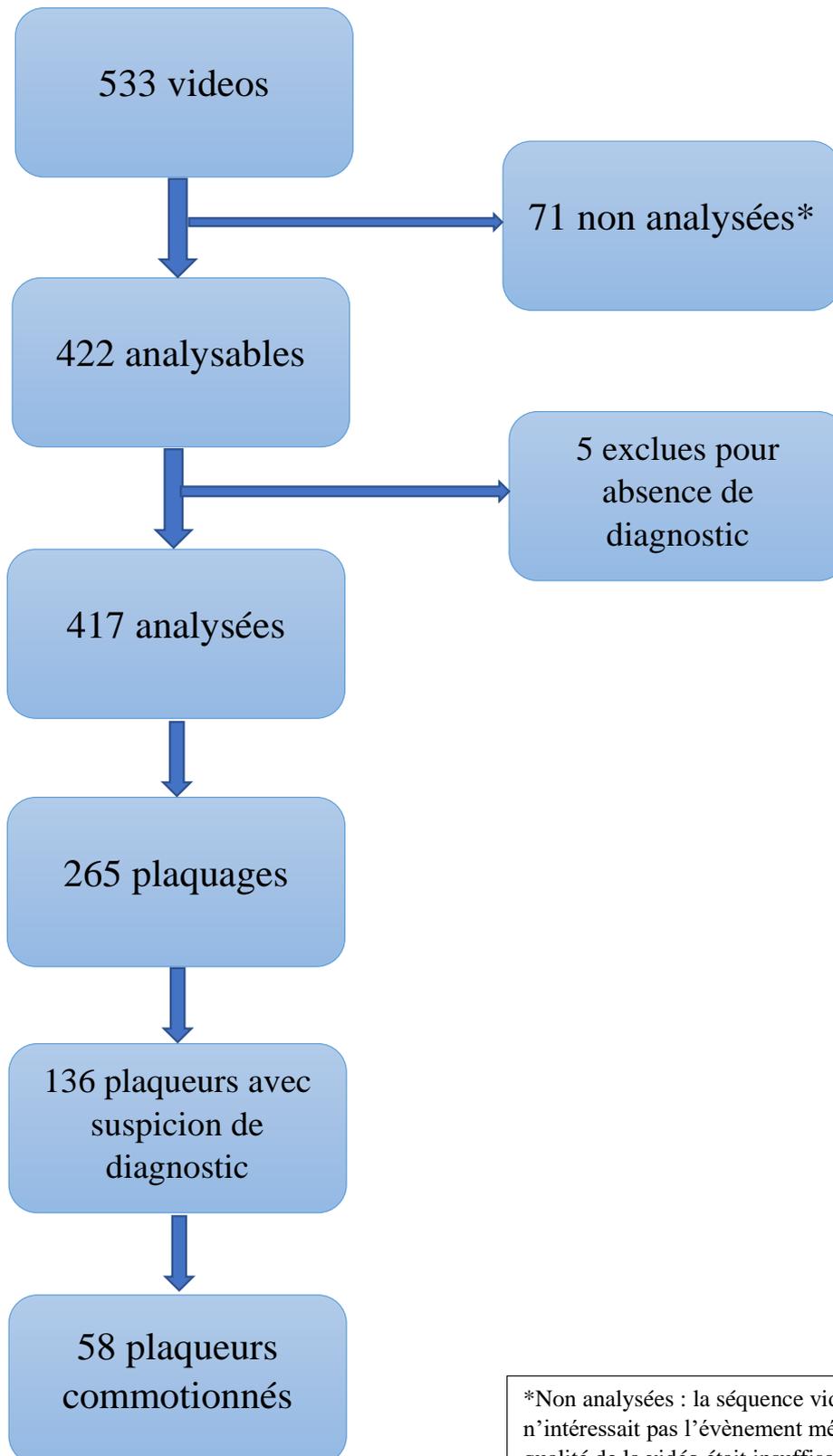
Le seuil de significativité a été fixé à 0,05. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC).

## **IV. RESULTATS**

### *Population :*

Au cours de ces 561 matchs durant les 3 saisons, 533 évènements provoquent l'arrêt de jeu du joueur, 71 vidéos n'étaient pas analysables pour des raisons techniques : la séquence n'intéressait pas l'évènement ou la qualité de la vidéo était mauvaise (en raison des conditions météo, éclairage, d'une mauvaise mise au point...) et étaient exclues de l'analyse. Le diagnostic médical final n'était pas disponible pour 5 évènements qui ont donc été exclus. Au total, 417 vidéos étaient analysées, dont 265 sur plaquage (65,9%), et 136 où le blessé est le plaqueur (41,7%).

## FLOW CHART



\*Non analysées : la séquence vidéo n'intéressait pas l'évènement médical, la qualité de la vidéo était insuffisante (conditions météorologiques, éclairages, mis au point).

### *Le plaquage :*

En accord avec ce que l'on trouve dans la littérature, le plaquage est identifié comme une action à risque de traumatisme avec 66% des suspicions de commotion, (n= 265). Les médecins ont diagnostiqué 106 commotions cérébrales sur les 265 suspicions ayant été causées par un plaquage, soit 77,37% de tous les diagnostics portés (n= 142 joueurs commotionnés).

Cette action est à risque de suspicion de commotion cérébrale dans notre étude, lorsqu'on y oppose toutes les autres phases de jeu réunies, de manière significative (p=0,0005).

La fait de plaquer admet une sensibilité de 77% pour le diagnostic de commotion cérébrale. Par contre cela est peu spécifique avec seulement 40%.

Enfin, l'Odds Ratio (OR) montre un risque 2,28 fois supérieur d'être commotionné sur une action de plaquage (IC : intervalle de confiance à 95% : 1,43-3,65 ; p= 0,00058).

Les autres phases de jeu susceptibles d'entraîner un arrêt de jeu pour suspicion et diagnostic de commotion cérébrale sont les rucks, avec 14,9% des suspicions (n = 60) et 11% des commotions cérébrales avérées (n = 15) ; puis les actions dans le jeu courant avec 11,7% des suspicions (n = 47) et 8,8% des diagnostics portés (n = 12). Les phases de jeu telles que la mêlée, le jeu en l'air, la touche et le maul sont représentés de manière anecdotique.

TABLEAU 2

OBSERVATIONS PHASES DE JEU ET IMPACT

Variable	Variante	N(%) échantillon total (N=417)	N(%) commotionnés (N=142)
Dans quelle phase de jeu survient l'évènement ?	Plaquage	265 (65.92)	106 (77.37)
	Ruck	60 (14.93)	15 (10.95)
	Maul	7 (1.74)	3 (2.19)
	Mêlée	5 (1.24)	0
	Touche	2 (0.5)	0
	Jeu en l'air	16 (3.98)	1 (0.73)
	Jeu courant	47 (11.69)	12 (8.76)
S'il existe un impact avec un joueur, la tête a heurté	Tête	46 (17.97)	16 (15.09)
	Epaule-thorax	48 (18.75)	14 (13.21)
	Membre sup	56 (21.88)	30 (28.3)
	Hanche-bassin	40 (15.63)	20 (18.87)
	Genou	53 (20.7)	23 (21.7)
	Pied	13 (5.08)	3 (2.83)

Tableau 2. Description des phases de jeu des vidéos et des impacts à la tête du joueur concerné par la suspicion de commotion cérébrale.

### *Le plaqueur :*

C'est le plaqueur qui est à l'initiative de la phase de plaquage. Le joueur commotionné est le plaqueur dans 42% des suspicions de commotion, (n=136), et dans 55% des cas de commotions avérées, (n=59,  $p < 0,001$ ) et ceci étant significatif. Le fait d'être plaqueur est peu sensible (55%) mais spécifique,  $Sp = 65\%$ , contrairement au plaquage qui lui est plus sensible pour le diagnostic de commotion.

Il y a 2,2 fois plus de risques d'être commotionné en étant plaqueur qu'en étant plaqué ou dans le jeu courant (IC : 1,38-3,53 ;  $p = 0,00097$ ).

### *La tête, impact à risque :*

Les impacts au niveau de la tête du plaqué surviennent fréquemment tant dans les suspicions (n=305, 93,56%) que dans les diagnostics confirmés de commotion cérébrale (n= 121, 98,37% ;  $p < 0,01$ ).

C'est le membre supérieur du joueur adverse qui est le plus souvent touché par la tête du plaqueur (n=30, 28,3%) lorsque ce dernier est commotionné, suivi par le genou (n=23, 21,7%) puis les hanches (n=20, 18,87%). La tête du joueur plaqué n'est que 4<sup>e</sup> avec n=16, soit 15,09 %.

Aucun de ces sites n'est significatif statistiquement dans notre étude.

Par ailleurs, la sensibilité est forte lorsque l'impact est direct sur la tête du joueur, qu'il soit plaqueur, plaqué ou dans le jeu courant :  $Se = 98\%$ . La spécificité est faible quant à elle :  $Sp = 9\%$ .

Le risque de subir une commotion cérébrale est 6,25 fois supérieur lorsqu'il existe un impact direct sur la tête du joueur (IC 1,43-27,31 ;  $p = 0,015$ )

TABLEAU 1

## SENSIBILITE SPECIFICITE ODDS RATIOS

Variable	Variante	N (%) échantillon total (N=417)	N (%) commoionnés (N=142)	p chi2	Sensibilité	Spécificité	Variante de réponse	OR	IC 95%	p value
Dans quelle phase de jeu survient l'évènement ?	Plaque	265 (65.92)	106 (77.37)	<b>0,0005</b>	<b>0,77</b>	0,40	Plaque vs non plaque (N= 402)	<b>2,28</b>	1.43-3.65	<b>0,00058</b>
	Non plaque	137 (34,08)	31 (22.63)	.						
Le joueur blessé est-il plaqueur ?	Oui	136 (41.72)	59 (54.63)	<b>0,00088</b>	0,55	<b>0,65</b>	Oui vs non (N=326)	<b>2,2</b>	1.38-3.53	<b>0,00097</b>
	Non	190 (58,28)	49 (45.37)	.						
L'impact intéresse-t-il la tête du blessé ?	Oui	305 (93.56)	121 (98.37)	<b>0,0058</b>	<b>0,98</b>	0,09	Oui vs non(N=326)	<b>6,25</b>	1.43-27.31	<b>0,015</b>
	Non	21 (6.44)	2 (1.63)	.						

Tableau 1. Résultats en analyse descriptive, et univariée pour la sensibilité, la spécificité et l'odds ratio, de l'échantillon total.

Le type de plaque :

Dans la population de plaqueurs commotionnés (N=58), on distingue les plaquages de face, causant 24 commotions cérébrales (42,1%) ; les plaquages de côté, soit 26 plaqueurs commotionnés (45,6%) qui représentent la plus grande partie des 58 blessés ; et les plaquages en poursuite de manière moins importante avec 7 plaqueurs commotionnés (12,3%).

Parmi le groupe témoin, ce sont les plaquages de face qui sont les plus courants (n=37, soit 52,9%), suivis par les plaquages de côté (n=28, soit 40,0%) et enfin ceux en poursuite toujours minoritaires (n=5, soit 7,1%).

Ces chiffres ne sont pas significatifs et aucun OR ne l'est également lorsqu'on oppose les plaquages de côté contre ceux de face, ou ceux en poursuite contre ceux de face (IC respectifs 0,68-3,00 et 0,61-7,59).

On ne met pas en évidence un type de plaquage plus à risque dans notre étude.

#### *La variable plaquage drapeau :*

C'est une variable avec un faible effectif : 7 plaqueurs commotionnés soit 12,3% et 5 plaqueurs témoins (7,1% des témoins), qui offre une bonne spécificité 93%.

L'absence de plaquage drapeau serait sensible à 69% du diagnostic de commotion cérébrale.

En analyse cas témoins, on ne met pas évidence de différence significative, tout comme l'analyse descriptive.

#### *Le côté de la tête dans le plan horizontal :*

44% des plaqueurs commotionnés mettent la tête à l'intérieur lorsqu'ils réalisent le plaquage (n=44) contre 18,8% des plaqueurs témoins (n=13). En analyse descriptive, cette valeur est significative,  $p = 0,0029$ .

Le fait de mettre la tête à l'intérieur est spécifique à 81% du diagnostic de commotion cérébrale.

L'OR indique que le plaqueur a 3,33 fois plus de risques d'être commotionné que lorsqu'il place sa tête à l'extérieur du joueur plaqué, de manière significative ( IC : 1,49-7,69 ;  $p = 0,0037$ ).

#### *Le regard :*

Cette variable a pu difficilement être analysée du fait des plans vidéos. Il y a beaucoup d'informations manquantes.

On retrouve de manière identique 83,3% des joueurs avec un regard droit vers le plaqué, soit n=15 chez les joueurs commotionnés et n=20 chez les joueurs témoins. Ce n'est pas significatif en analyse descriptive.

Du fait du manque d'effectif, nous n'avons ni calculé la spécificité et la sensibilité, ni l'OR.

#### *Le côté de la tête dans le sens horizontal :*

La majeure partie des plaqueurs commotionnés plaquent avec la tête dans la partie inférieure du corps du plaqué, n= 30 (52,6%), tandis que la majorité des témoins plaquent avec la tête dans la partie supérieure du corps du plaqué, n= 49 (71,0%). Cette valeur est significative en analyse descriptive ( $p = 0,0069$ ).

Cette variable n'est que peu sensible, mais le fait de plaquer avec la tête dans la partie inférieure du corps du joueur adverse est spécifique à 71% du diagnostic de commotion cérébrale.

L'OR est également en faveur d'un risque plus important, 2,72 fois plus de chances d'être commotionné pour un plaqueur avec la tête dans la partie inférieure du corps du plaqué (IC : 1,3-5,68 ;  $p= 0,0076$ ).

#### *Le geste d'enserrement des bras :*

Les plaqueurs commotionnés réalisent à 80,4% le mouvement d'enserrement des bras lors de leur plaquage (n= 45). 19,6% ne le réalisent pas (n = 11). Dans le groupe témoin, les proportions sont proches avec 88,6% de plaqueurs réalisant le mouvement avec les bras (n=62). Ce n'est pas significatif.

Le fait de réaliser ce geste est sensible à 80% du diagnostic de commotion cérébrale chez le plaqueur, mais est très peu spécifique (11%).

En analyse cas-témoins, la valeur n'est pas significative (IC : 0,20-1,42 ;  $p= 0,21$ ).

*Les appuis décalés au sol :*

Les appuis ne sont pas décalés pour la majorité des plaqueurs, tant dans le groupe des commotionnés (58,5%, soit n= 31) que dans le groupe des témoins (63,1%, soit n= 41). Cette valeur n'est pas significative en analyse descriptive.

Elle n'est pas non plus sensible ou spécifique, et l'OR n'est pas interprétable (IC : 0,39-1,73 ; p= 0,61).

*Le mouvement global du joueur :*

En analyse descriptive, les plaqueurs avancent vers le plaqué que ce soit parmi les blessés : 78,2% (n= 43) ou parmi les témoins : 61,4% (n=43), en majorité. 21,8% des plaqueurs commotionnés attendent (n=12), comme 34,3% des témoins (n=24). Aucun des blessés ne reculent et seulement 4,3% des témoins le font (n=3).

Ces valeurs ne sont pas significatives.

*Le rapport de force :*

On se place du côté du plaqué : sa vitesse et sa masse ne sont pas en sa faveur dans 75,4% des cas de commotions cérébrales chez le plaqueur (n=43) et dans 75,0% des cas chez les témoins (n=27). Ce résultat n'est pas significatif.

C'est peu sensible du diagnostic de commotion cérébrale (24%) mais c'est par contre spécifique à 75% lorsque celui est en faveur du défenseur.

L'OR n'est pas interprétable (IC : 0,37-2,57 ; p=0,96).

*L'anticipation :*

La majorité des plaquages semblent être anticipés et préparés par le plaqueur : c'est le cas pour 65,5% des joueurs commotionnés (n=36) et pour 90% des joueurs témoins (n=63). Ce résultat est significatif en analyse descriptive, p 0,00079.

Cette variable est peu sensible et peu spécifique du diagnostic de commotion cérébrale, avec respectivement 65% et 10%.

L'OR est en faveur d'un risque supplémentaire de blessure : il est 4,8 fois supérieur pour les plaqueurs n'ayant pas anticipé l'action de plaquage (IC : 1,8-12,5 ; p=0,0014).

Aucun plaquage ne remplit toutes les phases techniques décrites dans la grille, dans les vidéos de suspicion de commotion cérébrale : il n'existe aucun plaquage techniquement « parfait ».

Variable	N	Variante	Plaqueurs commotionnés N (%) (N=58)	Plaqueurs « témoins » non commotionnés N (%) (N=70)	p-Chi2	Sensibilité	Spécificité	Variable cas-témoin	OR	IC 95%	p-value	p-value globale	
De quel type de plaquage s'agit-il ?	127	face	24 (42.11)	37 (52.86)	0,39			côté vs face	1,43	0,68-3,00	0,95	0,4	
		côté	26 (45.61)	28 (40)				poursuite vs face	2,16	0,61-7,59	0,34		
		poursuite	7 (12.28)	5 (7.14)									
S'agit-il d'un plaquage drapeau ?	127	oui	7 (12.28)	5 (7.14)	0,32	0,12	<b>0,93</b>	oui vs non	1,82	0,55-6,08	0,33	0,33	
		non	50 (87.72)	65 (92.86)		<b>0,69</b>	0,17						
Par rapport au joueur plaqué, la tête du plaqueur se trouve	119	à l'intérieur	22 (44)	13 (18.84)	<b>0,0029</b>	0,44	<b>0,81</b>	à l'intérieur vs à l'extérieur	<b>3,33</b>	1,49-7,69	0,0037	<b>0,0037</b>	
		à l'extérieur	28 (56)	56 (81.16)		0,56	0,19						
Le regard du plaqueur, juste avant de plaquer est	42	droit vers le plaqué	15 (83.33)	20 (83.33)	0,46								
		vers le côté	1 (5.56)										
		vers le bas	2 (11.11)	4 (16.67)									
Position de la tête du plaqueur par rapport au joueur plaqué	126	partie supérieure du corps	27 (47.37)	49 (71.01)	<b>0,0069</b>	0,47	0,29	partie inférieure du corps vs partie supérieure	<b>2,72</b>	1.3-5.68	0,0076	<b>0,0076</b>	
		partie inférieure du corps	30 (52.63)	20 (28.99)		0,53	<b>0,71</b>						
Le plaqueur amorce ou réalise complètement l'enserrement	126	oui	45 (80.36)	62 (88.57)	0,2	<b>0,80</b>	0,11	oui vs non	0,53	0,20-1,42	0,21	0,21	
		non	11 (19.64)	8 (11.43)									
Les appuis au sol du plaqueur sont	118	décalés	22 (41.51)	24 (36.92)	0,61	0,41	0,63	non décalés vs décalés	0,82	0,39-1,73	0,61	0,61	
		non décalés	31 (58.49)	41 (63.08)									
Par rapport au plaqué, le plaqueur	125	avance	43 (78.18)	43 (61.43)	0,072								
		attend	12 (21.82)	24 (34.29)									
		recule	0(0)	3 (4.29)									
Masse et vitesse du plaqué plus importantes	93	oui	14 (24.56)	9 (25)	0,96	0,24	<b>0,75</b>	oui vs non	0,98	0,37-2,57	0,96	0,96	
		non	43 (75.44)	27 (75)									
Le plaqueur vous paraît-il avoir eu le temps de se préparer	125	oui	36 (65.45)	63 (90)	<b>0,00079</b>	0,65	0,10	non vs oui	<b>4,8</b>	1,82-12,5	0,0014	<b>0,0014</b>	
		non	19 (34.55)	7 (10)									

Tableau 3. Analyse descriptive de l'échantillon témoin, cas témoins et sensibilité et spécificité.

## V. DISCUSSION :

### *Le plaquage, action dangereuse :*

Le plaquage semble être plus à risque de commotion cérébrale, par rapport aux autres actions de jeu, dans le TOP 14 ces dernières années, et représente 66% des phases de jeu avec suspicions de commotions et 77% des diagnostics. Ce résultat est en accord avec la littérature, qui identifie le plaquage comme un geste dangereux, à l'origine de nombreuses blessures dont la commotion cérébrale. Tucker et al. [27] en 2017, retrouvent un chiffre un peu plus important avec 76% de protocole HIA sur des actions de plaquages (suspicions de commotions).

Nous n'avons pas mis en évidence un type de plaquage plus à risque qu'un autre, malgré un OR pour les plaquages en poursuite à 2,16 mais un  $p = 0,36$ . L'échantillon étant assez faible (7 plaquages en poursuite parmi les commotionnés et 5 parmi les témoins), il est possible de se demander s'il ne manque pas de la puissance à cette variable pour devenir significative. Cross [39] retrouve un risque 36,5 fois supérieur de commotion lorsque le plaquage est dit « haut » (au-dessus des épaules, c'est interdit) par rapport à un plaquage réalisé en engageant les épaules de manière passive. Ces plaquages sont interdits et sanctionnés, cela n'apporte pas d'élément supplémentaire pour la prévention de la commotion cérébrale.

Nous avons décrit les plaquages dits « drapeau » : on retrouve une spécificité haute, à 98% lors de tels plaquages. Ceci pourrait éventuellement être expliqué par la cinétique importante du plaqué lors de ces événements, facteur identifié comme à risque dans la littérature. Ces plaquages ne sont pas interdits et sont réalisés avec peu de préparation de la part du plaqueur. Il est difficile de mettre en place une stratégie améliorant la technique dans ce cas de figure.

A ce niveau de jeu, le plaquage s'avère donc dangereux. Mais il fait partie du jeu de rugby. Il est impossible de le bannir totalement du jeu sous peine de dénaturer ce dernier.

L'étude concerne le secteur professionnel, il n'est pas possible de transposer les mêmes résultats au secteur amateur et encore moins aux catégories plus jeunes.

### *Le plaqueur au cœur de l'action :*

Dans notre étude, c'est plus souvent le plaqueur qui est commotionné : 55% des diagnostics. Tucker et al parlent de 72% de plaqueurs parmi les joueurs commotionnés et Cross [39] 70%, soit deux fois plus que le porteur de balle. Ces chiffres sont d'accord pour mettre en avant le risque propre au plaqueur.

La sensibilité du plaquage à 77% et la spécificité du rôle du plaqueur à 65% en font un évènement non négligeable en termes de prévention.

L'impact à la tête du plaqueur est sensible à 98%. C'est une piste de prévention à explorer : nous y revenons plus précisément plus tard, avec le choix du côté d'engagement de la tête du plaqueur et sa hauteur par rapport au plaqué.

### *La technique du plaqueur, quelles améliorations possibles ? :*

Aucun des plaquages de l'échantillon « commotionnés » ne s'avère remplir tous les points techniques de la grille. Il n'y a donc pas de plaquage « parfait ».

Les variables clairement significatives statistiquement sont le côté d'engagement de la tête du plaqueur (intérieur ou extérieur) et la hauteur de la tête lors de l'impact avec le plaqué. La notion d'anticipation du plaquage est également significative, mais ce critère étant subjectif, il est difficilement reproductible parfaitement.

La hauteur de la tête du plaqueur varie en fonction de la hauteur des épaules de ce derniers : le plaqueur engage son corps, et ses épaules, afin de stopper le porteur de balle. Lorsque la tête du plaqueur se situe dans la partie inférieure du corps de l'adversaire, a fortiori ses épaules aussi, il existe un risque plus important de subir une commotion cérébrale chez le plaqueur (valeur franchement significative sur tous les tests).

Ceci peut s'expliquer par les chocs directs sur la tête du plaqueur avec un genou ou un pied de l'adversaire. Ces impacts sont hautement sensibles (98%).

En termes de prévention, il serait intéressant de travailler le placement de la tête du plaqueur, pour obtenir une hauteur minimum lors de l'impact, au-dessus des hanches du plaqué.

Le côté de la tête spécifique (81%) mais peu sensible : en effet, parmi les commotionnés, presque autant de joueurs mettent la tête à l'intérieur qu'à l'extérieur. Les témoins au contraire mettent largement plus souvent la tête à l'extérieur (81,2%).

Le côté d'engagement de la tête du plaqueur se rapproche de la latéralité d'engagement des épaules : plaque-t-il avec son épaule droite ou son épaule gauche. La théorie veut que ce soit le sens du jeu qui guide le choix de l'épaule engagée, mais parfois, la présence d'antécédent de blessure sur une des deux épaules peut expliquer le « mauvais choix » du plaqueur. Il engagerait son épaule plus forte et pas celle désignée par le sens du jeu, et sa tête se retrouve « à l'intérieur ».

Ceci nous indique plusieurs pistes de prévention : à la fois la préparation d'un placement du plaqueur en adéquation avec le sens du jeu et à la fois un travail visant à renforcer les appréhensions secondaires à des blessures anciennes.

D'autres variables sont significatives sur seulement un test :

Le mouvement d'enserrement des bras du plaqueur est sensible à 80% du diagnostic de commotion cérébrale, mais l'analyse cas témoins indique que ce point technique est présent dans les bras témoins et dans les cas de commotions, respectivement à 88,6% et 80,4%.

Le regard du plaqueur : manque clairement de puissance, même si le peu retrouvé en faveur d'une technique juste. Logique car le mouvement est balistique, et la vision est cruciale pour ajuster le mouvement.

Le rapport de force en faveur du plaqueur est spécifique à 75% du diagnostic de commotion cérébrale. Les autres tests ne sont pas significatifs par un probable manque de puissance, vu la petite taille des échantillons. Cette variable rassemble la masse et la vitesse des joueurs inclus dans l'action de plaquage. La masse d'un joueur n'est pas modifiable. Ceci tendrait à dire que la vitesse du plaqueur doit être optimale pour arrêter le joueur adverse. Cette notion est discutable puisque la vitesse des joueurs a déjà été identifiée comme un facteur de risque de commotion cérébrale dans de précédentes études [57], [39].

La variable anticipation du plaquage est subjective, puisqu'elle est à l'appréciation des observateurs. Elle reste néanmoins statistiquement significative avec un OR à 4,8. Cela pourrait s'expliquer par un temps de préparation où le plaqueur place ses appuis afin de s'engager correctement avant l'impact

avec l'adversaire, dans le plan horizontal (tête à l'intérieur ou extérieur) et dans le plan vertical (hauteur de la tête et des épaules).

#### *Intention de plaquage :*

Malheureusement, la vitesse du jeu est telle qu'il est parfois difficile de se préparer pour le plaqueur. Un changement soudain de direction du porteur de balle peut induire l'engagement du « mauvais » côté du plaqueur, par manque de temps de préparation.

Ainsi, on peut dégager la notion de plaquage intentionnel du mauvais côté, pour protéger une blessure par exemple (instabilité gléno-humérale chronique ou dysjonction acromio claviculaire récente). C'est à opposer au plaquage non intentionnel où le plaqueur n'a pas le temps d'ajuster son geste, suite à un évènement de jeu soudain : un porteur de balle trop rapide, qui change de direction au dernier moment après avoir cadrer le plaqueur, ou une charge directe sur le défenseur.

Cette intentionnalité de plaquage implique une lucidité de la part du plaqueur. Une baisse de cette dernière induite par la fatigue pourrait être une explication du choix du côté de plaquage. C'est une piste à explorer.

#### *La place du coaching :*

Par ailleurs, la notion de coaching prend également une place importante dans ce contexte. Traditionnellement en seconde période, les changements de l'heure de jeu entraînent une différence de fraîcheur et d'intensité physique réelles entre les joueurs sur le terrain depuis le début de la partie et ceux venant d'y entrer. Le rapport de force entre ces deux types de joueurs serait a priori déséquilibré, en faveur des joueurs dits « frais ».

Cela constitue une autre orientation à explorer dans la prévention.

#### *Stratégies envisageable de prévention :*

Dans de précédentes études [39], la vitesse des plaqueurs, l'accélération des joueurs ou le type de plaquage avaient été identifiés comme facteurs de risque de commotions cérébrales.

Malheureusement, ce sont des variables difficilement modifiables dans le jeu. Pour se faire, il faudrait limiter la vitesse de jeu des joueurs ou contrôler les déplacements afin de placer les joueurs de façon à réaliser des plaquages moins dangereux.

Les phases techniques abordées dans notre étude sont contrôlées par le plaqueur lors des plaquages dits intentionnels. Les variables telles que la position de la tête en latéralité ou en hauteur sont des

pistes sérieuses pour prévenir la commotion. On pensera à un travail spécifique sur la technique de plaquage, au long de l'année, durant les entraînements, ou à un renforcement d'une épaule plus faible ou d'une appréhension. Mais également à la diffusion au grand public et à la prise de conscience générale de ces erreurs techniques à risque.

Il serait intéressant d'identifier dans une prochaine étude, la part de plaquages intentionnels avec une faute du côté d'engagement, suite à une blessure à l'épaule.

#### *Limites de l'étude :*

Les vidéos des éléments analysés étaient sélectionnées parmi les diffusions télévisées des matchs et rendaient les observateurs dépendant des séquences montrées : selon le cadrage, la séquence, le choix de repasser l'action au ralenti n'étaient pas fait par les observateurs. Ainsi, certaines actions ont été interrompues sur la vidéo, rendant l'analyse impossible. Elle n'a été faite que sur l'ensemble de l'événement visible. Ces éléments pourraient entraîner une sous-évaluation de certains points techniques et expliquant les échantillons de tailles différentes.

Les vidéos analysées par les observateurs ont été sélectionnées par des analystes indépendants sur tous les matchs du TOP14 des 3 saisons choisies selon les critères définis. Il n'y a eu aucune exclusion avant la phase d'analyse principale, ce qui permet de limiter le biais de sélection.

Elle s'est déroulée en aveugle du diagnostic pour limiter un biais d'évaluation.

533 évènements ont été identifiés, avec l'analyse de 417 vidéos dont 136 où le plaqueur est suspect de commotion cérébrale, que nous avons opposé à 70 plaqueur non suspect de ce même diagnostic. Ceci constitue un échantillon moins important que ce qu'a pu utiliser Cross [39] avec 182 plaquages induisant un joueur commotionné et 4619 plaquages témoins. Parmi ces joueurs commotionnés, il trouve 70% de plaqueurs, soit légèrement moins que dans notre étude : 77%.

Les 6 participants à cette étude ont été classés en 3 groupes, permettant de limiter un biais d'expertise et de se rapprocher le plus possible de la situation réelle des médecins de clubs de rugby, ayant selon leur formation personnelle et expérience, un niveau différent concernant la commotion cérébrale, mais ayant tous été sensibilisés à son diagnostic et à sa prise en charge. Cross [39] n'a utilisé qu'un seul analyste pour tous les clips vidéo.

La formation des observateurs au cours de l'étude a été réalisée à trois occasions : avant l'étude de

concordance, après sa première phase ainsi qu'après la deuxième. Elles ont été effectuées afin de diminuer le biais d'évaluation inter-personnel.

Cette étude n'est pas reproductible au milieu amateur, or il existe également un enjeu important dans la prévention de la commotion cérébrale, et il représente la majeure partie des licenciés de la fédération.

## **CONCLUSION**

Le plaquage est une action très fréquente dans le jeu, avec plus de 200 par match [3]. Puisque c'est le plaqueur qui mène cette action, l'identification de variables techniques plus à risques de commotion cérébrales décrites offrent des pistes de travail pour la prévention, via l'entraînement, la protection d'ancienne blessure et la connaissance théoriques des joueurs et entraîneurs.

Les points remarquables sont le côté d'engagement de la tête avec un risque supérieur lorsque le plaqueur place sa tête à l'intérieur du joueur adverse ; et la hauteur de la tête avec un sur-risque lorsque le défenseur place sa tête dans la partie inférieure du corps du porteur de balle.

Ces observations sont à nuancer avec la notion d'intentionnalité de plaquage (l'anticipation dans notre étude), puisque la vitesse de jeu ne permet parfois pas de maîtriser la technique de plaquage.

Il est important de trouver des manières concrètes pour modifier ces aspects techniques qui aboutissent à de fautes à caractère intentionnel dans l'action de plaquage, chez des joueurs professionnels, au bagage rugbystique parfois très ancien.

Key words : concussion, video analysis, tackles, tackle technique, prevention, sensitivity and specificity, rugby

(\*): Paul A. Harris, Robert Taylor, Robert Thielke, Jonathon Payne, Nathaniel Gonzalez, Jose G. Conde,  
Research electronic data capture (REDCap) – A metadata-driven methodology and workflow process  
for providing translational research informatics support, J Biomed Inform. 2009 Apr;42(2):377-81.

# CONCLUSION

Le plaquage est une action spécifique du jeu de rugby, dont le nombre a augmenté au fil du temps avec une accélération de cette croissance à la naissance du professionnalisme.

Parallèlement, les physiques des joueurs ont également évolué avec une augmentation de leur masse et de leurs performances. Les impacts qui en découlent n'en sont que plus importants.

Le plaqueur a un rôle majeur dans l'action de plaquage car c'est lui l'acteur. Nous avons vu qu'il existe de nombreuses exigences techniques pour réaliser un plaquage dit « parfait ».

Les aspects techniques remarquables de notre étude sont le côté d'engagement de la tête avec un risque supérieur lorsque le plaqueur place sa tête à l'intérieur du joueur adverse ; et la hauteur de la tête avec un sur-risque lorsque le défenseur place sa tête dans la partie inférieure du corps du porteur de balle.

En complétant avec d'autres études qui identifient les plaquages hauts comme très à risque de commotion cérébrale, il est possible de dégager une zone « cible » pour le plaqueur : engagement avec la tête du « bon » côté, au-dessus des hanches et sous les épaules.

La mise en évidence de variables techniques plus à risques de commotion cérébrales décrites offrent des orientations pour la prévention. La méthode la plus efficace mais la plus drastique, consiste à supprimer le plaquage. C'est bien entendu totalement inimaginable. Il faut donc se tourner vers l'entraînement et la connaissance théorique (techniques et risques encourus) des joueurs et entraîneurs pour imaginer des manières d'améliorer cette technique. Ceci tout en sachant que la vitesse de jeu est un facteur limitant dans la maîtrise de celle-ci.

L'identification des causes des fautes techniques dans les plaquages intentionnels est un élément modifiable (renforcement d'une épaule par exemple).

Il est important de trouver des manières concrètes pour modifier durablement ces aspects techniques abordables, et qui aboutissent à de fautes dans les plaquages intentionnels en particulier, chez des joueurs professionnels.

Il est difficile d'extrapoler au secteur amateur, car la fréquence d'entraînement, les aptitudes physiques et techniques ne sont pas reproductibles, par rapport à ces joueurs professionnels. C'est un autre défi en termes de prévention de la commotion cérébrale.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] Alderson, A. "Sports Tech - Wearable Sensors [Technology Rugby]." *Engineering Technology* 11, no. 6 (July 2016): 76–77. doi:10.1049/et.2016.0607.
- [2] Clarke, Anthea C., Judith M. Anson, and David B. Pyne. "Game Movement Demands and Physical Profiles of Junior, Senior and Elite Male and Female Rugby Sevens Players." *Journal of Sports Sciences* 35, no. 8 (avril 2017): 727–33. doi:10.1080/02640414.2016.1186281.
- [3] Hausler, Joanne, Mark Halaki, and Rhonda Orr. "Application of Global Positioning System and Microsensor Technology in Competitive Rugby League Match-Play: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Sports Medicine* 46, no. 4 (April 1, 2016): 559–88. doi:10.1007/s40279-015-0440-6.
- [4] Gabbett, Tim J., Chris Polley, Dan B. Dwyer, Simon Kearney, and Alex Corvo. "Influence of Field Position and Phase of Play on the Physical Demands of Match-Play in Professional Rugby League Forwards." *Journal of Science and Medicine in Sport* 17, no. 5 (September 2014): 556–61. doi:10.1016/j.jsams.2013.08.002.
- [5] Gabbett, Tim J. "Effects of Physical, Technical, and Tactical Factors on Final Ladder Position in Semiprofessional Rugby League." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 9, no. 4 (July 2014): 680–88. doi:10.1123/ijsp.2013-0253.
- [6] Fuller, Colin W., John H. M. Brooks, Rebecca J. Cancea, John Hall, and Simon P. T. Kemp. "Contact Events in Rugby Union and Their Propensity to Cause Injury." *British Journal of Sports Medicine* 41, no. 12 (December 1, 2007): 862–67. doi:10.1136/bjism.2007.037499.

- [7] Eaves, Simon, and Mike Hughes. "Patterns of Play of International Rugby Union Teams before and after the Introduction of Professional Status." *International Journal of Performance Analysis in Sport* 3, no. 2 (December 1, 2003): 103–11.
- [8] Gabbett, Tim J., Chris Polley, Dan B. Dwyer, Simon Kearney, and Alex Corvo. "Influence of Field Position and Phase of Play on the Physical Demands of Match-Play in Professional Rugby League Forwards." *Journal of Science and Medicine in Sport* 17, no. 5 (September 2014): 556–61. doi:10.1016/j.jsams.2013.08.002.
- [9] Cummins, Cloe, and Rhonda Orr. "Analysis of Physical Collisions in Elite National Rugby League Match Play." *International Journal of Sports Physiology & Performance* 10, no. 6 (September 2015): 732–39.
- [10] Gabbett, Tim, David Jenkins, and Bruce Abernethy. "Physical Collisions and Injury during Professional Rugby League Skills Training." *Journal of Science and Medicine in Sport* 13, no. 6 (November 2010): 578–83. doi:10.1016/j.jsams.2010.03.007.
- [11] Gabbett, Tim J., David G. Jenkins, and Bruce Abernethy. "Physical Collisions and Injury in Professional Rugby League Match-Play." *Journal of Science and Medicine in Sport* 14, no. 3 (mai 2011): 210–15. doi:10.1016/j.jsams.2011.01.002.
- [12] Quarrie, K. L., P. Handcock, A. E. Waller, D. J. Chalmers, M. J. Toomey, et B. D. Wilson. « The New Zealand Rugby Injury and Performance Project. III. Anthropometric and Physical Performance Characteristics of Players. » *British Journal of Sports Medicine* 29, n° 4 (1 décembre 1995): 263-70. <https://doi.org/10.1136/bjism.29.4.263>.
- [13] Suarez-Arrones, Luis, Carlos Arenas, Guillermo López, Bernardo Requena, Oliver Terrill, et Alberto Mendez-Villanueva. « Positional Differences in Match Running Performance and Physical Collisions in Men Rugby Sevens ». *International Journal of Sports Physiology & Performance* 9, n° 2 (mars 2014): 316-23.
- [14] King, D., P. Hume, C. Gissane, M. Brughelli, et T. Clark. « The Influence of Head Impact Threshold for Reporting Data in Contact and Collision Sports: Systematic Review and Original Data Analysis ».

*Sports Medicine* 46, n° 2 (1 février 2016): 151-69. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0423-7>.

- [15] Kempton, Thomas, Anita C. Sirotic, Matthew Cameron, et Aaron J. Coutts. « Match-related fatigue reduces physical and technical performance during elite rugby league match-play: a case study ». *Journal of Sports Sciences* 31, n° 16 (1 décembre 2013): 1770-80. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.803583>.
- [16] Cummins, C., et R. Orr. « Body loads and collisions in professional Australian Rugby League players ». *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2013 ASICS CONFERENCE OF SCIENCE AND MEDICINE IN SPORT, 16, Supplement 1 (décembre 2013): e17. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.10.042>.
- [17] Hendricks, Sharief, David Karpul, et Mike Lambert. « Momentum and Kinetic Energy before the Tackle in Rugby Union ». *Journal of Sports Science & Medicine* 13, n° 3 (septembre 2014): 557-63.
- [18] Olds, Tim. « The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century ». *Journal of Sports Sciences* 19, n° 4 (avril 2001): 253-62.
- [19] Quarrie, Kenneth L., et Will G. Hopkins. « Changes in player characteristics and match activities in Bledisloe Cup rugby union from 1972 to 2004 ». *Journal of Sports Sciences* 25, n° 8 (juin 2007): 895-903.
- [20] Mcintosh, Andrew S., Trevor N. Savage, Paul Mccrory, Bertrand O. FréChèDe, et Rory Wolfe. « Tackle Characteristics and Injury in a Cross Section of Rugby Union Football ». *Medicine & Science in Sports & Exercise* 42, n° 5 (mai 2010): 977-84. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181c07b5b>.
- [21] Eaves, Simon J., Mike D. Hughes, et Kevin L. Lamb. « Assessing the impact of the season and rule changes on specific match and tactical variables in professional rugby league football in the United Kingdom. » *International journal of performance analysis in sport* 8, n° 3 (novembre 2008): 104-18.
- [22] Waldron, Mark, Paul Ray Worsfold, Craig Twist, et Kevin Lamb. « The relationship between physical abilities, ball-carrying and tackling among elite youth rugby league players ». *Journal of Sports*

*Sciences* 32, n° 6 (avril 2014): 542-49.

- [23] Evans, S. D., C. Brewer, J. D. Haigh, M. Lake, J. P. Morton, et G. L. Close. « The physical demands of Super League rugby: Experiences of a newly promoted franchise ». *European Journal of Sport Science* 15, n° 6 (septembre 2015): 505-13.
- [24] Lindsay, Angus, Nick Draper, John Lewis, Steven P. Gieseg, et Nicholas Gill. « Positional demands of professional rugby ». *European Journal of Sport Science* 15, n° 6 (septembre 2015): 480-87.
- [25] Garrett F et al « Physical Game Demands in Elite Rugby Union: A Global Positioning System Analysis and Possible Implications for Rehabilitation ». *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 41, n° 8 (1 août 2011): 600-605. <https://doi.org/10.2519/jospt.2011.3508>.
- [26] McLaren, Shaun J., Matthew Weston, Andrew Smith, Rob Cramb, et Matthew D. Portas. « Variability of physical performance and player match loads in professional rugby union ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 19, n° 6 (juin 2016): 493-97. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.05.010>.
- [27] King, Doug, Patria Hume, Conor Gissane, et Trevor Clark. « Head impacts in a junior rugby league team measured with a wireless head impact sensor: an exploratory analysis ». *Journal of Neurosurgery: Pediatrics* 19, n° 1 (28 octobre 2016): 13-23. <https://doi.org/10.3171/2016.7.PEDS1684>.
- [28] Sparks, J. P. "Rugby Football Injuries, 1980-1983." *British Journal of Sports Medicine* 19, no. 2 (June 1, 1985): 71–75. doi:10.1136/bjism.19.2.71.
- [29] Sparks, J. P. "Half a Million Hours of Rugby Football. The Injuries." *British Journal of Sports Medicine* 15, no. 1 (March 1981): 30–32.
- [30] Garraway, Michael, et Donald Macleod. « Epidemiology of rugby football injuries ». *Lancet* 345, n° 8963 (10 juin 1995): 1485.

- [31] Bird, Y. N., A. E. Waller, S. W. Marshall, J. C. Alsop, D. J. Chalmers, et D. F. Gerrard. « The New Zealand Rugby Injury and Performance Project: V. Epidemiology of a Season of Rugby Injury. » *British Journal of Sports Medicine* 32, n° 4 (12 janvier 1998): 319-25. <https://doi.org/10.1136/bjism.32.4.319>.
- [32] Garraway, W. M., A. J. Lee, S. J. Hutton, E. B. a. W. Russell, et D. a. D. Macleod. « Impact of Professionalism on Injuries in Rugby Union ». *British Journal of Sports Medicine* 34, n° 5 (10 janvier 2000): 348-51. <https://doi.org/10.1136/bjism.34.5.348>.
- [33] Quarrie, Kenneth L., et Will G. Hopkins. « Tackle Injuries in Professional Rugby Union ». *The American Journal of Sports Medicine* 36, n° 9 (9 janvier 2008): 1705-16. <https://doi.org/10.1177/0363546508316768>.
- [34] King, Doug, Patria A. Hume, et Trevor Clark. « Nature of Tackles That Result in Injury in Professional Rugby League ». *Research in Sports Medicine* 20, n° 2 (avril 2012): 86-104.
- [35] Brooks, J. H. M., C. W. Fuller, S. P. T. Kemp, et D. B. Reddin. « Epidemiology of Injuries in English Professional Rugby Union: Part 1 Match Injuries ». *British Journal of Sports Medicine* 39, n° 10 (10 janvier 2005): 757-66. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018135>.
- [36] Brooks, J. H. M., C. W. Fuller, S. P. T. Kemp, et D. B. Reddin. « Epidemiology of Injuries in English Professional Rugby Union: Part 2 Training Injuries ». *British Journal of Sports Medicine* 39, n° 10 (1 octobre 2005): 767-75. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018408>.
- [37] Gabbett, Tim J., Shahid Ullah, et Caroline F. Finch. « Identifying risk factors for contact injury in professional rugby league players – Application of a frailty model for recurrent injury ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 15, n° 6 (novembre 2012): 496-504. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.03.017>.
- [38] Williams, Sean, Grant Trewartha, Simon Kemp, et Keith Stokes. « A Meta-Analysis of Injuries in Senior Men’s Professional Rugby Union ». *Sports Medicine* 43, n° 10 (octobre 2013): 1043-55.

- [39] Gabbett, T. J. « Incidence of Injury in Amateur Rugby League Sevens ». *British Journal of Sports Medicine* 36, n° 1 (1 février 2002): 23-26. <https://doi.org/10.1136/bjism.36.1.23>.
- [40] Archbold, H. a. P., A. T. Rankin, M. Webb, R. Nicholas, N. W. A. Eames, R. K. Wilson, L. A. Henderson, G. J. Heyes, et C. M. Bleakley. « RISUS Study: Rugby Injury Surveillance in Ulster Schools ». *Br J Sports Med* 51, n° 7 (1 avril 2017): 600-606. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095491>.
- [41] Roberts, Simon P., Grant Trewartha, Mike England, et Keith A. Stokes. « Incidence and Nature of Medical Attendance Injuries in English Community Rugby Union ». *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* 2, n° 12 (1 décembre 2014): 2325967114562781. <https://doi.org/10.1177/2325967114562781>.
- [42] Underhill, Justin, Suzanne M. Dostaler, Robert J. Brison, et William Pickett. « Rugby Injury in Kingston, Canada: A Ten-Year Study ». *Chronic Diseases in Canada* 27, n° 4 (2007): 163-70.
- [43] Patricios, Jon S. « Rugby Contact and Collisions--Clinical Challenges of a Global Game ». *Current Sports Medicine Reports* 13, n° 5 (octobre 2014): 326-33. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000086>.
- [44] Taylor, Aileen E., Colin W. Fuller, et Michael G. Molloy. « Injury Surveillance during the 2010 IRB Women's Rugby World Cup ». *British Journal of Sports Medicine* 45, n° 15 (12 janvier 2011): 1243-45. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090024>.
- [45] Wilson, Barry D, Kenneth L Quarrie, Peter D Milburn, et David J Chalmers. « The nature and circumstances of tackle injuries in rugby union ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 2, n° 2 (1 juin 1999): 153-62. [https://doi.org/10.1016/S1440-2440\(99\)80195-9](https://doi.org/10.1016/S1440-2440(99)80195-9).
- [46] Fuller, Colin W., Aileen Taylor, et Martin Raftery. « Epidemiology of Concussion in Men's Elite Rugby-7s (Sevens World Series) and Rugby-15s (Rugby World Cup, Junior World Championship and Rugby Trophy, Pacific Nations Cup and English Premiership) ». *British Journal of Sports Medicine* 49, n° 7 (4 janvier 2015): 478-83. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093381>.

- [47] Burger, Nicholas, Mike I Lambert, Wayne Viljoen, James C Brown, Clint Readhead, et Sharief Hendricks. « Tackle-related injury rates and nature of injuries in South African Youth Week tournament rugby union players (under-13 to under-18): an observational cohort study ». *BMJ Open* 4, n° 8 (12 août 2014). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-005556>.
- [48] Hendricks, Sharief, and Michael Lambert. "Tackling in Rugby: Coaching Strategies for Effective Technique and Injury Prevention." *International Journal of Sports Science & Coaching* 5, no. 1 (March 1, 2010): 117–35. doi:10.1260/1747-9541.5.1.117.
- [49] Hendricks, Sharief, Sam O’connor, Michael Lambert, James Brown, Nicholas Burger, Sarah Mc Fie, Clint Readhead, et Wayne Viljoen. « Contact technique and concussions in the South African under-18 Coca-Cola Craven Week Rugby tournament ». *European Journal of Sport Science* 15, n° 6 (18 août 2015): 557-64. <https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1046192>.
- [50] Stephenson, S., C. Gissane, et D. Jennings. « Injury in Rugby League: A Four Year Prospective Survey. » *British Journal of Sports Medicine* 30, n° 4 (12 janvier 1996): 331-34. <https://doi.org/10.1136/bjism.30.4.331>.
- [51] Gardner, Andrew J., Grant L. Iverson, W. Huw Williams, Stephanie Baker, et Peter Stanwell. « A Systematic Review and Meta-Analysis of Concussion in Rugby Union ». *Sports Medicine* 44, n° 12 (1 décembre 2014): 1717-31. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0233-3>.
- [52] Lopez, Victor, Richard Ma, Meryle G. Weinstein, Robert C. Cantu, Laurel S.D. Myers, Nisha S. Nadkar, Christian Victoria, et Answorth A. Allen. « Concussive Injuries in Rugby 7s: An American Experience and Current Review ». *Medicine & Science in Sports & Exercise* 48, n° 7 (juillet 2016): 1320-30. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000892>.
- [53] Gardner, Andrew, Grant L. Iverson, Christopher R. Levi, Peter W. Schofield, Frances Kay-Lambkin, Ryan M. N. Kohler, et Peter Stanwell. « A systematic review of concussion in rugby league ». *British Journal of Sports Medicine* 49, n° 8 (15 avril 2015): 495-98.

- [54] Roberts, Simon P., Grant Trewartha, Michael England, William Goodison, et Keith A. Stokes. « Concussions and Head Injuries in English Community Rugby Union Match Play ». *The American Journal of Sports Medicine*, 17 octobre 2016. <https://doi.org/10.1177/0363546516668296>.
- [55] Mc Fie, Sarah, James Brown, Sharief Hendricks, Michael Posthumus, Clint Readhead, Mike Lambert, Alison V. September, et Wayne Viljoen. « Incidence and Factors Associated With Concussion Injuries at the 2011 to 2014 South African Rugby Union Youth Week Tournaments ». *Clinical Journal of Sport Medicine* 26, n° 5 (1 septembre 2016): 398-404. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000276>.
- [56] Cross, Matthew, Simon Kemp, Andrew Smith, Grant Trewartha, et Keith Stokes. « Professional Rugby Union Players Have a 60% Greater Risk of Time Loss Injury after Concussion: A 2-Season Prospective Study of Clinical Outcomes ». *Br J Sports Med* 50, n° 15 (1 août 2016): 926-31. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094982>.
- [57] Tucker, Ross, Martin Raftery, Simon Kemp, James Brown, Gordon Fuller, Ben Hester, Matthew Cross, et Ken Quarrie. « Risk Factors for Head Injury Events in Professional Rugby Union: A Video Analysis of 464 Head Injury Events to Inform Proposed Injury Prevention Strategies ». *Br J Sports Med*, 22 juin 2017, bjsports-2017-097895. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097895>.
- [58] Tucker, Ross, Martin Raftery, Gordon Ward Fuller, Ben Hester, Simon Kemp, et Matthew J. Cross. « A Video Analysis of Head Injuries Satisfying the Criteria for a Head Injury Assessment in Professional Rugby Union: A Prospective Cohort Study ». *Br J Sports Med* 51, n° 15 (1 août 2017): 1147-51. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097883>.
- [59] Roberts, Simon P., Grant Trewartha, Mike England, Gavin Shaddick, et Keith A. Stokes. « Epidemiology of Time-Loss Injuries in English Community-Level Rugby Union ». *BMJ Open* 3, n° 11 (1 novembre 2013): e003998. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-003998>.
- [60] Hollis, Stephanie J., Mark R. Stevenson, Andrew S. McIntosh, E. Arthur Shores, Michael W. Collins, et Colman B. Taylor. « Incidence, Risk, and Protective Factors of Mild Traumatic Brain Injury in a Cohort of Australian Nonprofessional Male Rugby Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 37, n°

12 (1 décembre 2009): 2328-33. <https://doi.org/10.1177/0363546509341032>.

- [61] Leung, Felix T., Melinda M. Franettovich Smith, et Julie A. Hides. « Injuries in Australian School-Level Rugby Union ». *Journal of Sports Sciences* 35, n° 21 (novembre 2017): 2088-92. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1255771>.
- [62] Leung, Felix T., Melinda M. Franettovich Smith, Mark Brown, Ann Rahmann, M. Dilani Mendis, et Julie A. Hides. « Epidemiology of injuries in Australian school level rugby union ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 20, n° 8 (août 2017): 740-44. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.03.006>.
- [63] Fuller, Colin W., Aileen E. Taylor, et Martin Raftery. « Should Player Fatigue Be the Focus of Injury Prevention Strategies for International Rugby Sevens Tournaments? » *British Journal of Sports Medicine* 50, n° 11 (juin 2016): 682-87. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096043>.
- [64] Kirkwood, Graham, Nikesh Parekh, Richard Ofori-Asenso, et Allyson M. Pollock. « Concussion in Youth Rugby Union and Rugby League: A Systematic Review ». *Br J Sports Med* 49, n° 8 (1 avril 2015): 506-10. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093774>.
- [65] McLellan, Tracey L., et Audrey McKinlay. « The Mechanism of Concussion Injury in Rugby League : Original Research ». *International SportMed Journal* 15, n° 4 (1 décembre 2014): 328-32.
- [67] Kerr, H. A., C. Curtis, L. J. Micheli, M. S. Kocher, D. Zurakowski, S. P. T. Kemp, et J. H. M. Brooks. « Collegiate Rugby Union Injury Patterns in New England: A Prospective Cohort Study ». *British Journal of Sports Medicine* 42, n° 7 (juillet 2008): 595-603. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.035881>.
- [68] Burger, Nicholas, Mike Ian Lambert, Wayne Viljoen, James Craig Brown, Clint Readhead, Steve den Hollander, et Sharief Hendricks. « Mechanisms and Factors Associated With Tackle-Related Injuries in South African Youth Rugby Union Players ». *The American Journal of Sports Medicine* 45, n° 2 (février 2017): 278-85. <https://doi.org/10.1177/0363546516677548>.

- [69] Hendricks, Sharief, Sam O'Connor, Michael Lambert, James C. Brown, Nicholas Burger, Sarah Mc Fie, Clint Readhead, et Wayne Viljoen. « Video Analysis of Concussion Injury Mechanism in Under-18 Rugby ». *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 2, n° 1 (9 janvier 2016): e000053.  
<https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000053>.
- [70] Garraway, W. M., A. J. Lee, D. A. Macleod, J. W. Telfer, I. J. Deary, et G. D. Murray. « Factors Influencing Tackle Injuries in Rugby Union Football. » *British Journal of Sports Medicine* 33, n° 1 (2 janvier 1999): 37-41. <https://doi.org/10.1136/bjsem.33.1.37>.
- [71] Roberts, Simon P., Grant Trewartha, Mike England, et Keith A. Stokes. « Collapsed Scrums and Collision Tackles: What Is the Injury Risk? » *British Journal of Sports Medicine* 49, n° 8 (4 janvier 2015): 536-40. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092988>.
- [72] Burger, Nicholas, Michael I. Lambert, Wayne Viljoen, James C. Brown, Clint Readhead, et Sharief Hendricks. « Tackle Technique and Tackle-Related Injuries in High-Level South African Rugby Union under-18 Players: Real-Match Video Analysis ». *British Journal of Sports Medicine* 50, n° 15 (8 janvier 2016): 932-38. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095295>.
- [73] Gabbett, Tim J. « Influence of Fatigue on Tackling Technique in Rugby League Players ». *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, n° 2 (mars 2008): 625-32.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635a6a>.
- [74] King, Doug, Patria A. Hume, et Trevor Clark. « Nature of Tackles That Result in Injury in Professional Rugby League ». *Research in Sports Medicine* 20, n° 2 (avril 2012): 86-104.
- [75] Fuller, Colin W., Tony Ashton, John H. M. Brooks, Rebecca J. Cancea, John Hall, et Simon P. T. Kemp. « Injury Risks Associated with Tackling in Rugby Union ». *British Journal of Sports Medicine* 44, n° 3 (3 janvier 2010): 159-67. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2008.050864>.
- [76] Gianotti, Simon M., Ken L. Quarrie, et Patria A. Hume. « Evaluation of RugbySmart: A rugby union community injury prevention programme ». *Journal of Science and Medicine in Sport* 12, n° 3 (mai

2009): 371-75. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2008.01.002>.

[77] McIntosh, A, et P McCrory. « Preventing head and neck injury ». *British Journal of Sports Medicine* 39, n° 6 (juin 2005): 314-18. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.018200>.

[78] Erasmus, H., et E. J. Spamer. « Effect of a prevention programme on the incidence of rugby injuries among 15- and 16-year-old schoolboys ». *ResearchGate* 19, n° 2 (1 janvier 2007).  
[https://www.researchgate.net/publication/277810400\\_Effect\\_of\\_a\\_prevention\\_programme\\_on\\_the\\_incidence\\_of\\_rugby\\_injuries\\_among\\_15-\\_and\\_16-year-old\\_schoolboys](https://www.researchgate.net/publication/277810400_Effect_of_a_prevention_programme_on_the_incidence_of_rugby_injuries_among_15-_and_16-year-old_schoolboys).

[79] McIntosh, AS, P McCrory, CF Finch, JP Best, DJ Chalmers, et R Wolfe. « Does padded headgear prevent head injury in rugby union football? » *Medicine and science in sports and exercise* 41, n° 2 (2009): 306-13.

[80] Kemp, Simon P. T., Zoë Hudson, John H. M. Brooks, et Colin W. Fuller. « The Epidemiology of Head Injuries in English Professional Rugby Union ». *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine* 18, n° 3 (mai 2008): 227-34.  
<https://doi.org/10.1097/JSM.0b013e31816a1c9a>.

[81] Hislop, Michael D., Keith A. Stokes, Sean Williams, Carly D. McKay, Mike E. England, Simon P. T. Kemp, et Grant Trewartha. « Reducing Musculoskeletal Injury and Concussion Risk in Schoolboy Rugby Players with a Pre-Activity Movement Control Exercise Programme: A Cluster Randomised Controlled Trial ». *Br J Sports Med* 51, (2017): 1140-46. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097434>.

[82] Fraas, Michael R., et Jessica Burchiel. « A systematic review of education programmes to prevent concussion in rugby union ». *European Journal of Sport Science* 16, n° 8 (16 novembre 2016): 1212-18. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1170207>.

[83] Menger, Richard, Austin Menger, et Anil Nanda. « Rugby headgear and concussion prevention: misconceptions could increase aggressive play ». *Neurosurgical Focus* 40, n° 4 (1 avril 2016): E12.  
<https://doi.org/10.3171/2016.1.FOCUS15615>.

- [84] Clacy, Amanda, Rachael Sharman, Natassia Goode, Paul M. Salmon, et Geoff P. Lovell. « Responsibilities in the Prevention of Concussion in Community Rugby Union ». *Procedia Manufacturing*, 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015, 3 (1 janvier 2015): 1173-80.  
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.195>.
- [85] Marshall, Stephen W., Dana P. Loomis, Anna E. Waller, David J. Chalmers, Yvonne N. Bird, Kenneth L. Quarrie, et Michael Feehan. « Evaluation of Protective Equipment for Prevention of Injuries in Rugby Union ». *International Journal of Epidemiology* 34, n° 1 (février 2005): 113-18.  
<https://doi.org/10.1093/ije/dyh346>.
- [86] Pettersen, J. A. « Does Rugby Headgear Prevent Concussion? Attitudes of Canadian Players and Coaches ». *British Journal of Sports Medicine* 36, n° 1 (1 février 2002): 19-22.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.36.1.19>.
- [87] Kahanov, Leamor, Matthew J. Dusa, Susan Wilkinson, et Jeff Roberts. « Self-Reported Headgear Use and Concussions Among Collegiate Men's Rugby Union Players ». *Research in Sports Medicine* 13, n° 2 (avril 2005): 77-89.
- [88] McIntosh, A. S., et P. McCrory. « Effectiveness of Headgear in a Pilot Study of under 15 Rugby Union Football ». *British Journal of Sports Medicine* 35, n° 3 (1 juin 2001): 167-69.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.35.3.167>.
- [89] Wilson, Barry D. « Protective Headgear in Rugby Union ». *Sports Medicine* 25, n° 5 (1 mai 1998): 333-37. <https://doi.org/10.2165/00007256-199825050-00005>.
- [90] Jennings, D. C. « Injuries Sustained by Users and Non-Users of Gum Shields in Local Rugby Union. » *British Journal of Sports Medicine* 24, n° 3 (1 septembre 1990): 159-65.  
<https://doi.org/10.1136/bjism.24.3.159>.
- [91] Blignaut, J. B., I. L. Carstens, et C. J. Lombard. « Injuries Sustained in Rugby by Wearers and Non-Wearers of Mouthguards. » *British Journal of Sports Medicine* 21, n° 2 (1 juin 1987): 5-7.

<https://doi.org/10.1136/bjism.21.2.5>.

- [92] Benson, Brian W., Andrew S. McIntosh, David Maddocks, Stanley A. Herring, Martin Raftery, et Jirí Dvorák. « What Are the Most Effective Risk-Reduction Strategies in Sport Concussion? » *British Journal of Sports Medicine* 47, n° 5 (avril 2013): 321-26. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092216>.
- [93] Clacy, Amanda, Natassia Goode, Rachael Sharman, Geoff P. Lovell, et Paul M. Salmon. « A Knock to the System: A New Sociotechnical Systems Approach to Sport-Related Concussion ». *Journal of Sports Sciences* 35, n° 22 (novembre 2017): 2232-39. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1265140>.
- [94] Emery, Carolyn A., Amanda M. Black, Ash Kolstad, German Martinez, Alberto Nettel-Aguirre, Lars Engebretsen, Karen Johnston, et al. « What Strategies Can Be Used to Effectively Reduce the Risk of Concussion in Sport? A Systematic Review ». *Br J Sports Med* 51, n° 12 (1 juin 2017): 978-84. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097452>.
- [95] Barnes, Andrew, James L. Rumbold, et Peter Olusoga. « Attitudes towards Protective Headgear in UK Rugby Union Players ». *BMJ Open Sport & Exercise Medicine* 3, n° 1 (2017): e000255. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2017-000255>.
- [96] Attwood, Matthew J., Simon P. Roberts, Grant Trewartha, Mike E. England, et Keith A. Stokes. « Efficacy of a Movement Control Injury Prevention Programme in Adult Men's Community Rugby Union: A Cluster Randomised Controlled Trial ». *British Journal of Sports Medicine*, 21 octobre 2017. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098005>.
- [97] Cross, Matthew J., Ross Tucker, Martin Raftery, Ben Hester, Sean Williams, Keith A. Stokes, Craig Ranson, Prav Mathema, et Simon Kemp. « Tackling Concussion in Professional Rugby Union: A Case-Control Study of Tackle-Based Risk Factors and Recommendations for Primary Prevention ». *British Journal of Sports Medicine*, 11 octobre 2017. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097912>.
- [98] Sobue, Shogo, Takayuki Kawasaki, Yoshinori Hasegawa, Yuki Shiota, Chihiro Ota, Takeshi Yoneda, Shigeyuki Tahara, et al. « Tackler's Head Position Relative to the Ball Carrier Is Highly Correlated with

Head and Neck Injuries in Rugby ». *British Journal of Sports Medicine*, 21 novembre 2017.

<https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098135>.

[99] McCrory, Paul, Willem H. Meeuwisse, Mark Aubry, Bob Cantu, Jiří Dvořák, Ruben J. Echemendia, Lars Engebretsen, et al. « Consensus Statement on Concussion in Sport: The 4th International Conference on Concussion in Sport Held in Zurich, November 2012 ». *British Journal of Sports Medicine* 47, n° 5 (4 janvier 2013): 250-58. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092313>.

[100] McCrory, Paul, Willem Meeuwisse, Jiří Dvorak, Mark Aubry, Julian Bailes, Steven Broglio, Robert C. Cantu, et al. « Consensus Statement on Concussion in Sport—the 5th International Conference on Concussion in Sport Held in Berlin, October 2016 ». *Br J Sports Med*, 26 avril 2017, bjsports-2017-097699. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097699>.

[101] Mendez, Mario F. « What Is the Relationship of Traumatic Brain Injury to Dementia? » *Journal of Alzheimer's Disease* 57, n° 3 (1 janvier 2017): 667-81. <https://doi.org/10.3233/JAD-161002>.

[102] Baumgart, Matthew, Heather M. Snyder, Maria C. Carrillo, Sam Fazio, Hye Kim, et Harry Johns. « Summary of the evidence on modifiable risk factors for cognitive decline and dementia: A population-based perspective ». *Alzheimer's & Dementia* 11, n° 6 (1 juin 2015): 718-26. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2015.05.016>.

[103] Andersen, T. E., Á Árnason, L. Engebretsen, et R. Bahr. « Mechanisms of Head Injuries in Elite Football ». *British Journal of Sports Medicine* 38, n° 6 (1 décembre 2004): 690-96. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.009357>.

# SERMENT MEDICAL

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

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

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

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

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences.

Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses : que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

## RESUME

**Introduction** : La commotion cérébrale est définie par un dysfonctionnement clinique transitoire du système nerveux central, spontanément résolutif, secondaire à la transmission directe ou non d'une énergie cinétique à l'encéphale. Elle est rencontrée dans les sports dits de contacts, comme le rugby. Le plaquage, action fréquente dans ce jeu, est à l'origine de nombreuses blessures parmi lesquelles la commotion cérébrale. Notre travail a porté sur l'analyse du plaquage dans le jeu de rugby à XV. L'objectif principal était de déterminer s'il existe un lien entre la réalisation technique du plaquage et la survenue de commotion cérébrale, dans un but secondaire de prévention.

**Matériel et méthode** : Nous avons réalisé une étude observationnelle rétrospective en aveugle du diagnostic, à partir de vidéos issues d'un programme de surveillance des blessures du TOP 14. Ces clips avec suspicion de commotion cérébrale ont été comparés à des vidéos de plaquages n'entraînant pas d'évènement médical.

**Résultats** : 77,4% des commotions cérébrales se produisent durant un plaquage et 55% des joueurs commotionnés sont plaqueurs. Le plaqueur a 3,33 fois plus de chances d'être commotionné s'il place sa tête à l'intérieur du plaqué et 2,72 plus de chances s'il la place dans la partie inférieure du corps du plaqué. Le fait de préparer son plaquage apparaît comme un facteur protecteur de la commotion cérébrale. Il faut d'ailleurs différencier les plaquages intentionnels de ceux dits « non intentionnels » où le plaqueur n'a pas le temps d'ajuster sa technique.

**Conclusion** : Le plaquage est une action dangereuse, demandant une compétence technique. Un défaut peut entraîner un sur-risque de commotion cérébrale. Il est mis en évidence une zone cible sur le joueur adverse, moins à risque pour le plaqueur. Sa prévention implique de modifier les erreurs techniques, et d'en identifier les causes dans les plaquages intentionnels.

## ABSTRACT

**Tackling technique study as a path for prevention strategy of concussion in rugby union.**

**Introduction** : Concussion is defined by a transient clinical dysfunction of the brain, spontaneously resolved, and may be caused by a direct or not direct transmission of kinetic energy to the head, face or neck. It is met in so-called sports contacts, like rugby. Tackle, a frequent action in this game, may result in many injuries, as concussion. Our work focused on the analysis of the tackling technique in the rugby union. The main objective was to determine if there was a link between the implementation of the tackling technique and the occurrence of the concussion. The secondary aim is prevention.

**Material and method** : We carried out a blind retrospective observational study, with videos from injury surveillance program in TOP 14. These clips with suspicion of concussion have been compared to videos of tackles resulting in no medical event.

**Results** : 77.4% of concussions occur during the tackle and 55% of concussed players are tacklers. The tackler is 3.33 times more likely to be concussed if he puts his head inside the ball carrier and 2.72 more chances if his head is in the lower part of the ball carrier's body. Preparing for tackling appears to be a protective factor for concussion. It is also necessary to differentiate the intentional tackles from those which are "unintentional" where the tackler does not have the time to adjust his technique.

**Conclusion** : Tackling is a dangerous action, requiring technical competence. A defect can lead to an over-risk of concussion. It is highlighted a target area on the opponent's body, less at risk for the

tackler. Its prevention involves modifying technical errors and identifying causes in intentional wrong tackles.