



**HAL**  
open science

## Impacts au Rugby à XV : suivi longitudinal et distribution par postes en club Elite

F. Lokteff, Rémy Canet, S. Drissi, P. Moretto

► **To cite this version:**

F. Lokteff, Rémy Canet, S. Drissi, P. Moretto. Impacts au Rugby à XV : suivi longitudinal et distribution par postes en club Elite. *Science & Sports*, 2022, 37 (4), pp.286-293. 10.1016/j.scispo.2021.08.005 . hal-04551140

**HAL Id: hal-04551140**

**<https://hal.science/hal-04551140v1>**

Submitted on 22 Jul 2024

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

*Un titre précis et concis en français et en anglais :*


- Impacts au Rugby à XV : suivi longitudinal et distribution par postes en club Elite
- Impacts in Rugby Union : longitudinal monitoring and distribution by positions in Elite club

*Un titre court comportant au maximum 80 caractères avec les espaces :*

- Impacts au Rugby à XV.

*Les noms des auteurs limités à six (initiale du prénom et nom de famille)*

1. Florent LOKTEFF<sup>a,b</sup> :

 <sup>a</sup> Centre de Recherche sur la Cognition Animale (CRCA) \_ Centre de Biologie Intégrative (CBI)


UMR CNRS 5169\_Team : Collective Animal Behaviour (CAB),

169, avenue Marianne Grunberg-Manago

Université Toulouse 3 - Paul Sabatier

118 route de Narbonne

31062 Toulouse cedex 09

 <sup>b</sup> Stade Toulousain Rugby SASP

114, rue des troènes - 31200 Toulouse, France

2. Rémy CANET<sup>a</sup>

3. Saad DRISSI<sup>b</sup>

4. Pierre MORETTO<sup>a</sup> Tél. +33 5 61 55 88 71 ; Fax. +33 5 61 55 ; pierre.moretto@univ-tlse3.fr

1 Mots-clés : Accéléromètre, impact, intensité, évènement, poste.

2 Objectif – La principale cause de blessure au rugby à XV est l'impact. Les impacts sont  
3 enregistrés et classés selon quatre classes d'intensités grâce aux centrales inertielle  
4 embarquées avec l'unité GPS portée par les joueurs. Ainsi près de 800 impacts par match sont  
5 recensés pour seulement 23 joueurs. Ces impacts sont d'intensités variables suivant les  
6 joueurs et les actions au cours du jeu. Notre étude menée sur les données collectées pendant 2  
7 ans de championnat Elite propose de recenser les effets de facteurs environnementaux  
8 fluctuant en cours de saison ainsi qu'une discussion sur la distribution des impacts par postes.

9 Méthodologie – L'étude est basée sur le traitement des rapports de match de 35 joueurs  
10 professionnels et 12 joueurs espoirs lors des saisons 2018 et 2019. Chaque joueur portait un  
11 GPS attitré de type S5 (Innovations Catapult, Scoresby, VIC, Australia). Les données ont été  
12 analysées sur R (v 3.6.1).

13 Résultats – Les résultats de cette étude démontrent qu'il existe une variation significative du  
14 nombre et de l'intensité des impacts entre les groupes de postes alors que l'endroit où se joue  
15 le match, le résultat du match, la compétition jouée ou la chronologie des matchs n'ont pas  
16 d'influence significative. Il apparait que les arrières sont impliqués dans moins d'impacts que  
17 les avants, mais que l'intensité des impacts est supérieure.

18 Conclusion – L'évolution du rugby moderne entraîne une aggravation des lésions liées aux  
19 impacts. Cette étude a permis de quantifier les différences entre les 4 postes avant et les 5  
20 postes arrière en termes d'intensité et de probabilité. Les joueurs affectés à différents postes  
21 ont des morphologies et capacités physiques et techniques différentes qui peuvent expliquer  
22 nos observations et pourront être retenues comme critères objectifs de suivi de l'entraînement  
23 voire de sélection. Des études complémentaires sont nécessaires pour intégrer les  
24 caractéristiques cognitives des joueurs et prendre en compte l'influence des stratégies  
25 collectives.

26

---

27 Keywords : Accelerometer, impact, intensity, occurrence, position.

28 Purpose – The main cause of injury in rugby union is impact. The impacts are recorded and  
29 classified according to four intensity brackets thanks to the on-board inertial units within the  
30 GPS unit worn by the players. Thus, nearly 800 impacts per match are recorded for only 23  
31 players. These impacts are of variable intensity depending on the players and their actions  
32 during the game. Our study carried out on the data, collected during 2 years of the Elite  
33 French championship, proposes to identify the effects of environmental factors fluctuating  
34 throughout the season as well as a discussion on the distribution of impacts by position.

35 Methodology – The study is based on the processing of the match reports for 35 professional  
36 players and 12 Academy players during the 2018 and 2019 seasons. Each player wore an  
37 assigned S5 type GPS (Innovations Catapult, Scoresby, VIC, Australia). The data was  
38 analyzed on R (v 3.6.1).

39 Results – The results of this study show that there is a significant variation in the number and  
40 intensity of the impacts between positional groups. Additional factors which do not have a  
41 significant influence on this include whether the game is home or away, the result of the  
42 match, the different competitions played or the chronology of the matches throughout the  
43 season. However, it appears that the backs are involved in less impact than the forwards, but  
44 the intensity of their impacts is greater.

45 Conclusion – The evolution of modern rugby is leading to an increase in impact injuries. This  
46 study made it possible to quantify the differences between the 4 distinct positions within the  
47 forwards and the 5 distinct positions within the backs in terms of both the intensity and  
48 probability of their impacts. The players selected in these very specific positions all have  
49 individual morphologies and different physical and technical capacities which may explain  
50 our observations and may be retained as objective criteria for monitoring training or even  
51 selection. Further studies are needed to integrate the cognitive characteristics of players, but  
52 also to take into account the influence of team technical strategies.

53

54 **1) Introduction** – Les exigences techniques, tactiques et physique du rugby à XV moderne  
55 entraînent un risque accru de blessures [1-3] voire d'accident mortel. Les plaquages, rucks,  
56 mauls et mêlées entraînent des contacts et des dommages au système musculosquelettique  
57 voire aux structures nerveuses médullaires et cérébrales à moyen terme [1-7]. L'étude de  
58 l'impact au rugby à XV reprend tous les contacts observés lors d'une phase de jeu, tels que les  
59 plaquages, les rucks et les déblayages associés, les mauls et ballons portés, les mêlées et tout  
60 autre collision ou heurt entre deux ou plusieurs joueurs. Ayant à assurer la sécurité des  
61 joueurs, les staffs consacrent un temps considérable à l'analyse des contacts pour en assurer  
62 un suivi précis et planifier un entraînement et une récupération adaptés. Il devient dès lors  
63 fondamental de quantifier rapidement et précisément la charge physique et les risques  
64 encourus quand, de surcroit, les médecins doivent décider des suites à donner à un contact  
65 violent lors des matchs, autorisant ou pas le joueur à poursuivre. Plus de 50% des blessures  
66 sont engendrées lors de plaquage [9]. L'étude de 645 joueurs différents de 13 clubs de niveau  
67 élite, a permis de recenser 221 plaquages par match et par équipe. Pour une équipe de niveau  
68 supérieur (équipe nationale d'Irlande), ce résultat tombe à 138 [8]. Depuis les deux dernières  
69 décennies, les paramètres techniques, tactiques et physiques de la performance peuvent être  
70 quantifiés. Le premier outil utilisé pour le recueil et l'analyse de données est la vidéo [10-13].  
71 Elle permet l'analyse des temps de jeu et de l'activité des joueurs en différenciant le jeu au  
72 pied, les phases de ruck et les sauts en touches [14-20]. De nombreux auteurs ont utilisé ces  
73 méthodes de recueil pour quantifier la charge de travail. Cependant, la quantification des ces  
74 paramètres par l'analyse vidéo mobilise du personnel, introduit le biais d'une appréciation  
75 subjective et est très chronophage. Par ailleurs, le nombre d'impacts et leur intensité ne  
76 peuvent être quantifiés ainsi. Il existe une alternative pour recueillir et analyser certaines  
77 données citées précédemment et pour quantifier les impacts. Le GPS (Global Positioning  
78 System) aujourd'hui utilisé en entraînement et en match a fait son apparition il y a plusieurs  
79 années. Aujourd'hui les GPS de dernières générations intègrent une centrale inertielle incluant  
80 un accéléromètre et un gyroscope triaxiaux ainsi qu'un magnétomètre. Ils sont utilisés pour  
81 déterminer les distances parcourues pour des catégories de vitesses différentes, dénombrer les  
82 accélérations, les changements de direction et adapter l'entraînement à l'intensité des efforts  
83 fournis en match. Comparé à la vidéo, Catapult (Innovations Catapult, Scoresby, VIC,  
84 Australie) est la marque la plus fiable dans la quantification du nombre d'impacts au rugby à  
85 XIII ( $r=0.96$ ,  $P<0.01$ ) [16, 21]. Ce système intègre un accéléromètre, un gyroscope et un  
86 magnétomètre pour identifier et quantifier les impacts. Ainsi, un impact est détecté quand le  
87 corps change d'orientation ( $>60^\circ$  vers l'avant,  $>45^\circ$  à gauche ou à droite,  $>30^\circ$  vers l'arrière

88 [Sprint help manual for Sprint 5.1 & subsequent releases, Catapult Innovations, Scoresby,  
89 VIC, Australia] et que l'accélération dépasse le seuil paramétré. Cela permet de détecter les  
90 chutes, les changements de position au cours de plaquages ou de rucks. Selon Gabbett et al.  
91 (2010), l'ajout de données magnétométriques et gyroscopique expliquerait la fiabilité de  
92 l'outil.

93 Les équipes rencontrées, le contexte, l'environnement, la stratégie, le lieu, la fatigue et la  
94 charge d'entraînement sont autant de paramètres qui peuvent influencer le nombre et la  
95 sévérité des impacts au cours d'une saison de championnat de France élite. La première partie  
96 de cette étude permet d'étudier l'évolution longitudinale du nombre d'impacts en match au  
97 cours d'une saison de championnat de France élite de Rugby à XV. La seconde partie permet  
98 de dresser un profil d'impacts par intensité et par postes.

## 99 **2) Méthodes**

100 **2.1) Participants** - Un rapport édité après chaque match est établi sur la base des mesures  
101 enregistrées par l'unité GPS en utilisant le logiciel OpenField 1.22 dédié. Il comprend  
102 différents paramètres tels que la distance totale parcourue, le nombre d'accélération ou le  
103 nombre de contacts. Les données de 35 joueurs professionnels et 12 joueurs espoirs d'une  
104 équipe de championnat de France élite (Top 14) ont été collectées par l'encadrement médical  
105 et de préparation physique du club avec le consentement éclairé des joueurs. Les participants  
106 (avant : âge =  $26,2 \pm 4,51$  ans ; poids =  $117,5 \pm 9,85$  kg ; taille =  $190 \pm 8$  cm, arrière : âge =  
107  $25,1 \pm 4,24$  ans ; poids =  $88,2 \pm 8,3$  kg ; taille =  $182 \pm 5$  cm) ont fourni plus de 700 rapports  
108 individuels de match lors de 33 matchs de Top 14 et de championnat d'Europe de rugby  
109 (ERCC). Chaque joueur a fourni au moins 1 rapport de match et le plus grand nombre de  
110 rapports fournis pour un joueur est de 29.

111 **2.2) Procédures** - Tous les matchs ont eu lieu entre le 25 aout 2018 et le 8 juin 2019. Ils ont  
112 été joués un samedi ou dimanche, sur 19 terrains différents en France, en Angleterre et en  
113 Irlande. Chaque joueur portait un système de positionnement global (GPS) de l'unité micro-  
114 technologie (masse = 67g, taille = 50x90 mm, 10Hz) (S5, Innovations Catapult, Scoresby,  
115 VIC, Australie) dans une poche spéciale de leur maillot située sur la colonne vertébrale  
116 thoracique supérieure, entre les omoplates. Les données de l'accéléromètre et du gyroscope  
117 étaient collectées à une fréquence de 100Hz, les données gyroscopiques à  $2000^\circ.s^{-1}$ . Le GPS  
118 S5 (Innovations Catapult, Scoresby, VIC, Australie) classe par défaut les impacts en quatre  
119 seuils appelés bandes et exprimés en « g ». Les bandes 1, 2, 3 et 4 correspondent

120 respectivement aux seuils d'accélération de 0 à 2g, de 2 à 3g, de 3 à 5g et de 5 à 15g. Tous  
121 les joueurs portent ces systèmes pendant les entraînements et en match chaque semaine.  
122 Chaque joueur portait la même unité de mesure tout au long des matchs de la saison. Après  
123 les matchs, les données collectées ont été téléchargées sur un PC et analysées avec la version  
124 1.22 OpenField (Catapult Innovations, Scoresby, VIC, Australie). Les joueurs ont été affectés  
125 à 9 sous-catégories (piliers, talonneur, deuxième ligne, troisième ligne (aile et centre), demi de  
126 mêlée, demi d'ouverture, centre, ailier et arrière) sur la base des ressources physiques et  
127 techniques sollicitées selon une classification proposée par Quarrie et al. (2013) [22].

128 **2.3) Analyses statistiques** - La variance entre les groupes n'étant pas homogène et les résidus  
129 n'étant pas distribués normalement, un test de Kruskal-Wallis a permis de déterminer si la  
130 moyenne des rangs des impacts reçus est la même pour chaque groupe de postes. Ce test a été  
131 réalisé sur le logiciel R (3.6.1) avec le package « agricolae ». En cas de rejet de l'hypothèse  
132 nulle, nous avons utilisé un test post-hoc de Bonferroni pour déterminer les moyennes qui  
133 différaient les uns des autres. Le nombre d'impacts pour chaque poste pour chacune des  
134 quatre bandes d'intensités a été représenté par un diagramme de Kiviat (figure 1)).

135 **3) Résultats** - Les résultats de cette étude mettent en évidence le nombre importants  
136 d'impacts subis par les joueurs de rugby à XV dans le championnat de France élite au cours  
137 d'une saison. En effet, plus de 28000 impacts ont été recensés sur l'année. Le nombre moyen  
138 d'impacts par match étaient de 555 et 297 pour les avants et les arrières respectivement. Le  
139 nombre maximum d'impacts au cours d'un match fut de 1064 alors que le minimum fut de  
140 592. Le nombre moyen d'impacts par joueur est de 39. Au cours de la saison, 34% des  
141 impacts étaient compris dans la bande 1 (9596), 31% dans la bande 2 (8602), 28% dans la  
142 bande 3 (7924) et 7% dans la bande 4 (2012) (figure 2). Le nombre d'impacts s'est avéré  
143 identique quel que soit le championnat (Top 14 vs ERCC,  $p < 0.05$ ), le résultat (victoires vs  
144 nuls/défaites,  $p < 0.05$ ), le lieu où est organisé le match (domicile vs extérieur,  $p < 0.01$ ) et la  
145 première ou la seconde partie du championnat ( $P < 0.05$ ). Ces facteurs environnementaux et  
146 temporel n'ont donc aucune influence sur la distribution des impacts au rugby à XV. Le  
147 nombre d'impacts est significativement différent entre les avants et les arrières ( $P < 0,0001$ ).  
148 Cette différence se retrouve dans le classement des intensités d'impacts par bandes (figure 1).  
149 Les avants sont plus représentés en bande 1 et 2 que les arrières ( $P < 0.05$ ). Cette tendance  
150 s'inverse en bande 3 et 4 avec des impacts de plus fortes intensités sur les arrières ( $17,2 \pm$   
151  $13,4$  vs  $13,2 \pm 6,71$ ). L'analyse confirme que le nombre d'impacts et leurs intensités  
152 dépendent du poste et du joueur. La figure 1 montre que le groupe ayant reçu le plus

153 d'impacts de faibles intensités (de 0 à 3 g) est constitué par des avants et le groupe en ayant  
154 reçu le moins est représenté seulement par des arrières. Les résultats montrent également que  
155 pour une forte intensité, le groupe (a) ayant reçu le plus d'impacts contient tous les joueurs  
156 arrière alors que les trois groupes (d, e et f) en ayant reçus le moins sont constitués de tous les  
157 avants. Les avants ont subi plus d'impacts, toute intensité confondue, que les arrières (figure  
158 3).

159 **4) Discussion** - Au sens physique, un impact se définit comme une force appliquée lors d'une  
160 collision, d'un heurt. Cette force est d'amplitude élevée et n'est appliquée que pendant  
161 quelques millisecondes. Elle va entraîner l'accélération du joueur impacté et/ou une  
162 déformation locale des tissus au point d'impact. Pour ces raisons, l'impact est susceptible  
163 d'entraîner des lésions plus ou moins profondes des tissus situés en vis à vis. La seconde loi  
164 de Newton établit un lien direct entre la force et l'accélération, aussi il est commun dans le  
165 monde sportif de caractériser un impact à partir de l'accélérométrie d'autant que cette  
166 méthode est peu coûteuse et non invasive dans la plupart des cas. Enfin, plus récemment les  
167 accéléromètres peuvent être embarqués laissant toute liberté de mouvement aux sportifs. De  
168 nombreux exemples d'applications concernent la course à pied, notamment les forces  
169 verticales d'impact au sol qui atteignent 2,7 fois le poids de son corps lors d'une course à 3,7  
170 m.s-1 [23] ou l'impact ressenti au tibia lors d'un jogging (+/- 5g) [24]. Les escrimeurs ont  
171 également recensé des impacts de l'ordre de +/- 15g au niveau des tibias lors de fentes [25].  
172 Ces études mettent en évidence des impacts du même ordre de grandeur que ceux enregistrés  
173 par les accéléromètres utilisés en Rugby alors que l'unité de mesure est placée en vis-à-vis du  
174 rachis dorsal (D4-5) et non plus sur le tibia. Des études antérieures ont montré que 70% des  
175 blessures sont dues aux impacts et notamment aux plaquages. Ces blessures sont des  
176 hématomes et lésions musculaire, des fractures, des commotions cérébrales et des luxations.  
177 Suivant la localisation de l'impact (tête, torse, bassin, etc.) la gravité et les conséquences  
178 seront différentes. Par ailleurs, lors d'une succession d'impact en un temps bref (quelques  
179 millisecondes) un relâchement réflexe des muscles suite au premier impact fragilise les  
180 structures musculosquelettiques lors du second impact. Ce sera le cas lors de plaquage à deux  
181 ou lors de contacts suivis d'une chute. Notre étude est une première étape dans la définition de  
182 profil de risque basé sur le recensement statistique des impacts subis par les joueurs de  
183 différents postes lors du championnat de France élite de Rugby à XV. Le premier résultat  
184 marquant est le nombre important d'impacts subits par les joueurs. En effet, plus de 28000  
185 impacts (figure 4) ont été recensés par l'outil de mesure Catapult (S5, Innovations Catapult,



186 Scoresby, VIC, Australia). Le nombre maximum d'impacts relevés au cours d'un seul match  
187 était de 1064 pour 23 joueurs alors que le minimum était de 592. De même, le nombre moyen  
188 d'impacts par match pour les avants était de 555 et de 297 pour les arrières. Certains auteurs  
189 ont également quantifié ces impacts avec le plus souvent des différences flagrantes. Venter et  
190 al. (2011) ont relevés au maximum 858 impacts par match pour les avants et 830 pour les  
191 arrières tandis que Cunniffe et al. (2009) ont relevés 1274 impacts pour un seul joueur avant et  
192 798 pour un seul joueur arrière. L'outil de mesure « GPS » est soupçonné d'expliquer ces  
193 différences [26]. En effet plusieurs facteurs tels que le modèle, la réception du signal, la  
194 méthode de traitement (filtres, seuils, etc.), peuvent expliquer une sensibilité et un  
195 recensement différents d'un système à l'autre. Aussi les auteurs préconisent d'utiliser leur  
196 algorithme uniquement avec les données brutes téléchargées après la session pour plus de  
197 fiabilité. Ces divergences rendent difficile la comparaison des études consacrées aux impacts  
198 et font apparaître la nécessité d'une homogénéisation des systèmes et traitements ou à défaut  
199 la nécessité d'en sélectionner un. Il apparaît également que la technique doit encore  
200 progresser pour que ces systèmes permettent des décisions en temps réel au cours de matchs.  
201 Quarrie et al. (2013) suggèrent de considérer la vitesse de déplacement pour différencier les  
202 impacts subis à chaque poste. En effet, la vitesse maximum d'un pilier est comprise entre  
203 23km/h et 29km/h alors que celle d'un arrière est comprise entre 32km/h et 38km/h. Cette  
204 différence s'explique en partie par la composition corporelle des joueurs. En effet, d'après  
205 Quarrie et al., la composition corporelle est discriminante puisqu'elle devient un facteur  
206 limitant à certains postes. Les 1ères lignes (1L) ont des besoins de stabilité en mêlée, leur  
207 pourcentage de masse grasse est de 24,6% +/- 2,3, les 2èmes lignes (2L) ont besoin de sauter  
208 en touche, leur taille est donc en règle générale supérieur à 1,92m et leur pourcentage de  
209 masse grasse est de 18,3% +/- 1,7. Les 3èmes lignes (3L) sont les joueurs qui se déplacent le  
210 plus des lignes avants, leur pourcentage de masse grasse est de 15,1% +/- 1,6. Ensuite les  
211 demis de mêlées et les arrières (AR) ont des pourcentages de masse grasse inférieurs à 10%  
212 +/- 2,7 puisqu'ils couvrent les second et troisième rideaux, leurs tâches sont plus la transition  
213 ou la relance. Les ailiers (AL), centres et demi d'ouverture ont des pourcentages légèrement  
214 supérieurs à 10% +/- 3,1. Ces différences morphométriques et de vitesses aux différents  
215 postes peuvent expliquer une différence significative du nombre et de l'intensité des impacts  
216 par poste. Les impacts recensés dans un match sont groupés par seuils d'intensité et exprimés  
217 en « g ».

218 Les 3L sont le poste recevant le plus d'impact, les ailiers sont ceux qui reçoivent le plus  
219 d'impact supérieur à 5g et les 2L ceux inférieurs à 2g [27]. Le nombre maximal de g auquel le  
220 corps peut être soumis dépend de l'orientation du corps et de la durée de l'exposition [28].  
221 Debout, quelques g suffisent pour perdre connaissance, mais, en position couchée, plus de 25  
222 g peuvent être supportés pendant quelques secondes. Tête en bas, en revanche, le risque de  
223 dégât aux vaisseaux présents dans les yeux et le cerveau devient vite un facteur limitant  
224 l'accélération à 2-3 g. Les impacts de faible intensité (0 à 3 g) ont tendance à être plus  
225 fréquents chez les avants que chez les arrières. Les avants étant plus souvent investis dans des  
226 mauls, des rucks et des mêlées, ils subissent des impacts plus nombreux et d'intensité faible  
227 mais la posture peut entraîner un placement de tête vers le bas. Si l'accélération est faible, la  
228 masse est élevée car les joueurs avant sont plus lourds [29] avec un pourcentage de graisse  
229 corporelle plus élevé (26,2 +/- 6%) que les joueurs arrière (14,6 +/- 4%). Cela pourrait  
230 expliquer une dissipation de l'impact dans une plus grande masse de tissus mous au niveau du  
231 tronc, près de l'unité de mesure. Ainsi un impact de faible intensité enregistré par l'appareil  
232 situé dans le dos peut être le résultat d'un impact dont l'énergie a été dissipée dans la  
233 déformation des tissus mous du tronc. Les avants avec une masse et indice de masse grasse  
234 élevé seraient potentiellement protégés par cet effet dissipation. Mais cette dissipation peut  
235 aussi masquer des lésions internes que la quantification par l'accéléromètre ne révélera pas.  
236 Par ailleurs, le cumul d'impacts d'intensité faible (jusqu'à 3g) ou sous-estimée car n'intégrant  
237 pas la dissipation pourrait être plus préjudiciable que des impacts plus élevés en intensité mais  
238 moins nombreux. Les arrières quant à eux sont plus soumis à des impacts de forte intensité (5  
239 à 15 g). Ces joueurs courent très vite et peuvent être brutalement impactés lors de la course.  
240 Ils ont également une morphologie plus fine qui dissipe moins l'énergie. Ces facteurs cumulés  
241 expliquent une accélération de haute intensité au niveau du tronc à l'impact et une occurrence  
242 supérieure des commotions [30]. Cette capacité à dissiper l'énergie lors de l'impact doit être  
243 considérée et des tests d'impédancemétries (DXA, pinces) permettraient de prendre en  
244 compte les différences inter-individuelles (masse grasse, masse musculaire, densité osseuse,  
245 etc.). En accord avec les travaux de Duthie et al. et Quarrie et al. nos travaux révèlent l'intérêt  
246 de mettre en relation composition corporelle et impact pour normaliser les groupes de poste.  
247 Quelques postes qui permettent la transition du ballon entre les joueurs avant et arrière (demis  
248 de mêlée, demi d'ouverture, arrière) subissent des impacts moins nombreux et de moindre  
249 intensité que les autres. Cette dernière observation suggère de considérer la stratégie  
250 collective quand elle influence directement la répartition des impacts sur les joueurs de  
251 l'équipe. Une approche agent-centré permettrait d'intégrer des capacités techniques et tactique

252 individuelle quand il est reconnu que certains joueurs sont plus agressifs ou plus adroits ou  
253 préfèrent l'évitement à la confrontation.

254 Le nombre d'impacts dans les matchs ont déjà été étudié mais aucune étude n'a quantifié le  
255 nombre et l'intensité des impacts au rugby à XV. Une bonne quantification du nombre et de  
256 l'intensité des impacts est nécessaire pour permettre un suivi de l'athlète et une adaptation de  
257 sa charge d'entraînement, une récupération adéquate entre les entraînements et les matchs,  
258 afin de réduire au minimum les risques de blessures et la morbidité liée aux contacts. La  
259 spécificité des impacts au rugby à XV et sa dangerosité pour l'organisme à court et moyen  
260 terme reste à étudier. Le nombre et/ou la répétition d'impacts à intensité faible ou à plus forte  
261 intensité doit être pris en compte dans la planification et la programmation des joueurs de  
262 rugby de niveau élite.

263 **5) Limites** - Cette recherche englobe tous les impacts liés aux plaquages, aux contacts, aux  
264 rucks, aux mauls, aux ballons portés et aux touches. Afin de parfaire la précision de ces outils  
265 de mesures, il serait intéressant de différencier les impacts selon la posture, l'orientation, la  
266 vitesse, la morphométrie, la composition corporelle et le poste occupé.

267 **6) Conclusion** - L'évolution du rugby moderne entraîne une aggravation des lésions liées aux  
268 impacts. Cette étude a permis de mettre en évidence une différence entre les 4 postes avant et  
269 les 5 postes arrière en termes d'intensité et de probabilité. La composition corporelle à  
270 certains postes semble pouvoir masquer des risques de lésions. L'accélération subit lors de  
271 l'impact doit être quantifiée précisément pour comprendre le contexte et le mécanisme de  
272 l'impact dans sa globalité. Les résultats de cette étude démontrent qu'il existe une variation  
273 significative du nombre d'impacts seulement entre les groupes de postes alors que l'endroit où  
274 se joue le match, le résultat du match, la compétition jouée ou la chronologie des matchs  
275 n'influence pas significativement le nombre d'impacts. Il apparaît que les arrières sont  
276 impliqués dans moins d'impacts que les avants, mais que l'intensité des impacts est  
277 supérieure probablement à cause des vitesses de déplacement supérieures. Le corps humain  
278 réagit différemment aux accélérations verticales, horizontales et transverses. Quand  
279 l'accéléromètre et le gyroscope le permettent, il semble intéressant de déterminer l'orientation  
280 de l'impact et de calculer la dérivée de l'accélération, le jerk, pour quantifier des variations  
281 plus ou moins brutales d'accélérations impliquant un effet de cisaillement et des lésions. Des  
282 travaux complémentaires devraient permettre d'intégrer les caractéristiques morphométriques,  
283 physiques, techniques voire cognitives et collectives pour mieux discerner les mécanismes de  
284 la distribution des impacts lors d'un match. Ces éléments représentent le futur du rugby de

285 haut niveau quand ils seraient utiles au suivi des joueurs, à la planification de leur  
286 récupération et entraînements, à leur sélection et pourraient être pris en compte dans la  
287 détermination de stratégies collectives.

288 **7) Recommandations et domaines de recherche** - Aujourd'hui, la vidéo reste une  
289 technologie couramment employée pour détecter les contacts au rugby à XV. Les résultats  
290 divergent de ceux enregistrés par les centrales inertielles plus sensibles intégrées au GPS.  
291 D'autres recherches sont nécessaires pour valider mécaniquement la détection d'impact du  
292 Catapult OptimEye S5, pour différencier le type de contacts (rucks, plaquages, mauls, ballons  
293 portés) et l'orientation du corps et pour prendre en considération le poste, le profil du joueur  
294 (morphométrie, vitesse de déplacement) et déterminer un suivi longitudinal sur la base d'un  
295 indice du cumul en cours de saison.

296 **8) Remerciement** - Cette étude a été réalisé grâce à un financement CIFRE au sein de  
297 l'équipe Collective Animal Behaviour (Centre de Biologie Intégrative, Centre de Recherche  
298 sur la Cognition Animale, UMR CNRS-UPS 5169) et du Stade Toulousain Rugby.

299 **9) Déclaration** - Les auteurs déclarent ne pas avoir de lien d'intérêts.

## 300 **10) Références**

301 1 Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Kemp, S. P. T., & Reddin, D. B. (2005). Epidemiology of  
302 injuries in english professional rugby union: Part 1 match injuries. *British Journal of Sports*  
303 *Medicine*, 39(10), 757–766.

304 2 Fuller, C. W., Taylor, A., & Molloy, M. G. (2010). Epidemiological study of injuries in  
305 international rugby sevens. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(3), 179–184

306 3 Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2011a). Physical collisions and injury in  
307 professional rugby league match-play. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 14(3), 210–  
308 215.

309 4 Johnston, R. D., Gabbett, T. J., Seibold, A. J., & Jenkins, D. G. (2014). Influence of  
310 physical contact on neuromuscular fatigue and markers of muscle damage following small-  
311 sided games. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 17(5), 535–540.

312 5 Smart, D. J., Gill, N. D., Beaven, C. M., Cook, C. J., & Blazeovich, A. J. (2008). The  
313 relationship between changes in interstitial creatine kinase and game-related impacts in rugby  
314 union. *British Journal of Sports Medicine*, 42(3), 198–201.

- 315 6 Takarada, Y. (2003). Evaluation of muscle damage after a rugby match with special  
316 reference to tackle plays. *British Journal of Sports Medicine*, 37(5), 416–419
- 317 7 Davidow, D., Quarrie, K., Viljoen, W., Burger, N., Readhead, C., Lambert, M., ...  
318 Hendricks, S. (2018). Tackle technique of rugby union players during head impact tackles  
319 compared to injury free tackles. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(10), 1025–  
320 1031.
- 321 8 Kelly, D. C., Coughlan, G. F., Green, B. S., & Caulfield, B. (2012). Automatic detection of  
322 collisions in elite level rugby union using a wearable sensing device. *Sports Engineering*,  
323 15,81–92.
- 324 9 Garraway WM, Lee AJ, Hutton SJ, Russell EB, Macleod DA. (2000) Impact of  
325 professionalism on injuries in rugby union. *Br J Sports Med*. Oct ;34(5):348-51.
- 326 10 Duthie, G., Pyne, D., & Hooper, S. (2005). Time motion analysis of 2001 and 2002 super  
327 12 rugby. *Journal of Sports Sciences*, 23(5), 523–530.
- 328 11 Roberts, S. P., Trewartha, G., Higgitt, R. J., El-Abd, J., & Stokes, K. A. (2008). The  
329 physical demands of elite english rugby union. *Journal of Sports Sciences*, 26(8), 825–833.
- 330 12 Austin, D., Gabbett, T., & Jenkins, D. (2011a). The physical demands of super 14 rugby  
331 union. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 14(3), 259– 263.
- 332 13 M. U. Deutsch, G. A. Kearney & N. J. Rehrer (2007) Time – motion analysis of  
333 professional rugby union players during match-play, *Journal of Sports Sciences*, 25:4, 461-  
334 472.
- 335 14 Hughes, Michael & Hughes, Michael & Williams, Jason & James, Nic & Vučković, Goran  
336 & Locke, Duncan. (2012). Performance indicators in rugby union. *Journal of Human Sport  
337 and Exercise*. 7.
- 338 15 Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J. S., & Davies, B. (2009). An evaluation of the  
339 physiological demands of elite rugby union using global positioning system tracking software.  
340 *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1195–1203.
- 341 16 Gabbett, T., Jenkins, D., & Abernethy, B. (2010). Physical collisions and injury during  
342 professional rugby league skills training. *Journal of Science and Medicine in Sport*., 13(6),  
343 578–583.

344 17 Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2011b). Physical demands of professional  
345 rugby league training and competition using microtechnology. *Journal of Science & Medicine*  
346 *in Sport*, 15(1), 80–86.

347 18 McLellan, C. P., & Lovell, D. I. (2012). Neuromuscular responses to impact and collision  
348 during elite rugby league match play. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5),  
349 1431–1440.

350 19 McLellan, C. P., Lovell, D. I., & Gass, G. C. (2011). Biochemical and endocrine responses  
351 to impact and collision during elite rugby league match play. *Journal of Strength &*  
352 *Conditioning Research*, 25(6), 1553–1562.

353 20 Venter, R. E., Opperman, E., & Opperman, S. (2011). The use of global positioning system  
354 (gps) tracking devices to assess movement demands and impacts in under-19 rugby union  
355 match play. *African Journal For Physical Health Education, Recreation And Dance*, 17(1), 1–  
356 8.

357 21 Gabbett, T. J. (2013). Quantifying the physical demands of collision sports: Does  
358 microsensor technology measure what it claims to measure? *Journal of Strength &*  
359 *Conditioning Research*, 27(8), 2319–2322.

360 22 Quarrie, K. L., Hopkins, W. G., Anthony, M. J., & Gill, N. D. (2013). Positional demands  
361 of international rugby union: Evaluation of player actions and movements. *Journal of Science*  
362 *& Medicine in Sport*, 16(4), 353–359.

363 23 Milner CE, Ferber R, Pollard CD, Hamill J, Davis IS. (2006) Biomechanical factors  
364 associated with tibial stress fracture in female runners. *Med Sci Sports Exerc.* Feb;38(2):323-  
365 8.

366 24 Lafortune MA, Hennig EM. (1991) Contribution of angular motion and gravity to tibial  
367 acceleration. *Med Sci Sports Exerc.* Mar;23(3):360-3.

368 25 Sinclair, Jonathan & Bottoms, Lindsay. (2013). Gender differences in the kinetics and  
369 lower extremity kinematics of the fencing lunge. *International Journal of Performance*  
370 *Analysis in Sport*. 13. 440-451.

371 26 Reardon, C. J., Tobin, D. P., & Delahunt, E. (2015). Application of individualized speed  
372 thresholds to interpret position specific running demands in elite professional rugby union: A  
373 GPS study. *Plos One*, 10(7).

374 27 Florent Lokteff, Remy Canet, Saad Drissi & Pierre Moretto (2020) Impacts  
375 characterisation in Rugby Union, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical  
376 Engineering, 23:sup1, S175-S177.

377 28 Julien Bonjour. Influence de l'accélération de la gravité sur les réponses cardio-  
378 respiratoires à l'exercice chez l'homme. Médecine humaine et pathologie. Université Jean  
379 Monnet - Saint-Etienne, 2010. Français

380 29 Duthie G, Pyne D, Hooper S (2003). Applied physiology and game analysis of rugby  
381 union. Sports Med. 33(13):973-91.

382 30 Gardner AJ, Iverson GL, Williams WH, Baker S, Stanwell P. (2014) A systematic review  
383 and meta-analysis of concussion in rugby union. Sports Med. Dec ;44(12):1717-31.

384

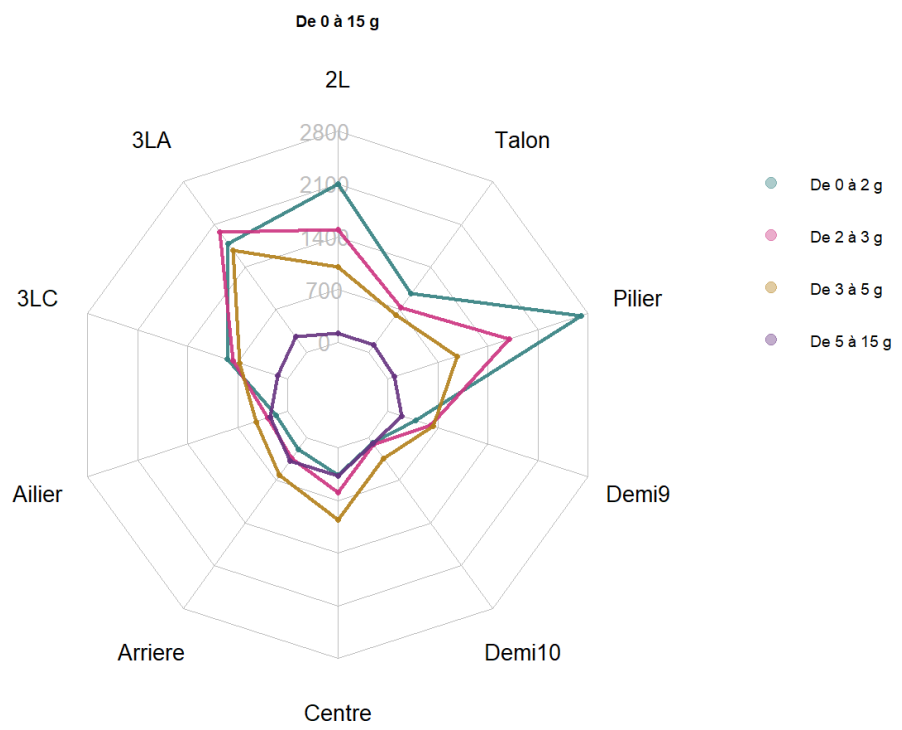


Figure 1 : Diagramme de Kiviat représentant le nombre total d'impacts reçus par groupe de poste pour chaque bande d'intensité.



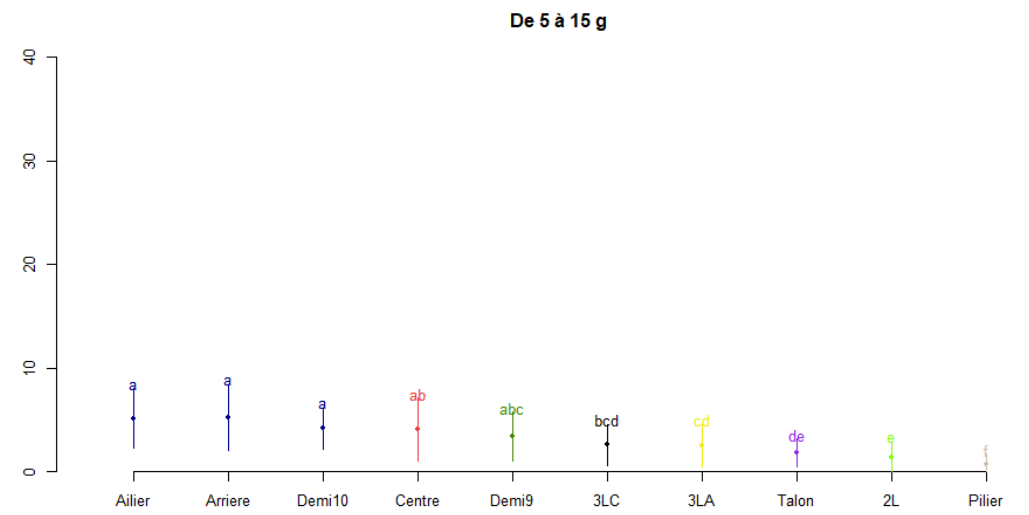
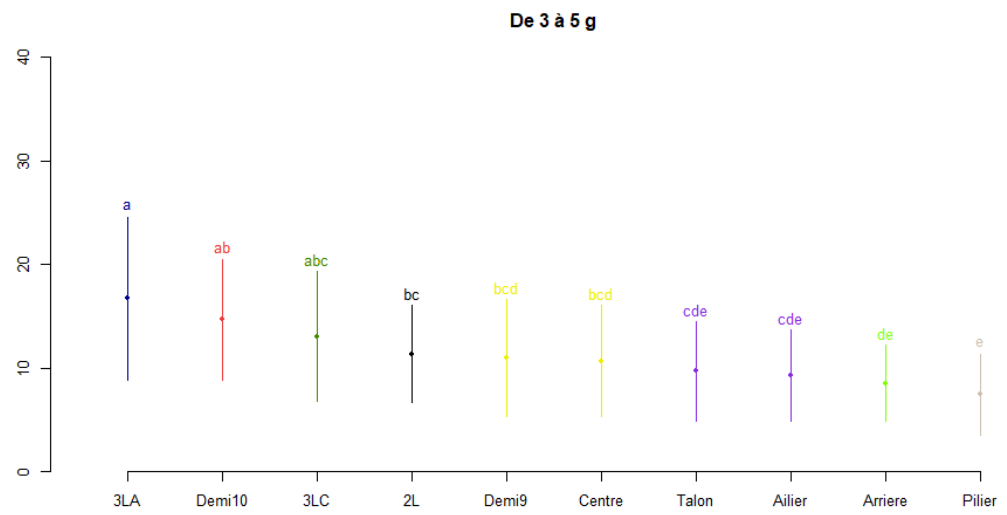
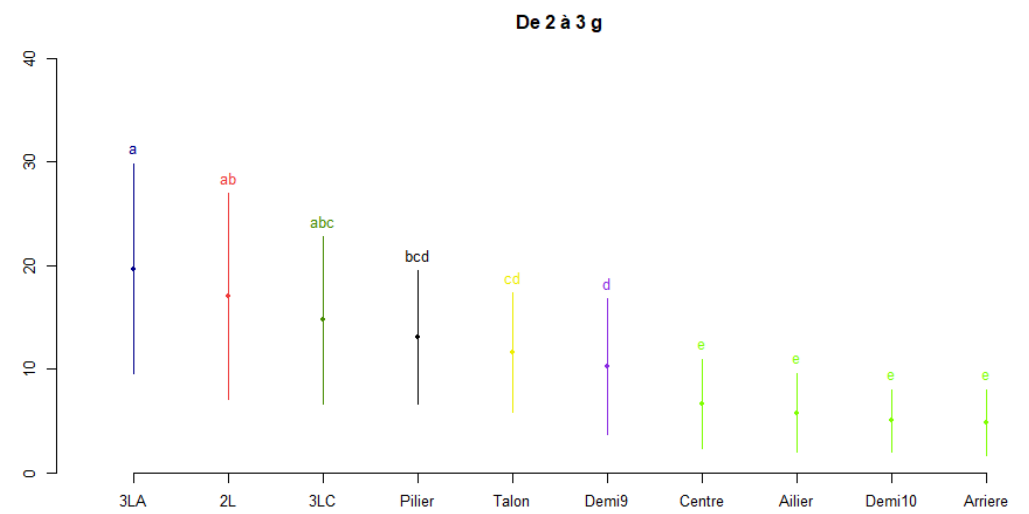
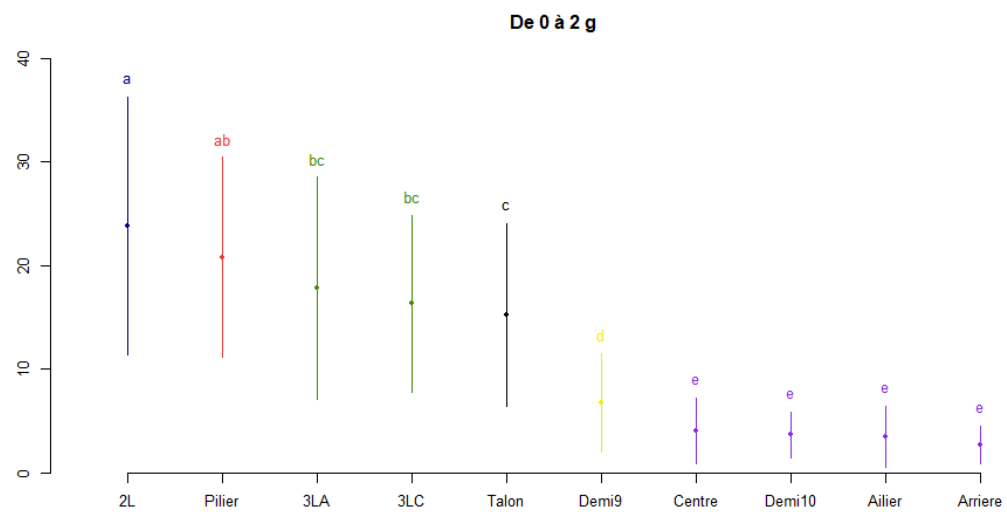


Figure 2 : Nombre total d'impacts par postes et par bande d'intensité. Bande 1 (0 et 2 g), Bande 2 (2 et 3 g), Bande 3 (3 et 5 g), Bande 4 (5 et 15 g). A chaque graphique, l'axe des abscisses (Postes) est organisé par nombre décroissant d'impacts reçus. Les lettres (a, b, c, d ...) correspondent au poste classé par ordre décroissant, la lettre « a » sera toujours à gauche. Une même lettre reportée sur des postes différents indique que le nombre d'impacts reçus n'est pas significativement différent entre ces 2 postes ( $P < 0.05$ ). Moyenne ( $\pm$  écart-type).

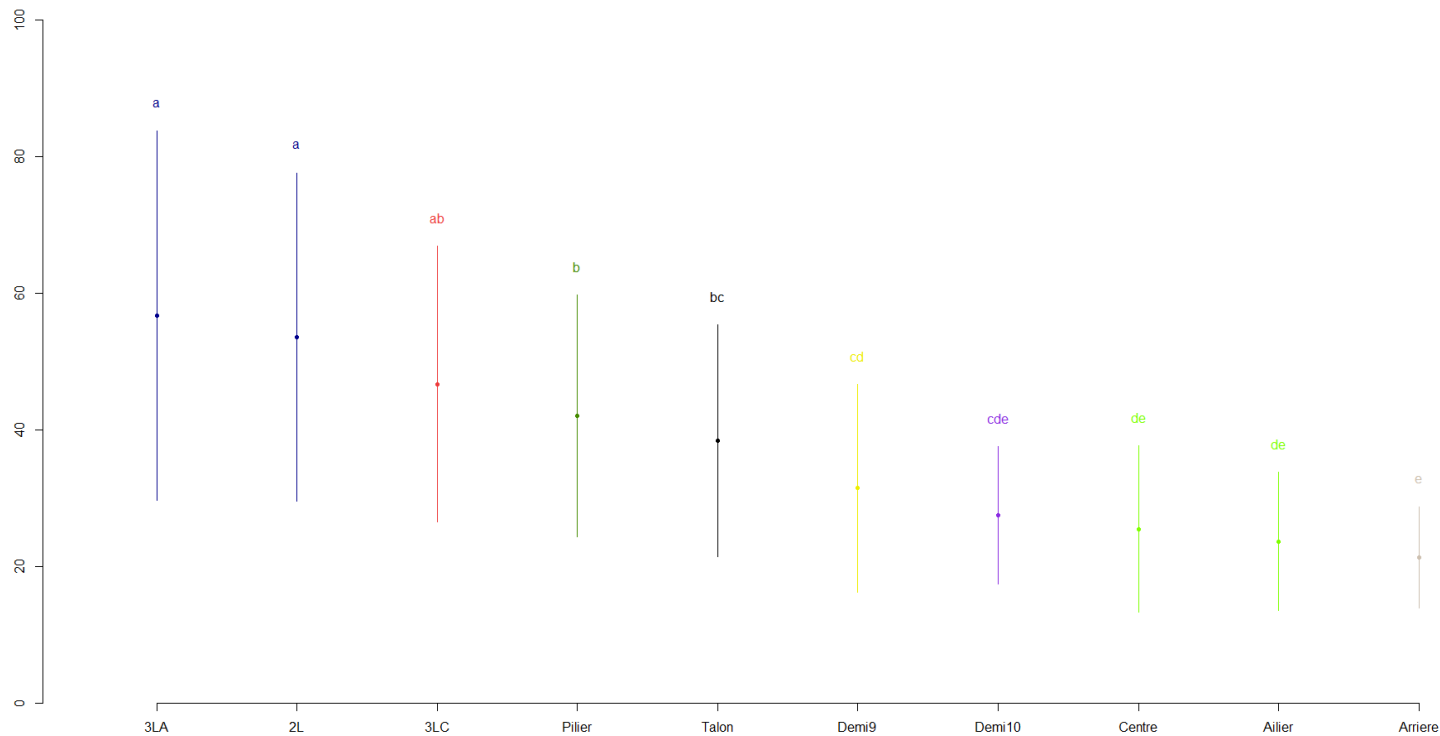


Figure 3 : Moyenne ( $\pm$  écart-type). Nombre total d'impacts (0 et 15g) par groupe de poste. Une même lettre reportée sur des postes différents indique que le nombre d'impacts reçus n'est pas significativement différent entre ces 2 postes ( $P < 0.05$ )

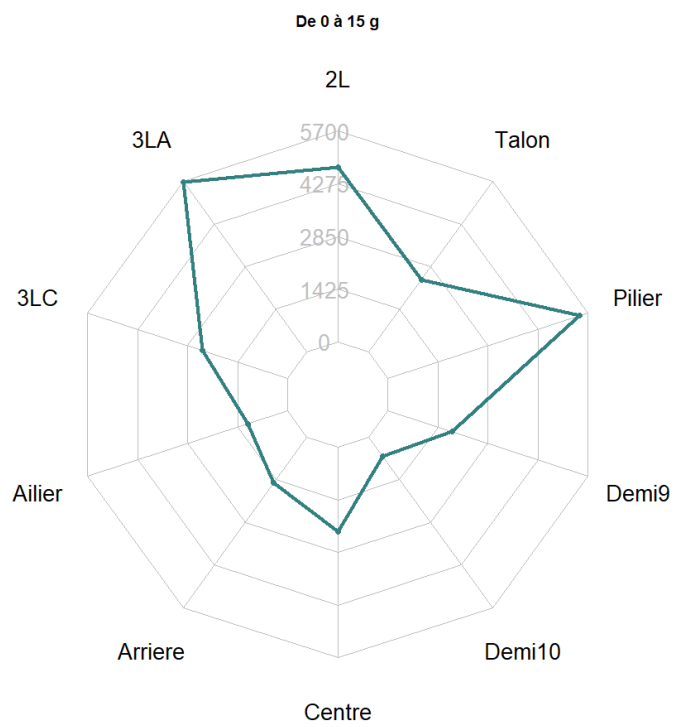


Figure 4 : Diagramme de Kiviat représentant le nombre total d'impacts d'intensité comprise entre 0 et 15 g reçus par chaque groupe de positions.