

Réflexionsport

Numéro spécial

EXTRAIT

PARAPERF

*Optimisation
de la performance paralympique :
de l'identification à l'obtention
de la médaille*



Réflexions Sport, n° 32, novembre 2024 : La science aux service des JOP

P. 72-81

e-ISSN : 2265-5441

Institut national du sport, de l'expertise et de la performance

Optimisation de la performance paralympique : de l'identification à l'obtention de la médaille

Nicolas Forstmann

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329, Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP)

Julien Schipman

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329, Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP)

Bryan Le Toquin

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329, Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP), Fédération française handisport, France

Jean-François Toussaint

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329, Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP), Université de Paris, Paris, France, Centre d'investigations en médecine du sport (CIMS), Hôtel-Dieu, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Paris, France

Résumé

Capitalisant sur une approche interdisciplinaire, le projet Paraperf a été retenu par le Programme prioritaire de recherche « Sport de très haute performance ». Il accompagne les

fédérations françaises de badminton, handisport et de tir dans la préparation des équipes de France paralympiques. Tout au long de ces quatre ans, les équipes des treize laboratoires impliqués ont œuvré afin d'améliorer la connaissance des spécificités de la performance paralympique et de fournir des informations et outils fiables, utiles aux encadrements et aux parasportifs jusqu'aux Jeux de Paris et au-delà.

Mots-clés : Jeux paralympiques, performance, interdisciplinarité, estimation de potentiel, environnement, accompagnement scientifique

Le projet Paraperf bénéficie d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre du programme d'investissements d'avenir portant la référence ANR-19-STHP-0005.

PARAPERF

Optimisation de la performance paralympique : de l'identification à l'obtention de la médaille

Nicolas Forstmann

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329,
Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP)

Julien Schipman

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329,
Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP)

Bryan Le Toquin

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329,
Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP),
Fédération française handisport, France

Jean-François Toussaint

Institut de recherche bio-médicale et d'épidémiologie du sport (IRMES), UPR 7329,
Institut national du sport, de l'expertise et de la performance (INSEP),
Université de Paris, Paris, France, Centre d'investigations en médecine du sport (CIMS),
Hôtel-Dieu, Assistance Publique - Hôpitaux de Paris, Paris, France





Depuis 1960 à Rome, date et lieu de la première compétition, huit disciplines ont regroupé 209 para-sportives et para-sportifs où seuls les blessés médullaires (lésion de la moelle épinière) pouvaient participer. Au fil du temps, les Jeux paralympiques (JP) ont connu un développement spectaculaire (Tweedy et Howe, 2011). De nouveaux sports et un plus large éventail de handicaps ont été intégrés afin de témoigner de l'ouverture et de l'accès au sport à l'ensemble des personnes en situation de handicap (Ferez *et al.*, 2020). L'évolution des JP est caractérisée par le passage du sport en tant que compétition à visée thérapeutique à celui d'événement réservé à des para-sportives et sportifs de haut niveau, tenant compte d'un investissement croissant des nations (Gold et Gold, 2007). En 2021, les JP de Tokyo ont accueilli environ 4 400 sportives et sportifs de 162 pays concourant dans 23 disciplines.

La performance paralympique est un champ peu exploré des sciences du sport. Sur les trente dernières années, on dénombre une publication scientifique portant sur le sport paralympique pour six dans le sport olympique. Ces dernières années, les sciences du sport se sont impliquées progressivement dans le champ du sport paralympique avec une augmentation significative du nombre de publications annuelles depuis 2011 (Pilon et Prince, 2024).

L'identification d'un neuvième défi « Paralympique » par l'appel à projet du Programme prioritaire de recherche (PPR) « Sport de très haute performance » a créé des conditions favorables à la proposition d'un projet pluridisciplinaire dédié à la performance paralympique. La diversité des champs scientifiques investis (épidémiologie,

physiologie, biomécanique, médecine, physique, sociologie, droit, psychologie) permet d'appréhender les différentes dimensions de la performance paralympique (environnements de préparation, suivi de l'entraînement, couple athlète-matériel, estimation de potentiel, analyse de résultats et stratégies en compétition) avec une approche holistique.

“... Paraperf est organisé en trois axes qui portent respectivement sur l'analyse des résultats en compétition, l'évaluation et l'optimisation du couple athlète-fauteuil...”

Élaboré en concertation avec la Fédération française handisport et la Fédération française de tir, [Paraperf](#) s'appuie sur un socle de travaux antérieurs que le cadre exceptionnel du PPR a permis de développer de manière intensive et extensive. Il concerne treize des vingt-deux sports paralympiques d'été prévus à Paris en 2024 et implique treize laboratoires. L'objectif général du projet est d'améliorer la connaissance des spécificités de la très haute performance paralympique et de fournir des informations et outils fiables, utiles aux encadrements et aux parasportifs jusqu'aux Jeux de Paris et au-delà. Afin de répondre à cet objectif, Paraperf est organisé en trois axes qui portent respectivement sur l'analyse des

résultats en compétition, l'évaluation et l'optimisation du couple athlète-fauteuil et sur la compréhension des environnements favorables à la performance des athlètes. Ces travaux sont déployés en fonction des besoins exprimés par les disciplines accompagnées et des données disponibles.

Trajectoires et estimation de potentiel

Le premier axe concerne les résultats réalisés en compétition et vise à fournir des outils d'aide à la décision. Il consiste à analyser les performances des athlètes français, à modéliser leur trajectoire de progression et à les situer dans le contexte concurrentiel de leur discipline. L'objectif est de développer et d'adapter ces méthodes d'analyse aux spécificités des disciplines paralympiques. En termes de transfert vers le terrain, ces outils ont été développés avec les encadrements et mis à leur disposition ainsi qu'à celle des directeurs de performance.

La première étape a consisté à récolter l'ensemble des données de compétition disponibles. Si dans le champ olympique, des fournisseurs sont en mesure de proposer l'accès à l'exhaustivité des résultats des compétitions internationales, dans le champ paralympique, ces intermédiaires ne disposent que de données lacunaires. Le recul et les données disponibles varient selon les sports, ce qui détermine les analyses réalisables. Après explorations préliminaires, les encadrements des disciplines concernées ont été associés pour identifier les analyses et indicateurs les plus pertinents.

Les analyses proposées visent à la fois à apprécier le niveau et la dynamique de performance des athlètes français, ainsi que le contexte concurrentiel (Schipman *et al.*, 2021, 2022). Les résultats sont ensuite mis à disposition des encadrements via des applications web. Des analyses spécifiques à certaines disciplines ont été conduites pour appréhender les stratégies des nations concurrentes et les scénarii de certaines épreuves.

L'analyse de la progression des sportifs et l'estimation de leur potentiel sont faites en situant ces derniers par rapport aux meilleures performances réalisées par année. Les informations fournies



L'équipe de France cécifoot en finale contre l'Argentine lors des Jeux paralympiques 2024. ©Iconsport

aux encadrements intègrent l'écart aux meilleures performances (1^{er}, podium, finalistes) et la densité de la concurrence. La progression et le potentiel des sportifs sont aussi évalués au regard des meilleures performances par âge de l'ensemble des compétiteurs référencés dans la base de données. Cela permet de situer leur progression par rapport à leurs pairs. Ces analyses s'appuient sur la relation entre l'âge et la performance, largement étudiée par l'IRMES dans le champ olympique (Berthelot, 2019 ; Berthelot *et al.*, 2012) et sont l'occasion d'apprécier sa pertinence dans le parasport (Le Toquin *et al.*, 2022 ; Schipman *et al.*, 2019).

Les outils fournis permettent de comparer plusieurs sportifs ou collectifs et proposent des visualisations travaillées avec les staffs afin qu'elles soient les plus intuitives possible. D'autres fonctionnalités ont été ajoutées pour certains sports comme la possibilité de générer des bilans à l'issue des compétitions, d'analyser les stratégies d'engagement des nations concurrentes ou encore de simuler des rencontres dans les sports de confrontation et l'impact du résultat sur le classement. Pour certaines épreuves combinées ou réalisées en plusieurs manches, des analyses ont été menées pour identifier les moments déterminants pour l'issue de la confrontation.

Enfin, les règlements définissant les modalités de qualification pour les Jeux de Paris ont été étudiés pour fournir la liste des sportifs qualifiés selon les différentes possibilités (classements lors de compétitions de référence, minima et classement sur la période de référence, etc.), identifier les potentiels qualifiés ainsi que les écarts avec leurs « poursuivants ».

Optimisation du couple sportif-fauteuil

Le deuxième axe du projet vise à optimiser les performances des athlètes en fauteuil. Sur les vingt-deux sports aux JP, douze nécessitent l'utilisation de fauteuils roulants manuels. Les champs de recherche privilégiés sont : la stabilité pour les sports de précision, la maniabilité pour le rugby, le basket-ball, le badminton et la réduction de la résistance au roulement pour des épreuves d'athlétisme. La configuration optimale repose sur un compromis entre les capacités de l'athlète, les exigences de sa discipline et les contraintes relatives au matériel.

Cet axe investit à la fois l'évaluation des athlètes, le développement d'outils de mesure et la conception de matériel. Les évaluations proposées aux athlètes varient selon leur discipline. Pour les sports « dynamiques » (sports collectifs, badminton, athlétisme), les fauteuils sont équipés de centrales inertielles permettant de quantifier le déplacement et la cinétique de propulsion sur des tests standardisés (évaluant la capacité à sprinter ou la maniabilité). Elles sont placées sur chaque roue, sur le cadre du fauteuil et sur le tronc du sportif. Ces capteurs permettent d'enrichir l'analyse des performances et des capacités de l'athlète en mesurant la cadence de propulsion, la vitesse et l'accélération. Différentes modalités de tests sont proposées, avec et sans raquette par exemple (Alberca *et al.*, 2022), en fonction des besoins identifiés avec les staffs et les athlètes. Ces tests en situation de pratique, avec les fauteuils utilisés en compétition offrent la possibilité de mesurer les effets de nouveaux réglages



Le rugbyman français Sébastien Verdin lors des Jeux paralympiques 2024. ©Iconsport

ou d'un nouveau fauteuil afin de valider ou non ces choix.

Les capacités physiologiques des sportifs sont évaluées sur un ergomètre à bras afin que les athlètes soient dans des conditions comparables, quel que soit leur sport. À l'issue de ces tests, des rapports sont présentés et transmis aux encadrements et aux athlètes. Ces échanges visent à faciliter l'intégration de ces informations pour la prise de décision et l'ajustement des entraînements.

Des ergomètres adaptés aux sportifs en situation de handicap ont été développés. Un ergomètre balistique évalue le profil force-vitesse-puissance des membres supérieurs indépendamment de la technique de propulsion en fauteuil. Un second ergomètre offrant la possibilité de modifier

la configuration du fauteuil (position de l'assise, taille des roues, carrossage) et de mesurer les paramètres d'efficacité de la propulsion a également été développé.

Pour faciliter les évaluations en condition de pratique, deux roues instrumentées ont été développées, l'une spécifique à l'athlétisme, l'autre aux sports collectifs ; elles permettent notamment de mesurer la puissance exercée sur la main courante. Enfin, un *dérpomètre* permet de tester différentes configurations de roues (pneu, jante, pression) sur les surfaces de pratique, afin que les encadrements puissent affiner leur choix dans la dernière ligne droite.

Ces campagnes expérimentales permettent d'améliorer la connaissance scientifique sur le parasport et les capacités des athlètes selon la classification ou

le type de handicap. La collecte de ces données auprès de plusieurs équipes de France rend possible l'identification de valeurs de référence qui faciliteront à l'avenir l'appréciation des performances des sportifs évalués. De plus, les évaluations croisées avec plusieurs outils ont permis d'établir les relations entre les mesures réalisées avec ces outils (Brassart *et al.*, 2023). Le suivi proposé implique également une évaluation médico-technique réalisée par l'équipe du pôle Parasport du CHU Raymond Poincaré de Garches, qui permet d'intégrer la dimension médicale et préventive aux recommandations et choix discutés avec les partenaires sportifs. Cette coopération multidisciplinaire permet d'appréhender l'athlète dans sa globalité et d'individualiser au mieux les propositions.

“ Les résultats ont mis en évidence les liens entre l'optimisation de la performance et des facteurs psychologiques et sociaux (identités athlétique, personnelle, sociale ou organisationnelle, bien-être subjectif, psychologique, physique ou social, etc.). ”

Environnements et parcours des athlètes

Le troisième axe consiste à appréhender les facteurs psychosociaux, juridiques et environnementaux favorables à la très haute performance et à comprendre comment la préparation sportive et l'ensemble de l'environnement autour de la préparation sportive influent positivement ou négativement sur les performances des parasportifs.

Pour le volet sociologique, des questionnaires ont été soumis à 186 sportifs pré-acrédités pour les Jeux paralympiques de Tokyo et les 142 encadrants qui les accompagnaient et 60 entretiens auprès des sportifs et des acteurs ont été réalisés. Dans le domaine juridique, la récolte a inclus 18 entretiens. Sur le versant psychologique, 98 sportifs inscrits sur liste ministérielle ont répondu à un questionnaire et 34 sportifs et membres de staffs ont participé à un entretien.

L'analyse des données au sein de cet axe a permis de créer une modélisation inédite des facteurs sociaux de la performance paralympique intégrant une caractérisation fine des conditions de préparation et des configurations relationnelles des athlètes paralympiques. Le modèle social de la performance paralympique développé peut s'appliquer à l'ensemble des disciplines paralympiques ; il s'adresse par ailleurs à l'ensemble des acteurs du monde paralympique, c'est-à-dire aux parasportifs eux-mêmes, aux entraîneurs, personnels et nationaux, mais aussi aux autres membres des staffs ainsi qu'aux cadres fédéraux.

Ce modèle facilite la compréhension de la performance paralympique à partir d'un

point de vue d'ensemble qui permet de clarifier la multiplicité et la complexité des facteurs de performance (Beldame *et al.*, 2024 ; Richard *et al.*, 2022). La modélisation a permis d'identifier quatre facteurs clés en jeu que sont les disponibilités, les expertises, les concurrences et les sociabilités. Ainsi, au lieu d'envisager l'ensemble de ces facteurs de façon éparsée et séparée, ce modèle a au contraire pour ambition de les rassembler puis de les observer dans leurs multiples articulations et interactions. Les données qualitatives issues des entretiens ont permis d'illustrer concrètement la complexité et la dynamique de chacun de ces déterminants.

Les résultats ont mis en évidence les liens entre l'optimisation de la performance et des facteurs psychologiques et sociaux (identités athlétique, personnelle, sociale ou organisationnelle, bien-être subjectif, psychologique, physique ou social, etc.). Ainsi, les résultats des sportifs ayant un handicap évolutif soulignent l'importance de réfléchir à un accompagnement spécifique. En outre, les analyses qualitatives et quantitatives montrent un faible recours à la préparation mentale ou à un suivi psychologique alors que des questions de reconnaissance sont présentes chez de nombreux sportifs. Développer ce suivi pourrait, dans certains cas, optimiser les performances. Enfin, l'étude spécifique sur les relations entre parasportif, accompagnateur (guide, assistant, pilote) et les autres acteurs de la performance ont permis de proposer des préconisations afin de mieux prendre en compte leur implication et de prévenir les conflits potentiels (Ngo et Pantaléon, 2022).

Le travail sur les enjeux juridiques a permis d'identifier des situations nécessitant des évolutions réglementaires, voire

un travail de doctrine plus approfondi (Ngo *et al.*, 2023). Les analyses menées ont permis d'identifier des situations non prévues par la réglementation actuelle en termes de statut des assistants/guides, des ajustements à proposer en matière de Surveillance médicale réglementaire (SMR), des situations de non-recours aux prestations compensatrices du handicap et une réflexion à mener sur les enjeux de responsabilité en matière de modification du matériel des sportifs.

Les résultats issus des travaux de l'axe environnement et parcours de l'athlète ont été transmis aux partenaires sportifs (Direction technique nationale, Direction de la performance et du haut niveau) sous différentes formes (rapports détaillés pour chacune des enquêtes, présentations, ateliers). Un guide construit à la suite des ateliers avec les encadrements des partenaires sportifs a été diffusé, il propose une synthèse des travaux menés dans la première phase du projet et des axes de remédiation. Un [livret](#) et un [site internet](#) complètent les supports de restitution afin que chacun puisse opter pour le format le plus adapté.

Le renforcement des ressources dédiées à la performance paralympique et la dynamique de collaboration entre équipes de recherche et les fédérations impliquées ont permis à Paraperf de proposer des avancées significatives et de passer un cap en termes de recherche et d'accompagnement scientifique à la performance paralympique. Le recueil inédit de données sur le parasport, aussi bien en termes de quantité que de diversité, crée des conditions favorables à l'adoption d'une approche holistique de la performance paralympique.

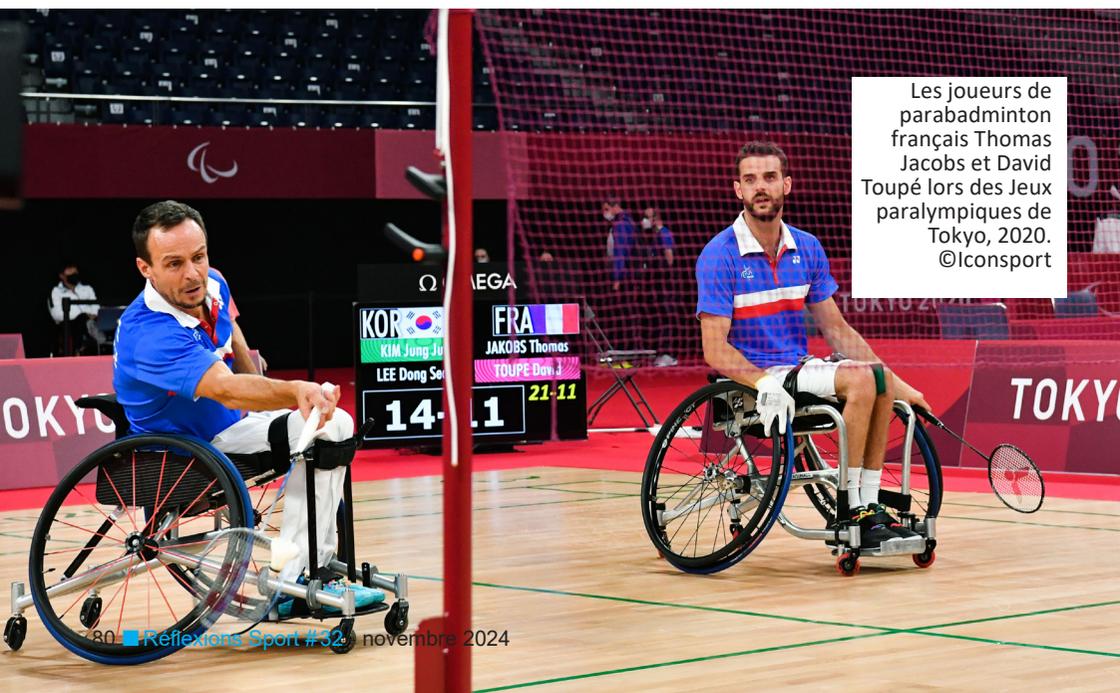
La meilleure connaissance mutuelle entre la sphère scientifique et sportive conduit à affiner les questionnements et développer de nouvelles collaborations qui ont pu débuter pendant le projet et iront au-delà. En ce sens, plusieurs thèses Cifre ont pu être mises en place avec des fédérations ou des entreprises pour prolonger et spécifier les travaux engagés depuis 2020. La mise en place d'une thèse Cifre en 2021 portant sur le badminton en fauteuil, a notamment précédé et facilité l'intégration, l'année suivante, de la Fédération française de badminton au projet. Enfin, Le diplôme inter-universitaire Parasport, lancé en janvier 2024, inscrit dans le temps le transfert des résultats et méthodes développés dans le cadre de Paraperf vers les encadrements des sportifs paralympiques. L'objectif est de contribuer à la dynamique de montée en expertise des encadrements et au renforcement de l'accompagnement scientifique à la performance paralympique.

Bibliographie

Alberca, I., Chénier, F., Astier, M., Combet, M., Bakatchina, S., Brassart, F., Vallier, J.-M., Pradon, D., Watier, B. et Faupin, A. (2022). Impact of holding a badminton racket on spatio-temporal and kinetic parameters during manual wheelchair propulsion. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 862760. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.862760>

Beldame, Y., Joncheray, H., Duquesne, V. et Richard, R. (2024). "They don't really Care about my results, they prefer selling my life story." Inspirational paralympians and sponsorship. *Communication & Sport*, 12(2), 194-209. <https://doi.org/10.1177/21674795231158542>

Berthelot, G. (2019). An integrative modeling approach to the age-performance relationship in mammals at the cellular scale. *Scientific Report*, 9(1), 418. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36707-3>



Les joueurs de parabadminton français Thomas Jakobs et David Toupé lors des Jeux paralympiques de Tokyo, 2020.
©Iconsport

- Berthelot, G., Len, S., Hellard, P., Tafflet, M., Guillaume, M., Vollmer, J.-C., Gager, B., Quinquis, L., Marc, A. et Toussaint, J.-F. (2012). Exponential growth combined with exponential decline explains lifetime performance evolution in individual and human species. *AGE*, 34(4), 1001-1009. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9274-9>
- Brassart, F., Faupin, A., Hays, A., Watelain, E. et Weissland, T. (2023). Relationship of force-velocity profile between field sprints and lab ballistic or cycling ergometer for wheelchair basketball players. *Applied Sciences*, 13(13), 7469. <https://doi.org/10.3390/app13137469>
- Ferez, S., Ruffié, S., Joncheray, H., Marcellini, A., Pappous, S. et Richard, R. (2020). Inclusion through sport: A critical view on paralympic legacy from a historical perspective. *Social Inclusion*, 8(3), 224-235. <https://doi.org/10.17645/si.v8i3.2735>
- Gold, J. R. et Gold, M. M. (2007). Access for all: The rise of the Paralympic Games. *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 127(3), 133-141. <https://doi.org/10.1177/1466424007077348>
- Le Toquin, B., Schipman, J., De Laroche Lambert, Q., Saulière, G., Duncombe, S. et Toussaint, J.-F. (2022). Is the visual impairment origin a performance factor? Analysis of international-level para swimmers and para athletes. *Journal of Sports Sciences*, 40(5), 489-497. <https://doi.org/10.1080/02640414.2021.1999618>
- Ngo, M.-A. et Pantaléon, N. (2022). La mise sur liste ministérielle des sportifs valides participant à la performance paralympique : du caractère empirique au caractère systémique. *Les cahiers de droit du sport* (« Accompagnement des sportifs de haut niveau, Spécial »), 87-91.
- Ngo, M.-A., Pantaleon, N., Richard, R., Joncheray, H. et Beldame, Y. (2023). Les spécificités des paraspports mésestimées par le droit français. *Amplitude du droit*, 2. <https://doi.org/10.56078/amplitude-droit.440>
- Pilon, F. et Prince, F. (2024). Does producing scientific articles lead to paralympic podiums? *Biomechanics*, 4(1), 123-143. <https://doi.org/10.3390/biomechanics4010008>
- Richard, R., Burlot, F., Duquesne, V. et Joncheray, H. (2022). "I had a dream: It was to play the games". Sports socialisation processes of French paralympic athletes. *European Journal for Sport and Society*, 19(2), 99-116. <https://doi.org/10.1080/16138171.2021.1878438>
- Schipman, J., Gallo, P., Marc, A., Antero, J., Toussaint, J.-F., Sedeaud, A. et Marck, A. (2019). Age-related changes in para and wheelchair racing athlete's performances. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.00256>
- Schipman, J., Saulière, G., Le Toquin, B., Marc, A., Forstmann, N., Toussaint, J.-F. et Sedeaud, A. (2021). Involvement in multiple race events among international para and non-disabled swimmers. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 608777. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.608777>
- Schipman, J., Saulière, G., Marc, A., Hamri, I., Le Toquin, B., Rivallant, Y., Difernand, A., Toussaint, J.-F. et Sedeaud, A. (2022). The COVID-19 pandemic impact on the best performers in athletics and swimming among paralympic and non-disabled athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(12), 1605-1614. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.22.13365-7>
- Tweedy, S. et Howe, P. D. (2011). Introduction to the paralympic movement. Dans Y. C. Vanlandewijck et W. R. Thompson (dir.), *The Paralympic Athlete* (1^{re} éd., p. 1-30). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444328356.ch1>