



**HAL**  
open science

# Pleine conscience, performance et santé dans le sport

Alexis Barbry

► **To cite this version:**

Alexis Barbry. Pleine conscience, performance et santé dans le sport. Autre. Université de Lille, 2024. Français. NNT : 2024ULILS002 . tel-04558556

**HAL Id: tel-04558556**

**<https://theses.hal.science/tel-04558556>**

Submitted on 25 Apr 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.

---

# PLEINE CONSCIENCE, PERFORMANCE ET SANTE DANS LE SPORT

---

*Thèse pour obtenir le grade de :*  
DOCTEUR EN STAPS  
*Soutenue par*  
Alexis BARBRY

*Dirigée par*

Pr. Jérémie COQUART

*Réalisée au sein de*

Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé et Société (URePSSS)  
& de l'Ecole Doctorale Biologie et Santé de Lille (EDBSL, 446)



---

*Jury composé de :*

**Dr. Annie CARTON**, Maître de conférences, université d'Artois - *Invitée*

**Pr. Jérémie COQUART**, Professeur des universités, université de Lille - *Directeur de thèse*

**Pr. Fabienne D'ARRIPE-LONGUEVILLE**, Professeur des universités, université Côte d'Azur - *Examinatrice*

**Pr. Martine DUCLOS**, Professeur des universités - praticien hospitalier, université Clermont-Auvergne - *Examinatrice*

**Dr. Jean FOURNIER**, Maître de conférences HDR, université Paris Nanterre - *Rapporteur*

**Pr. Alain GROSLAMBERT**, Professeur des universités, université Bourgogne Franche-Comté - *Rapporteur*

**Mr. Hervé OVIGNEUR**, Ingénieur, Institut des Rencontres de la Forme - *Invité*

*Thèse soutenue le : 10/01/2024*

Pleine conscience, performance et santé dans le sport

*Mindfulness, performance, and health in sport*

Préparée dans le cadre de la convention industrielle de formation par la recherche  
n°2020/0331 au sein de :

Unité de **R**echerche pluridisciplinaire **S**port, **S**anté et **S**ociété (**URePSSS**)  
413, avenue Eugène Avinée, 59120 Loos



Institut des **R**encontres de la **F**orme (**IRFO**)  
Parc Eurasanté, 65 rue Nelson Mandela, 59120 Loos



## RESUMÉ

Cette thèse avait pour objectif d'appréhender les relations entre la pratique sportive en club, la performance et la santé, et d'étudier la place de la pleine conscience dans ces relations. Tout d'abord, nous avons observé les rapports entre la pratique sportive en club, la performance et la santé auprès d'un large échantillon de jeunes. Nos résultats montrent que : *a)* la pratique sportive fédérale s'associerait à un meilleur niveau de performance et de santé, et *b)* certaines pratiques sportives (plus que d'autres) présenteraient des avantages plus importants sur des médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé. Puis, nous avons évalué (autour d'une revue systématique) les effets de temps brefs de pleine conscience sur un biomarqueur psychophysologique de la santé : la variabilité de la fréquence cardiaque. Nos résultats mettent en avant le manque d'essai contrôlé randomisé pour affirmer que la pleine conscience aurait des effets bénéfiques sur le système nerveux autonome. Pour finir, nous avons testé les effets combinés de temps brefs de pleine conscience associés à un entraînement de course à pied à haute intensité sur la performance et la santé. Notre essai contrôlé randomisé souligne que : *a)* la pleine conscience engendrerait des différences (comparé à la condition contrôle) sur l'endurance cardiorespiratoire, et *b)* la pleine conscience améliorerait certaines habiletés psychologiques dans le sport et le bien-être des athlètes. Nos résultats indiquent également que la pleine conscience n'impacterait pas la variabilité de la fréquence cardiaque, la perception de l'effort et les autres composantes de la condition physique.

**Mots clés** : Condition physique, préparation mentale, méditation, course à pied, clubs sportifs

## ABSTRACT

This thesis aimed at emphasizing the connections between sports club participation, performance, and health as well as studying the extent of mindfulness meditation inside these interrelations. At first, the interrelations between sports club participation, performance, and health have been observed among a large sample of young people. It is demonstrated that: *a)* sports club participation would lead to a better level of performance and health, and *b)* some sports practices (more than others) are associated with greater benefits to physiological and psychological factors that influence performance and health. Then, through a systematic review, the effects of mindfulness short periods on a health psychophysiological biomarker (heart rate variability) have been evaluated. Our results underline the lack of randomised controlled trials to be able to state that the autonomic nervous system would benefit from mindfulness. Finally, we have tested the effects of mindfulness short periods meditation combined with high intensity running training on performance and health. Our randomised controlled trial highlights that: *a)* mindfulness meditation would produce differences (compared in a control group) in cardiorespiratory endurance, and *b)* mindfulness meditation would improve certain psychological skills in sport and in athletes' well-being. Our results also show that mindfulness meditation would not affect heart rate variability, ratings of perceived exertion, and other components of physical fitness.

**Keywords:** Physical fitness, mental training, meditation, running, sports club

## Citations

« *Et comme tous les beaux-arts, la course de fond telle que les humains la pratiquent requiert une connexion entre le corps et l'esprit dont aucune autre créature n'est capable* »  
[*Born to run*, Christopher Mcdougall, 2009]

« *On ne peut plus dissocier le corps de l'esprit, l'entraînement mental de l'entraînement physique. L'entraînement mental, l'entraînement physique et l'entraînement technique doivent être synchronisés et cohérents* »  
[Dans « *La bible de la préparation physique* », citation d'Aymeric Guillot, 2018]

« *La pleine conscience nous enseigne que les pensées et les émotions sont transitoires. Tout comme les sensations physiques, l'esprit est dans un état de perpétuel changement* »  
[*Apprendre à méditer*, Bob Stahl et Elisha Goldstein, 2021]

« *Quand j'ai commencé à essayer de méditer, mon plus grand défi était de me donner du temps* »  
[*Service gagnant*, Novak Djokovic, 2015]

« *On ne peut pas arrêter les vagues mais on peut apprendre à les surfer* »  
[*Où tu vas, tu es*, Jon Kabat-Zinn, 2013]

« *Je rêve que mes athlètes fassent leurs séances sans chrono, aux sensations* »  
[Pascal Machat, ancien référent jeune de l'équipe de France de demi-fond]

## REMERCIEMENTS

Quand Jérémy m'a dit de faire les remerciements, la joie m'a tout d'abord traversé je me suis dit : « *chouette (#dédicace à Guigui) c'est que l'on touche au but* ». Puis, très rapidement, je me suis demandé par où et par qui commencer. Il y a tellement de gens à remercier, tellement de personnes ayant participé de près ou de loin à ce projet ! Ce dernier m'a habité, poussé dans mes retranchements mais surtout passionné pendant plus de 3 ans (peut-être même plus puisque je pense que cette thèse a débuté sur la piste)... Alors bien sûr, il y a eu des moments difficiles mais votre aide et votre bienveillance m'ont permis de les surmonter.

Tout d'abord sur le plan universitaire et professionnel, je tiens à remercier Pierre-Marie Leprêtre et Sandrine Ponnelle qui un matin de juillet 2019 m'ont encouragé à débiter une thèse doctorale. Mais que la route fut longue avant d'y parvenir (Annie peut en témoigner) ... Puis, je pense bien évidemment à la direction de ma thèse. Il est vrai que j'aurais pu écrire des lignes sur eux mais je vais tâcher d'être succinct. Débutons par Annie (la spécialiste des *thoughts*, elle comprendra), comment te remercier davantage, tu étais là dès le début, dès le mémoire de master 2 et tu as su me guider et m'accompagner pendant ces 3 belles années. Ton écoute et ta bienveillance ont pu m'aider à franchir les obstacles (pas les barrières de *steeple* pour ça Rayray gérait) un à un (et non je ne suis pas dithyrambique comme tu aimes si bien le dire). Jérémy, ah sacré Jéj, qu'est-ce que j'ai également appris. Je pense aujourd'hui que je peux affirmer que je suis bien plus rigoureux qu'avant (enfin je l'espère). Et ça c'est en partie grâce à toi et grâce aussi (il faut bien l'avouer) à la création de ma « *TO DO LIST* pour t'éviter les déjà dit » qui m'a certes permis d'en éviter mais pas de les supprimer complètement. Mais un jour, j'aurais (tu vois je parle au conditionnel) une liste qui s'intitulera « *TO DO LIST* pour supprimer les déjà dit du grand Jéj ». En tout cas, merci pour ton investissement durant ce projet. Nous avons dû passer pendant ces 3 années, un nombre inconsidérable d'heures au téléphone... qui m'ont également permis de mieux comprendre la langue du grand Wall E.

Et enfin, Hervé (« le grand chef » pour les intimes, mon tuteur scientifique à l'IRFO), le Zidane1010 des *managers* (il comprendra). Dans un premier temps, merci d'avoir accepté et soutenu ce projet auprès de l'IRFO. Merci également pour les diverses compétences que tu as pu me transmettre et que tu me transmettras sans doute par la suite. Je dois bien l'avouer, Annie, Jérémy et Hervé, vous êtes mes 3 « mentors ». Récemment, j'ai entendu dire que l'une

des choses les plus importantes lorsque l'on s'engage dans une thèse, c'est de bien choisir la direction. Et sur cela, je pense avoir été garni.

Merci également à l'ensemble des membres du jury de cette thèse de nous (je dis « nous » car pour moi, c'est un travail d'équipe) avoir fait l'honneur d'accepter la lecture de ce manuscrit.

Je n'oublie pas les nombreux collègues de l'université d'Artois qui ont pu m'accompagner dans ce projet. Toute l'équipe « psycho » du SHERPAS : Gabor, Camille, Williams avec lesquels j'ai eu la chance de collaborer sur la première partie de cette thèse. Je pense également aux collègues « physio » de l'Artois avec qui j'ai pu travailler plus sur le volet enseignement : Nicolas et Bénédicte merci de m'avoir donné ma chance.

Merci également à Marjorie Bernier que j'ai croisée un peu par hasard lors de l'ACAPS en 2021 à Montpellier, et avec qui, une belle collaboration a pu se dessiner et qui perdurera (tout du moins je l'espère) dans le futur. Un grand merci à Cécilia Delage (psychologue du sport) qui a largement œuvré dans la création du programme *FeelTheRun*.

Du côté de l'IRFO, je tiens également à remercier Anne Muller (#Muller), Enguerran Fredonnet (#Fredon) ou encore Lucas Deneux (#Lulu) qui ont bien accepté de m'aider dans la réalisation de certaines vidéos. Par ailleurs, je tiens à remercier certains athlètes de très haut niveau Emmanuel Roudolf-Levisse, Yoann Kowal ou encore Téo Bastien d'avoir accepté d'être interviewés pour ce projet.

J'adresse mes sincères remerciements à Marine, Marie et Alycia qui sont arrivées pour la dernière partie de cette thèse et qui m'ont été d'une aide précieuse. Pour clore ce versant académique et professionnel, merci aux collègues Niçois qui m'ont très bien accueilli pour la toute fin de cette thèse.

Certes dans une thèse, il y a le côté académique et professionnel mais ce type d'engagement nécessite également un entourage de qualité sur le plan personnel (tiens, tiens un peu comme un sportif). Et là-dessus, j'ai également été bien verni. Tout d'abord, merci à mon entourage très très proche, Amandine et mes parents, sans oublier bien évidemment la fameuse Milka (#Mimil pour les intimes, vous aurez également la chance de la croiser dans une vidéo) qui m'aura permis de réaliser des pauses cognitives efficaces. Merci à vous de m'avoir écouté, soutenu, épaulé et parfois même accueilli pendant *FeelTheRun* (Hein Maman ?) ... Amandine, sache que je te fournirai la même qualité de soutien durant ta future thèse ! J'ai une petite pensée pour les autres membres de ma famille / future belle-famille (mon frère, grand-mère,

Val' et Maumau, Pascal et Nicole, Marie-Jo et même Tata Agnès) qui ont su m'apporter leurs précieuses aides à certains moments clé (#couloir 4 Maumau).

J'ai également pu compter sur le soutien de plusieurs amis... Nico, merci pour ton aide et pour nos footings, nos séances prépa-marathon, nos tennis... La dernière victoire sur la terre battue Arrageoise avant de partir sur Nice reste à mon sens un souvenir inoubliable. Max, merci pour ton aide, et pour les matchs au stade Pierre Mauroy... Nathan, merci également de t'être levé un dimanche matin pour m'aider... Ben, merci de t'être déplacé jusqu'à Arras... Je pense également à Adrien, Guillaume ou encore Max...

Je n'oublie pas la participation de certains professionnels qui m'ont fourni des interventions d'extrême qualité pour le groupe contrôle : Philippe Bolet, Florent et Nicolas Fiquet, Thomas Cuisset, Antoine Gallopin (un super entraîneur de demi-fond par ailleurs), Lucie Lerebourg, Amandine Daubresse... Bref merci à vous !

Pour finaliser, j'adresse mes sincères remerciements à l'ensemble du racing club d'Arras athlétisme sans qui ce projet (tout du moins la fin) n'aurait pas pu exister... Merci à la direction, aux entraîneurs et surtout aux athlètes d'avoir participé à cette étude scientifique ! Au-delà de l'aventure scientifique, à travers *FeelTheRun*, j'ai vécu une expérience humaine incroyable et ça c'est grâce à vous...

Certes, c'est **1** thèse mais ce travail représente la participation d'au moins...

**1**

**1**

**4**

**PERSONNES**

## LISTE DES ABREVIATIONS

ACSM *American College of Sports Medicine*

ANOVA *Analyse de variance de l'Anglais ANalysis Of VAriance*

AP *Activité Physique*

BF *Basse Fréquence*

BMM *Temps brefs de pleine conscience de l'Anglais Brief Mindfulness Meditation*

CERSTAPS *Comité d'Éthique pour la Recherche en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*

CONSORT *Consolidated Standards Of Reporting Trials*

CNIL *Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés*

CP *Condition Physique*

EPS *Education Physique et Sportive*

GRADE *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation*

HF *Haute Fréquence*

IMC *Indice de Masse Corporelle*

IRFO *Institut des Rencontres de la FORMe*

MBI *Interventions basées sur la pleine conscience de l'Anglais Mindfulness-Based Interventions*

MBCT *Thérapie cognitive basée sur la pleine conscience de l'Anglais Mindfulness-Based cognitive Therapy*

MBSR *Réduction du stress basé sur la pleine conscience de l'Anglais Mindfulness-Based Stress Reduction*

MFP *Mindfulness For Performance*

MSPE *Mindful Sport Performance Enhancement*

MTP *Mindfulness Training Protocol*

MeSH *Medical Subject Headings*

OMS *Organisation Mondiale de la Santé*

PM *Préparation Mentale*

PROSPERO *Prospective Register Of Systematic Reviews*

PRISMA *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*

QFP *Quotient de Forme Physique*

RCT *Essai contrôlé randomisé de l'Anglais Randomised Controlled Trial*

RMSSD *Racine carrée moyenne des différences des intervalles R-R successif de l'Anglais Root Mean of Successive R-R intervals Differences*

RPE *Perception de l'effort de l'Anglais Ratings of Perceived Exertion*

RoB 2 *Revised cochrane risk-Of-Bias tool for randomised trial*

*SD Écart-type de l'Anglais Standard Deviation*

*SDNN Ecart-type des intervalles R-R de l'Anglais Standard Deviation of NN intervals*

*SNA Système Nerveux Autonome*

*SNP Système Nerveux Parasympathique*

*SNS Système Nerveux Sympathique*

*STAPS Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives*

*URéPSSS Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé et Société*

*VFC Variabilité de la Fréquence Cardiaque*

*VMI Vitesse Maximale Intermittente*

*$\dot{V}O_2$ max Débit Maximal d'Oxygène*

# TABLE DES MATIERES

RESUMÉ.....	3
ABSTRACT .....	4
LISTE DES ABREVIATIONS .....	9
TABLE DES MATIERES.....	11
LISTE DES FIGURES.....	15
LISTE DES TABLEAUX.....	17
LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS .....	18
INTRODUCTION GENERALE .....	22
PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE.....	31
<b>CHAPITRE I. LES MEDIATEURS DE LA PERFORMANCE CHEZ LE SPORTIF.....</b>	<b>32</b>
1. Les différentes composantes de la condition physique liées à la performance..	33
a. <i>L'agilité.....</i>	34
b. <i>La coordination .....</i>	35
c. <i>L'équilibre.....</i>	35
d. <i>La puissance musculaire.....</i>	36
e. <i>Le temps de réaction.....</i>	37
f. <i>La vitesse.....</i>	38
2. Les habiletés psychologiques au service de la performance sportive .....	39
a. <i>La prise de conscience du moment présent.....</i>	41
b. <i>L'acceptation.....</i>	42
c. <i>La re-concentration.....</i>	43
d. <i>Quels outils pour évaluer les habiletés psychologiques dans le sport ?.....</i>	44
3. Conclusion.....	45
<b>CHAPITRE II. LES MEDIATEURS DE LA SANTE CHEZ LE SPORTIF.....</b>	<b>47</b>
1. La santé du sportif, de quoi parlons-nous ?.....	48
2. Les médiateurs physiologiques de la santé.....	49
a. <i>La condition physique de santé et ses différentes composantes.....</i>	49
i. <i>L'endurance cardiorespiratoire.....</i>	50
ii. <i>La force musculaire .....</i>	52
iii. <i>L'endurance de force .....</i>	52
iv. <i>La souplesse.....</i>	53
v. <i>La composition corporelle .....</i>	54

b.	<i>La variabilité de la fréquence cardiaque .....</i>	54
i.	<i>Qu'est-ce que la variabilité de la fréquence cardiaque ?.....</i>	55
ii.	<i>Les différents paramètres de la variabilité de la fréquence cardiaque. ....</i>	57
<b>3.</b>	<b>Le bien-être comme médiateur psychologique de la santé mentale .....</b>	<b>59</b>
a.	<i>Le bien-être hédonique.....</i>	60
b.	<i>Le bien-être eudémonique.....</i>	61
c.	<i>Les manifestations et les outils de régulation du bien-être .....</i>	62
<b>4.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>64</b>
	<b>CHAPITRE III. PLEINE CONSCIENCE, PERFORMANCE ET SANTE .....</b>	<b>65</b>
<b>1.</b>	<b>Aux origines de la pleine conscience .....</b>	<b>66</b>
a.	<i>La pleine conscience, une approche éclectique à la croisée de l'orient et de l'occident.....</i>	66
b.	<i>Définition de la pleine conscience .....</i>	67
<b>2.</b>	<b>Les différents programmes de pleine conscience .....</b>	<b>68</b>
a.	<i>Les principaux programmes de pleine conscience à visée thérapeutique .....</i>	69
i.	<i>Le programme de réduction du stress basé sur la pleine conscience .....</i>	69
ii.	<i>La thérapie cognitive basée sur la pleine conscience .....</i>	70
iii.	<i>La thérapie d'acceptation et d'engagement.....</i>	71
b.	<i>Les programmes de pleine conscience pour les athlètes.....</i>	71
i.	<i>Le mindfulness-acceptance-commitment.....</i>	72
ii.	<i>Le mindfulness-sport-performance-enhancement .....</i>	73
iii.	<i>Le mindfulness for performance.....</i>	73
iv.	<i>Les autres programmes de pleine conscience dans le sport.....</i>	74
v.	<i>Les limites des programmes de pleine conscience dans le sport .....</i>	77
<b>3.</b>	<b>Effets de la pleine conscience sur la performance et la santé des athlètes .....</b>	<b>78</b>
a.	<i>Effets de la pleine conscience sur les médiateurs physiologiques de la performance et de la santé des athlètes.....</i>	79
b.	<i>Effets de la pleine conscience sur les médiateurs psychologiques de la performance et de la santé.....</i>	81
c.	<i>Limites et futures directions .....</i>	83
d.	<i>Mécanismes d'actions de la pleine conscience.....</i>	84
<b>4.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>87</b>
	<b>DEUXIEME PARTIE : CADRE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>88</b>
	<b>CHAPITRE I. PRATIQUE SPORTIVE EN CLUB, PERFORMANCE ET SANTE .....</b>	<b>90</b>
	<b>Sous-chapitre 1 : Relations entre de la pratique sportive en club, la performance sportive et la santé physique. ....</b>	<b>90</b>

1.	Introduction .....	90
2.	Etude 1 : Pratique sportive en club, performance et santé chez l'enfant. ....	93
a.	<i>Matériel et méthode</i> .....	93
b.	<i>Résultats</i> .....	97
3.	Etude 2 : Pratique sportive en club, performance et santé chez l'adolescent et le jeune adulte.....	103
a.	<i>Matériel et méthode</i> .....	103
b.	<i>Résultats</i> .....	107
4.	Discussion .....	114
5.	Conclusion.....	121
	<b>Sous-chapitre 2 : Effets d'une pratique sportive en club sur un déterminant de santé mentale : le bien-être.....</b>	<b>123</b>
1.	Introduction .....	123
2.	Méthode .....	128
3.	Résultats.....	129
4.	Discussion .....	135
5.	Conclusion.....	140
	<b>CHAPITRE II. EFFETS DE TEMPS BREFS DE PLEINE CONSCIENCE SUR UN BIOMARQUEUR PSYCHOPHYSIOLOGIQUE DE LA SANTE, LA VARIABILITE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE : UNE REVUE SYSTEMATIQUE.....</b>	<b>141</b>
1.	Introduction .....	141
2.	Matériel et méthode .....	145
3.	Résultats.....	148
4.	Discussion .....	156
5.	Conclusion.....	161
	<b>CHAPITRE III. EFFETS DE TEMPS BREFS DE PLEINE CONSCIENCE ASSOCIES A UN PROGRAMME DE COURSE A PIED SUR LA PERFORMANCE ET LA SANTE .....</b>	<b>162</b>
1.	Introduction .....	163
2.	Matériels et méthode .....	167
3.	Résultats.....	180
4.	Discussion .....	192
5.	Conclusion.....	203
	<b>DISCUSSION GENERALE.....</b>	<b>205</b>
1.	Les médiateurs physiologiques au service de la performance et de la santé ...	205
2.	Les médiateurs psychologiques au service de la performance et de la santé ..	208
3.	La pratique sportive et ses relations étroites avec la performance et la santé	209

4. La méditation de pleine conscience et ses effets sur la performance et la santé .....	210
5. Une approche systémique des relations entre pratique sportive en club, pleine conscience, performance et santé .....	212
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>216</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>217</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>249</b>
Annexe 1. Article 1: <i>Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. The journal of sports medicine and physical fitness</i> .....	249
Annexe 2. Article 2: <i>Relationships between sports club participation and health determinants in adolescents and young adults. Frontiers in sports and active living</i> .....	267
Annexe 3. Article 3: <i>Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. Frontiers in psychology</i> .....	276
Annexe 4. Présentation du questionnaire de l'Institut des Rencontres de la Forme évaluant le bien-être affectif dans la vie quotidienne des adolescents .....	285
Annexe 5. Article 4: <i>Effect of brief mindfulness meditation interventions on heart rate variability in adults: a systematic review</i> . En cours d'examen dans <i>Applied psychophysiology and biofeedback</i> depuis le 12 juillet 2023 .....	286
Annexe 6. Présentation des normes PRISMA 2020 des revues systématiques en Français inspiré de Gedda <sup>475</sup> .....	308
Annexe 7. Article 5: <i>Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial</i> soumis dans <i>Sport, exercise, and performance psychology</i> .....	311
Annexe 8. Présentation des normes CONSORT avec l'extension 2022 traduite en Français inspiré de Gedda <sup>422</sup> .....	343
Annexe 9. Présentation de l'attestation de formation en méditation de pleine conscience, niveau 2 : mise en place et instruction d'un protocole de groupe .....	345
Annexe 10. Présentation du livret fourni aux entraîneurs pour le programme <i>FeelTheRun</i> .....	346
Annexe 11. Présentation de l'échelle de perception de l'effort de Borg .....	376
Annexe 12. Présentation de la version Française du <i>mindfulness inventory for sport</i> adaptée de Doron et al. <sup>18</sup> et mesurant les habiletés de la pleine conscience dans le sport .....	377
Annexe 13. Présentation du questionnaire Diagnofeel® de l'Institut des Rencontres de la Forme évaluant les manifestations et des outils de régulation du bien-être .....	378

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Représentation des 3 piliers de la forme selon l'Institut des Rencontres de la Forme .....	24
<b>Figure 2.</b> Présentation de certains outils d'évaluation de l'Institut des Rencontres de la Forme .....	25
<b>Figure 3.</b> Présentation des 3 entités du dispositif de thèse .....	27
<b>Figure 4.</b> Présentation des 3 étapes de la thèse .....	29
<b>Figure 5.</b> Présentation des différentes composantes de la condition physique liées à l'habileté et à la performance selon le modèle de l' <i>american college of sports medicine</i> <sup>34</sup> .....	34
<b>Figure 6.</b> Présentation des habiletés de la pleine conscience .....	40
<b>Figure 7.</b> Présentation des différentes de composantes de la condition physique de santé selon l' <i>american college of sports medicine</i> <sup>34</sup> .....	50
<b>Figure 8.</b> Présentation d'un enregistrement R-R récolté via un cardiofréquencemètre (cet enregistrement provient d'un des participants de notre projet <i>FeelTheRun</i> ) .....	56
<b>Figure 9.</b> Présentation du complexe QRS adaptée de Tawakal et al. <sup>164</sup> .....	56
<b>Figure 10.</b> Présentation du bien-être comme une approche au carrefour de 2 philosophies..	60
<b>Figure 11.</b> Présentation du nombre de publications scientifiques sur la pleine conscience année par année de 1980 à 2010, selon Williams et Kabat-Zinn <sup>198</sup> .....	65
<b>Figure 12.</b> Présentation des mécanismes d'actions de la pleine conscience.....	84
<b>Figure 13.</b> Présentation des liens entre les habiletés de la pleine conscience, la performance et la santé .....	87
<b>Figure 14.</b> Présentation du test de la marelle du Diagnoform® Kid.....	96
<b>Figure 15.</b> Présentation du score du quotient de forme physique en fonction de la classe d'indice de masse corporelle .....	101
<b>Figure 16.</b> Présentation du test de la croix du Diagnoform® Tonic .....	105
<b>Figure 17.</b> Présentation de la fréquence des affects négatifs et positifs en fonction de la pratique sportive en club en France chez les adolescents âgés de 10 à 18 ans.....	133
<b>Figure 18.</b> Présentation du diagramme de sélection des études selon les normes PRISMA 2020 <sup>357</sup> .....	149
<b>Figure 19.</b> Présentation des risques de biais pour chaque étude incluse .....	155
<b>Figure 20.</b> Présentation du risque de biais par domaine .....	155
<b>Figure 21.</b> Présentation de l'affiche du projet <i>FeelTheRun</i> à destination des athlètes.....	168
<b>Figure 22.</b> Présentation de la page de couverture du livret entraîneur .....	175
<b>Figure 23.</b> Présentation de la taille des groupes pour l'inscription, l'affectation, le suivi et l'analyse selon les normes CONSORT <sup>422</sup> .....	181
<b>Figure 24.</b> Présentation de l'adhésion au programme <i>FeelTheRun</i> ( <i>i.e.</i> , moyenne $\pm$ SD du nombre de séances de BMM hebdomadaires auto-déclarées par les coureurs tout au long de l'intervention) .....	183
<b>Figure 25.</b> Présentation du niveau de re-concentration à l'effort en fonction du groupe et du temps.....	189
<b>Figure 26.</b> Histogramme représentant le niveau des relations sociales comme manifestation du bien-être en fonction du groupe et du temps .....	190
<b>Figure 27.</b> Présentation du niveau de plaisir comme régulation du bien-être en fonction du groupe et du temps .....	191

<b>Figure 28.</b> Présentation d'un graphique radar du Diagnoform® Actif issu d'un participant de <i>FeelTheRun</i> .....	206
<b>Figure 29.</b> Présentation des liens entre pratique sportive en club, pleine conscience, performance et santé .....	213

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Présentation des 2 grands programmes de pleine conscience à visée thérapeutique .....	70
<b>Tableau 2.</b> Présentation des principaux programmes de pleine conscience chez les sportifs adaptés de Ben Salha et Fournier <sup>22</sup> .....	76
<b>Tableau 3.</b> Présentation des caractéristiques socio-démographiques et licence en club sportif en fonction de l'âge et du sexe (Diagnoform® Kid).....	98
<b>Tableau 4.</b> Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Kid en fonction de l'âge et du sexe .....	100
<b>Tableau 5.</b> Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Kid en fonction de la classification des sports chez les enfants licenciés en club .....	102
<b>Tableau 6.</b> Présentation de la prévalence des différentes classes d'indice de masse corporelle en fonction de la pratique sportive en club des enfants .....	102
<b>Tableau 7.</b> Présentation des caractéristiques socio-démographiques et licence sportive en fonction de l'âge et du sexe (Diagnoform® Tonic).....	108
<b>Tableau 8.</b> Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction de la classe d'indice de masse corporelle.....	110
<b>Tableau 9.</b> Présentation de la prévalence dans les différentes classes d'indice de masse corporelle en fonction des sports pratiqués chez les adolescents et les jeunes adultes .....	110
<b>Tableau 10.</b> Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction de l'adhésion à une licence sportive.....	111
<b>Tableau 11.</b> Présentation des performances réalisées sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction du sport pratiqué chez les filles et garçons .....	113
<b>Tableau 12.</b> Présentation des résultats des tests <i>post-hoc</i> en fonction de la pratique sportive en club sur les affects négatifs des adolescents .....	131
<b>Tableau 13.</b> Présentation des résultats des tests <i>post-hoc</i> en fonction de la pratique sportive en club sur les affects positifs des adolescents .....	134
<b>Tableau 14.</b> Présentation des caractéristiques des études incluses dans la revue systématique .....	151
<b>Tableau 15.</b> Présentation de la qualité de l'évidence des études incluses selon la méthode GRADE <sup>363</sup> .....	158
<b>Tableau 16.</b> Présentation du contenu des 8 semaines du programme <i>FeelTheRun</i> .....	171
<b>Tableau 17.</b> Présentation du contenu du programme d'entraînement de course à pied .....	174
<b>Tableau 18.</b> Présentation des caractéristiques socio-démographiques et anthropométriques de la population.....	182
<b>Tableau 19.</b> Présentation des résultats des médiateurs physiologiques de la performance et de la santé physique en fonction du groupe et du temps .....	185
<b>Tableau 20.</b> Présentation des résultats des habiletés de la pleine conscience, des manifestations et des outils de régulation du bien-être en fonction du groupe et du temps .....	188

## LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

- **Articles scientifiques publiés**

- **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. The journal of sports medicine and physical fitness.* 2022. 62 : 18271928.
- **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and health determinants in adolescents and young adults. Frontiers in sports and active living.* 2022. 4 : 918716.
- **Barbry A**, Carton A, Coquart J, Ovigneur H, Amoura C, Nuytens W, Orosz G. *Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. Frontiers in psychology.* 2021. 12 : 735189.
- Carton A, **Barbry A**, Coquart J, Ovigneur H, Amoura C, Orosz G. *Sport-related affective benefits for teenagers are getting greater as they approach adulthood: a large-scale French investigation. Frontiers in psychology.* 2021. 12 : 16641078.

- **Articles scientifiques soumis**

- **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial. Soumis dans Sport, exercise, and performance psychology.* 2023.

- **Barbry A**, Gal E, Carton A, Coquart J. *Effect of brief mindfulness meditation interventions on heart rate variability in adults: a systematic review*. En cours d'examen dans *Applied psychophysiology and biofeedback*. 2023.
- **Barbry A**, Lerebourg L, Racil G, Jlid MC, Coquart JB. *Prediction of the 3000-m steeplechase performance using a simple equation*. Soumis dans *PLoS One*. 2023.
- **Articles scientifiques à soumettre**
  - **Barbry A**, Bernier M, Coquart J, Daubresse A, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention with high intensity training increase mindfulness skills and well-being in runners? A randomised controlled trial*. A soumettre.
- **Communications internationales avec actes**
  - **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention program increase physical performance and health in runners? A randomized controlled trial*. 20ème congrès international de l'ACAPS. 31 octobre au 2 novembre 2023. Reims, France.
  - Carton A, **Barbry A**, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention with high intensity physical activity increase psychological skills and well-being in runners? A randomized controlled trial*. 20ème congrès international de l'ACAPS. 31 octobre au 2 novembre 2023. Reims, France.
  - **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Effect of an 8-week of brief mindfulness meditation combined with a running program on the performance and health of trained runners*. 28<sup>th</sup> annual congress of the european college of sport science. 4-7 juillet 2023. Paris, France.

- Carton A, **Barbry A**, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Effects of an 8-week of brief mindfulness meditation combined with a running program on mindfulness skills and well-being of trained runners. 28<sup>th</sup> annual congress of the european college of sport science. 4-7 juillet 2023. Paris, France.*
- **Barbry A**, Carton A, Coquart J, Ovigneur H, Amoura C, Nuytens W, Orosz G. *Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. XVI. International conference on sport psychology, sport, child and adolescent development. 23-24 juin 2022. Vienne, Autriche.*
- **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. 19<sup>ème</sup> congrès international de l'ACAPS. 27-29 octobre 2021. Montpellier, France.*
- Carton A, **Barbry A**, Ovigneur H, Coquart J. *Influences of sports club participation on physical fitness and body mass index in adolescents. 19<sup>ème</sup> congrès international de l'ACAPS. 27-29 octobre 2021. Montpellier, France.*
- **Barbry A**, Carton A, Passavant E. *Un programme mixte activité physique et relaxation a-t-il des effets sur les manifestations et les outils de régulation du bien-être ? Journée d'étude de la psychologie du sport et de la performance. 9-11 juin 2021. Brest, France.*
- **Barbry A**, Ovigneur H. *Faire bouger les citoyens : les chemins de la forme<sup>®</sup>, un parcours alliant activité physique, culture et bien-être. Association pour la recherche sur l'intervention en sport. 25-28 février 2020. Liège, Belgique.*

- **Communications sans actes**

- **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. Effet de la pratique sportive en club sur la condition physique et la corpulence auprès de 15000 enfants Français. Séminaire recherche du CETAPS. 15 avril 2021. Mont Saint-Aignan, France.
- **Barbry A**, Fredonnet E, Delrue J, Brand A, Coquart J, Richard S, Pierret J, Davinroy A, Himbert A, Ballestra C, Katuszynski AC, Ovigneur H. Le Diagnoform® Handi : un outil d'évaluation de la condition physique pour les personnes en situation de handicap mêlant recherche et terrain. Rencontres régionales sport-santé. 30 septembre 2022. Arras, France.
- **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and health determinants in adolescents and young adults*. Journée André Verbert. 15 novembre 2022. Lille, France.

# INTRODUCTION GENERALE

*« Ce n'est plus trop tabou de dire que mentalement je ne suis pas bien. A notre époque tu disais j'ai peur... le message il ne passait pas très bien [...] ça (la santé mentale) devrait être mieux gérée [...], c'est un peu plus accepté »*

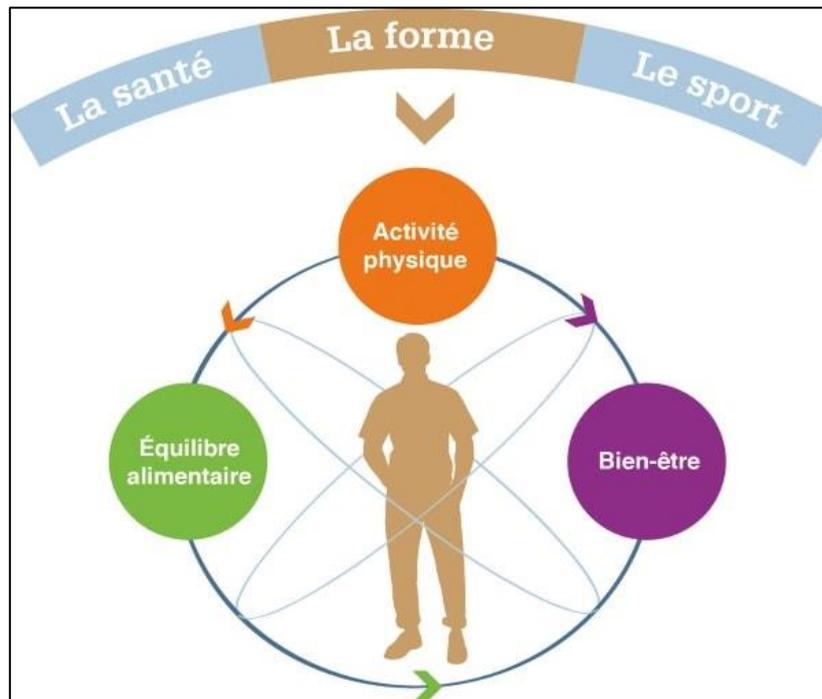
**[Thierry Henry au micro de RMC sport, le 9 octobre 2023]**

Cette récente citation de l'entraîneur de l'équipe de France espoir de football met en évidence la progressive reconnaissance de la santé mentale des sportifs que ce soit dans les médias, dans les pratiques sportives fédérales ou dans la communauté scientifique.<sup>1,2</sup> Toutefois, ceci n'atténue pas l'importance des paramètres physiologiques pour augmenter la performance et la santé des sportifs.<sup>3-5</sup> Pour améliorer les différents médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé, la pratique d'une Activité Physique (AP) régulière notamment dans un club sportif serait une solution pertinente.<sup>6-9</sup> Néanmoins, l'influence des différentes pratiques sportives en club (*e.g.*, athlétisme, danse, football ou natation) sur certains médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé restent encore à définir. Bien que l'AP s'associe à de nombreux bénéfices sur la performance et la santé, les sportifs sont également confrontés à de nombreuses sollicitations (*e.g.*, les entraînements, les compétitions, les techniques de récupération ou encore la vie professionnelle et personnelle) pouvant exercer une certaine influence sur leur santé mentale (*e.g.*, anxiété ou stress).<sup>1,10</sup> La méta-analyse de Gouttebauge et al.<sup>11</sup> souligne même une prévalence plus élevée de l'anxiété et de la dépression auprès des sportifs élite comparativement à la population générale. Ces problèmes de santé mentale au sein de la communauté sportive se sont particulièrement accrus suite à la crise sanitaire et toucheraient l'ensemble des niveaux de compétitions, des âges et des pratiques sportives en club.<sup>1</sup> Ces éléments mentionnés ci-dessus font ressortir l'importance de mobiliser la dimension « mentale » du sportif au côté de l'approche physiologique à la vue des étroites relations qu'entretiennent ces 2 dimensions avec la santé mais également avec la performance sportive.<sup>1,3,4,12</sup> A titre d'exemple, la récente revue de Rogers et al.<sup>1</sup> a pu mettre en évidence les liens entre certains marqueurs de la santé mentale (*e.g.*, les symptômes dépressifs ou encore le stress perçu par les sportifs) et la performance sportive.<sup>1</sup>

Pour aider les athlètes à faire face aux nombreux défis auxquels ils sont confrontés (*e.g.*, maintenir une intensité d'effort élevée pendant un entraînement) et ainsi améliorer certains médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé, des programmes de Préparation Mentale (PM) ont été développés.<sup>13,14</sup> Ces programmes de PM se divisent historiquement en 2 formes distinctes issus de différentes approches théoriques.<sup>13</sup> En effet, la première méthode de PM est notamment issue des 2 premières vagues des thérapies comportementales et cognitives.<sup>13,14</sup> Cette méthode que les anglophones nomment plus communément les « *psychological skills training* » s'apparente à modifier et à contrôler l'expérience interne vécue par le sportif.<sup>13-15</sup> Nous pouvons mentionner certains outils issus de cette approche comme la relaxation ou encore le dialogue interne.<sup>13,14</sup> Cependant, plus récemment la troisième vague des thérapies cognitives et comportementales a fait son apparition avec une approche commune autour de la pleine conscience et de l'acceptation.<sup>13-15</sup> Cette approche de la pleine conscience se concentre davantage à mieux appréhender les relations qu'entretient l'individu avec son expérience interne plutôt que d'essayer de la modifier ou de la contrôler.<sup>13,14</sup> La pleine conscience a été introduite dans le contexte sportif au travers de programme spécifique adapté aux besoins des athlètes.<sup>14,16-19</sup> Ces programmes de pleine conscience (*i.e.*, abrégé MBI de l'Anglais « *Mindfulness-Based Intervention* ») engendreraient des bénéfices sur des médiateurs psychologiques de la performance et de la santé avec néanmoins certaines nuances que nous évoquerons ultérieurement dans ce travail.<sup>18-20</sup> Cependant, de plus amples investigations mériteraient d'être menés pour tester les effets de ces MBI sur des marqueurs physiologiques de la performance et de la santé.<sup>21,22</sup>

### *Présentation du dispositif de thèse*

Cette thèse doctorale s'est déroulée dans le cadre de la Convention Industrielle de Formation par la REcherche (CIFRE) n°2020/0331, co-financée par l'Institut des Rencontres de la FOrme (IRFO), *i.e.*, une association nationale loi 1901, reconnue d'intérêt général. C'est sous l'impulsion de divers acteurs du monde du sport (et plus précisément de l'athlétisme) et de la santé que l'IRFO voit le jour en octobre 2010. L'IRFO a pour mission principale de développer des outils et des programmes de prévention santé. Pour mener à bien cette mission, cet institut s'appuie sur 3 thématiques qui s'avèrent être directement reliées à la notion de forme et de santé, *i.e.*, l'AP, le bien-être et l'alimentation (**Figure 1**).<sup>6,23</sup>

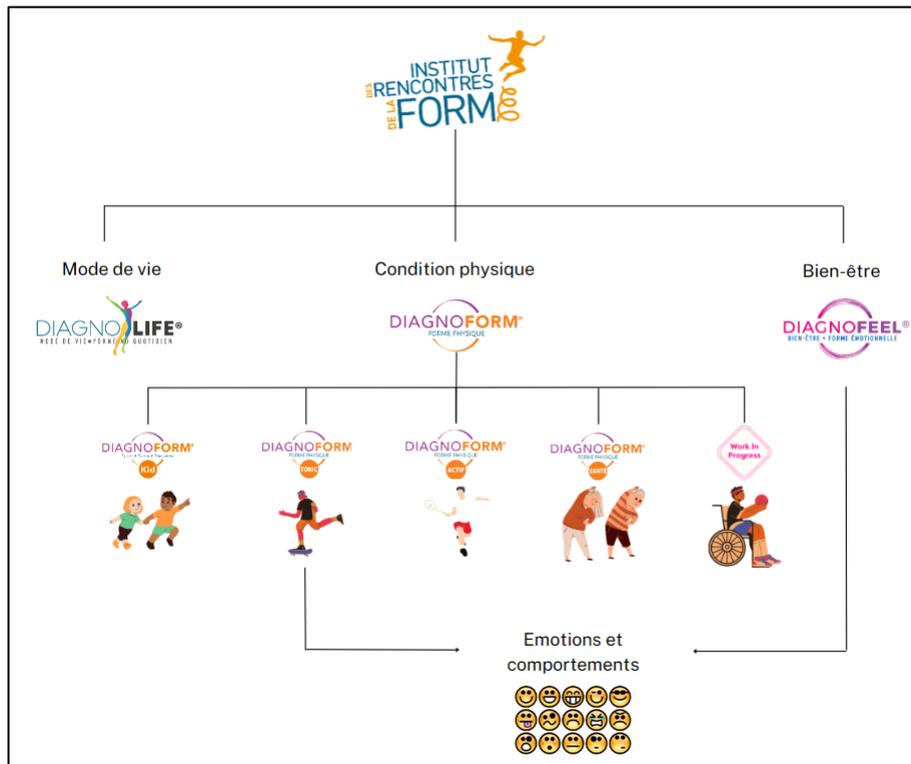


**Figure 1.** Représentation des 3 piliers de la forme selon l'Institut des Rencontres de la Forme

Se situant au carrefour du sport et de la santé (**Figure 1**), l'IRFO a pour finalité première d'accompagner la population vers un mode de vie plus actif pour améliorer la santé de ces derniers. Pour atteindre cet objectif ambitieux, l'IRFO s'est fixé 3 principales missions.

En partant d'une démarche scientifique (*e.g.*, réalisation d'une revue de la littérature ou passation d'entretiens semi-directifs),<sup>24,25</sup> la première mission de l'IRFO se réfère au développement d'outils d'évaluation de terrain mesurant certains des médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé, *e.g.*, la Condition Physique (CP) ou encore le bien-être (**Figure 2**).<sup>25-28</sup>

Leur outil phare, qui a déjà fait l'objet de près de 200000 passations, s'intitule le Diagnoform®. Il permet d'évaluer de manière ludique et fiable le niveau de CP de la population.<sup>26</sup> Le Diagnoform® dispose de 5 versions différentes qui s'adaptent à l'âge et aux capacités fonctionnelles des participants (**Figure 2**).<sup>29</sup> Les autres outils de l'IRFO présentés au sein de la **Figure 2** s'attachent davantage à l'évaluation des médiateurs psychologiques de la santé (*e.g.*, le bien-être affectif ou les manifestations et les outils de régulation du bien-être au quotidien).<sup>25,30,31</sup>



**Figure 2.** Présentation de certains outils d'évaluation de l'Institut des Rencontres de la Forme

L'IRFO fait vivre ses différents outils d'évaluation autour d'une activité événementielle s'intitulant les Rencontres de la Forme®. Celle-ci s'accompagne très généralement d'une offre adaptée aux besoins des participants. Par exemple, à la suite du questionnaire Diagnofeel® (évaluant les manifestations et les outils de régulation du bien-être),<sup>25</sup> des ateliers de pleine conscience, de sophrologie ou encore de cohérence cardiaque sont très généralement proposés par les membres du pôle bien-être de l'IRFO essentiellement constitués de médecins ou de chercheurs en psychologie.

La seconde mission de l'IRFO s'attarde sur la conception de programmes d'accompagnement adaptés aux besoins d'une structure (*e.g.*, une école, une ville ou encore une entreprise). Prenons l'exemple d'une classe venant d'effectuer les 5 tests inclus dans la batterie du Diagnoform® Kid qui s'adresse aux enfants âgés de 5 à 10 ans.<sup>29,32,33</sup> Faisant suite à cette évaluation, le profil statistique de la classe fait ressortir une faiblesse (comparativement à la moyenne nationale) dans une composante précise de la CP (*e.g.*, l'endurance cardiorespiratoire).<sup>34</sup> Pour remédier à cette faiblesse, une réflexion commune peut être mise en place avec le professeur des écoles, un professionnel de l'Education Physique et Sportive (EPS) (*e.g.*, éducateur territorial des AP et sportives ou un conseiller pédagogique en EPS) et un

membre de l'IRFO pour proposer un cycle annuel d'EPS favorisant le développement du niveau d'endurance cardiorespiratoire des élèves. Dans cet exemple précis, le Diagnoform® est utilisé dans une démarche d'évaluation diagnostique en début d'année scolaire afin de mieux connaître l'état de certaines ressources des élèves. L'intérêt et la manière d'utiliser le Diagnoform® pour les divers professionnels de l'AP (*e.g.*, les enseignants d'EPS, d'AP adaptée ou encore les entraîneurs) et de la santé ont récemment fait l'objet d'un article de vulgarisation au sein de la revue EPS.<sup>29</sup>

Par l'utilisation de leur base de données unique en France, la troisième et dernière mission que s'est fixée l'IRFO est d'effectuer une vision prospective pour mieux appréhender la prévention santé. Cette mission s'intitulant [l'observatoire de la forme®](#) va dans le sens des recommandations de Francisco Ortega et de son équipe,<sup>27</sup> qui soulignent la nécessité d'inclure des tests de CP pour mieux comprendre et surveiller l'état de santé de la population, en particulier durant l'enfance et l'adolescence. Suite aux mondiaux d'athlétisme de Budapest (où la France termine à une modeste 27<sup>ème</sup> place), cette recommandation a très récemment été relayée, par l'ancien double champion du monde du 400m haies (Stéphane Diagana, aujourd'hui acteur du sport-santé Français) qui explicite le besoin d'effectuer dans notre système Français davantage d'évaluation de la CP chez les jeunes dans une optique de détection de futurs talents mais également dans une logique de prévention santé.<sup>35</sup> Cette mission que souhaite mener à bien l'IRFO, visant à traiter les nombreuses données de leur [observatoire de la forme®](#), n'avait jusqu'alors que très peu été déployée par l'association. La première partie de cette thèse doctorale visait en partie à répondre à cette vision prospective que s'est fixée l'IRFO pour proposer des actions de terrain directement en lien avec ce que fait ressortir ce même observatoire. Cette thèse CIFRE a favorisé le déploiement du pôle recherche de la structure par la mise en avant sur le plan scientifique de leur [observatoire de la forme®](#).<sup>30-</sup>  
<sup>32,36</sup> Ce projet de recherche a également permis à l'IRFO de se rapprocher scientifiquement de l'Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport, Santé et Société (URePSSS) qui est le laboratoire auquel je suis affilié depuis ma deuxième année de thèse. En effet, lors de ma première année, j'appartenais (tout comme mon directeur de thèse, le Professeur Jérémy Coquart) au centre d'études des transformations des AP et sportives au sein de l'université de Rouen. Cependant, à la vue de la mutation de celui-ci au sein de l'URePSSS, nous avons fait le choix de faire une demande de rattachement à l'université de Lille pour rejoindre l'URePSSS qui est plus proche

géographiquement de l'IRFO. Cette recherche scientifique s'appuie donc sur 3 entités que sont : le doctorant, l'IRFO et l'URePSSS (Figure 3).

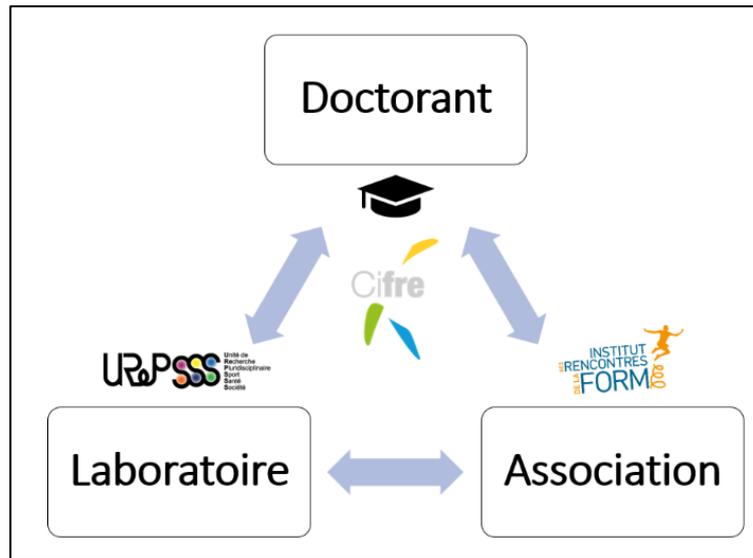


Figure 3. Présentation des 3 entités du dispositif de thèse

Au sein de l'IRFO, j'ai pu participer à la mise en œuvre de certaines actions s'intégrant dans mon dispositif de thèse. A titre d'illustration, j'ai pu mettre en place, avec d'autres membres de l'association, certaines Rencontres de la Forme® auprès de divers publics (*i.e.*, des enfants, des adolescents, des étudiants, des adultes, des personnes âgées et même des athlètes de haut niveau en handisport). Ces différentes actions menées sur le terrain ont également permis de nourrir scientifiquement l'[observatoire de la forme](#)®. En plus de ces missions « terrains », des missions de recherches ont également pu m'être confiées par la structure. Par exemple, en étroite collaboration avec l'URePSSS, une batterie d'évaluation de la CP pour les personnes en situation de handicap est en cours de développement (Figure 2).<sup>24</sup> Un autre projet de recherche est également en cours avec l'URePSSS et l'université libre de Bruxelles (un comité d'éthique a récemment été soumis) dédié à l'évaluation de la CP chez l'enfant. Une partie du volet formation de l'IRFO a également pu m'être confiée. A ce titre, j'ai pu coordonner et animer des formations en lien avec la promotion de l'AP, la CP ou encore le sport-santé auprès de publics divers et variés : des jeunes services civiques, des éducateurs sportifs, des enseignants d'EPS ou encore des entraîneurs d'athlétisme.

Cette thèse a été dirigée par le Professeur Jérémie Coquart et co-encadrée par la maîtresse de conférences Annie Carton qui sont tous les 2 membres de l'URePSSS. Jérémie Coquart appartient à l'axe AP muscle et santé de l'URePSSS situé à l'université de Lille tandis qu'Annie Carton s'intègre dans l'axe sciences humaines et sociales de l'URePSSS : sociologie, histoire, éducation, représentations, pratiques et activités sportives se situant à l'université d'Artois. Les affiliations des dirigeants de ce travail de recherche soulignent le caractère pluridisciplinaire propre aux Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives (STAPS) que j'ai souhaité mobiliser durant ces 3 années. En effet, ce travail doctoral navigue entre 2 champs théoriques des STAPS : la physiologie de l'exercice et la psychologie du sport.

### *Objectif et plan de thèse*

Comme explicité précédemment, l'IRFO a pour vocation de tendre à améliorer l'état de santé de la population en proposant notamment des évaluations des différents médiateurs physiologiques et psychologiques l'influencent. C'est à travers mon stage de Master 2 à l'IRFO que j'ai pu mieux appréhender le concept de santé et l'intérêt de s'y intéresser dans le contexte sportif. Mon parcours universitaire réalisé au sein du *Missouri Valley college* et de l'université Picardie Jules Verne m'a également permis de me spécialiser dans le domaine de la performance sportive notamment par la réalisation d'un master STAPS en entraînement et optimisation de la performance sportive. C'est mon ancienne pratique d'athlète de haut-niveau en demi-fond qui m'a amené à m'intéresser à la pleine conscience. En effet, comme la plupart des athlètes de demi-fond, j'étais souvent « obsédé » par les chronos en regardant ma montre tous les 200m pour vérifier que j'étais bien sur une allure précise sans forcément prendre en considération mes propres sensations internes. C'est bien après l'arrêt de ma pratique que j'ai pris conscience de l'intérêt d'être à l'écoute de soi pour optimiser sa performance et sa santé. En effet, bien que les différents *metrics* disposent d'une utilité certaine pour les athlètes, il n'en demeure pas moins essentiel, à mon sens, d'avoir une écoute attentive à ses diverses sensations internes. En partant de cette démarche expérientielle mêlant à la fois ma vie professionnelle, universitaire et sportive, j'ai souhaité m'engager dans une thèse pour mieux comprendre la performance, la santé et comment la pleine conscience pouvait les influencer. Par conséquent, l'objectif général de cette thèse doctorale est de mieux appréhender les relations qu'entretient la pratique sportive en club avec des médiateurs physiologiques et

psychologiques de la performance et de la santé, et d'étudier la place que peut occuper la pleine conscience dans cette relation. Pour atteindre cet objectif, nous sommes passés par différentes étapes (Figure 4).

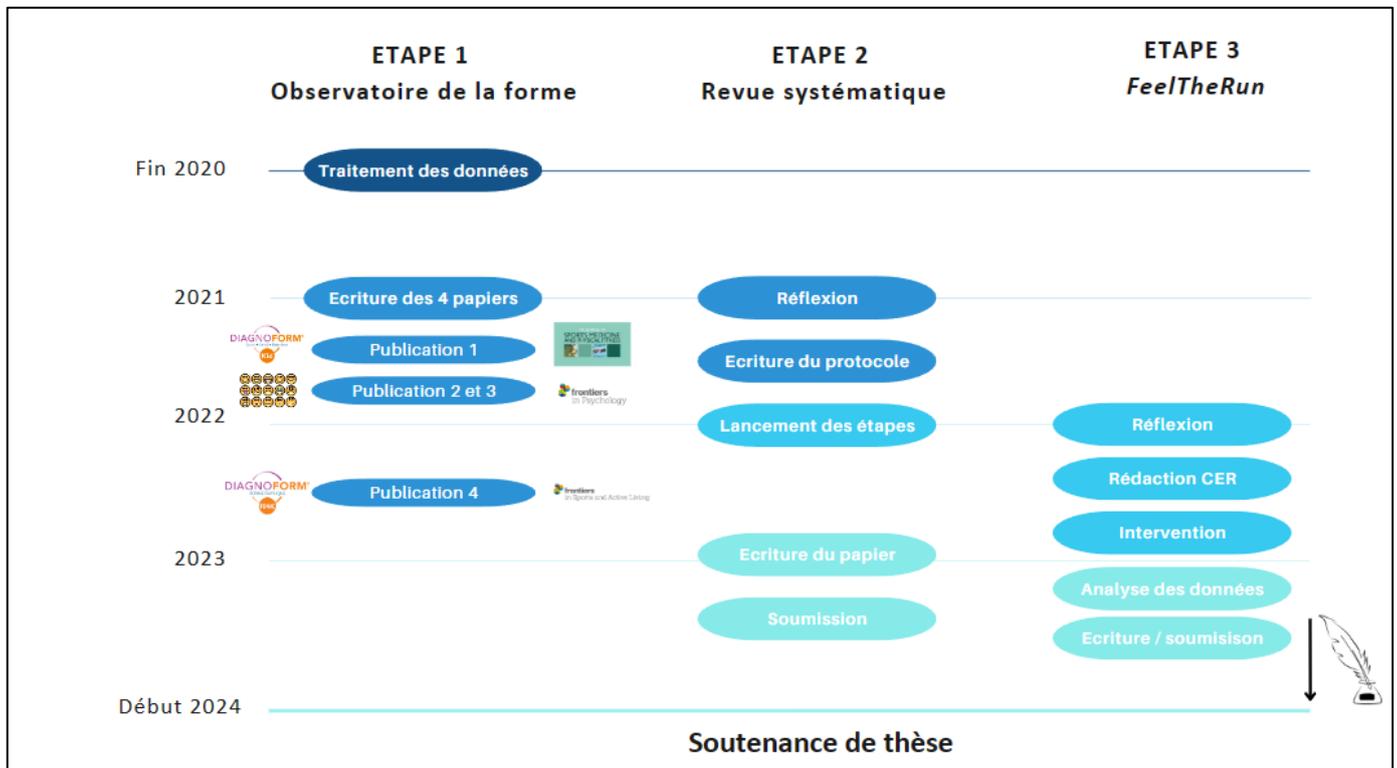


Figure 4. Présentation des 3 étapes de la thèse

La première étape consistait (en nous appuyant sur les nombreuses données de l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup>) à observer les relations entre une pratique sportive en club et certains médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé. La seconde étape de cette thèse avait pour objectif, autour d'une revue systématique de la littérature, d'évaluer les effets des temps brefs de pleine conscience (*i.e.*, BMM pour « *Brief Mindfulness Meditation* ») sur un biomarqueur psychophysique de la santé largement utilisé dans le contexte sportif : la Variabilité de la Fréquence Cardiaque (VFC).<sup>37</sup> Pour finir, la dernière étape de ce projet de recherche visait à tester les effets combinés des BMM associés à un entraînement de course à pied à haute intensité sur différents médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé des athlètes.

Le plan de ce travail doctoral a été réalisé de la manière suivante :

- Une première partie théorique visant à délimiter les axes de travail de cette thèse divisée en 3 chapitres distincts. Le chapitre I s'attèle à définir la performance sportive et à présenter les différents médiateurs physiologiques et psychologiques l'influençant. Le chapitre II, a quant à lui, pour vocation de déterminer la santé en s'attardant sur ses différents marqueurs physiologiques et psychologiques. Pour finir, le chapitre III est dédié à la pleine conscience ainsi qu'à ses effets sur la performance et la santé des sportifs.
- La deuxième partie de cette thèse se compose également de 3 chapitres. Elle a pour vocation d'exposer, de manière chronologique, les résultats des différentes recherches réalisées dans le cadre de ce projet en reprenant les 3 étapes présentées au sein de la **Figure 4**. Le premier chapitre de ce cadre expérimental est complètement dédié à l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup> et a pour finalité d'observer les relations entre la pratique sportive en club, la performance et la santé physique comme mentale. Le second chapitre de cette partie s'intéresse aux effets de la pleine conscience sur les différentes méthodes de mesure de la VFC. Enfin, le dernier chapitre de cette thèse doctorale vise à tester les effets combinés d'un programme de pleine conscience associé à un entraînement en course à pied sur différents médiateurs physiologiques et psychologiques agissant sur la performance et la santé du sportif.
- Pour finir, la dernière partie de cette thèse a pour finalité de discuter plus globalement des apports des différentes études qui ont permis de répondre à l'objectif initial de ce projet doctoral. A travers cette discussion, nous explorerons également les limites de ce projet de recherche avant d'évoquer les futures perspectives de travail.

## PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE

La première partie de ce manuscrit a pour aspiration de délimiter le périmètre théorique de ce travail doctoral. A travers ce cadre théorique, nous définirons de manière contemporaine la notion de performance sportive avant de présenter certains des médiateurs physiologiques et psychologiques l'influençant (chapitre I). La seconde partie de ce cadre théorique a, quant à elle, pour vocation de s'intéresser à la santé du sportif (chapitre II). Comme dans le chapitre I, nous évoquerons la définition contemporaine de l'approche, avant de souligner l'intérêt d'être concerné par la santé du sportif. Enfin, certains médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la santé physique et mentale du sportif seront présentés. Pour finaliser ce cadre théorique, le concept de pleine conscience sera mobilisé. Après s'être intéressé à la définition de l'approche, les effets de la méditation de pleine conscience sur la performance et la santé du sportif seront évoqués.

## CHAPITRE I. LES MEDIEATEURS DE LA PERFORMANCE CHEZ LE SPORTIF

Sur le plan historique, le concept de performance puise ses origines à travers le terme anglophone *performer* (1839) se référant à l'accomplissement et à l'exécution.<sup>38</sup>

Pendant bon nombre d'années, les notions de victoire, de prouesse ou encore de supériorité face aux adversaires ont longtemps été utilisées pour définir la performance sportive.<sup>39</sup> Plus récemment, une approche plus individualisée de la performance sportive a été introduite.<sup>38</sup> Selon cette approche, la performance sportive est définie comme une « *action motrice [...] exprimant les possibilités physiques et mentales d'une personne [...] On peut parler de performance, quel que soit le niveau de réalisation, dès l'instant où l'action optimise le rapport entre les capacités physiques d'une personne et une tâche sportive à accomplir* ». <sup>38,39</sup> Cette définition proposée par la Professeure Véronique Billat souligne que la performance sportive s'intéresse aux différentes capacités individuelles d'une personne en s'élargissant au-delà de la sphère de l'athlète de haut niveau.<sup>39</sup> A ce titre et en s'appuyant sur cette même définition, il est tout à fait possible qu'une personne sédentaire et déconditionnée physiquement réalise une performance sportive tant que les différentes capacités physiques et mentales de l'individu sont mobilisées pour optimiser la tâche sportive.

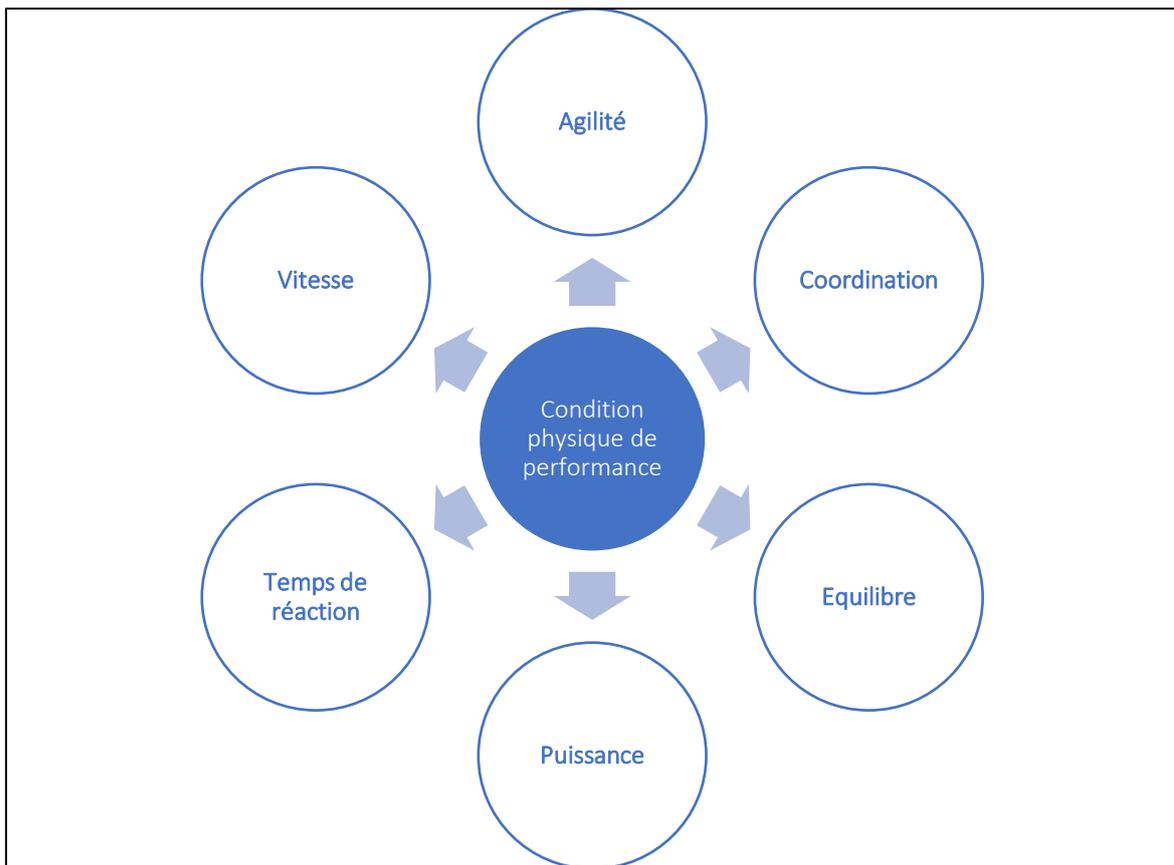
Parmi ces différentes capacités, de nombreux auteurs reconnaissent le caractère multidimensionnelle de la performance.<sup>4,21,38,40</sup> Dans ce travail doctoral, nous avons fait le choix de traiter 2 de ces dimensions : la dimension physiologique et la dimension psychologique. En effet, il n'est aujourd'hui plus à démontrer qu'une performance sportive optimale dépend (entre autre) des diverses capacités physiques mais également des habiletés psychologiques dont dispose l'individu.<sup>21,38,40</sup>

Par conséquent, l'objectif de ce premier chapitre du cadre théorique est de présenter de manière non-exhaustive, différents médiateurs physiologiques et psychologiques impactant la performance sportive.<sup>14,34</sup> Pour cela, nous nous appuyerons sur 2 modèles théoriques de la performance. Dans un premier lieu, en intégrant le modèle promulgué par l'*American College of Sports Medicine* (ACSM),<sup>34</sup> nous décrivons les composantes de la CP influençant la performance sportive. En effet, selon l'ACSM, la CP se divise en 2 : une CP de performance et une CP de santé. Dans le cadre de ce premier chapitre, nous ne présenterons que les composantes de la CP de performance.<sup>34</sup> En revanche, dans le chapitre II de ce même cadre théorique, nous détaillerons les différentes composantes de la CP de santé.<sup>34</sup>

La seconde partie de ce premier chapitre a quant à elle pour vocation de présenter et de discuter des 3 habiletés psychologiques, qui selon le modèle de Gardner et Moore, favoriseraient l'optimisation de la performance sportive.<sup>14,41</sup>

### 1. Les différentes composantes de la condition physique liées à la performance

La CP et ses différentes composantes (plus généralement connue sous le nom de « capacité physique » ou de « qualité physique ») représentent des médiateurs essentiels de la performance sportive.<sup>34,42</sup> Cette CP peut être définie comme un ensemble d'attributs ou de caractéristiques physiques dont les individus disposent ou qu'ils développent afin d'effectuer des AP et sportives ou des AP de la vie quotidienne.<sup>34,43</sup> Ces attributs ou ces caractéristiques également appelés composantes de la CP sont empiriquement divisés en 2 types de CP.<sup>34,42</sup> On distingue : *a*) les composantes de la CP de santé que nous détaillerons ultérieurement (voir page 49), et, *b*) les composantes de la CP liées à l'habileté qui se rapportent davantage à la performance sportive.<sup>34,42,43</sup> Cependant, une performance sportive optimale dépendrait également des diverses composantes de la CP de santé (*e.g.*, il est largement reconnu qu'une performance sportive dans les sports de longue durée dépend entre autre de la capacité d'endurance du sportif qui se réfère à l'endurance cardiorespiratoire, *i.e.*, une composante de la CP de santé).<sup>34,44</sup> La CP de performance est elle-même constituée de 6 composantes (*i.e.*, l'agilité, la coordination, l'équilibre, la puissance, le temps de réaction et la vitesse, **Figure 5**),<sup>34,42</sup> que nous allons détailler à travers cette partie.



**Figure 5.** Présentation des différentes composantes de la condition physique liées à l'habileté et à la performance selon le modèle de l'*american college of sports medicine*<sup>34</sup>

#### a. L'agilité

L'agilité est un déterminant physique de la performance sportive disposant d'une multitude de définitions.<sup>45,46</sup> Cependant, un certain consensus entre ces différentes définitions a pu être observé dans la littérature. En effet, les différents auteurs s'accordent pour mentionner le changement de direction comme un facteur essentiel de l'agilité.<sup>34,42,46-51</sup> En ce sens, la majeure partie des tests évaluant l'agilité (*e.g.*, *hexagon agility test*, *balsom agility test*, *star agility test* ou *t-test*)<sup>50,52</sup> nécessite de changer de direction. Ces différents tests doivent également être réalisés le plus rapidement possible. Par conséquent, les auteurs s'accordent également sur la notion de rapidité et de précision dans ce même changement de direction.<sup>27,34,49,50</sup> Certains auteurs considèrent même l'agilité comme une capacité physique faisant partie intégrante de la vitesse.<sup>53</sup> D'autres auteurs soulignent également que la capacité d'agilité doit être mobilisée pour répondre à un indice pertinent d'une tâche motrice (*e.g.*, anticipation d'une passe d'un coéquipier ou d'un adversaire).<sup>48</sup> L'ACSM résume habilement l'agilité comme la capacité à changer la position du corps dans l'espace avec rapidité et

précision.<sup>34</sup> Pour conclure sur cette notion, Ortega et al.<sup>27</sup> suggèrent que l'agilité est une combinaison de plusieurs autres composantes de la CP de performance telles que la coordination, l'équilibre, la puissance musculaire mais également la vitesse.

### *b. La coordination*

Parfois confondue avec l'agilité,<sup>54</sup> la coordination est une composante de la CP de performance pouvant se définir comme la capacité à utiliser ses sens (tels que la vue et l'ouïe) et les parties du corps pour effectuer des tâches motrices de manière fluide et précise.<sup>34,42,51</sup> Cette coordination semble être déterminée par des processus de contrôle et de régulation du mouvement par l'intermédiaire du système nerveux et des organes locomoteurs.<sup>55,56</sup> Un niveau élevé de coordination peut permettre aux sportifs de maîtriser certaines tâches motrices qu'elles soient prévues ou imprévues avec une certaine efficacité (*e.g.*, l'anticipation d'une trajectoire de balle pour un gardien de foot ou la réception d'un service au tennis).<sup>54,56</sup> Cette efficacité dans l'exécution du mouvement pourrait s'expliquer par le fait qu'une bonne coordination permettrait aux sportifs de prendre rapidement l'information qui découle de l'appareil vestibulaire.<sup>54</sup> En ce sens, les tests de coordination (*e.g.*, le *wall-toss test* ou l'*eye-hand coordination test*)<sup>55,57</sup> visent à perturber l'action motrice du sportif afin qu'ils puissent dans leur pratique prendre l'information de manière plus rapide.<sup>54</sup>

### *c. L'équilibre*

Bien qu'historiquement, l'équilibre n'était pas inclus dans les batteries de tests évaluant la CP, il en est une composante fondamentale dans la vie quotidienne permettant notamment d'accomplir des tâches motrices en toute sécurité.<sup>34,58</sup> Cependant, un bon niveau d'équilibre semble également s'associer dans le monde du sport à un niveau de performance plus élevé ainsi qu'à une diminution du risque de blessure.<sup>34,59-61</sup> Très généralement, nous distinguons 2 types d'équilibre : un équilibre statique et un équilibre dynamique.<sup>34</sup> L'équilibre statique pourrait se définir comme la capacité à maintenir une base d'appui debout en réalisant le minimum de mouvement.<sup>59</sup> L'équilibre dynamique, quant à lui, peut se traduire comme la capacité d'effectuer une tâche tout en maintenant ou en retrouvant une position stable.<sup>62</sup> D'autres auteurs expliquent également que l'équilibre dynamique est la capacité à maintenir ou à retrouver un état d'équilibre sur une surface instable en réalisant un minimum de

mouvement.<sup>63,64</sup> Certains auteurs ont tâché de prendre en compte l'équilibre statique et l'équilibre dynamique dans leur définition de l'équilibre en tant que composante de la CP. Ainsi, l'équilibre pourrait se définir comme le processus de maintien du centre de gravité du corps à la verticale de la base d'appui que ce soit à l'arrêt ou en mouvement.<sup>34,43,65-67</sup>

Pour évaluer l'équilibre, nous distinguons les méthodes directes et les méthodes indirectes.<sup>34</sup> Les méthodes directes permettent de fournir, à l'aide, de plateformes de force des données sur le centre de gravité.<sup>34</sup> Néanmoins, bien que ces mesures soient objectives, elles sont (comme la plupart des mesures directes) trop coûteuses pour être facilement utilisables sur le terrain.<sup>34</sup> Par conséquent, en alternative, des mesures indirectes de l'équilibre peuvent être proposées.<sup>34</sup> A travers ces mesures indirectes, nous retrouvons des tests d'équilibre statique et des tests d'équilibre dynamique (*e.g.*, le *balance error scoring system* pour l'équilibre statique ou le *Y-balance test* pour l'équilibre dynamique).<sup>34</sup>

#### *d. La puissance musculaire*

La puissance musculaire qui est une propriété du muscle se différenciant de la force musculaire, est un déterminant majeur de la performance dans de nombreuses pratiques sportives (*e.g.*, le saut en longueur en athlétisme ou encore les épreuves de vitesse en natation).<sup>43,68</sup> Cette même puissance musculaire s'associe également à de nombreux indicateurs de santé (*e.g.*, meilleure qualité de vie, meilleure santé osseuse ou encore réduction des risques de maladies chroniques).<sup>34,43</sup> A la vue de ces liens étroits avec la santé, certains auteurs classent même la puissance musculaire comme une composante de la CP de santé.<sup>43</sup> D'un point de vue physique, la puissance peut se définir comme le travail accompli par unité de temps.<sup>69,70</sup> Dans le contexte sportif, la puissance musculaire dépend de 2 autres composantes de la CP que nous détaillerons ultérieurement.<sup>71-73</sup> En effet, cette puissance musculaire semble étroitement liée à la force et à la vitesse,<sup>69</sup> elle est ainsi le produit de ces 2 derniers (force x vitesse).<sup>71,72</sup> La littérature est en accord pour définir la puissance musculaire comme la capacité d'un muscle ou d'un groupe musculaire à générer une force maximale sur un laps de temps court.<sup>69,72,74,75</sup>

Pour évaluer cette puissance musculaire, les tests de détente paraissent les plus utilisés dans la littérature et sont également préconisés par les préparateurs physiques pour suivre la fatigabilité musculaire de leurs athlètes.<sup>32,34,36,76,77</sup> Nous retrouvons notamment les tests de détente verticale comme le *squat jump*, le *counter movement jump* ou encore le *drop jump*.<sup>34,78</sup> Des outils comme les plateformes de force ou encore l'*Optojump*<sup>®</sup> sont des instruments validés

parfois utilisés par les professionnels pour mesurer de manière précise la hauteur du saut vertical.<sup>78</sup> Cependant, Bogataj et al.<sup>78</sup> soulignent que l'utilisation de ces divers outils disposent néanmoins de certaines limites (*i.e.*, leurs prix sont élevés et ce sont des outils encombrants qui nécessitent des compétences informatiques spécifiques). Afin de soulever ces différentes barrières et ainsi répondre aux contraintes des acteurs de terrain, des applications mobiles disposant d'une bonne validité ainsi que d'une bonne reproductibilité ont été développées.<sup>78</sup> Au-delà des tests verticaux, nous retrouvons également les tests de puissance musculaire incluant des mouvements horizontaux qui s'avèrent être également largement utilisés dans la littérature.<sup>26,32,36,76,77,79</sup> Nous pouvons notamment citer de manière non-exhaustive, le test du saut en longueur sans élan (ancienne épreuve olympique, record olympique de la discipline détenu par l'américain Raymond Ewry avec un bond de 3,30m),<sup>32,36,76,77,80</sup> ou encore le test des 5 sauts (*i.e.*, réaliser la plus grande distance possible en 5 sauts en réalisant des foulées bondissantes).<sup>26,79</sup>

#### *e. Le temps de réaction*

Le temps de réaction est également un autre facteur de la performance sportive que ce soit dans les sports individuels ou collectifs.<sup>43,81-85</sup> Si nous prenons l'exemple de l'athlétisme avec les épreuves du sprint (*e.g.*, 100m, 200m, 110m haies ou 100m haies), les écarts entre les meilleurs mondiaux étant infimes (*i.e.*, les médailles se jouent parfois au millième près),<sup>84</sup> un temps de réaction trop long peut éjecter l'athlète en-dehors du podium. Mais un temps de réaction trop faible, *i.e.*, inférieur à 100ms (règle fixée par la *World Athletics* pour détecter un faux départ)<sup>86</sup> engendre une disqualification automatique de l'athlète. Ce fut notamment le cas un soir d'août 2011 lorsque la star jamaïcaine de l'athlétisme mondial, Usain Bolt, réalisa un faux départ laissant échapper sa chance d'obtenir une quatrième couronne intercontinentale. Le temps de réaction chez l'homme est modulé par le système nerveux central qui reconnaît la présence d'un stimulus.<sup>81</sup> Une fois ce stimulus reconnu, les nerfs sensitifs transmettent le message au cerveau qui s'occupe de traiter l'information et d'envoyer par l'intermédiaire de des nerfs moteurs, un signal moteur excitant les muscles de l'athlète engendrant une contraction musculaire.<sup>54,81</sup> Ces éléments physiologiques se déroulent sur une poignée de millisecondes. Ainsi, le temps de réaction peut se définir comme l'intervalle de temps nécessaire entre l'apparition du stimulus et la réponse volontaire et appropriée de l'athlète faisant suite à ce stimulus.<sup>34,42,43,81</sup> Ce même temps de réaction permet également d'évaluer la

capacité du système cognitif à traiter l'information.<sup>87,88</sup> Il existe différents tests permettant de déterminer le temps de réaction d'une personne. Dans la littérature, nous retrouvons des tests sur ordinateur (l'athlète doit utiliser des joysticks pour répondre au stimulus) ou encore l'utilisation d'outils spécifiques comme le *Fitlight Trainer*<sup>®</sup> (FITLIGHT Sports Corp., Ontario, Canada).<sup>89,90</sup> Cependant, ces tests restent à un coût très élevé. D'autres tests moins précis mais nécessitant un coût moindre ont également été développés. C'est notamment le cas du test de la règle<sup>91</sup> que j'ai pu découvrir dans le cadre de mes fonctions à l'IRFO suite à la création d'une batterie d'évaluation de la CP pour des personnes en situation de handicap (Diagnoform<sup>®</sup> Handi Fauteuil).<sup>24</sup>

#### f. La vitesse

La vitesse est un déterminant de performance dans de nombreuses pratiques sportives (*e.g.*, dans les sports collectifs comme le football ou dans les sports individuels comme l'athlétisme).<sup>54,92</sup> La vitesse est une qualité physique qui dépendrait de facteurs bio-informationnels (*e.g.*, traitement de l'information), neuro-musculaires (*e.g.*, activation nerveuse), anthropométriques et biomécaniques.<sup>93</sup> De nombreuses définitions de la vitesse ont été recensées à travers la littérature. En effet, de manière empirique, la vitesse peut se définir comme la capacité d'exécuter un mouvement sur un laps de temps court.<sup>34,42</sup> Ratel<sup>93</sup> la définit comme la « *capacité à parcourir une distance donnée le plus rapidement possible* ». Reiss et al<sup>54</sup> complètent cette définition en expliquant que la vitesse pourrait également s'évaluer à travers la plus grande distance possible réalisée dans un temps donné (*e.g.*, le test de 5s proposé par l'IRFO dans leur Diagnoform<sup>®</sup> Kid, **Figure 2**).<sup>33</sup> La vitesse maximale est la vitesse la plus élevée qu'un athlète peut atteindre.<sup>53,94</sup> L'atteinte de cette vitesse maximale varie fortement en fonction du niveau des participants.<sup>54</sup> Par exemple, les débutants peuvent atteindre leurs vitesses maximales vers 20-30m tandis que des athlètes de très haut-niveau comme Carl Lewis, Ben Johnson ou encore Usain Bolt atteignaient leurs vitesses maximales entre 50m et 70m.<sup>54</sup> Ainsi, il semble nécessaire de prendre en considération le niveau des participants lorsque nous souhaitons évaluer cette composante de la CP de performance. Par exemple, le test de 30m départ arrêté qui a largement été utilisé dans la littérature semble être totalement adapté à un public débutant ou à un public scolaire.<sup>26,27,36</sup> En revanche, pour des athlètes spécialisés dans les courses de sprint, il paraît plus judicieux de proposer des tests d'une longueur plus importante ou de longueurs similaires mais avec une course d'élan permettant à l'athlète

d'atteindre sa vitesse maximale.<sup>53</sup>

A travers le modèle promu par l'ACSM,<sup>34</sup> nous avons pu présenter les 6 composantes physiques, qui d'après ce même modèle, influencent la performance sportive d'un individu. Cependant, comme préalablement présenté dans la définition de la performance sportive promulguée en 2012 par Véronique Billat,<sup>38</sup> la performance sportive fait également appel à une dimension « mentale » d'une personne et paraîtrait dépendre des habiletés psychologiques du sportif.<sup>20</sup>

## 2. Les habiletés psychologiques au service de la performance sportive

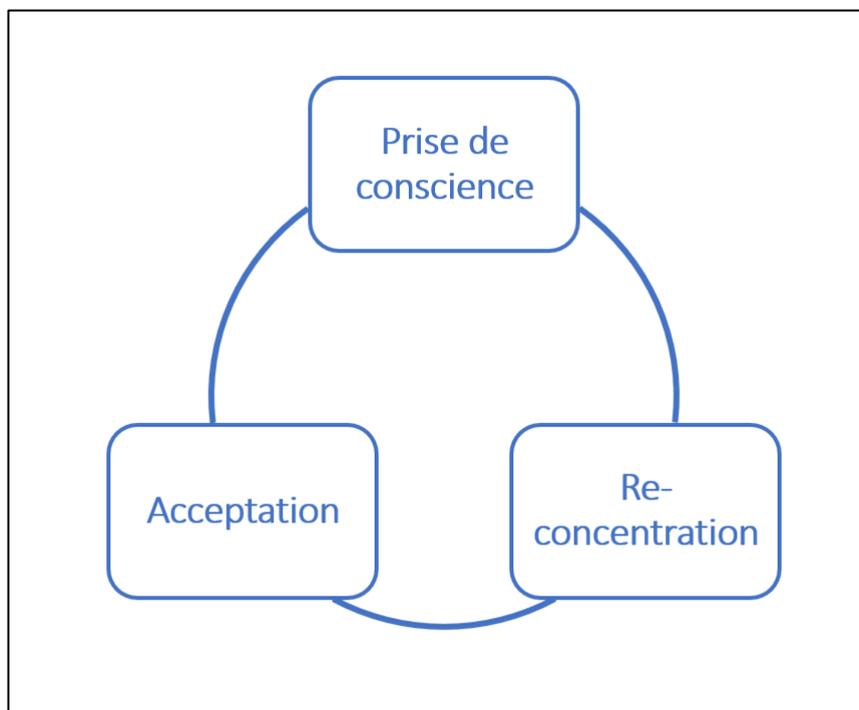
Comme le rappellent Corbally et al.,<sup>21</sup> la fatigue, la douleur, les pensées désagréables font partie intégrante de la performance sportive. Les habiletés psychologiques des athlètes (*i.e.*, capacité des sportifs à appliquer des stratégies psychologiques apprises pour réguler et faciliter la performance sportive)<sup>95</sup> peuvent leur permettre de faire face à aux différentes sensations désagréables. En effet, la littérature a pu montrer que les habiletés psychologiques développées par des techniques spécifiques de PM aideraient les sportifs à gérer ces différentes sensations désagréables.<sup>19,21,96</sup> Parmi les nombreuses techniques de PM dont le but est d'améliorer la performance du sportif, nous retrouvons celles basées sur la notion de « contrôle » et celles fondées sur le principe d'acceptation.<sup>97</sup>

Les techniques basées sur le « contrôle » s'appuient sur l'idée qu'une performance sportive optimale est davantage susceptible de se produire lorsque les athlètes développent la faculté de contrôler et de changer leurs états internes (*e.g.*, leurs pensées, leurs émotions ou encore leurs sensations désagréables).<sup>97</sup> L'objectif de ces techniques à orientation comportementale et cognitive (*e.g.*, le dialogue interne), consiste à contrôler les expériences internes afin de créer un état optimal de préparation à la performance sportive.<sup>97</sup> Cependant, certains auteurs<sup>14,98</sup> rappellent que ces différents efforts cognitifs visant à contrôler et à modifier ces états internes<sup>97</sup> (*e.g.*, remplacer une pensée désagréable par une pensée agréable) engendreraient un effet contre-productif dans la mesure où ils amèneraient une augmentation de la charge cognitive de l'athlète.<sup>14</sup> A la vue de ces effets parfois contre-productifs, ces techniques basées sur le « contrôle » sont parfois qualifiées de « processus ironique de contrôle mental ». <sup>14,99</sup>

En contradiction avec les éléments précédents et sur la base de la théorie de l'acceptation,<sup>100</sup> Frank Gardner et Zella Moore ont développé une autre approche se basant non pas sur la

modification des états internes mais plutôt sur l'acceptation de ces mêmes états dans une attitude de non-jugement.<sup>14</sup> Les auteurs évoquent même la nécessité de rester au contact de ces différentes expériences internes.<sup>14</sup> Selon leur modèle, une plus grande conscience du moment présent, s'associant à une attitude de non-jugement favoriserait l'auto-régulation de l'attention chez le sportif.<sup>14</sup> Ce processus permettrait aux athlètes de reconnaître et d'accepter la présence de stimuli internes (*e.g.*, des sensations corporelles désagréables ou des réactions émotionnelles) comme externes (*e.g.*, les adversaires ou le public), sans se mettre dans l'évitement mais plutôt en réorientant l'attention vers des indicateurs pertinents pour le bon déroulement de la tâche sportive à accomplir.<sup>14,41</sup> Ainsi et comme le rappellent habilement Emilie Thienot et son équipe,<sup>41</sup> Gardner et Moore ont défini 3 habiletés psychologiques dans leur modèle (**Figure 6**) : *a*) la prise de conscience (ou la lucidité)<sup>22</sup> des pensées, des émotions et des sensations corporelles vécues dans le moment présent, *b*) l'acceptation, qui représente une attitude d'accueil et de non-jugement à l'égard des pensées, des émotions et des sensations corporelles vécues, et *c*) la recentration de l'attention (re-concentration) vers des indices pertinents pour atteindre l'objectif fixé.

Le paragraphe suivant aura pour objectif d'approfondir chacune de ces 3 compétences plus communément appelées : habiletés de la pleine conscience.



**Figure 6.** Présentation des habiletés de la pleine conscience

*a. La prise de conscience du moment présent*

La prise de conscience du moment présent est une des habiletés psychologiques s'intégrant dans le modèle développé par Gardner et Moore (**Figure 6**).<sup>41</sup> Celle-ci fait appel aux différents sens vécus dans l'expérience sportive (*e.g.*, physiques et/ou kinesthésiques) mais également à l'activité de notre esprit, pour observer de manière consciente les différents stimuli internes.<sup>101</sup> Autrement dit, selon Thienot et al.,<sup>41</sup> la prise de conscience est la capacité qu'a un individu de remarquer et d'observer son expérience interne (*e.g.*, ses pensées, ses émotions ou encore ses sensations corporelles) au moment où celle-ci est vécue (*i.e.*, dans le moment présent).<sup>41</sup> Cette prise de conscience du moment présent représente notre contact direct avec la réalité de l'instant.<sup>101</sup>

Comme le rappellent certains auteurs,<sup>96</sup> la prise de conscience du moment présent dans l'action (*i.e.*, être capable d'observer ses expériences internes comme externes pendant une pratique sportive) est une habileté essentielle au service de la performance sportive. En effet, elle permettrait aux athlètes de saisir et d'extraire plus facilement des informations sur leur environnement externe mais également sur eux-mêmes. Afin d'illustrer ces propos, nous pouvons prendre l'exemple d'un coureur à pied engagé dans un marathon. Si le coureur est à l'écoute de ses propres sensations internes (*e.g.*, essoufflement ou douleur musculaire) pendant son marathon, il pourra très certainement plus facilement réguler son allure de course en fonction de ses propres ressentis. Dans le cas contraire si ce même athlète ne reste que focalisé sur une allure à tenir (*e.g.*, maintenir 4'00/km), il pourrait avoir tendance à maintenir l'allure sans être à l'écoute de ses sensations internes et/ou de l'environnement extérieur (*e.g.*, la météo ou les adversaires). Le fait de refuser de prendre en considération ses propres signaux internes peut le conduire à une contre-performance.

Si je devais faire le lien avec ce que j'ai pu observer pendant cette thèse, je trouve que cette prise de conscience du moment présent mérite d'être (ré)éduquée aux athlètes de demi-fond et de fond. En effet, à ce jour la quasi-totalité des athlètes dispose d'une multitude d'outils connectés (*e.g.*, montres ou capteurs). De plus, ces coureurs à pied enregistrent leurs données d'entraînements issues de ces mêmes outils connectés sur des réseaux sociaux dédiés à leurs pratiques (*e.g.*, Strava®).<sup>4,102-104</sup> Bien que je ne remette pas en cause l'utilité de ces différents outils pour l'athlète (*e.g.*, obtention de données sur la réponse physiologique à l'entraînement, accroissement de la motivation du sportif ou encore prédiction de la performance),<sup>4,102,104</sup> ces dispositifs disposent néanmoins de certaines limites.<sup>4</sup> A titre d'exemple, ces différents outils

peuvent pousser les athlètes à être en constante comparaison avec eux-mêmes (*e.g.*, comparer ses entraînements antérieurs) ou avec ce que réalisent leurs compères à l'entraînement. Dans le même sens, certains auteurs soulignent même que l'utilisation de Strava® pourrait engendrer une augmentation de la pression sociale chez l'athlète.<sup>102</sup> Ces comparaisons peuvent amener les athlètes à tenir un kilométrage hebdomadaire (trop) élevé ou à essayer de tenir des allures de course (trop) importantes par rapport aux différentes ressources dont ils disposent. Ces outils connectés deviennent ainsi les rapporteurs uniques de la performance pouvant éloigner l'athlète de ses sensations internes. En revanche, les sensations ressenties par l'athlète et les données recueillies issues des outils connectés peuvent être à appréhender en complémentarité.<sup>4</sup> Par exemple, il pourrait être utile d'observer si le ressenti de l'athlète est bien en adéquation avec les réponses physiologiques (*e.g.*, fréquence cardiaque ou respiratoire) recherchées par la thématique de la séance.

#### *b. L'acceptation*

Dans le modèle de Gardner et Moore, l'acceptation est un concept central.<sup>14</sup> Les auteurs mettent en évidence l'intérêt d'accepter les états internes quels qu'ils soient puisqu'ils font partie intégrante de l'expérience du moment présent.<sup>14</sup> Gardner et Moore soulignent également la nécessité de rester au contact des expériences internes (plutôt que d'essayer de les fuir).<sup>14</sup> Cette notion d'acceptation s'oppose à l'évitement expérientiel, à la lutte, à la fuite ou encore au contrôle des états internes.<sup>105,106</sup> Plutôt que de se battre contre une pensée désagréable, le principe de l'acceptation vise à l'accueillir pour lui laisser plus de place.<sup>106</sup> Pour mieux appréhender l'acceptation<sup>106</sup> la métaphore des sables mouvants (*i.e.*, plus on se débat plus on s'enlise) est généralement utilisée puisqu'elle s'appuie sur l'*Acceptance and Commitment Therapy* (ACT, une intervention bien connue se fondant sur le concept de l'acceptation).<sup>106</sup>

Comme le soulignent Birrer et al.,<sup>105</sup> cette notion d'acceptation est parfois mal comprise par les athlètes. Elle ne se résume pas à l'approbation ou à la résignation de l'état du moment présent.<sup>107</sup> Mais l'acceptation, qui est une démarche difficile à mener pour ne pas rejeter les états affectifs désagréables, peut se traduire par une reconnaissance consciente, dans une attitude de non-jugement, des circonstances présentes dans l'ici et le maintenant.<sup>107</sup> Autrement dit, accepter est une démarche active et une attitude d'ouverture, de curiosité sans

jugement, permettant à tous les états internes quels qu'ils soient (*i.e.*, les pensées, les émotions et les sensations) de tout simplement exister.<sup>41</sup>

La capacité d'acceptation permettrait de diminuer les réactions faisant suite à des expériences déstabilisantes (*e.g.*, une pensée désagréable ou un adversaire qui nous double) et ainsi favoriser l'état de calme.<sup>101,105</sup> Ainsi, l'acceptation peut venir faciliter le maintien de l'attention sur l'expérience actuelle, en particulier lorsque cette dernière est difficile sur le plan émotionnel.<sup>105</sup>

Reprenons l'exemple du marathonien que nous avons présenté dans l'explication de la prise de conscience. Il se trouve actuellement à un moment clé de son marathon (*e.g.*, le fameux « mur du 30<sup>ème</sup> km ») et observe une pensée désagréable (*e.g.*, « je vais craquer, c'est sûr »). Un athlète ne disposant pas d'une bonne capacité d'acceptation pourrait s'enliser dans cette pensée désagréable, le poussant dans un processus de rumination pouvant se traduire par une contre-performance (*e.g.*, un abandon). En revanche, si ce même coureur dispose quant à lui, d'une bonne capacité d'acceptation, il pourra (après en avoir pris conscience), accueillir cette pensée, dans une attitude de non-jugement. Cette démarche d'accueil est loin d'être simple et nécessite du temps pour la cultiver.<sup>18</sup> Cependant, bien utilisée, elle peut favoriser l'inhibition de cette pensée désagréable et ainsi pousser le coureur à ramener son attention vers des indices pertinents pour réaliser la meilleure performance possible sur son marathon.

### *c. La re-concentration*

La dernière habileté psychologique proposée dans le modèle de Gardner et Moore (**Figure 6**) est la re-focalisation de l'attention sur des indices pertinents favorisant la performance du sportif.<sup>14</sup> En effet, lorsque la prise de conscience du moment présent a été réalisée dans une attitude de non-jugement, une autre phase apparaît : celle de la re-focalisation qui semble être indispensable pour optimiser la performance du sportif. A cette étape, il paraît essentiel d'établir un point d'attention sur lequel se recentrer pour mener à bien la tâche.<sup>17,41,96</sup> C'est ce que l'on nomme plus communément la re-concentration (également appelée le changement d'attention).<sup>108</sup> Celle-ci se définit comme le déplacement de l'attention des stimuli perturbateurs vers des indices pertinents favorisant l'atteinte des objectifs que s'est fixés l'athlète.<sup>41</sup> Autrement dit, la re-concentration permet de ne plus être la proie d'un phénomène de distraction et de rumination pour rester centré ou pour se recentrer rapidement vers des indices appropriés.

Afin de recentrer rapidement son attention, des points d'ancrages peuvent être utilisés. Dans les sports d'endurance, la littérature évoque des points d'attention associatifs (*i.e.*, l'athlète centre son attention sur les sensations corporelles comme la fréquence cardiaque et respiratoire ou encore les sensations musculaires)<sup>109</sup> ou dissociatifs (*e.g.*, écouter de la musique ou poser son attention sur le paysage).<sup>17,109,110</sup> Certains auteurs soulignent l'intérêt dans les sports d'endurance de privilégier des points d'attention associatifs qui favoriseraient la régulation de l'effort.<sup>17,110</sup> Le fait d'amener l'attention vers des indices internes liés à la course et de les prendre en considération pour mieux appréhender sa perception de l'effort (RPE de l'Anglais « *Ratings of Perceived Exertion* ») permettrait aux athlètes d'utiliser de manière plus fine leurs ressources énergétiques pour mener à bien leurs objectifs.<sup>110</sup> Les points d'attention dissociatifs paraissent moins pertinents notamment lorsque l'intensité de l'exercice demandée est élevée puisqu'ils amèneraient à fuir les sensations désagréables plutôt que de les accepter.<sup>17</sup> Qui plus est, le fait de pousser volontairement son attention vers autre chose que les sensations désagréables générées par l'intensité de l'effort physique engendrerait un coût cognitif supplémentaire pouvant nuire à la performance.<sup>17</sup> Par conséquent, si nous reprenons l'exemple du marathonien, nous lui conseillerions de privilégier des points d'attention associatifs (*e.g.*, ses sensations internes)<sup>17</sup> plutôt que dissociatifs (*e.g.*, contempler le paysage) pour finaliser de la meilleure des manières les 12,192km restant de son marathon.

Pour conclure sur ce modèle proposé par Gardner et Moore,<sup>14,41</sup> il nous paraît essentiel de rappeler que ces auteurs sont en désaccord théorique avec les techniques comportementales et cognitives issues des 2 premières vagues. Ils proposent donc un modèle non pas basé sur la modification des états internes mais plutôt sur la reconnaissance (prise de conscience) et l'acceptation de l'expérience présente du sportif.<sup>14,41</sup> Cette observation dans une attitude de non-jugement permettrait de réagir de manière moins excessive aux expériences désagréables du moment présent en (ré)orientant l'attention vers des pensées ou des comportements bénéfiques pour la bonne réalisation de la tâche motrice.<sup>14,41</sup>

#### *d. Quels outils pour évaluer les habiletés psychologiques dans le sport ?*

Dans cette partie, nous exposerons les outils permettant d'évaluer, dans le contexte sportif, les 3 habiletés psychologiques défendues par le modèle de Gardner et Moore (*i.e.*, prise de conscience, acceptation et re-concentration).<sup>14,41</sup> Etant donné que le contexte sportif diffère

de celui de la vie quotidienne notamment par la présence de stimuli corporels plus intenses jumelée à une demande attentionnelle plus élevée, il paraissait nécessaire d'adapter les questionnaires d'évaluation des habiletés de la pleine conscience aux spécificités de la pratique sportive.<sup>41,111</sup>

C'est sous l'impulsion d'Emilie Thienot et de son équipe en 2014, que le premier outil d'évaluation des habiletés de la pleine conscience en situation sportive a été développé.<sup>41</sup> S'intitulant le *Mindfulness Inventory for Sport (MIS)*, le MIS s'est appuyé sur des athlètes élités issus de différentes pratiques sportives.<sup>41</sup> Il se compose de 3 sous-échelles mesurant la capacité de l'athlète à : *a*) être conscient des stimuli perturbateurs et des réactions internes qui leur sont associées (prise de conscience), *b*) adopter une attitude de non-jugement à l'égard de ces stimuli et de ces réactions (acceptation), et *c*) recentrer rapidement l'attention sur des indices liés à l'objectif (re-concentration).<sup>41</sup> Depuis sa création en 2014, le MIS a été utilisé dans plusieurs études scientifiques s'intéressant à diverses pratiques sportives (*e.g.*, badminton, basketball ou tennis de table).<sup>18-20</sup>

Plus récemment Zhang et al.,<sup>111</sup> ont également développé leur propre questionnaire d'évaluation des habiletés de la pleine conscience dans le contexte sportif. S'intitulant l'*athlete mindfulness questionnaire*,<sup>111</sup> les auteurs proposent également 3 sous-échelles à leur questionnaire : l'attention au moment présent, la prise de conscience et l'acceptation.<sup>111</sup>

Bien que ces 2 questionnaires soient parfois remis en cause (*i.e.*, manque de processus de validation et difficulté de mesurer les habiletés de la pleine conscience à travers des questionnaires auto-rapportés),<sup>18,19,22</sup> le MIS et l'*athlete mindfulness questionnaire* semblent être à ce jour, les 2 seuls outils évaluant les habiletés de la pleine conscience dans le contexte sportif.<sup>22</sup>

### 3. Conclusion

Bien que l'approche physique et bioénergétique reste importante pour expliciter une performance sportive, la dimension psychologique fait plus récemment son apparition dans la définition scientifique du terme.<sup>38</sup> A ce titre, plusieurs recherches scientifiques ont démontré toute l'influence de la dimension psychologique dans la performance du sportif.<sup>20,21,40,109</sup> Au-delà de cet aspect scientifique, plusieurs acteurs de terrains de renommée internationale et issus de diverses pratiques sportives (*i.e.*, Gérard Houiller et Marcel Desailly pour le football,

André Agassi en tennis ou encore Michaël Jordan en basketball) ont pu souligner la place du « mental » dans l'optimisation de la performance.<sup>112</sup> Par conséquent, il n'est pas étonnant d'observer que le nombre d'athlètes intégrant la dimension « mentale » dans leur entraînement a drastiquement augmenté.<sup>109</sup>

En nous appuyant sur 2 modèles théoriques largement reconnus sur le plan scientifique (*i.e.*, le modèle de l'ACSM et celui de Gardner et Moore),<sup>14,34</sup> ce premier chapitre avait pour finalité de présenter de manière non-exhaustive, certains médiateurs physiologiques et psychologiques pouvant influencer la performance du sportif.

Pour les médiateurs physiologiques de la performance sportive, nous avons pu présenter, au sein de la première partie, les différentes composantes de la CP qui, selon le modèle de l'ACSM, sont reliées à l'habileté et à la performance.<sup>34</sup> Parmi ces 6 composantes qui peuvent parfois se confondre et/ou se juxtaposer entre elles,<sup>27,54</sup> nous retrouvons l'agilité, la coordination, l'équilibre, la puissance musculaire, le temps de réaction et la vitesse (**Figure 5**).<sup>34</sup>

Pour expliquer la dimension psychologique de la performance sportive,<sup>21,38,40</sup> nous avons fait le choix de nous attarder sur le modèle théorique défendu par Gardner et Moore (**Figure 6**).<sup>14,41</sup> S'opposant aux diverses techniques comportementales et cognitives issues des 2 premières vagues, ce modèle théorique basé sur l'acceptation,<sup>14</sup> s'appuie sur 3 habiletés psychologiques pour exposer la performance sportive (*i.e.*, la prise de conscience, l'acceptation et la re-concentration).<sup>41</sup> En effet, selon ces mêmes auteurs, une performance sportive optimale dépendrait de la capacité qu'a le sportif d'observer, d'accepter ces états internes désagréables plutôt que d'essayer de modifier le contenu de ce même état interne (*e.g.*, pensées désagréables).<sup>14</sup>

Cependant, bien que ces différents modèles puissent expliciter en partie la performance sportive, d'autres travaux soulignent la nécessité de s'intéresser à des déterminants de santé pour une meilleure appréhension de la performance du sportif.<sup>28,37,113</sup> C'est ce que nous verrons à travers le prochain chapitre du cadre théorique.

## CHAPITRE II. LES MEDIATEURS DE LA SANTE CHEZ LE SPORTIF

Bien que la santé dispose d'une multitude de définitions, la plupart d'entre elles s'accordent sur le caractère multidimensionnel de l'approche.<sup>114-116</sup> Historiquement dans la Grèce antique, d'après Svalastog et al.,<sup>114</sup> la santé pourrait se référer à l'unification de l'âme et du corps.<sup>114</sup> Nous retrouvons également cet aspect pluridimensionnel de la santé dans les définitions plus contemporaines de l'approche.<sup>115,116</sup> En effet, dans sa constitution de juillet 1946, faisant suite à la 2<sup>nd</sup>e guerre mondiale, les acteurs de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) s'accordent sur une définition plus globale du concept, *i.e.*, « *la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* ». <sup>117</sup> Cette définition, largement reconnue sur le plan international, est toujours d'actualité et contient (il faut l'avouer) certains attributs.<sup>115</sup> Tout d'abord, elle présente une approche plutôt positive de la santé puisqu'elle souligne que cette dernière « *ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité* ». <sup>115,118</sup> Deuxièmement, cette définition explicite le caractère global du concept, par la prise en compte des dimensions psychologiques et sociologiques de l'approche.<sup>115</sup> Néanmoins, cette définition proposée par l'OMS dispose de certaines limites.<sup>115,118</sup> En effet, Raimondeau<sup>115</sup> met en évidence que la notion de bien-être est quelque peu imprécise et pour le paraphraser « *teintée de subjectivité* ». Qui plus est, être en constant état de « *complet bien-être* » est quelque peu illusoire et figé.<sup>115</sup> Ainsi, à la vue de ces nuances, René Dubot complète en 1973, la définition promue par l'OMS et souligne que la santé est « *un état physique et mental [...] qui permet à l'individu de fonctionner efficacement* ». <sup>115</sup> A travers l'approche promulguée par René Dubot, qui a notamment été retenue en 1994 par le haut comité de la santé publique, nous observons (comme dans la définition de la performance sportive),<sup>38</sup> le caractère multidimensionnel de l'approche. En effet, d'après cette définition, la santé est considérée comme une ressource faisant appel à des déterminants physiologiques mais également psychologiques pour que l'individu puisse fonctionner efficacement. Ainsi, il nous paraît essentiel (en nous appuyant sur la définition de René Dubot) de prendre en compte ces 2 dimensions (*i.e.*, physique et psychologique) pour avoir une vision plus globale du niveau de santé d'un individu.

Par conséquent, après avoir contextualisé, la santé chez le sportif, nous examinerons dans un second temps, certains des médiateurs physiologiques de la santé avant de s'attarder sur la notion de bien-être, considéré comme un déterminant majeur de la santé.<sup>119</sup>

## 1. La santé du sportif, de quoi parlons-nous ?

Les effets positifs d'une AP régulière sur la santé physique et mentale ne sont plus à démontrer (*e.g.*, maintien d'une masse corporelle stable, amélioration du bien-être, réduction du stress, de l'anxiété ou encore de la dépression).<sup>6,23,120</sup> Néanmoins, les sportifs (et tout particulièrement les athlètes élités) ne sont pas exempts aux différents problèmes de santé physique et mentale.<sup>11,121,122</sup> Sur le plan de la santé physique, comme le rappellent Viaud et Papin,<sup>121</sup> un sportif est soumis à un certain paradoxe qui est celui de devoir user son corps (l'entraîner, le préparer et le transformer) sans l'user (*e.g.*, sans développer de blessures). En effet, comme nous avons pu très récemment le voir avec le demi d'ouverture de l'équipe de France de rugby (Romain Ntamack), le spectre de la blessure physique plane toujours autour de la tête du sportif. Pour réduire ces risques de blessures, le développement de certaines composantes de la CP de santé présentées dans le modèle de l'ACSM (**Figure 7**) s'avérerait particulièrement utile.<sup>34</sup> Ces blessures physiques affecteraient également la santé mentale du sportif (*i.e.*, elles s'associeraient très généralement à une réponse affective négative).<sup>1</sup> Ces dernières peuvent également être considérées comme un facteur explicatif du haut niveau de prévalence des symptômes anxieux et dépressifs que vivent les athlètes élités (*i.e.*, 34%, ce qui est légèrement plus élevé que la population générale).<sup>11</sup> Ce résultat quelque peu alarmant n'est pas si surprenant. En effet, à la suite des Jeux Olympiques de Tokyo 2020, les langues se sont déliées. Bon nombre d'olympiens tels que Noah Lyles (sprinteur américain tout récent triple médaillé d'or aux championnats du monde de Budapest) ou encore Simone Biles (la star de la gymnastique américaine) ont témoigné de leur mal-être auprès du grand public.<sup>123,124</sup> Ces problèmes rencontrés par de nombreux sportifs peuvent partiellement se justifier par l'accélération du temps auquel sont à ce jour soumis les athlètes, pouvant pousser ces derniers à être en perpétuel état de pression temporelle.<sup>10</sup> En effet, de nos jours, la vie d'un athlète de haut-niveau est tout sauf du repos (bien que ce dernier fasse également partie de son travail), le sportif doit apprendre à jongler entre les entraînements, les compétitions, les techniques de récupération, les passages chez le nutritionniste, sans oublier la vie professionnelle, amoureuse et sociale de ces derniers.<sup>10</sup> Bref, une vie menée à 100 à l'heure.

A travers ce paragraphe, nous avons notamment pu observer que la santé physique et mentale du sportif est parfois mise à rude épreuve. Par conséquent, et ce afin de mieux comprendre la

manière d'agir sur la santé des athlètes, il nous paraît essentiel de mieux appréhender les médiateurs physiologiques et psychologiques pouvant l'expliquer.

## 2. Les médiateurs physiologiques de la santé

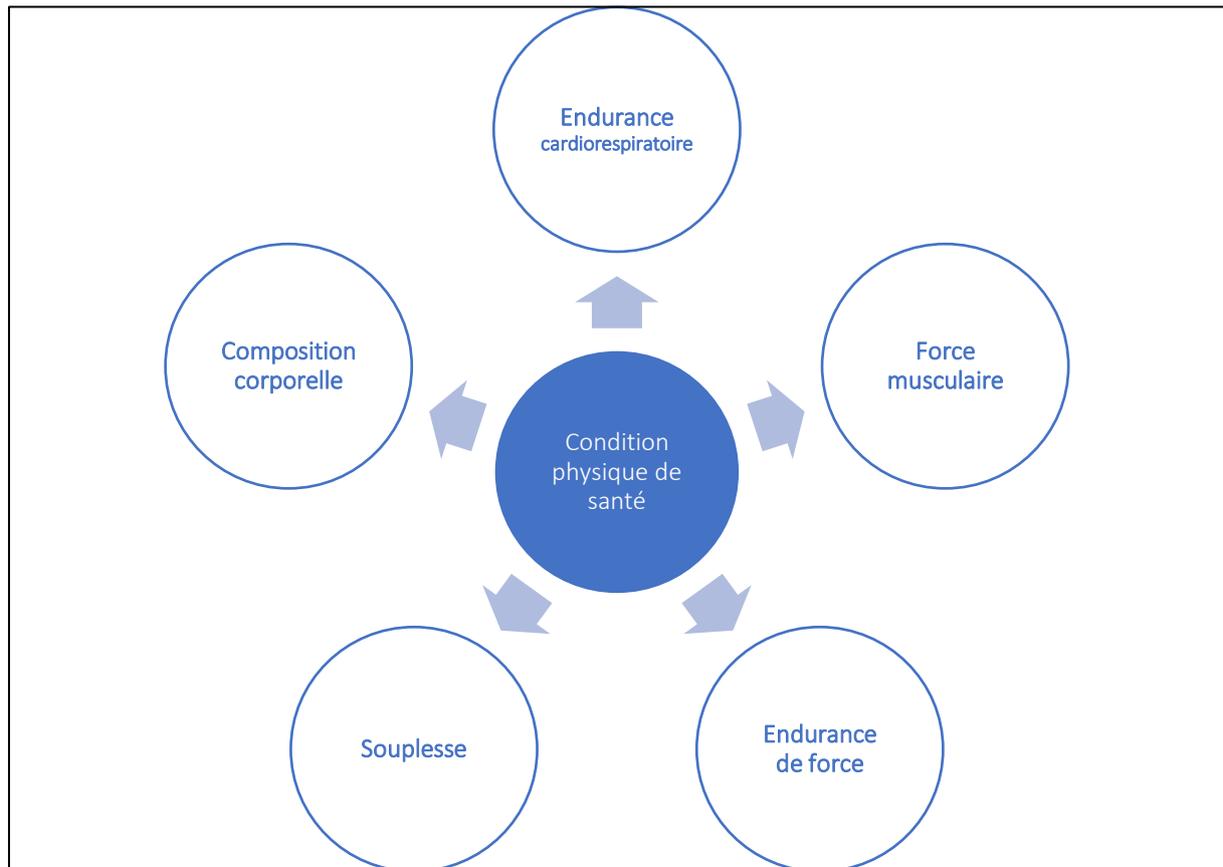
Dans cette seconde partie dédiée à la santé physique, 2 médiateurs physiologiques de la santé seront présentés. Tout d'abord, en nous appuyant sur le modèle de l'ACSM,<sup>34</sup> nous déterminerons les différentes composantes de la CP de santé avant de nous intéresser, dans un second temps, à un biomarqueur psychophysiologique de la santé, largement reconnu dans le monde du sport : la VFC.<sup>37,125-127</sup>

### a. La condition physique de santé et ses différentes composantes

Dans le chapitre I de ce cadre théorique, nous avons pu présenter les 6 composantes de la CP liée à l'habileté et à la performance (page 33, **Figure 5**). Comme évoqué précédemment, le modèle de l'ACSM dispose également d'un autre type de CP s'intitulant la CP de santé, elle-même constituée de plusieurs composantes (**Figure 7**).<sup>34</sup> Bien qu'il soit largement reconnu dans la littérature que la CP soit divisée en 2 parties distinctes,<sup>34</sup> l'ACSM souligne la nécessité de parfois les associer.<sup>34</sup> En effet, certaines composantes de la CP liées à la performance peuvent être mobilisées à des fins de santé (*e.g.*, l'équilibre pour les personnes âgées).<sup>34</sup> Et inversement, la santé peut être mobilisée à des fins de performance.<sup>12</sup>

De manière générale, l'évaluation de la CP est un moyen simple et efficace d'en connaître davantage sur l'état de santé d'un individu.<sup>27</sup> En effet, le niveau de CP s'associe à une multitude de facteurs influençant la santé physique.<sup>27,128-133</sup> A titre d'exemple, un niveau de CP élevé se joint à une meilleure santé osseuse,<sup>27,128</sup> à une diminution des risques de maladies cardiovasculaire<sup>27,130</sup> ainsi qu'à un niveau d'adiposité moindre.<sup>131-133</sup> Mais les effets bénéfiques d'un niveau de CP élevé ne s'arrêtent pas qu'à la santé physique. De nombreux auteurs ont ainsi pu souligner les relations existantes entre la CP et la santé mentale.<sup>133-141</sup> En effet, certaines composantes de la CP de santé (**Figure 7**) s'associeraient à une diminution de l'anxiété<sup>134,135</sup> ainsi qu'à la réduction des symptômes dépressifs.<sup>135,136</sup> A titre d'illustration, le niveau d'endurance cardiorespiratoire (une composante majeure de la CP de santé) peut être

un protecteur contre le développement de la dépression.<sup>140</sup> De plus, un niveau de CP élevé s'associe également à un niveau de bien-être, de qualité de vie ainsi qu'à une estime de soi plus importante.<sup>137,138,141</sup> Pour l'ensemble de ces raisons, Ortega et al.<sup>27</sup> expliquent que le niveau de CP d'un individu est aujourd'hui considéré comme un puissant marqueur de santé. Cette CP de santé se caractérise par 5 grandes composantes (*i.e.*, l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire, l'endurance de force, la souplesse et la composition corporelle) que nous allons présenter.<sup>34</sup>



**Figure 7.** Présentation des différentes composantes de la condition physique de santé selon l'*american college of sports medicine*<sup>34</sup>

*i. L'endurance cardiorespiratoire*

L'endurance cardiorespiratoire est une composante de la CP ayant une influence considérable sur de nombreux indicateurs de la santé.<sup>34,133,142</sup> Elle peut se définir comme la capacité des différents systèmes (*i.e.*, respiratoire, cardiovasculaire et musculosquelettique) à fournir de l'oxygène au cours d'une AP prolongée.<sup>34,42</sup> Cette définition plutôt générale de l'endurance cardiorespiratoire promulguée par l'ACSM<sup>34</sup> semble regrouper les différentes composantes de

la capacité d'endurance que peuvent être le débit maximal d'oxygène ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), le seuil lactique ou encore le coût énergétique qui s'avèrent être également des médiateurs de la performance dans les sports de longue durée.<sup>44</sup> Dans le cadre de ce travail doctoral, nous nous focaliserons sur des tests de terrain permettant d'estimer le  $\dot{V}O_2\text{max}$ .<sup>34,143,144</sup> Considéré comme la mesure de référence pour l'évaluation des composantes de la capacité d'endurance cardiorespiratoire puisqu'il implique la véritable limite physiologique d'un individu,<sup>34</sup> le  $\dot{V}O_2\text{max}$  est également reconnu comme un puissant marqueur de la santé à la vue de ces liens étroits avec les capacités fonctionnelles du cœur.<sup>143,145,146</sup> Afin de l'évaluer, la méthode dite de référence est une mesure directe du  $\dot{V}O_2\text{max}$  se réalisant en laboratoire par la réalisation d'un test d'effort ou sur le terrain par l'utilisation d'un appareil portatif (*e.g.*, Cortex Metamax II®, Cortex, Leipzig, Allemagne).<sup>34,147,148</sup> Cependant, pour les entraîneurs la mise en place d'une mesure directe du  $\dot{V}O_2\text{max}$  est difficilement réalisable (*i.e.*, coût élevé et besoin de personnels qualifiés).<sup>147</sup> Par conséquent, des tests de terrains ont également été développés comme une méthode alternative moins contraignante pour estimer le  $\dot{V}O_2\text{max}$  d'un individu.<sup>147</sup> Durant ces tests de terrain, l'ACSM recommande d'évaluer la RPE (*i.e.*, intensité subjective d'effort, de contrainte, d'inconfort et de fatigue ressenties par une personne lors d'un exercice physique)<sup>39,149</sup> pour surveiller la tolérance à l'exercice des participants ou encore suivre les potentiels progrès réalisés par ces derniers. Parmi ces nombreux tests de terrain, nous en distinguons 2 formes : les tests continus et les tests intermittents. Ces tests continus permettent de renseigner la vitesse maximale aérobie. Bien que cette vitesse maximale aérobie soit une donnée intéressante sur le terrain, elle sous-estime très généralement la vitesse théorique à maintenir pour venir stimuler le plus haut pourcentage de  $\dot{V}O_2\text{max}$  lors d'un exercice intermittent.<sup>150</sup> En revanche, les tests intermittents (*e.g.*, 30-15 *intermittent fitness test* ou le 45'' - 15'' de Gacon)<sup>150,151</sup> fournissent des informations sur la Vitesse Maximale Intermittente (VMI), *i.e.*, la vitesse théorique qu'un athlète peut maintenir pour venir stimuler le plus haut pourcentage de  $\dot{V}O_2\text{max}$  et qu'il peut utiliser lors des fameuses séances de fractionnées (*e.g.*, les 30''30'').<sup>150</sup> En s'appuyant sur une vitesse atteinte lors du dernier palier ou encore sur une distance réalisée lors de ces tests de terrain, des formules mathématiques peuvent être mobilisées pour obtenir une estimation du  $\dot{V}O_2\text{max}$  et ainsi mieux connaître le niveau des composantes de la capacité d'endurance cardiorespiratoire des participants.<sup>34,144</sup>

*ii. La force musculaire*

La force musculaire est l'une des 3 composantes s'intégrant dans la CP musculaire accompagnée par l'endurance de force et la puissance musculaire (pages 36 et 52).<sup>152</sup> Tout comme l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire est largement reconnue comme un marqueur de santé.<sup>27,153</sup> Cette dernière peut se définir comme la quantité de force externe qu'un muscle ou qu'un groupe musculaire peut exercer.<sup>34,42</sup> D'autres auteurs mentionnent également la notion de force maximale à produire (*e.g.*, soulever une barre chargée).<sup>34,153</sup> L'ACSM souligne que la force musculaire peut-être évaluée de manière statique (*i.e.*, aucun mouvement musculaire au niveau de l'articulation) ou de manière dynamique (*i.e.*, mouvement réalisé par une partie du corps au cours duquel la longueur du muscle va changer).<sup>34</sup> L'évaluation de la force musculaire statique peut être mesurée à l'aide de tests utilisant un dynamomètre (*e.g.*, le *handgrip test*).<sup>27,34</sup> En revanche, l'évaluation de la force musculaire dynamique est souvent représentée par une masse maximale (kg) à soulever lors d'une seule répétition,<sup>153</sup> que l'ACSM et les préparateurs physiques nomment plus communément la 1RM (pour 1 répétition maximale). Cette 1RM peut être effectuée par la réalisation d'un mouvement de développé couché pour les membres supérieurs et de *squats* pour les membres inférieurs.<sup>34</sup> Il est également possible d'estimer cette 1RM, à travers le 5RM ou encore le 10RM, à condition que le participant soit pleinement à l'échec (*i.e.*, il doit être dans l'incapacité de réaliser une autre répétition supplémentaire).<sup>34</sup>

*iii. L'endurance de force*

L'endurance de force est une composante de la CP de santé permettant de réaliser certaines tâches de la vie quotidienne avec efficacité (*e.g.*, soulever un enfant à de nombreuses reprises ou continuer à le soutenir afin qu'il puisse voir au-dessus de la foule lors d'un défilé ou encore transporter ses courses sans difficulté).<sup>152</sup> Cette endurance de force est définie comme la capacité d'un muscle ou d'un groupe musculaire à produire une force de façon répétée dans le temps ou à maintenir une contraction pendant un certain temps sans se fatiguer.<sup>34,42,43,152</sup> Différents tests sont utilisables pour mesurer cette qualité physique.<sup>152</sup> Ces évaluations peuvent être réalisées en effectuant par exemple un nombre fixe de contractions dans un laps de temps défini, en réalisant un nombre maximal de répétitions jusqu'à épuisement ou encore

en maintenant une contraction statique (isométrique) jusqu'à l'échec.<sup>154</sup> Par conséquent, il existe une multitude de tests évaluant l'endurance de force.<sup>152</sup> Bien que des tests en laboratoire (e.g., tests isocinétiques) peuvent être exploités,<sup>42</sup> des tests de terrain, moins coûteux et simples à mettre en place peuvent être proposés. A titre d'exemple, l'ACSM promeut le test des pompes à l'échec se traduisant par la réalisation d'un nombre maximum de pompes tout en maintenant une position correcte<sup>34,152</sup> ou encore le test de suspension (tractions) consistant à tenir une barre avec les paumes de mains tournées vers l'extérieur, menton au-dessus de la barre, coudes fléchis et les jambes suspendues en l'air.<sup>154</sup>

#### iv. La souplesse

Comme le reprend l'ACSM,<sup>152</sup> un bon niveau de souplesse n'engendre probablement pas les mêmes effets bénéfiques sur la santé qu'un bon niveau d'endurance cardiorespiratoire ou encore de force musculaire. Cependant, bon nombre d'activités dans notre quotidien font appel à cette composante de la CP de santé (e.g., se pencher pour ramasser un sac).<sup>152</sup> A ce titre, le maintien de la souplesse des articulations peut faciliter les mouvements mais également venir jouer un rôle dans la prévention de certaines blessures.<sup>34</sup> En effet, un faible niveau de souplesse du dos et des hanches semble contribuer à l'apparition de certaines douleurs lombaires.<sup>154</sup> La souplesse peut ainsi se définir<sup>154</sup> comme la capacité de bouger une articulation dans une amplitude importante sans douleurs.<sup>34,43</sup> Il ne semble pas exister de tests spécifiques évaluant un niveau global de souplesse pour l'ensemble du corps.<sup>34,154</sup> Tout comme l'évaluation de la force musculaire dépend du groupe musculaire, l'évaluation de la souplesse est liée à l'articulation mobilisée. Le niveau de souplesse d'une articulation peut être déterminé par une amplitude de mouvement s'exprimant en degré de liberté. Ce niveau d'amplitude se mesure généralement à l'aide d'un goniomètre ou d'un inclinomètre.<sup>34,154</sup> Cependant, des tests de terrain ont également été développés pour venir faciliter l'évaluation du niveau de souplesse d'un individu. A titre d'illustration, nous pouvons mentionner le *sit-and-reach test*, le *back scratch test* ou encore le test du distance doigts-sol.<sup>152,155</sup>

*v. La composition corporelle*

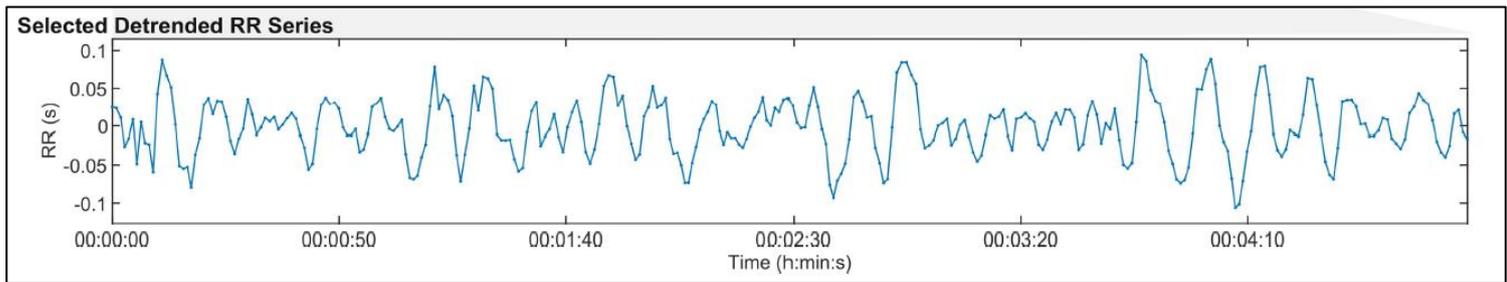
Comme récemment repris par l'ACSM,<sup>34</sup> un excès de graisse corporelle notamment au niveau de la région abdominale s'associe très généralement à de nombreux problèmes de santé (*e.g.*, hypertension, maladies cardiovasculaires ou diabète de type 2). La composition corporelle peut se définir comme la quantité relative de muscle, de graisse, d'os et encore d'autres parties vitales du corps.<sup>34,42</sup> Bien que cette définition de la composition corporelle fasse référence aux différents types de tissus composant notre corps, le taux de graisse corporelle (plus communément appelé pourcentage de masse grasseuse) est souvent utilisé pour évaluer cette composante de la CP de santé.<sup>43,154</sup> Afin d'évaluer ce pourcentage de masse grasseuse, différentes méthodes variant en termes de complexité, de coût et de précision peuvent être exploitées.<sup>34,156</sup> On constate par exemple des mesures d'ordre clinique comme la méthode *Dual-energy X-ray Absorptiometry* (plus communément appelé DXA) qui est très coûteuse et nécessite un personnel qualifié.<sup>34,154</sup> On distingue également des mesures anthropométriques comme l'Indice de Masse Corporelle (IMC), le tour de taille ou encore la méthode des plis cutanés.<sup>34</sup> Les bioélectriques impédancemètres, consistant à introduire un petit courant électrique dans le corps en mesurant la résistance à ce courant lorsqu'il le traverse, sont également utilisés dans le cadre de tests de CP.<sup>34,154</sup> Certaines applications *smartphone* sont disponibles pour estimer ce pourcentage de graisse corporelle à l'aide d'une simple photo. Cependant, à ce jour, le manque de validation scientifique leur fait cruellement défaut.<sup>34</sup>

*b. La variabilité de la fréquence cardiaque*

Nous avons pu observer dans le paragraphe précédent que le niveau de santé d'un individu peut être évalué à travers différents tests physiques de terrain (*i.e.*, tests évaluant les composantes de la CP de santé). Bien que ces différentes mesures puissent fournir de précieuses informations sur le niveau de santé d'une personne, il existe également des mesures d'ordre physiologique (nécessitant peu de matériel). Parmi elles, nous retrouvons la VFC qui est aujourd'hui considérée comme un biomarqueur psychophysiologique de la santé car cette VFC fournit des indications sur l'état de la santé physique et mentale d'un individu.<sup>125,126</sup>

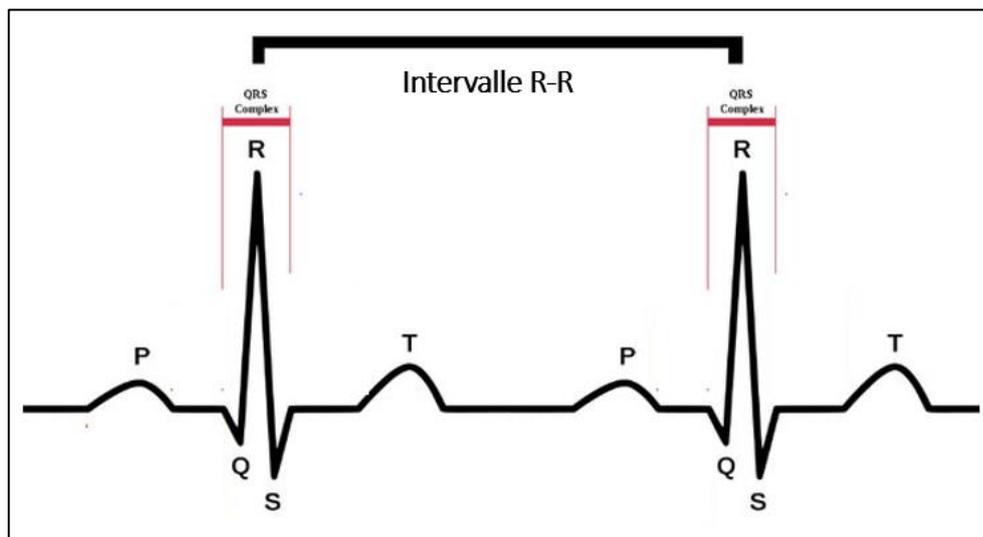
*i. Qu'est-ce que la variabilité de la fréquence cardiaque ?*

Afin de bien expliquer la VFC, il nous paraît essentiel de présenter ce qu'est- et ce que représente le Système Nerveux Autonome (SNA). Ce SNA, également connu sous le nom de système nerveux végétatif ou encore système nerveux involontaire (puisque'il fonctionne sans contrôle conscient) joue un rôle crucial dans le maintien de notre homéostasie (*i.e.*, régulation et maintien de l'équilibre du corps).<sup>157</sup> A titre d'illustration, la régulation de la pression sanguine, de la digestion ou encore de la thermorégulation ne sont que quelques-unes des nombreuses fonctions vitales régies par le SNA.<sup>157</sup> Il se compose de 2 branches anatomiquement et fonctionnellement distinctes : le Système Nerveux Sympathique (SNS) et le Système Nerveux Parasymphatique (SNP).<sup>157</sup> Le SNS prépare l'ensemble du corps à réagir lorsqu'il est amené à fuir ou à combattre dans des situations d'urgence.<sup>157</sup> Sur le plan physiologique, l'activation du SNS se traduit par une augmentation de la fréquence cardiaque afin que le cœur puisse pomper plus de sang à la minute augmentant ainsi le débit sanguin ( $L \cdot \text{min}^{-1}$ ) nécessaire pour apporter l'oxygène et les nutriments vers les tissus qui en ont le plus besoin (*e.g.*, muscles squelettiques).<sup>157</sup> En revanche, la branche parasymphatique du SNA (SNP) s'occupe quant à elle de réguler les différentes fonctions modulant le repos et la digestion.<sup>157</sup> Pour paraphraser le Professeur Mc Corry, ce SNP contrôle les fonctions basiques du corps humain lorsque nous sommes tranquillement en train de lire un livre. Sur le plan physiologique, une prédominance du SNP engendre un ralentissement de la fréquence cardiaque favorisant ainsi la conservation de l'énergie lors du repos. Ces 2 sous-divisions du SNA semblent s'influencer mutuellement. En effet, l'augmentation de l'activité de l'un de ces 2 systèmes engendre très rapidement une diminution de l'activité de l'autre.<sup>157</sup> Afin de mesurer les activités des branches du SNS et du SNP innervant le myocarde (*i.e.*, le muscle cardiaque) et donc refléter l'activité du SNA, la VFC est une méthode non-invasive, largement reconnue, rapide et simple à mettre en œuvre.<sup>126,158-160</sup> Cette VFC peut se définir comme le degré de fluctuation de la durée des intervalles R-R entre les battements cardiaques (**Figure 8**).<sup>125,161-163</sup>



**Figure 8.** Présentation d'un enregistrement R-R récolté *via* un cardiofréquencemètre (cet enregistrement provient d'un des participants de notre projet *FeelTheRun*)

Autrement dit, elle représente le temps en millisecondes entre 2 pics R du complexe QRS (**Figure 9**) qui est un ensemble de déflexions électriques représentant la dépolarisation des ventricules.



**Figure 9.** Présentation du complexe QRS adaptée de Tawakal et al.<sup>164</sup>

Contrairement à la fréquence cardiaque qui peut rester globalement stable, la variabilité de cette dernière peut différer fournissant ainsi de plus amples informations sur l'état de santé physique et mentale d'un individu.<sup>125,163</sup> Comme récemment expliqués par Besson et al.,<sup>160</sup> l'électrocardiogramme représente l'outil principal permettant d'observer l'évolution dans le temps des intervalles R-R. Cependant, à ce jour les cardiofréquencemètres issues du commerce sportif disposent également d'une bonne fiabilité (*e.g.*, V800®, Polar Electro OY, Kempele, Finlande).<sup>165</sup> En revanche, comme le rappellent Besson et al., les montres connectées utilisant

des capteurs cardio-optiques pour prendre la mesure de la fréquence cardiaque au poignet ne semble pas assez précises pour obtenir des mesures fiables des intervalles R-R.<sup>160</sup>

ii. *Les différents paramètres de la variabilité de la fréquence cardiaque.*

La mesure de la VFC dépend de la durée d'enregistrement des intervalles R-R et du domaine utilisé pour l'évaluer. En effet, la durée d'enregistrement des intervalles R-R varie d'une journée à moins de 5min. Ainsi, la littérature scientifique distingue 3 durées différentes pour évaluer cette VFC : 24h, environ 5min (*i.e.*, mesures brèves) et moins de 5min (*i.e.*, mesures très brèves).<sup>159,160</sup> L'enregistrement de la VFC sur 24h semble être la plus représentative des réponses du système cardiovasculaire aux différents stimuli environnementaux.<sup>159</sup> Au-delà de ces temps d'enregistrement différents, la VFC est mesurable à travers 3 domaines : le domaine temporel, le domaine fréquentiel (qui sont les plus souvent utilisés) et le domaine non-linéaire.<sup>159,160,162</sup>

Se basant sur des méthodes statistiques, les mesures de la VFC issues du domaine temporel (*i.e.*, basé sur le temps) sont les plus simplistes pour évaluer la VFC.<sup>162,166</sup> Le domaine temporel permet de quantifier la variabilité des mesures de notre intervalle R-R au cours d'une période de temps pouvant varier de moins d'une minute à 24h.<sup>159,166</sup> Ce domaine temporel est constitué d'une multitude de méthodes de mesure.<sup>159,162</sup> Parmi elles, nous retrouvons notamment l'écart-type des intervalles N-N (*i.e.*, abrégé SDNN pour « *Standard Deviation of N-N intervals* »). Ces intervalles N-N (*i.e.*, de l'Anglais « *Normal-to-Normal* ») sont des intervalles R-R auxquels ont été supprimés les potentiels artefacts.<sup>160</sup> Ce SDNN, largement utilisé dans la littérature,<sup>161,167,168</sup> reflète les contributions des activités du SNS et du SNP et semble nécessiter 24h d'enregistrement pour gagner en précision. Une autre méthode de mesure du domaine temporel fortement exploité au sein de la littérature est la racine carrée moyenne des différences au carré des intervalles R-R successif (*i.e.*, abrégé RMSSD pour « *Root Mean of Successive R-R intervals Differences* »).<sup>159,160,166-169</sup> Ce RMSSD, également utilisé sous sa transformation logarithmique (*i.e.*, Ln RMSSD) afin de normaliser sa distribution,<sup>160</sup> semble plus étroitement lié à l'activité du SNP.<sup>159</sup> Il semble être à privilégier lorsque l'enregistrement des intervalles R-R est relativement bref (**Figure 9**).<sup>162</sup> A l'exception de certains cas pathologiques, des faibles niveaux de certaines mesures du domaine temporel (*e.g.*, SDNN ou RMSSD) s'associent au stress ainsi qu'à des problèmes de santé.<sup>170-172</sup> Bien que le SDDN et le RMSSD

soient largement utilisés au sein de la littérature, on distingue également d'autres mesures issues du domaine temporel telles que le NN50 (*i.e.*, nombre d'intervalles NN adjacents qui diffèrent les uns des autres de plus de 50ms), le pNN50 (*i.e.*, pourcentage d'intervalles R-R successifs différant de plus de 50ms) ou encore le SDANN (écart-type des moyennes des intervalles N-N calculé sur 5min).<sup>159</sup>

Contrairement au domaine temporel, les mesures de la VFC issues du domaine fréquentiel sont calculées par analyse spectrale (*e.g.*, méthode mathématique comme la transformée de Fourier) et fournissent des informations qualitatives (*e.g.*, fluctuation cyclique des intervalles R-R).<sup>160,163</sup> Ces méthodes mathématiques permettent de découper la VFC en différentes bandes de fréquences.<sup>159</sup> On distingue ainsi les bandes d'ultra Basse Fréquence (BF), de très BF, de BF et de Haute Fréquence (HF).<sup>159</sup> Au sein de la littérature, ce sont très généralement les bandes de BF et de HF qui sont les plus souvent répandues.<sup>167,169,173,174</sup> La VFC de BF (0,04-0,15 Hz) semble refléter à la fois les activités du SNS et du SNP.<sup>159,160,166</sup> La VFC de HF (0,15-0,40 Hz) ne traduit quant à elle, que l'activité du SNP.<sup>159,160,166</sup> Cette VFC de HF également appelé Arythmie Sinusale Respiratoire (ASR), correspondrait aux variations de la fréquence cardiaque liées au cycle respiratoire.<sup>166</sup> Pour finir, le ratio BF/HF représente une autre mesure de la VFC également investie dans la littérature.<sup>167,175</sup> Ce ratio représenterait l'état de la balance sympatho-vagale.<sup>159,160,162</sup> Autrement dit, ce rapport permettrait d'observer l'équilibre entre les activités du SNS et du SNP. Ainsi, un faible ratio BF/HF indiquerait une prédominance du SNP, tandis qu'un rapport plus élevé désignerait une dominance du SNS.<sup>166</sup> Cependant, l'interprétation de ce ratio nécessite une certaine prudence puisque dans ce modèle, la VFC de BF est considérée comme un index du SNS alors qu'en réalité elle paraîtrait également être influencée par le SNP.<sup>159</sup>

S'appuyant sur le diagramme de Pointcaré, les mesures de la VFC issues du domaine non-linéaire fournissent également des informations sur les activités du SNS et du SNP.<sup>159</sup> Parmi ces mesures, nous retrouvons notamment le SD1 qui tout comme le RMSSD semble être un bon marqueur de l'activité du SNP.<sup>159,176</sup> Le SD2 est également une autre mesure du domaine non-linéaire qui serait influencé à la fois par les activités du SNS et du SNP.<sup>177</sup> Enfin, nous retrouvons le ratio SD2/SD1 qui comme le rappellent Shaffer et Ginsberg<sup>159</sup> mesurerait l'équilibre du SNA. Cependant, ces mesures paraissent moins étudiées dans la littérature que celles issues des

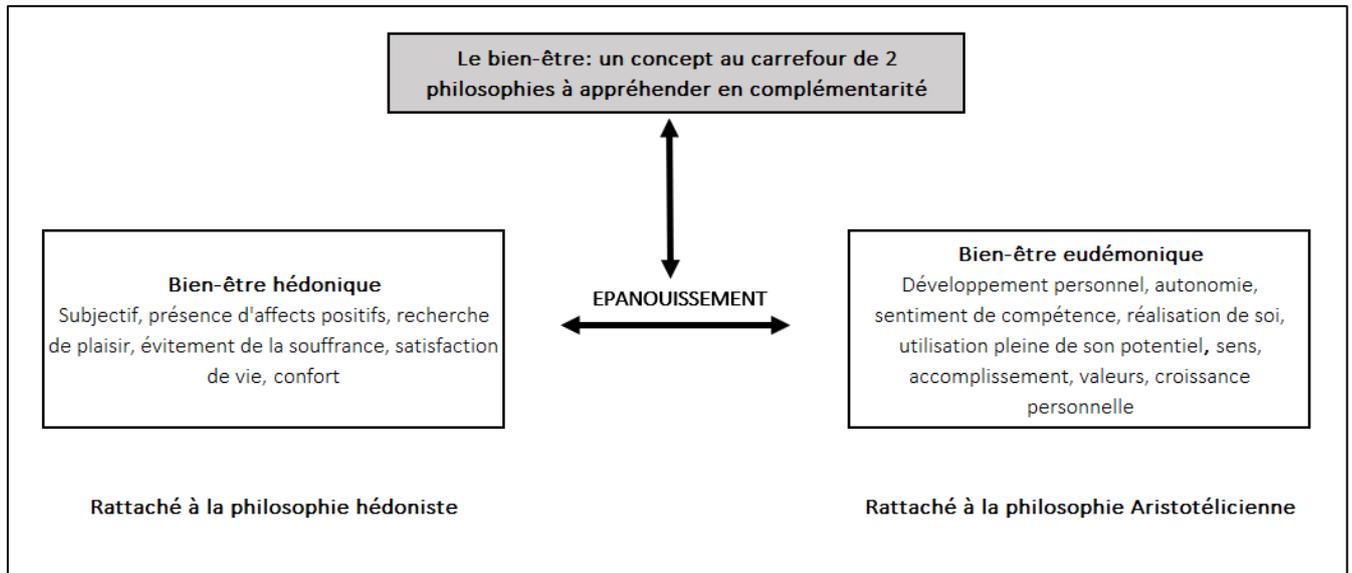
domaines temporels et fréquentiels potentiellement dues à l'absence de normes spécifiques.<sup>162</sup>

Bien que la VFC puisse se mesurer à travers 3 domaines différents (*i.e.*, temporel, fréquentiel et non linéaire), certaines de ces mesures évaluent sensiblement la même chose.<sup>159,162,178</sup> A titre d'exemple, le SDNN semble corrélérer avec la VFC de BF, le RMSSD est étroitement lié au PNN50, au SD1 ainsi qu'à la VFC de HF et le ratio BF/HF s'accorde avec le rapport SD2/SD1.<sup>159,162,178</sup> Certains auteurs paraissent ne privilégier que les mesures de la VFC du domaine temporel,<sup>161</sup> tandis que d'autres ne vont utiliser que les mesures issues du domaine fréquentiel<sup>175</sup> soulignant ainsi le manque de consensus dans la littérature. Cependant comme repris par Besson et al.,<sup>160</sup> lorsque l'analyse de la VFC s'appuie conjointement sur des paramètres issus du domaine temporel et fréquentiel la fiabilité de la VFC n'en serait qu'améliorée. Il paraît néanmoins nécessaire de prendre en considération le contexte (*e.g.*, niveau de CP, position, heure ou temps disponible)<sup>160</sup> ainsi que la ou les branche(s) du SNA que l'on souhaite mesurer pour sélectionner la mesure de la VFC. A titre d'exemple, si le professionnel (*e.g.*, praticien ou chercheur) souhaite rapidement (*e.g.*, 5min) observer l'état du SNP de la personne, l'utilisation du RMSSD semble être à privilégier.<sup>159,160</sup>

### 3. Le bien-être comme médiateur psychologique de la santé mentale

Le bien-être est depuis bon nombre d'années considéré comme un médiateur de la santé (*e.g.*, une personne disposant d'un niveau de bien-être élevé pourrait vivre jusqu'à 6 ans de plus).<sup>119</sup> A la vue de ces liens étroits avec la santé, l'OMS s'appuie sur le concept pour définir la santé mentale (*i.e.*, « *état de bien-être dans lequel une personne peut se réaliser, faire face au stress normal de la vie, accomplir un travail productif et contribuer à la vie de sa communauté* »).<sup>117</sup> Le bien-être est une notion complexe à délimiter qui porte à des débats théoriques engagés et contradictoires que ce soit dans les anciens textes philosophiques ou de manière plus contemporaine dans la littérature scientifique.<sup>25,115,179</sup> Cependant, récemment, Simons et Baldwin<sup>180</sup> le définissent habilement comme un ensemble de sentiments positifs et de pleine réalisation de son potentiel. A travers cette récente définition,<sup>180</sup> nous observons les 2 typologies du bien-être qui s'appuie sur 2 courants philosophiques que sont l'hédonisme et l'eudémonisme (**Figure 10**).<sup>180,181</sup> Bien qu'ils divergent sur certains points,<sup>181</sup> ces 2 courants

paraissent s'influencer mutuellement et sont donc à appréhender de façon complémentaire.<sup>25,179,181-183</sup> En effet, la plupart des chercheurs soulignent la nécessité de les associer pour atteindre l'épanouissement (**Figure 10**).<sup>179</sup>



**Figure 10.** Présentation du bien-être comme une approche au carrefour de 2 philosophies

#### a. Le bien-être hédonique

Le bien-être hédonique, également appelé bien-être subjectif, est actuellement le courant prédominant au sein de la littérature scientifique.<sup>184</sup> Comme son nom le laisse sous-entendre, il prend ses racines à travers la philosophie hédoniste.<sup>180</sup> Ce courant hédoniste fait référence à la recherche constante du plaisir.<sup>180</sup> Il prend ses sources en Grèce antique notamment à travers l'école cyrénaïque d'Aristippe de Cyrène (fondée en 399 av. JC) ou encore l'école épicurienne.<sup>180</sup> Aristippe de Cyrène soutenait l'idée que le but de la vie était d'être en recherche constante du plaisir qu'importe les conséquences futures.<sup>180</sup> Comme l'explique, Simons et Baldwin,<sup>180</sup> cette philosophie hédoniste promue par Aristippe dispose néanmoins d'une certaine limite dans notre société contemporaine. En effet, si l'on convoque de nouveau le sujet de la santé, la recherche constante du plaisir peut amener des effets délétères sur cette dernière (*e.g.*, le manque de modération dans la recherche du plaisir peut engendrer des répercussions négatives sur la santé).<sup>180</sup> Ainsi, cet hédonisme traditionnel ne peut définir le bien-être hédonique tel qu'il est actuellement connu.<sup>119,180</sup>

Au début des années 1980, Diener s'empare de la question et détermine le bien-être subjectif à travers 3 caractéristiques.<sup>185</sup> Premièrement, le bien-être est un vécu expérientiel personnel

et subjectif où seul l'individu en question a la capacité de dire si oui ou non, il est en état de bien-être. La deuxième composante du bien-être hédonique se réfère à la dimension affective de ce dernier avec la présence d'affects positifs (*e.g.*, la joie, l'affection, la fierté ou l'engagement)<sup>186,187</sup> qui dépasserait le niveau d'affects négatifs.<sup>25,181,185</sup> Pour finir, le bien-être subjectif dispose d'une caractéristique cognitive s'intéressant à un aspect plus global que l'individu entretient avec sa propre vie (*i.e.*, la satisfaction de vie dans les différents domaines comme le travail, la famille et l'aspect financier).<sup>185,189,190</sup>

Pour évaluer ce bien-être subjectif, des mesures auto-rapportées (*e.g.*, des questionnaires subjectifs) sont très souvent réalisées.<sup>185,187,188</sup> Initialement, beaucoup de ces questionnaires se composaient d'un seul item engendrant des problèmes de validité et de fiabilité dans le temps en comparaison à des questionnaires s'appuyant sur plusieurs items (*e.g.*, il est par exemple impossible d'obtenir des estimations de la cohérence interne).<sup>185</sup> Afin de résoudre ce problème psychométrique, des questionnaires à plusieurs items ont ainsi été développés.<sup>185,188,189</sup> A titre d'illustration, nous pouvons mentionner l'*affect balance scale*, le *satisfaction with life scale*, le *positive and negative affective balance scale* ou encore le *scale of positive and negative experience*.<sup>185,188,189</sup>

### *b. Le bien-être eudémonique*

Bien qu'il paraisse essentiel de le mobiliser pour mieux appréhender le bien-être d'un individu,<sup>179</sup> l'aspect eudémonique de l'approche semble avoir suscité un intérêt moindre au sein de la communauté scientifique comparé au versant hédonique du même concept.<sup>181,184,190</sup> Ce bien-être eudémonique prend ses racines théoriques autour de la philosophie Aristotélicienne, *i.e.*, relatif à Aristote, philosophe de la Grèce Antique (**Figure 10**) et en désaccord théorique avec l'approche hédoniste de l'école cyrénaïque.<sup>179-181,183</sup> Aristote rejette l'hédonisme d'Aristippe qu'il assimile même à des comportements « *d'animaux inférieurs* ». <sup>179</sup> Selon l'approche eudémonique promulguée par Aristote, l'homme vit convenablement si ses actions sont en lien avec la vertu et la raison.<sup>179</sup>

Le terme *eudaimonia*, issu du Grec ancien, part du principe qu'un individu est heureux s'il dispose d'un but, qu'il se confronte à des challenges et s'épanouit.<sup>184,191</sup> Les eudémonistes appellent l'individu à reconnaître et à vivre en accord avec leur propre *daimon* (*i.e.*, qui représente un idéal à atteindre, l'excellence ou encore la perfection).<sup>183</sup> Ce *daimon* fait

référence aux potentialités de chaque personne. Ainsi, les efforts pour se rapprocher de son propre *daimon* (*i.e.*, atteindre son plein potentiel) représente le but de l'approche eudémoniste du bien-être.<sup>181,183</sup> Cette réalisation pleine de son propre potentiel, constitue à notre sens, la principale différence avec la conception hédoniste du bien-être. En effet, dans une perspective eudémoniste, la réalisation de son plein potentiel se déclenche lorsque l'individu est confronté à des challenges inhabituels<sup>183,191</sup> pouvant susciter sur le court terme une réponse affective plutôt négative. Cette philosophie eudémoniste implique également que l'individu soit à la recherche d'une croissance personnelle pour atteindre cet état de bien-être.<sup>180</sup> Ainsi, certains termes comme « florissant », « réalisation de son plein potentiel », « sentiment de sens dans ce que l'on entreprend » se rapportent à la caractéristique eudémonique de l'approche.<sup>180,182,192</sup> Ce bien-être eudémonique semble également être étroitement lié au sentiment d'autonomie permettant à l'individu d'exercer librement ses propres choix.<sup>181,184</sup> Afin d'évaluer la conception eudémonique du bien-être, le questionnaire multidimensionnel de Ryff et Keyes peut être mobilisé.<sup>192</sup> En effet, dans leur conception, les auteurs expliquent que le bien-être dispose de 6 dimensions à connotation eudémonique : l'acceptation de soi, le développement et la croissance personnelle, la recherche d'un but, des relations sociales positives, le contrôle de son milieu ainsi qu'un sentiment d'autonomie.<sup>192</sup>

Dans le domaine de la psychologie du sport, le bien-être du sportif présente également un intérêt croissant.<sup>118,191,193</sup> En effet, ce dernier influencerait la performance du sportif et pourrait probablement aider les athlètes à faire face aux divers challenges auxquels ils sont confrontés au cours de leur carrière sportive.<sup>28,119,191</sup>

### *c. Les manifestations et les outils de régulation du bien-être*

Comme évoqué dans les paragraphes précédents, il existe une multitude d'outils permettant de mesurer le bien-être d'un individu.<sup>185,188,189,192</sup> La plupart de ces outils, élaborés à partir d'une démarche déductive (*i.e.*, en partant d'un cadre théorique), fournissent des informations sur le niveau de bien-être d'un individu sans forcément s'intéresser à la manière dont ce dernier se manifeste et se régule. A titre d'exemple, le *positive and negative affective scale* de Watson,<sup>188</sup> un outil largement utilisé dans la littérature, permet de mesurer un niveau de bien-

être affectif renvoyant au caractère hédonique de ce même concept mais ne mobilise pas des aspects sur les manifestations et les outils de régulation du bien-être.

L'équipe sciences humaines et sociales de l'URéPSSS (SHERPAS) en étroite collaboration avec l'IRFO a souhaité répondre à ce manque en développant un questionnaire d'évaluation des manifestations et des outils de régulation du bien-être (**Figure 2**).<sup>25</sup> Ces manifestations du bien-être peuvent être définies comme l'ensemble des signes affectifs, physiques, comportementaux et cognitifs perçus permettant à l'individu de se définir dans un état de bien-être.<sup>194</sup> Autrement dit, comment un individu s'aperçoit-il qu'il va bien ?<sup>25</sup> En partant d'une démarche inductive, Carton et Fruchart<sup>25</sup> ont tâché de répondre à cette question en s'appuyant sur 100 entretiens semi-directifs. Par une analyse de contenu thématique, des catégories ont été construites et l'écriture des items réalisée. Les analyses statistiques exploratoires et confirmatoires ont amené 3 catégories de manifestations du bien-être : la sérénité, les relations sociales et la joie.<sup>25</sup> Ces différentes manifestations soulignent la forte connotation hédonique du bien-être auprès de la population.

L'autre objectif de ce travail était de détecter, toujours à partir de cette même démarche inductive, les outils de régulation du bien-être.<sup>25</sup> Ces mécanismes de régulation peuvent se définir comme des processus individuels utilisés lorsque le bien-être de l'individu est altéré (*e.g.*, lorsqu'il est chahuté sur le plan personnel ou encore professionnel).<sup>25</sup> Sur le plan théorique, ces outils de régulation peuvent se rapprocher (à une intensité moindre) des stratégies de coping (*i.e.*, stratégies utilisées pour faire face à une situation stressante menaçant ou dépassant les ressources d'un individu).<sup>25,195</sup> Partant de la question suivante: « lorsque votre bien-être est altéré, comment faites-vous pour retrouver du bien-être dans votre vie quotidienne ? », Carton et Fruchart<sup>25</sup> ont ainsi pu repérer 5 outils de régulation du bien-être : les relations sociales, le plaisir, les AP, la prise de distance et l'isolement. Bien que ces 5 éléments soient ressortis lors des analyses statistiques, les auteurs insistent sur le caractère individuel de la régulation du bien-être : « chacun bricole avec ses outils pour restaurer un niveau du bien-être ». <sup>25</sup> Les manifestations et les outils de régulation du bien-être découlant de ces entretiens et des analyses statistiques ont engendré la naissance d'un questionnaire d'évaluation des manifestations et des régulations du bien-être s'intitulant le *Diagnofeel*® (IRFO, Loos, France). Le *Diagnofeel*® a déjà fait l'objet aujourd'hui de plus de 500 passations. Il a également été mobilisé à plusieurs reprises par la communauté scientifique.<sup>196,197</sup>

#### 4. Conclusion

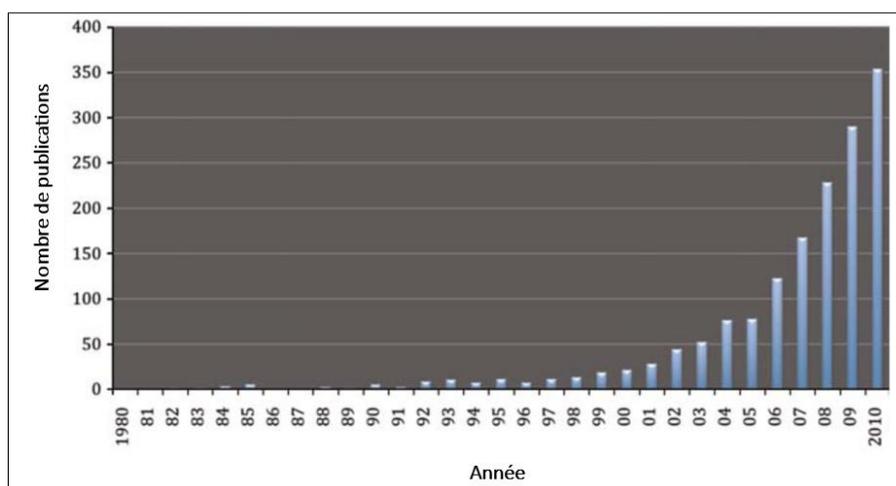
A travers ce deuxième chapitre, nous avons pu appréhender la santé en croisant une approche physiologique et psychologique (*i.e.*, pour paraphraser l'OMS, elle ne consiste pas seulement en « *une absence de maladies ou d'infirmité* » mais s'attarde également sur la dimension psychologique de l'individu).<sup>115,117</sup> Pour améliorer l'état de santé physique et mentale de l'homme, les bénéfices de l'AP ne sont plus à démontrer.<sup>6,23</sup> Cependant, la pratique d'un sport de haut-niveau et les demandes qui lui sont associées peuvent s'avérer être néfastes sur la santé physique et mentale de certains sportifs (*e.g.*, blessures ou prévalence élevée des troubles anxieux).<sup>123,124</sup> Ainsi, comme le réalisent certains athlètes, il semblerait judicieux d'évaluer régulièrement certains des médiateurs physiologiques et psychologiques du sportif pour mieux appréhender l'état de santé de ce dernier et ainsi adapter l'entraînement en fonction de ce même état.<sup>127</sup>

Parmi ces différents indicateurs physiologiques, nous retrouvons notamment les 5 composantes de la CP, promulguées par le modèle de l'ACSM, qui représentent des médiateurs physiologiques de la santé (**Figure 7**).<sup>34</sup> Un autre indicateur d'ordre physiologique de la santé, largement reconnu et utilisé dans le monde du sport (notamment pour détecter la « fatigue » du sportif et prévenir le surentraînement),<sup>37,127</sup> est la VFC qui est un biomarqueur psychophysologique fournissant des données précises sur l'état du SNA des sportifs. Pour finaliser ce chapitre, nous nous sommes intéressés à la santé mentale des athlètes, à travers l'approche du bien-être qui est une mesure plus subjective de la santé mais qui reste néanmoins nécessaire pour mieux appréhender de manière globale la santé mais également la performance du sportif.

Après avoir présenté les différents médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé du sportif, nous verrons à travers le prochain chapitre une intervention pouvant les améliorer.

### CHAPITRE III. PLEINE CONSCIENCE, PERFORMANCE ET SANTE

Articles de journaux, émissions de radio et de télévision, accroissement des publications scientifiques (**Figure 11**)...<sup>101,198</sup> nous entendons, dans notre société occidentale, de plus en plus parler de la méditation, de la pleine conscience ou encore de la *mindfulness*, qui sont parfois utilisées (à tort) comme des synonymes. Afin d'illustrer ces propos, Anderson et al.,<sup>122</sup> soulignent que l'utilisation de la pleine conscience a triplé entre 2012 et 2017. Son expansion est telle que l'intérêt de la pleine conscience gagne également d'autres sphères que celles de la santé (dont elle est initialement originaire)<sup>41</sup> comme par exemple l'école, l'entreprise et même plus récemment le monde du sport. Certains athlètes de renommée internationale issus de différentes pratiques sportives comme Novak Djokovic ou encore Daniil Medvedev (tennis), Cristiano Ronaldo (football), Lewis Hamilton (formule 1), LeBron James (basketball) ou encore Michael Woods (cyclisme), témoignent de ses bienfaits sur la performance et la santé.<sup>122,199</sup> A ce jour, Christophe André (un des spécialistes de la pleine conscience en France), la considère même comme un phénomène de mode<sup>200</sup> répondant à des besoins de notre société actuelle (*e.g.*, augmentation du stress produisant des effets néfastes sur notre santé, protection par rapport aux influences toxiques de notre époque, frein à la folie de la performance).<sup>122,201</sup> Cet accroissement frénétique de nos rythmes de vie pourrait être à l'origine de nos besoins de calme, d'intériorité et de lenteur que la pleine conscience semble développer.<sup>202</sup> A travers ce chapitre, nous partirons dans un premier temps dans un voyage historique à la découverte des diverses origines culturelles de la pleine conscience. Dans un second temps, nous présenterons les principaux programmes de pleine conscience ainsi que leurs limites avant de nous intéresser aux effets de ces mêmes MBI sur la performance et la santé des athlètes.



**Figure 11.** Présentation du nombre de publications scientifiques sur la pleine conscience année par année de 1980 à 2010, selon Williams et Kabat-Zinn<sup>198</sup>

## 1. Aux origines de la pleine conscience

### a. La pleine conscience, une approche éclectique à la croisée de l'orient et de l'occident

Bien que le concept représente aujourd'hui un intérêt croissant, la pleine conscience dispose d'une (très) longue histoire qui aurait débuté il y a près de 2500 ans à travers la pensée bouddhiste.<sup>200,203</sup> Cependant, son origine n'est pas uniquement un dérivé de cette pensée mais elle s'appuierait sur d'autres courants de pensées tels que l'Hindouisme, le Taoïsme, l'Islam, la Chrétienté et mêmes les philosophies Grecques anciennes ou Européennes modernes.<sup>101,107,203,204</sup> Nous allons tenter de retranscrire de manière chronologique les différents courants de pensées ayant pu influencer la pleine conscience telle que nous la connaissons aujourd'hui et telle qu'elle a été développée et scientifiée en 1979 par le Professeur Jon Kabat-Zinn.

Sur le plan lexical, ce serait au 6<sup>ème</sup> siècle avant JC à travers la tradition Bouddhiste (ayant largement influencée le concept)<sup>107,198–200,202,203,205</sup> que nous retrouverions les prémices de la pleine conscience *via* le terme *sati* issu du Pali (*i.e.*, une ancienne langue Bouddhiste), qui selon Stahl et Goldstein, signifierait « se souvenir ». <sup>204</sup> La pleine conscience (ou *mindfulness* en Anglais) semble puiser ses origines dans la pratique du *Samatha* (calmer l'esprit et le corps) et du *Vipassana* (méditation de l'attention), toutes deux issues de la tradition *Theravada* (une ancienne branche du Bouddhisme).<sup>203</sup>

Toujours au 6<sup>ème</sup> siècle avant JC, nous trouverions également des traces de la pleine conscience dans le Taoïsme (*i.e.*, un des 3 piliers de la pensée chinoise), notamment par le biais de pratiques immobiles de centration de l'attention sur des facteurs internes (*e.g.*, la respiration) comme nous retrouvons dans la méditation Taoïste « *Zuowan* ». <sup>203</sup>

Datant d'environ 1500 avant JC, les *upanishads* qui sont des textes sacrés Indouistes souligneraient la nécessité d'accroître l'attention et la contemplation en se centrant sur sa respiration pour diminuer le flot des pensées (ce que nous appelons plus communément aujourd'hui le vagabondage de l'esprit).<sup>203</sup> Sur le plan lexical, nous repérons toute l'influence de l'Inde sur la pleine conscience à travers le terme *smṛti* qui serait utilisé pour désigner la pleine conscience en Sanskrit (une ancienne langue Indienne).<sup>204</sup>

D'après Trousselard et al.,<sup>203</sup> des traces de la *mindfulness* auraient également été observées dans certaines philosophies occidentales. A titre d'exemple, au 16<sup>ème</sup> siècle après JC, Michel de Montaigne aurait mis en évidence l'importance d'être présent à ce que l'on fait et de ramener

l'attention vers le moment présent lorsque notre esprit vagabonde.<sup>203</sup> Baruch Spinoza, un philosophe néerlandais du 17<sup>ème</sup> siècle, aurait également expliquer l'intérêt d'observer et d'accepter les émotions désagréables pour favoriser leurs régulations.<sup>203</sup> De manière encore plus récente (20<sup>ème</sup> siècle), Edmund Husserl (philosophe Autrichien) et Martin Heidegger (philosophe Allemand) font l'éloge du moment présent à travers l'approche phénoménologique.<sup>203</sup>

Enfin, bien que cela semble moins mentionné, nous retrouvons des aspects de la pleine conscience comme l'attention ou encore la prise de conscience dans certaines religions monothéistes (*e.g.*, la Kabbale pour la religion Juive).<sup>203</sup>

Pour finaliser sur cet aspect historique, Jon Kabat-Zinn (docteur en biologie moléculaire ayant obtenu le titre de Professeur émérite de médecine) a occidentalisé, laïcisé et scientifié la pratique en introduisant, le concept de méditation de pleine conscience comme un outil favorisant la gestion du stress. Ainsi, il créa en 1979 le programme de réduction du stress basé sur la pleine conscience (MBSR de l'Anglais « *Mindfulness-Based Stress Reduction* »), une approche orientale s'appuyant sur les sciences occidentales, introduite dans la clinique de réduction du stress de l'université du Massachusetts.<sup>198</sup>

#### *b. Définition de la pleine conscience*

La pleine conscience est un concept simple et laïque consistant à porter délibérément son attention sur le moment présent dans une attitude d'acceptation sans jugement de valeurs.<sup>107,199</sup> Nous pouvons compléter cette définition de Jon Kabat-Zinn par celle de Kirk Warren Brown et Richard Ryan définissant la pleine conscience comme une attention et une prise de conscience de l'expérience présente.<sup>101</sup> Cette expérience du moment présent se réfère notamment à la prise de conscience de ses propres pensées, de ses émotions, de ses sensations et de ses actions se déroulant dans l'ici et le maintenant.<sup>101</sup> Cet état de pleine conscience vise à changer notre relation avec nos états internes (*e.g.*, nos pensées ou nos émotions) en permettant à l'individu d'être pleinement attentif à la réalité telle qu'elle se présente plutôt que d'agir de manière réactive.<sup>101</sup>

La pleine conscience est également considérée comme un trait.<sup>22,105</sup> Certains auteurs soulignent même la nécessité de distinguer la pratique de la pleine conscience avec ce que les

anglophones nomment le *dispositional mindfulness* reflétant la disposition qu'a un individu à être en état de pleine conscience.<sup>101</sup> Comme le rappellent Brown et al.,<sup>101</sup> les individus disposant d'un haut niveau de *dispositional mindfulness* ont tendance à être plus souvent en état de pleine conscience. Afin d'atteindre cet état, comme l'évoquent, Birrer et al.,<sup>105</sup> il existe une forme de méditation s'intitulant la méditation de pleine conscience.<sup>206</sup>

La méditation de pleine conscience peut être vécue comme un entraînement attentionnel consistant à atteindre volontairement l'état de pleine conscience pour se rendre tout simplement dans le moment présent.<sup>200</sup> Afin d'atteindre cet état, le méditant va tâcher dans un premier temps de prendre conscience du vagabondage de l'esprit pour ensuite recentrer son attention sur des événements internes (*e.g.*, le souffle, les pensées, les émotions ou les sensations) ou externes (*e.g.*, les sons).<sup>101,200</sup>

Contrairement parfois aux idées reçues, il n'est pas nécessaire d'allumer une bougie ou de faire brûler de l'encens pour pratiquer la méditation de pleine conscience. Au contraire, cette forme de méditation est une pratique très accessible pouvant s'intégrer parfaitement dans notre vie quotidienne. On parle même de pratique formelle et informelle.<sup>204</sup> La pratique formelle de la pleine conscience consiste à prendre le temps de s'arrêter et de se poser en s'asseyant ou en s'allongeant et à activer le « mode être »<sup>107</sup> plutôt que le « mode faire ». A travers ce « mode être », nous nous mettons volontairement en état de pleine conscience en focalisant notre attention sur la respiration, les pensées, les émotions ou encore les sensations kinesthésiques.<sup>107,204</sup> La pratique informelle vise quant à elle, à intégrer cet état de pleine conscience dans nos activités quotidiennes comme par exemple lors des repas (*e.g.*, être pleinement attentif aux saveurs des aliments), lors des relations aux autres voire même dans nos AP.<sup>204</sup> Nous retrouvons ces 2 formats de pratiques formelles et informelles dans les différents MBI.<sup>204</sup>

## 2. Les différents programmes de pleine conscience

A travers cette seconde partie, nous présenterons, dans un premier temps, les MBI les plus répandus dans la littérature qui ont été initialement développés pour des raisons thérapeutiques.<sup>200,203</sup> Puis, nous évoquerons les MBI (ainsi que leurs limites) créés spécifiquement pour s'intégrer dans le contexte sportif et qui s'inspirent des grands principes déployés dans les MBI à visée thérapeutique.

a. *Les principaux programmes de pleine conscience à visée thérapeutique*

Parmi les nombreux MBI que l'on retrouve à ce jour, 3 d'entre eux semblent prédominer au sein de la littérature scientifique. Dans ce trio, nous retrouvons le MBSR accompagné de 2 thérapies, *i.e.*, la thérapie cognitive basée sur la pleine conscience (MBCT de l'Anglais « *Mindfulness-Based Cognitive Therapy* ») et l'ACT.<sup>200,203</sup>

i. *Le programme de réduction du stress basé sur la pleine conscience*

Le MBSR de Jon Kabat-Zinn est le premier programme de pleine conscience tel que nous l'entendons sous sa conceptualisation moderne.<sup>200,203</sup> A ce titre, il est aujourd'hui considéré comme le MBI de référence au sein de la littérature scientifique.<sup>126</sup> Bien qu'il ait été créé en 1979 à la faculté de médecine du Massachussets, sa première publication scientifique date de 1982. Il a été développé par Jon Kabat Zinn pour tester son effet sur la douleur chez des patients souffrant de douleurs chroniques.<sup>207</sup> Depuis, il a fait l'objet d'un nombre innombrable de publications scientifiques (*i.e.*, si nous cherchons sur *Pubmed*, le MBSR dans les titres et/ou les résumés, près de 1500 articles scientifiques sont disponibles). Certains auteurs l'utilisent même encore aujourd'hui dans le contexte sportif dans une optique d'amélioration de la performance et de la santé.<sup>28</sup>

Ce MBSR est un programme de 8 à 10 semaines composé d'une séance hebdomadaire de groupe d'une durée d'environ 2h favorisant l'entretien de la motivation des méditants.<sup>207</sup> A cela s'ajoute des exercices de pleine conscience à réaliser quotidiennement et individuellement sur une durée de 45min. Il regroupe essentiellement 3 types d'exercices de pleine conscience : *a)* le balayage corporel<sup>207</sup> qui est pratiqué allongé visant à scanner le corps de bas en haut, en centrant son attention sur les ressentis internes et sur la respiration, *b)* la pleine conscience de la respiration et d'autres sensations internes (pratique assise sur une chaise ou sur un coussin de méditation), et *c)* des postures d'Hatha Yoga introduisant la dimension de la pleine conscience par l'exercice que les anglophones nomment plus communément les *mindbody exercises* (*i.e.*, des exercices de pleine conscience en mouvement).<sup>207</sup> Jon Kabat-Zinn<sup>207</sup> souligne que le Hatha Yoga ne représente pas une technique de pleine conscience en soi mais qu'il est tout à fait possible de l'enseigner en intégrant les fondamentaux de cette dernière.<sup>207</sup>

ii. *La thérapie cognitive basée sur la pleine conscience*

Le MBCT est un MBI créé dans les années 1990 par Zindel Segal, John Teasdale et Mark Williams<sup>200,208,209</sup> s'adressant tout particulièrement à des patients en rémission d'une dépression majeure.<sup>210</sup> L'objectif du MBCT est de prévenir la rechute dépressive en apprenant aux patients à devenir plus conscients de leurs pensées, de leurs émotions et de leurs sensations corporelles ainsi qu'à les gérer différemment (*i.e.*, se désengager des schémas de pensées ruminatifs liés à la dépression).<sup>210</sup>

Pour cela, les auteurs auraient préalablement été rencontrés Jon Kabat-Zinn en assistant au contenu du MBSR.<sup>209</sup> Ils auraient ensuite adapté ce contenu en y intégrant des éléments de la thérapie comportementale et cognitive pour la dépression ainsi que des outils issus de la psychologie cognitive des émotions.<sup>209,210</sup> La durée du MBCT est similaire à celle du MBSR, *i.e.*, 8 semaines d'interventions avec des séances hebdomadaires en groupe et des pratiques individuelles quotidiennes. Le tableau ci-dessous présente le contenu des 2 programmes (Tableau 1)

**Tableau 1.** Présentation des 2 grands programmes de pleine conscience à visée thérapeutique

	Programme de réduction du stress par la pleine conscience	Thérapie cognitive basée sur la pleine conscience
<b>Auteurs</b>	Kabat-Zinn	Segal et al.
<b>Création</b>	1979	1995
<b>Objectif</b>	Réduire le stress et la douleur	Prévenir la rechute dépressive
<b>Format</b>	Groupe / individual	Groupe / individuel
<b>Durée</b>	8-10 semaines	8 semaines
<b>Séance individuelle</b>	45min/jour	45min/jour
<b>Séance de groupe</b>	1 session/semaine (2h - 2h30)	1 session/semaine (2h)
<b>Pratique</b>	Formelle et informelle + Hatha Yoga	Formelle et informelle

*iii. La thérapie d'acceptation et d'engagement*

Développé par le psychologue et docteur Steven Hayes (ayant également obtenu le grade de Professeur des universités), l'ACT est une thérapie expérientielle, s'intégrant dans la troisième vague des thérapies comportementales et cognitives, qui a pour finalité d'accroître la flexibilité psychologique des patients.<sup>15,100,106,203,211</sup> Ce serait au début des années 2000, sous l'impulsion de Steven Hayes que la troisième vague des thérapies comportementales et cognitives ferait son apparition.<sup>15</sup> Contrairement, à la première et à la deuxième vague des thérapies comportementales et cognitives (*i.e.*, approche comportementaliste puis cognitiviste), la troisième vague s'intéresse davantage au contexte ainsi qu'au vécu émotionnel et expérientiel du patient avec la mise en avant de la notion d'acceptation.<sup>15</sup> L'ACT est un des programmes largement reconnu issu de la troisième vague des thérapies comportementales et cognitives.<sup>15</sup> L'un des objectifs de cette thérapie est de transformer les relations avec les pensées et les émotions difficiles en faisant en sorte de les accepter et de les intégrer plutôt que d'essayer de les contrôler ou de les modifier.<sup>211</sup> Pour ce faire, la thérapie s'appuie sur certains mécanismes qui sont propres à la pleine conscience comme par exemple l'acceptation, le contact avec l'instant présent, la focalisation de l'attention ou encore le soi-comme contexte (également appelé le soi observateur qui consiste à prendre du recul sur soi en observant nos pensées, nos émotions et nos sensations).<sup>15,106</sup> En lien avec ces éléments, l'ACT propose également des temps de méditation de pleine conscience où le patient sera entraîné à être dans le présent, à diriger intentionnellement son attention sur des éléments qu'il vit (*e.g.*, pensées, émotions ou sensations).<sup>15,106</sup>

*b. Les programmes de pleine conscience pour les athlètes*

Jon Kabat-Zinn et son équipe ont été les premiers à introduire la pleine conscience chez des sportifs (*i.e.*, des rameurs) en 1985.<sup>21,40,105,212</sup> Suite à cette introduction et durant quelques années, peu d'études se sont intéressées à la pleine conscience dans le sport.<sup>21</sup> Cependant, depuis 2004, en s'appuyant essentiellement sur les MBI créés dans le domaine de la santé (*i.e.*, le MBSR, le MBCT et l'ACT), des programmes de pleine conscience spécifiquement développés pour s'intégrer dans le contexte sportif, ont vu le jour.<sup>22,41,122,213</sup> Leurs principales finalités sont d'optimiser la performance et d'améliorer la santé des athlètes.<sup>22,41,122,213</sup> C'est sous l'impulsion

de Frank Gardner et Zella Moore<sup>14</sup> que le premier MBI pour les athlètes a été déployé afin de proposer une alternative aux traditionnelles techniques de PM visant le plus souvent à contrôler et modifier les pensées et les émotions désagréables pouvant engendrer un effet contre-productif (*i.e.*, augmentation de la charge cognitive). Dans la suite de cette partie, nous présenterons de manière chronologique, les principaux programmes de pleine conscience utilisés dans le domaine sportif avant d'en explorer leurs limites.

*i. Le mindfulness-acceptance-commitment*

Le *Mindfulness-Acceptance-Commitment (MAC) approach to athletic performance* est une adaptation et une intégration de l'ACT et du MBCT au sein du contexte sportif (**Tableau 2**).<sup>14,22</sup> Comme son nom le laisse sous-entendre, le MAC dispose de 3 principales composantes : la pleine conscience, l'acceptation et l'engagement.<sup>108</sup> Ce MBI a pour finalité de développer l'attention des athlètes vers des indices pertinents liés à sa performance.<sup>14,22</sup> Tout comme l'ACT, le MAC promeut l'attitude de non-jugement par l'acceptation des expériences internes faisant partie intégrantes de l'expérience humaine et par conséquent de l'entraînement du sportif.<sup>14</sup> A travers le MAC, les sportifs apprennent à reconnaître les connexions entre les pensées, les émotions et les comportements.<sup>14</sup> Il s'agit notamment de rester au contact de ces expériences internes (*e.g.*, les pensées, les émotions ou encore les sensations physiques) plutôt que de les fuir pour ensuite centrer l'attention vers des indices internes pertinents favorisant la performance du sportif.<sup>14</sup>

Il existe 2 versions du MAC : un format individuel s'étalant sur 12 semaines avec une séance hebdomadaire d'une durée de 1h, et, un format en groupe d'une durée de 8 semaines avec des sessions hebdomadaires de 1h30 (**Tableau 2**). Dans ces 2 versions, le MAC est composé de 7 modules : *a*) psychoéducation, *b*) introduction à la pleine conscience et à la défusion cognitive (*i.e.*, prendre conscience que les pensées ne sont que des pensées), *c*) introduction des comportements axés sur les valeurs dans le domaine sportif et dans la vie, amélioration de l'acceptation (volonté de vivre pleinement les événements tels qu'ils sont plutôt que d'essayer de les contrôler et de les changer), *d*) introduction de l'acceptation, *e*) amélioration de l'engagement (*i.e.*, présentation des concepts d'engagement et de motivation), *f*) consolidation des habiletés de la pleine conscience en développant la flexibilité mentale, *g*) maintien et amélioration de la pleine conscience, de l'acceptation et de l'engagement.<sup>14,22,108,214</sup> Dans ces

différents modules, nous trouvons des exercices de bases de la méditation de pleine conscience qui figurent dans le MBSR (*e.g.*, le balayage corporel ou la pleine conscience de la respiration). A noter qu'à ce jour en psychologie du sport, le MAC est très certainement le MBI le plus cité dans la littérature scientifique.<sup>214</sup>

### *ii. Le mindfulness-sport-performance-enhancement*

Le *Mindful Sport Performance Enhancement* (MSPE) est un autre MBI développé par Keith Kaufman, Carol Glass et Diane Arnkoff qui sont cliniciens ou chercheurs en psychologie du sport du côté de Washington. Le MSPE, qui a largement été mentionné dans la littérature,<sup>22,215-217</sup> est une intégration et une adaptation des programmes MBSR et MBCT au sein du contexte sportif. A ce titre, nous retrouvons les exercices de pleine conscience du MBSR tels que les exercices du raisin sec (*i.e.*, utiliser ses sens pour observer puis déguster un raisin sec), du balayage corporel, de la respiration, de la méditation assise ou encore des exercices de pleine conscience en mouvement (*i.e.*, méditation marchée, introduction d'un *mindbody exercise*, yoga).<sup>215</sup> Comme le MAC, le MSPE vise le développement des habiletés de la pleine conscience mais il se différencie de ce dernier pour 2 principales raisons. Tout d'abord, il ne met pas l'accent sur les notions de valeurs et d'engagement.<sup>215</sup> De plus, sa durée totale est moindre que celle du MAC (**Tableau 2**). En effet, le MSPE est un programme de 4 semaines. Il a été volontairement réduit de moitié comparativement aux programmes MBSR et MBCT par crainte que des athlètes non-élites n'aient le temps de s'engager dans ce type d'intervention. Ces 4 semaines incluent une session de groupe hebdomadaire d'une durée de 2h30 pour les 3 premières sessions et de 3h pour la dernière session.<sup>215</sup> A cela s'ajoute entre les sessions des temps de pratique autonome quotidien variant d'une durée de 10 à 45min.<sup>215</sup>

A noter qu'il existe également une version allongée du MSPE s'étalant sur 6 semaines et incluant des sessions de groupe d'une durée de 90min.<sup>22</sup>

### *iii. Le mindfulness for performance*

Le *Mindfulness For Performance* (MFP) est un programme de pleine conscience qui a été développé par une équipe Française de chercheurs, de psychologues et de préparateurs mentaux spécialisés dans le domaine de la performance sportive.<sup>213</sup> Il s'appuie sur la structure et les principes du MBCT et de l'ACT.<sup>213</sup> Dans un livre sorti récemment et présentant le MFP,<sup>17</sup>

Jean Fournier et Marjorie Bernier soulignent également l'influence du MBSR de Kabat-Zinn dans la création de leur programme.<sup>207</sup>

Initialement déployé auprès de golfeurs, il s'est étendu auprès d'autres pratiques sportives (*e.g.*, basketball, tennis de table ou patinage artistique).<sup>20,96,213</sup> Le MFP a pour finalité d'optimiser la performance sportive en améliorant le niveau d'attention des athlètes *via* l'appropriation de points d'attention (plus communément appelés ancrage).<sup>17,20</sup> Afin de répondre à cet objectif, le MFP s'étale sur 6 semaines (**Tableau 2**)<sup>17,20,22</sup> et propose 1 à 2 séances hebdomadaire d'une durée de 60 à 90min. Ce temps de pratique hebdomadaire varie en fonction des études mobilisées. En effet, Ben Sahla et Fournier<sup>22</sup> mentionnent un temps de séance de 1h30 à raison d'une à 2 fois par semaine (dont une séance se réalisant dans l'entraînement) tandis que Fournier et Bernier<sup>17</sup> évoquent une durée de pratique de 1h à raison d'une fois par semaine. A cela s'ajoute des temps de pratiques de 10min 2 à 3 fois par semaine.<sup>17</sup> Le MFP se déroule en 3 étapes distinctes : *a*) identifier les points d'attention, *b*) entraînement à la *mindfulness* (*i.e.*, on retrouve les exercices de base du MBSR/MBCT comme le balayage corporel et la pleine conscience de la respiration), et *c*) intégration dans une situation de compétition.<sup>17,22</sup>

#### *iv. Les autres programmes de pleine conscience dans le sport*

A ces principaux programmes de pleine conscience incorporés dans le contexte sportif (MAC, MSPE, MFP), nous pouvons mentionner 2 autres MBI déployés pour s'intégrer dans un contexte sportif en particulier (*i.e.*, le cyclisme et le badminton).<sup>16,18</sup>

Pour le cyclisme, il s'agit de *Mindfulness Training Protocol* (MTP) créé par John Scott-Hamilton, Nicola Schutte et Rhonda Brown en Australie.<sup>16</sup> Ce MFP, qui s'appuie sur le *mindfulness-integrated behavior therapy program* de Cayoun (un programme intégrant la pleine conscience à la thérapie comportementale et cognitive) dispose d'une durée de 8 semaines (**Tableau 2**).<sup>16,22,218</sup> Le MFP est très axé sur l'intégration de la pleine conscience à l'intérieur de l'entraînement de l'athlète. En effet, les cyclistes sont invités à pratiquer de manière hebdomadaire une séance de groupe de pleine conscience sur le vélo.<sup>16</sup> Durant ces sessions de groupe s'effectuant dans un cadre guidé, ils sont encouragés à observer les sensations physiques et à recentrer leur attention vers des sensations internes (*e.g.*, la respiration) lorsque leur esprit vagabonde.<sup>16</sup> Cette séance de groupe sur vélo a pour finalité d'aider les cyclistes à

assimiler les techniques de pleine conscience au sein de leur pratique sportive. A cette pratique intégrée dans le contexte sportif, s'ajoutent également des temps de pratique autonome de 30min par jour (généralement divisé en 2 temps, *e.g.*, 2x15min).<sup>16</sup>

L'autre programme développé pour les badistes est le *mindfulness badminton integrated* déployé par Julie Doron et son équipe en 2020.<sup>18</sup> Ce programme de pleine conscience se fonde sur les principes du MAC et du MFP.<sup>18</sup> Ainsi, nous retrouvons quelques similitudes avec le MAC (*i.e.*, la psychoéducation, l'acceptation, l'engagement et la défusion cognitive) ainsi qu'avec le MFP (*i.e.*, création d'une routine).<sup>18</sup> Tout comme le MTP, l'objectif de ce programme est d'intégrer le plus possible les exercices de pleine conscience à l'intérieur de l'entraînement du badiste.<sup>18</sup> En ce sens, la grande partie des sessions présentes dans ce programme se déroule sur le court de badminton. Ce MBI de 8 semaines est divisé en 4 modules de 2 semaines (*i.e.*, psychoéducation, pleine conscience, acceptation et focalisation de l'attention) dans laquelle nous retrouvons 1 à 2 session(s) par semaine d'exercices de pleine conscience d'une durée variant de 20 à 45min (**Tableau 2**).<sup>18</sup> A ces différentes sessions s'ajoutent également des temps de pratique autonome à raison de 2 à 3 fois par semaine.

A noter qu'une adaptation de ce programme au monde du basketball (*i.e.*, le *mindfulness basketball integrated*) a récemment été proposée par Goisbault et al.<sup>19</sup> Dans cette version, quelques légers changements comparativement à la version de Doron et al.<sup>18</sup> sont proposés : *a)* les exercices ont été adaptés à la logique du basketball, *b)* un module s'intitulant « buts et valeurs » a été rajouté pour renforcer l'engagement des athlètes, et *c)* la durée du programme a été allongée à 15 semaines.

**Tableau 2.** Présentation des principaux programmes de pleine conscience chez les sportifs adaptés de Ben Salha et Fournier<sup>22</sup>

	MAC	MSPE	MFP	MTP	<i>Mindfulness badminton integrated</i>
<b>Auteurs</b>	Gardner et Moore <sup>14</sup>	Kaufmann et al. <sup>215</sup>	Bernier et al. <sup>213</sup>	Scott-Hamilton et al. <sup>16</sup>	Doron et al. <sup>18</sup>
<b>Date de publication</b>	2004	2009	2009	2016	2020
<b>Influencé par</b>	ACT / MBCT	MBSR / MBCT	ACT / MBCT / MBSR	MiCBT	MAC / MFP
<b>Format</b>	Individuel / Groupe	Groupe	Individuel / Groupe	Individuel / Groupe	Groupe
<b>Durée totale</b>	Individuel : 12 semaines En groupe : 8 semaines	4 semaines (version étendue de 6 semaines) <sup>22</sup>	6 semaines	8 semaines	8 semaines
<b>Session</b>	Individuel : 1 session/semaine (1h) En groupe : 1 session/semaine (1h30)	1 session/semaine (2h30 à 3h)	1 session/semaine (1h)	1 session /semaine (35min dont 20min dédié sur vélo)	1 à 2 session(s)/semaine (20 à 40min)
<b>Pratique entre les sessions</b>	Aucune <sup>22</sup> mais pratique suggéré <sup>108</sup>	Exercice quotidien (10 à 45min)	2 à 3 sessions/semaine (10min)	Exercice quotidien (30'/jour)	2 à 3 fois/semaine
<b>Intégration dans le contexte sportif</b>	Non	Introduction d'une méditation spécifique dans le contexte sportif	Oui	Oui	Oui

**Légende :** ACT : thérapie d'acceptation et d'engagement, MAC : *Mindfulness Acceptance Commitment*, MBCT : Thérapie cognitive basée sur la pleine conscience, MBSR : Réduction du stress basé sur la pleine conscience, MFP : *Mindfulness For Performance*, MSPE : *Mindfulness-Sport-Performance-Enhancement*, MTP : *Mindfulness Training program*.

*v. Les limites des programmes de pleine conscience dans le sport*

Bien que ces nombreux MBI (MAC, MSPE, MFP, MTP) aient été spécifiquement développés pour s'intégrer dans le contexte sportif, ils disposent néanmoins de certaines limites méritant d'être soulevées.<sup>22</sup>

De manière générale, les sessions de pleine conscience proposées dans ces différents programmes peuvent être relativement longues (*i.e.*, de 35min à 3h de pratique en groupe/semaine). A cette pratique de groupe hebdomadaire, s'ajoute très généralement des temps de pratiques individuelles quotidiennes de durées variables (*e.g.*, pouvant monter jusqu'à 45min/jour pour le MSPE, **Tableau 2**). Ces temps de pratiques élevés nécessitent un investissement important pour les personnes souhaitant s'engager dans des MBI.<sup>205</sup>

Comme le soulignent Burlot et al.,<sup>10</sup> la haute performance consomme énormément de temps et les athlètes ne sont pas épargnés par l'accélération frénétique du temps observée dans notre société actuelle.<sup>10,219</sup> A titre d'illustration, Burlot et al. soulignent que 70% des athlètes de haut-niveau déclarent manquer de temps.<sup>220</sup> En effet, les athlètes sont amenés à gérer les entraînements, les compétitions, les stratégies de récupération, les études tout en essayant de maintenir une vie sociale... Bref, la vie d'athlète de haut-niveau s'est fortement accélérée depuis ces dernières années pouvant mettre les sportifs en perpétuel état de pression temporelle constante.<sup>10</sup>

Pour remédier à cette course contre la montre, certains MBI comme le MFP, le MTP ou encore le *mindfulness integrated badminton* intègrent des séances de pleine conscience à l'intérieur de la séance d'entraînement.<sup>16,18,213</sup> Afin de lever cette contrainte temporelle, les BMM<sup>205</sup> pourraient également être une solution appropriée. Bien que ces BMM ne semblent pas disposer d'une définition consensuelle au sein de la littérature, Ana Howarth et son équipe,<sup>205</sup> dans une récente revue systématique, définissent les BMM à travers 3 critères : *a)* la session de pleine conscience ne doit pas dépasser 30min, *b)* le temps total de pratique ne doit pas être supérieur à plus de 100 min par semaine, et *c)* le MBI ne doit pas durer plus de 4 semaines. Howarth et al.<sup>205</sup> ont proposé cette définition des BMM puisqu'elle correspondrait à environ la moitié du MBSR (que ce soit en terme de durée des séances individuelles ou sur la longueur totale du programme), qui est globalement de 1h par jour répartie sur 8 semaines (**Tableau 1**). Pour finaliser sur les BMM, cette revue systématique démontre les bénéfices de ces temps brefs de pleine conscience sur la santé des individus (*e.g.*, réduction des affects négatifs ou

diminution de l'anxiété).<sup>205</sup> Curieusement, à notre connaissance, ces BMM n'ont été que trop peu investigués dans le champ sportif et méritent de plus amples explorations.

Au-delà de cette contrainte temporelle, d'autres limites ont été mentionnées chez ces MBI développés pour les athlètes.<sup>22</sup> Par exemple, le MAC et le MSPE n'intègrent pas dans leur contenu des exercices pratiques de pleine conscience à mobiliser pendant l'entraînement ou la compétition.<sup>22</sup> De plus, ces 2 approches, n'impliquent pas les entraîneurs dans le MBI alors qu'il paraît essentiel de les sensibiliser afin qu'ils puissent adapter leurs discours et leurs comportements avec les principes que la pleine conscience dégage (*e.g.*, acceptation de l'état de forme de l'athlète et adaptation de l'entraînement en fonction de cet état).<sup>22</sup>

En revanche, contrairement au MAC et au MSPE, le MFP et le MTP intègrent tous 2 des exercices de *mindfulness* dans l'entraînement s'ajustant à la pratique sportive. Cependant, comme le soulignent récemment Ben Sahla et Fournier, le manque de répliquabilité de ces programmes leur fait à ce jour défaut.<sup>22</sup> Ce manque de répliquabilité serait principalement dû au faible nombre d'études ayant testé les effets des MBI sur des médiateurs objectifs de la performance.<sup>22</sup>

### 3. Effets de la pleine conscience sur la performance et la santé des athlètes

Nous souhaitons, dans cette partie, réaliser un état des lieux non-exhaustif des effets de la pleine conscience sur la performance et la santé des athlètes. La première partie aura pour objectif d'étudier les effets des MBI sur des médiateurs physiologiques de la performance et de la santé. La seconde partie s'intéressera aux effets des MBI sur les médiateurs psychologiques influençant la performance et la santé des athlètes. La troisième partie évoquera les différentes limites présentées dans la littérature sur les effets des MBI chez les athlètes. Pour finir, nous tenterons d'explicitier les différents mécanismes d'action que la pleine conscience mobiliserait pour impacter la performance et la santé des athlètes.

Compte tenu du fait que la pleine conscience dans le sport est une pratique relativement récente, relativement peu d'études sembleraient avoir évalué les effets des MBI sur des médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé du sportif.<sup>40</sup> A titre d'exemple, la revue systématique de Bühlmeier et al.<sup>40</sup> s'intéressant aux effets de la pleine conscience sur la performance des athlètes ne s'appuie que sur les résultats de 9 études

disposant de qualités méthodologiques variables.<sup>40</sup> Par conséquent, cet état de l'art soulève certaines limites qui seront présentées ultérieurement et qui nécessitent d'être prises en compte dans les résultats présentés dans cette revue de la littérature.

*a. Effets de la pleine conscience sur les médiateurs physiologiques de la performance et de la santé des athlètes.*

De manière générale, les effets de la pleine conscience sur les médiateurs physiologiques de la performance et de la santé (*i.e.*, les différentes composantes de la CP) sont nuancés au sein de la littérature scientifique puisqu'ils semblent être en lien avec la pratique sportive mobilisée.

En effet, Bülmayer et al.,<sup>40</sup> dans leur revue systématique ont observé une élévation de la performance sportive grâce à la pratique de la pleine conscience dans des sports de précision faisant appel à la coordination, *i.e.*, le tir au pistolet, le tir à la carabine, le lancer de fléchette ou encore le golf...<sup>40,213,221</sup> Ces résultats ont été récemment affirmés chez une population de basketteurs<sup>19,20</sup> où une amélioration de la performance au lancer franc a été détectée à la suite d'un MBI. Nous retrouvons également ce type de conclusions prometteuses chez des joueurs de tennis de table (*i.e.*, augmentation du nombre de points accumulés lors des matchs de tennis de table entre le début et la fin du programme de pleine conscience).<sup>20</sup>

Cependant, la réussite dans ces sports de précision n'est pas directement influencée par des facteurs physiologiques (*e.g.*, le  $\dot{V}O_2\text{max}$ ) caractéristiques de certaines autres pratiques sportives comme la course à pied.<sup>21,40</sup> Certains auteurs<sup>21,40</sup> se questionnent pour savoir si ces mêmes effets positifs de la pleine conscience sur la performance sportive seraient présents dans les sports où les ressources physiologiques demandées sont prépondérantes, comme c'est par exemple le cas en course à pied.<sup>40</sup> Récemment, Corbally et al.<sup>21</sup> ont tenté de répondre à cette question, à travers une autre revue systématique. En effet, ces auteurs ont examiné les effets des MBI sur la santé physique des coureurs à pied d'endurance. Malheureusement, bien qu'une seule étude ait observé une amélioration de l'endurance cardiorespiratoire, une année après que les coureurs aient effectué le MSPE,<sup>216</sup> le faible nombre d'études incluses dans cette revue systématique, ne permet pas d'en tirer des conclusions précises et affirmatives.<sup>21</sup> Dans le même ordre d'idée, Jones et Parker<sup>222</sup> ont mis en évidence que les athlètes disposant d'un niveau de pleine conscience (trait) élevé avaient de meilleures performances sur 800m que leurs pairs présentant un niveau de pleine conscience inférieur. Bien que des limites méthodologiques importantes aient été rapportées par les auteurs (*e.g.*, le groupe contrôle

était non-actif ou les groupes n'ont pas été pleinement randomisés), Jones et al.<sup>28</sup> ont décelé une amélioration de l'endurance cardiorespiratoire chez des rameurs avec une réduction du temps réalisé sur un 6km à la suite du programme MBSR comparativement à un groupe contrôle.

Bien que les effets des MBI sur la pénibilité de l'exercice semble avoir été peu étudiés au sein de la littérature scientifique,<sup>223</sup> certains travaux ont tout de même pu mettre en évidence les effets bénéfiques de la pleine conscience sur la RPE.<sup>224-226</sup> A titre d'exemple, une étude a pu observer une amélioration de la précision de la RPE à la suite d'un exercice de pleine conscience (*i.e.*, les valeurs de RPE fournies par les participants étaient plus en adéquation avec des indices physiologiques réels de l'effort comme par exemple la fréquence cardiaque).<sup>224,225</sup> D'autre part, un essai contrôlé randomisé (RCT de l'Anglais « *Randomised Controlled Trial* »), a montré une réduction de la RPE (pour le même exercice physique) à la suite d'une intervention basée sur la thérapie ACT comparé à un groupe contrôle.<sup>226</sup> Cependant, ces différentes études n'ont pas été réalisées sur une population d'athlètes mais ont plutôt mobilisé des individus sédentaires ou faiblement actifs.<sup>224-226</sup> En revanche, une récente étude emmenée par Dicle Aras et son équipe,<sup>227</sup> sur une population de basketteurs n'a observé aucun bénéfice de la pleine conscience sur la RPE.

Par conséquent, et puisque les résultats semblent contradictoires, d'autres travaux méritent d'être menés pour mesurer les effets des MBI sur la RPE auprès d'athlètes entraînés en incluant des exercices de haute intensité. En effet, la plupart des MBI s'associant à un entraînement physique proposaient des séances d'AP à basse intensité.<sup>228</sup>

Contrairement à la RPE, la VFC qui est considérée comme un biomarqueur psychophysiologique de la santé physique et mentale chez l'homme a été plus largement investie au sein de la littérature scientifique.<sup>126</sup> En effet, Brown et al.<sup>126</sup> ont récemment réalisé une méta-analyse en s'intéressant aux effets des MBI sur la VFC.<sup>126</sup> Leurs résultats issus de 19 études soulignent qu'il n'y a actuellement pas assez de preuves pour indiquer que les MBI conduisent à des améliorations de la VFC comparativement à une condition contrôle.<sup>126</sup> Cependant, les études incluses proposaient des MBI s'appuyant sur des temps longs de pratique comme ceux proposés dans le cadre du MBSR (**Tableau 1**).<sup>126</sup> Par conséquent, les BMM comme l'entendent Howarth et al.,<sup>205</sup> n'ont pu être intégrés puisqu'un des critères d'exclusion du travail de Brown

et al., était que les études disposent d'un temps de pratique d'au minimum 4h.<sup>126</sup> Qui plus est, aucune des études incluses dans cette méta-analyse,<sup>126</sup> ne s'est intéressée aux effets des MBI sur la VFC des sportifs (*i.e.*, plus de 60% de la population des études incluses étaient des personnes disposant d'une maladie chronique ou de troubles mentaux). A notre connaissance, les effets de la pleine conscience sur la VFC des athlètes, qui est considérée comme un indicateur de la « fatigue » de ces derniers,<sup>37</sup> a fait l'objet de très peu d'études. Très récemment, Aras et al.<sup>227</sup> ont décelé qu'un balayage corporel de 10min n'engendrait pas d'effet positif supplémentaire sur la VFC comparativement au visionnage d'un documentaire sur la nature. Ainsi, les effets de la pleine conscience sur la VFC des athlètes semblent être un objet d'étude relativement récent qui mériterait davantage d'approfondissement.

Pour conclure, ces résultats prometteurs méritent d'être investigués autour d'autres études disposant d'une plus grande qualité méthodologique (*e.g.*, RCT) pour venir confirmer les bénéfices de la pleine conscience sur les médiateurs physiologiques de la performance et de la santé des athlètes.<sup>21,40,229</sup>

*b. Effets de la pleine conscience sur les médiateurs psychologiques de la performance et de la santé*

A propos des médiateurs psychologiques influençant la performance sportive, nous retrouvons notamment les habiletés de la pleine conscience (*i.e.*, la prise de conscience, l'acceptation et la re-concentration, **Figure 6**). Globalement et à la lecture des articles scientifiques consultés, les MBI paraissent favoriser le développement des habiletés de la pleine conscience chez les athlètes.<sup>18,19</sup> Cependant, ces bénéfices varient d'une étude à l'autre avec des résultats disparates en fonction de la pratique sportive mobilisée. Par exemple, dans le cadre du badminton, Doron et al.<sup>18</sup> ont constaté une amélioration de la prise de conscience du moment présent des athlètes à la suite du *mindfulness badminton integration* (**Tableau 2**). En revanche, aucune différence statistique n'a été décelée sur le niveau d'acceptation de ces mêmes badistes.<sup>18</sup> Du côté du basketball, Goisbault et al.<sup>19</sup> ont récemment observé que seules les capacités d'acceptation et de non-jugement s'amélioraient après un MBI. Chez des joueurs de tennis de table, Tebourski et al.<sup>20</sup> ont démontré une augmentation de la re-concentration, tandis que les niveaux de prise de conscience et d'acceptation sont restés globalement stables durant le MBI. Pour finaliser ce tour des pratiques sportives, Corbally et al.<sup>21</sup> dans le domaine

de la course à pied, ont pu mettre en évidence le manque de RCT pour venir affirmer que la pleine conscience engendre des effets bénéfiques sur les habiletés de la pleine conscience du coureur à pied d'endurance.<sup>21</sup> Cette limitation mérite d'être soulevée car la course à pied est une activité stressante, difficile, engendrant de la fatigue, des affects négatifs et même de la douleur physique lorsque l'intensité de l'effort est élevée (*e.g.*, lors des fameux fractionnés).<sup>21</sup> Pour faire face à cette haute intensité d'effort, les habiletés de la pleine conscience peuvent se montrer utiles et pour les développer les MBI s'avéreraient particulièrement efficaces.<sup>18-20</sup> Cependant, certains auteurs<sup>228</sup> se questionnent tout de même pour savoir si le fait de porter son attention, même dans une attitude de non-jugement sur les inévitables sensations désagréables produites par une pratique d'AP élevée (*e.g.*, essoufflement ou douleurs musculaires) engendrerait des bénéfices sur l'expérience du coureur (*i.e.*, amélioration des habiletés de la pleine conscience).

Pour résumer, les MBI paraissent globalement améliorer les habiletés de la pleine conscience des sportifs. Cependant, cette amélioration dépend de la pratique sportive mobilisée. Des RCT incluant des exercices physiques à intensité élevée paraissent nécessaires pour venir confirmer ces résultats en particulier dans les sports d'endurance tels que la course à pied où très peu d'études semblent avoir été réalisées.<sup>21</sup>

Un autre paramètre bien connu pour influencer la santé mais également la performance sportive des athlètes est le niveau de bien-être de ces derniers.<sup>28,113</sup> Les bénéfices des MBI sur le bien-être d'une population non-sportive ne sont plus aujourd'hui à démontrer et de récents travaux ont pu observer ces mêmes bénéfices sur des athlètes, avec néanmoins certaines limites méritant d'être présentées.<sup>28,122,230</sup> En effet, en nous appuyant sur la très récente méta-analyse de Kearnan Myall et de son équipe,<sup>230</sup> les 5 études incluses s'intéressant aux effets des MBI sur le bien-être des athlètes, disposaient d'un risque de biais modéré principalement dû à l'absence d'un groupe contrôle actif.<sup>230</sup> Dans cette revue systématique, le MAC et le MBSR étaient les 2 principaux programmes de pleine conscience proposés aux athlètes.<sup>230</sup> Ces 2 programmes sont tous les 2 bien connus pour être exigeants en terme de temps et d'engagement (**Tableau 1, Tableau 2**).<sup>205</sup> De plus, les 5 études incluses dans cette revue systématique<sup>230</sup> ont évalué le bien-être à travers des questionnaires s'intéressant soit à la composante plutôt eudémonique du bien-être (*i.e.*, échelle du bien-être psychologique de

Ryff)<sup>192</sup> ou soit au versant affectif du bien-être hédonique (*i.e., positive and negative affect schedule* de Watson)<sup>188</sup> sans toutefois prendre en considération la manière dont ce dernier se manifeste et se régule au quotidien.<sup>25</sup> Qui plus est, parmi ces 5 études, aucune ne semble s'être intéressée à une population de coureurs à pied d'endurance.<sup>230</sup>

Par conséquent, des RCT méritent d'être menés pour mesurer les effets des MBI sur le bien-être et la manière dont ce dernier se manifeste et se régule auprès d'une population de coureurs à pied.

### *c. Limites et futures directions*

Nous avons pu percevoir à travers cette revue de la littérature que les MBI semblaient positivement affecter certains médiateurs de la performance et de la santé des athlètes (*e.g., CP, habiletés de la pleine conscience ou bien-être*).<sup>18-20,28,40,230</sup> Cependant, bien que le nombre de recherches sur les effets de la pleine conscience dans le sport se soit considérablement étendu ces dernières décennies et que cette pratique soit de plus en plus reconnue auprès des sportifs,<sup>40,105,199</sup> cette thématique reste relativement récente. De nombreuses limites des effets de la pleine conscience sur la performance et la santé de l'athlète sont encore à soulever dans la littérature. Un élément majeur signalé par de nombreux auteurs<sup>21,28,40,105,227,229</sup> est le besoin de mener davantage de recherches disposant d'une plus haute qualité méthodologique, *e.g.,* des RCT en suivant les normes CONSORT (*Consolidated Standards Of Reporting Trials*), pour mieux appréhender les effets de la pleine conscience sur la performance et la santé des athlètes. Un autre argument amené par Ulrich French et Cox<sup>228</sup> est la nécessité d'associer des MBI avec un programme d'entraînement s'appuyant sur des exercices à haute intensité comme par exemple les *High-Intensity Interval Training* (HIIT).

Certaines recherches mettent en évidence un autre élément : évaluer la performance et la santé à travers des indicateurs objectifs (*i.e., éviter d'évaluer la performance de manière auto-rapportée à travers un questionnaire*).<sup>17,19,22</sup> Bien que les MBI apparaissent engendrer une élévation de la performance dans les sports de précision,<sup>20,40</sup> des travaux méritent d'être menés sur d'autres pratiques sportives mobilisant de plus amples ressources physiologiques comme c'est par exemple le cas de la course à pied.<sup>21,40</sup> Pour finir, Birrer et al.<sup>105</sup> se questionnent sur le temps et le niveau nécessaires de pratique de pleine conscience pour obtenir des changements positifs sur la performance et la santé des athlètes.

d. Mécanismes d'actions de la pleine conscience

On peut se questionner sur les mécanismes mis en jeu venant expliquer les potentiels bénéfiques des MBI sur la performance et la santé des athlètes.<sup>17,22,105</sup> Afin de bien comprendre ces processus d'action, il nous semble important de souligner que la pleine conscience favoriserait l'état de *flow* chez les athlètes (*i.e.*, pleine centration sur la tâche à accomplir, sentiment de contrôle et d'automatisme entre l'action et la conscience, modification du temps).<sup>16,41,105,231</sup> Comme le rappellent certains auteurs,<sup>14,16</sup> expérimenter cet état de *flow* (également appelé que le « *nirvana du sportif professionnel* »)<sup>199</sup> se traduit par un fonctionnement physique et psychologique optimal, un sentiment de liberté et une absence de pensées négatives engendrant une amélioration des performances sportives.<sup>16</sup> Mais quels pourraient être les potentiels mécanismes d'actions de la pleine conscience qui favoriseraient cet état de *flow* et par ricochet la performance et la santé des athlètes ? D'après la littérature, plusieurs mécanismes d'action permettraient d'expliquer les bénéfices de la pleine conscience dans le sport (Figure 12).<sup>17,22</sup>

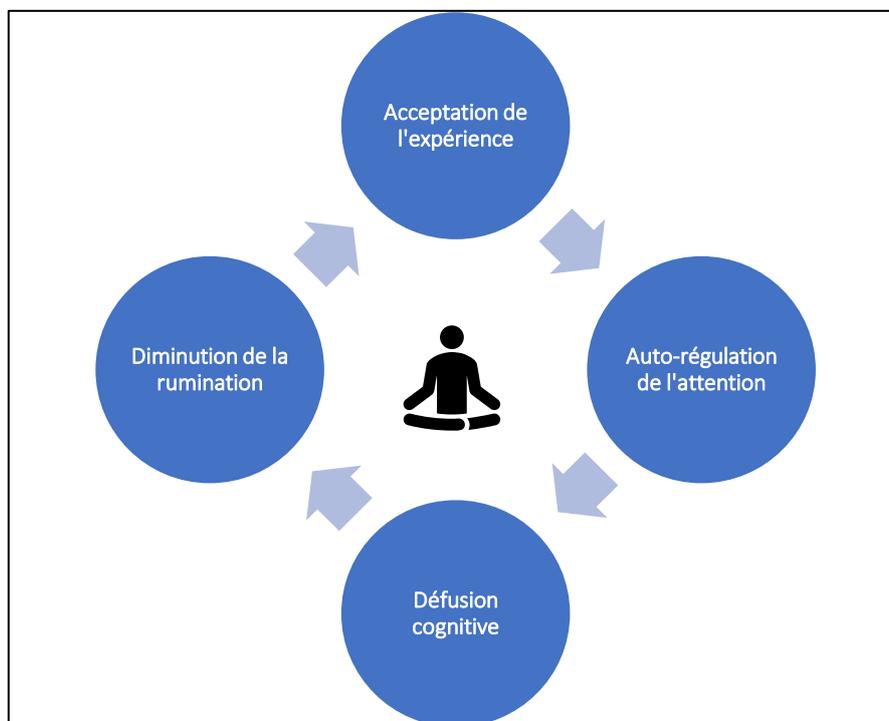


Figure 12. Présentation des mécanismes d'actions de la pleine conscience

Premièrement, l'acceptation de l'expérience du moment présent semble constituer un de ces mécanismes.<sup>17,22,105</sup> Certains auteurs ont pu observer une amélioration des capacités

d'acceptation à la suite d'un MBI chez des athlètes.<sup>19</sup> Cela pourrait potentiellement s'expliquer à travers un des objectifs que les MBI mobilisent. En effet, la pleine conscience vise à changer nos relations avec nos pensées et nos émotions désagréables en les reconnaissant plutôt que d'essayer de les contrôler ou de les changer.<sup>14,105</sup> Le fait d'être dans une attitude d'acceptation et de non-jugement à l'égard de ses pensées, de ses émotions ou de ses sensations désagréables (plutôt que de les fuir ou de se battre contre elles) pourraient venir faciliter leurs régulations. Cela permettrait ensuite aux athlètes d'amener ou de ramener leur attention vers des indices pertinents pour la bonne réalisation de la tâche.<sup>14,22</sup>

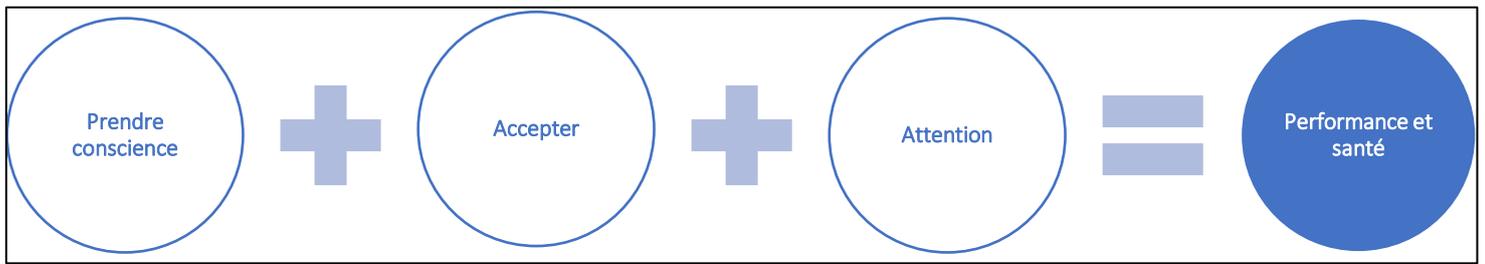
Le second mécanisme d'action pouvant probablement expliquer l'influence positive de la pleine conscience sur la performance et la santé serait l'auto-régulation de l'attention (**Figure 12**).<sup>17,105</sup> Cette auto-régulation de l'attention peut être définie comme l'habileté à réguler de manière autonome son attention.<sup>17</sup> Plusieurs auteurs ont pu observer les bénéfices des MBI sur la capacité à contrôler l'attention des athlètes.<sup>13,20</sup> Cela laisse penser que la pleine conscience inviterait les athlètes à être moins distraits par des événements internes (*e.g.*, une pensée ou une émotion désagréable) et/ou externes (*e.g.*, les supporters, un adversaire ou encore l'arbitre) et donc à rester *focus* sur la tâche à accomplir pour performer.<sup>13,17,22</sup>

Le troisième mécanisme d'action de la pleine conscience envisagé se situe autour de la défusion cognitive (**Figure 12**).<sup>17,22</sup> Cette défusion cognitive ou décentrage est un mécanisme d'action faisant partie des 6 processus thérapeutique de l'ACT.<sup>106</sup> Nous retrouvons également ce même concept dans le programme MAC de Gardner et Moore.<sup>14</sup> Ce décentrage a pour objectif de prendre de la distance entre nous et nos pensées en apprenant à saisir les pensées pour ce qu'elles sont, *i.e.*, tout simplement des événements mentaux éphémères n'incarnant pas nécessairement la réalité.<sup>17,22,106</sup> Grâce à cela, ce ne sont plus nos pensées qui nous indiquent la direction à prendre mais il s'agit plutôt d'une décision personnelle qui nous amène à suivre ou non nos propres pensées.<sup>106</sup> Si nous devons métaphoriser le concept (figure de style largement employée dans la thérapie ACT),<sup>106</sup> nous redeviendons le capitaine de notre navire. Dans le contexte sportif, le fait de mener la barque nous permettrait tout d'abord d'agir de manière moins réactive face à nos pensées désagréables mais aussi de choisir si nous souhaitons attarder notre attention sur une pensée profitable pour la bonne réalisation de la tâche sportive.<sup>17</sup>

Pour finir de traiter ces différents mécanismes d'actions, la diminution de la rumination constitue le dernier mécanisme d'action que l'on peut citer pour justifier les potentiels bénéfiques de la pleine conscience sur la performance et la santé du sportif (**Figure 12**).<sup>105</sup> La rumination est un processus inévitable auquel même les plus grands joueurs de tennis au monde comme Roger Federer sont confrontés.<sup>105</sup> Birrer et al.<sup>105</sup> expliquent dans leur revue comment une pensée dysfonctionnelle, pouvant devenir ruminative, a engendré la défaite de Roger Federer contre Novak Djokovic en demi-finale de l'US Open 2011 alors qu'il avait le match en main (*i.e.*, il menait 5-3 dans le dernier set et menait 40-15 sur son service). Ces mêmes auteurs définissent la rumination comme étant une forme de focalisation sur soi dans laquelle les pensées tournent toujours autour d'un sujet commun (*e.g.*, dans le contexte sportif cela peut se traduire par une focalisation de l'attention sur des pensées désagréables faisant suite à la perte d'une compétition importante pour l'athlète).<sup>105</sup> Comme le rappellent, Birrer et al., la pleine conscience réduirait la rumination ainsi que l'incontrôlabilité de cette dernière.<sup>21,41,105</sup> Par la pleine conscience, les athlètes pourraient plus rapidement prendre conscience de leurs mécanismes inappropriés (*e.g.*, la rumination) pour ensuite ramener l'attention sur des indicateurs pertinents favorisant la bonne réalisation de la tâche.<sup>17</sup>

Les 4 mécanismes d'action (**Figure 12**) que nous venons de discuter sont promus par Ben Sahla et Fournier<sup>22</sup> mais également par Fournier et Bernier.<sup>17</sup> Cependant, ces 4 mécanismes méritent davantage d'études pour venir affirmer le rôle de ces différents processus dans l'optimisation de la performance et l'amélioration de la santé des athlètes.<sup>105</sup>

En résumé, ces 4 mécanismes d'actions favoriseraient la performance et la santé des athlètes par le développement des 3 habiletés de la pleine conscience en mouvement (*i.e.*, la prise de conscience, l'acceptation et la re-concentration).<sup>41</sup> En effet, le fait de : *a*) prendre conscience du vagabondage de l'esprit (*i.e.*, la distraction de l'esprit), *b*) accueillir et accepter cette distraction dans une attitude de non-jugements, et *c*) ramener l'attention vers des indices internes pourrait engendrer une optimisation de la performance sportive (**Figure 13**).<sup>17,22</sup> Dans le même sens, certains auteurs<sup>41</sup> ont observé des corrélations entre les habiletés de la pleine conscience (notamment la prise de conscience et la re-concentration) et la tendance qu'ont les athlètes à expérimenter l'état de *flow*.



**Figure 13.** Présentation des liens entre les habiletés de la pleine conscience, la performance et la santé

#### 4. Conclusion

La pleine conscience est à ce jour considérée comme un phénomène de mode<sup>200</sup> puisant sa popularité dans l'accélération frénétique de notre mode de vie occidental. Bien qu'elle disposerait d'une très longue histoire, il a fallu attendre la fin du 20<sup>ème</sup> siècle pour voir la pratique de la méditation de pleine conscience s'occidentaliser, se laïciser et se scientifier sous l'impulsion du Professeur Jon Kabat-Zinn, initiateur du programme MBSR.<sup>207</sup> A travers ce même MBSR, Jon Kabat-Zinn fut également le premier à introduire la pleine conscience dans le contexte sportif auprès de rameurs. Depuis le début des années 2000, d'autres programmes de pleine conscience s'inscrivant davantage dans le contexte sportif se sont développés pour améliorer la performance et la santé des athlètes. Nous avons pu montrer que ces différents MBI disposent de certaines limites qui mériteraient d'être soulevées. Pour remédier à ces différentes limites (*e.g.*, manque de temps disponible par les athlètes pour s'engager dans ce type de programme), certains auteurs ont proposé des temps de pleine conscience intégrés dans l'entraînement des athlètes.<sup>16,18,19</sup> Une autre possibilité pour engager les athlètes et lever cette contrainte temporelle serait de leur offrir des temps de sessions plus courts comme ceux proposés par les BMM d'Howarth et al.<sup>205</sup> A notre connaissance, ces BMM n'ont pas encore été suffisamment étudiés dans le contexte sportif et méritent de plus amples investigations.

Concernant les effets des MBI chez les athlètes, des résultats prometteurs soulignent que la pleine conscience engendrerait des effets bénéfiques sur certains médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé. En revanche, de plus amples études de haute qualité (*e.g.*, des RCT) auprès de différents types de pratiques sportives proposant une intensité de pratique élevée méritent d'être menées afin de venir affirmer ces conclusions prometteuses. Grâce à la deuxième partie de ce manuscrit (*i.e.*, le cadre expérimental), nous avons tâché, à notre niveau de soulever certaines de ces limites.

## DEUXIEME PARTIE : CADRE EXPERIMENTAL

A travers le cadre théorique abordé dans la première partie de ce manuscrit, nous avons pu mettre en avant les nombreux médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé du sportif. En effet, bien que l'influence des divers médiateurs physiologiques sur la performance et la santé soit pleinement admise depuis bon nombre d'années, aujourd'hui, la dimension « mental » du sportif est largement reconnue. A ce titre, bon nombre de structures sportives (*e.g.*, les clubs sportifs) font appel à des psychologues du sport ou à des préparateurs mentaux utilisant des interventions psychologiques spécifiques pour optimiser la performance et la santé de leurs athlètes. Parmi ces nombreuses interventions, nous retrouvons notamment les MBI. Ces programmes de pleine conscience, d'abord déployés dans une logique thérapeutique,<sup>207,208</sup> ont été spécifiquement développés sous l'impulsion du MAC de Gardner et Moore pour répondre aux besoins des athlètes.<sup>14,122</sup> Des résultats encourageants ont ainsi pu être observés sur les effets des MBI sur différents médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé du sportif.<sup>21,40,230</sup> Cependant, certains de ces programmes évoqués précédemment (**Tableau 2**) disposent de certaines limites. Nous souhaitons dans ce travail les soulever et les expérimenter auprès d'athlètes licenciés dans un club sportif.

Afin de mieux comprendre les effets des MBI sur la performance et la santé, il nous paraissait essentiel de mieux appréhender les différents médiateurs physiologiques et psychologiques de ces 2 approches. C'est ce que nous avons souhaité réaliser à travers les 3 premières études de cette thèse qui seront développées dans le chapitre I. Ces 3 études avaient pour finalité d'observer les relations entre une pratique sportive en club et certains médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé auprès d'un large échantillon d'enfants, d'adolescents et de jeunes adultes Français. Cette première partie de thèse a utilisé les nombreuses données dont dispose l'IRFO depuis maintenant 2007 et qui n'avaient fait l'objet jusqu'alors que de peu d'explorations.

En s'appuyant sur la rigueur méthodologique des revues systématiques, la deuxième partie de ce projet doctoral avait pour objectif d'introduire la pleine conscience en mesurant les effets des MBI (et plus spécifiquement des BMM) sur la VFC (un biomarqueur psychophysiologique de la santé).

Pour clore, la troisième et dernière partie de cette thèse doctorale avait pour finalité de mesurer au travers d'un protocole expérimental, les effets d'un MBI s'appuyant sur les BMM<sup>205</sup> sur des médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé (mobilisés à travers les 2 premières parties de cette thèse) chez des athlètes licenciés en club sportif.

## CHAPITRE I. PRATIQUE SPORTIVE EN CLUB, PERFORMANCE ET SANTE

### Sous-chapitre 1 : Relations entre de la pratique sportive en club, la performance sportive et la santé physique.

- Publications scientifiques (Cf Annexe 1 et 2)
  - **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. The journal of sports medicine and physical fitness.* 2022. 62 : 18271928.
  - **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and health determinants in adolescents and young adults. Frontiers in sports and active living.* 2022. 4 : 918716.
- Communication avec actes
  - **Barbry A**, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. *Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood.* 19<sup>ème</sup> congrès international de l'ACAPS. 27-29 octobre 2021. Montpellier, France.
  - Carton A, **Barbry A**, Ovigneur H, Coquart J. *Influences of sports club participation on physical fitness and body mass index in adolescents.* 19<sup>ème</sup> congrès international de l'ACAPS. 27-29 octobre 2021. Montpellier, France.

#### 1. Introduction

La CP est aujourd'hui considérée comme un puissant marqueur de la performance et de la santé chez l'enfant et l'adolescent.<sup>27</sup> De manière empirique, 2 types de CP sont recensés dans la littérature :<sup>34,42</sup> a) la CP de santé constituée de 5 composantes (*i.e.*, l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire, l'endurance de force, la souplesse et la composition

corporelle, **Figure 7**) et la CP de performance se composant également de plusieurs qualités physiques (*e.g.*, la coordination, la puissance, la vitesse ou l'équilibre, **Figure 5**).<sup>34,42</sup> L'évaluation de la CP chez l'enfant et l'adolescent a déjà fait l'objet de nombreuses publications scientifiques.<sup>33,232,233</sup> Les résultats de plusieurs méta-analyses disposant d'un large échantillon ont pu souligner l'inquiétante diminution du niveau de CP chez l'enfant et l'adolescent depuis les années 1980.<sup>233,234</sup> A ce titre, Ortega et al.<sup>27</sup> soulignent la nécessité d'inclure régulièrement des tests de CP pour suivre et surveiller l'état de santé physique des jeunes filles et garçons. Ces éléments issus de la recherche scientifique ont été très récemment repris par Stéphane Diagana (champion du monde du 400m haies en 1997, aujourd'hui reconnu pour son engagement en tant qu'acteur du sport-santé Français).<sup>35</sup> En effet, l'ancien détenteur du record d'Europe souligne la nécessité (en s'appuyant sur le modèle slovène) de suivre l'évolution des qualités physiques des enfants et des adolescents Français tout au long de leur scolarité pour détecter les futurs jeunes talents mais également dans une logique de santé publique.

En général, le niveau de CP de l'enfant et de l'adolescent est influencé par l'âge et le sexe.<sup>33,235–240</sup> En effet, le niveau de CP augmente au fur et à mesure que l'enfant et l'adolescent grandissent<sup>33,235,236</sup> et les garçons semblent disposer d'un niveau de CP plus élevé que les filles.<sup>235–237</sup> A titre d'exemple, durant la croissance, le  $\dot{V}O_2\text{max}$ , qui est indicateur de la santé et de l'endurance cardiorespiratoire, reste relativement stable chez les garçons tandis qu'il diminue légèrement chez les filles lorsqu'il est exprimé en valeur relative ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).<sup>241</sup> En revanche que ce soit pour les filles ou pour les garçons, le niveau de coordination motrice tend à s'accroître avec l'âge, tout comme c'est le cas pour la puissance musculaire et la vitesse.<sup>33,235,238,239</sup> Sur ces différentes composantes de la CP, les garçons disposent souvent d'un niveau de performance plus élevé que les filles.<sup>239</sup> Cette différence entre les sexes tend à s'accroître au fur et à mesure de la croissance.<sup>239</sup> Concernant la souplesse, l'évolution de cette composante de la CP de santé<sup>152</sup> durant la croissance s'avère plus nuancée.<sup>33,239,240</sup> Cependant, que ce soit pendant l'enfance ou durant l'adolescence, les filles disposeraient généralement d'un niveau de souplesse plus élevé que leurs compères masculins.<sup>33,235,237</sup> Cela pourrait notamment s'expliquer par la forte participation des filles à des pratiques sportives où la souplesse est considérée comme un facteur de performance (*e.g.*, la gymnastique ou la danse).<sup>242</sup> De par leurs engagements dans ces pratiques sportives, les filles s'entraîneraient davantage à développer cette qualité physique, *e.g.*, en effectuant des étirements. A l'inverse, elles pourraient également avoir tendance à s'engager plus dans un club de gymnastique ou de

danse puisqu'elles disposeraient d'un niveau de souplesse plus élevé que les garçons pour des raisons anatomiques et physiologiques (*e.g.*, le tissu est moins dense et par conséquent plus élastique chez les filles).<sup>243</sup>

A la vue de leurs influences sur la CP, il paraît donc nécessaire de prendre en considération l'âge et le sexe lors d'une analyse de la CP et de ses différentes composantes (*e.g.*, l'endurance cardiorespiratoire, la force musculaire, la vitesse, la coordination, la puissance musculaire ou encore la souplesse).<sup>152</sup>

La composition corporelle, fréquemment évaluée à travers l'IMC,<sup>34</sup> est une autre composante de la CP de santé<sup>34</sup> impactant le niveau de CP de l'enfant et de l'adolescent.<sup>33,244,245</sup> En effet, les enfants et les adolescents en surpoids ou en situation d'obésité détiennent généralement un niveau de CP (et donc de santé)<sup>27</sup> plus faible que leurs pairs normo-pondérés.<sup>244,245</sup> Par conséquent, la lutte contre le surpoids et l'obésité des jeunes qui reste aujourd'hui un enjeu de santé publique mondiale est nécessaire pour augmenter le niveau de CP et la santé de ces derniers.<sup>27,246</sup> Bien qu'une tendance à la stabilisation ait été notée au niveau mondial, la prévalence du surpoids et de l'obésité de l'enfant, de l'adolescent et du jeune adulte reste à des niveaux particulièrement élevés.<sup>246</sup> Ces hauts niveaux de prévalence peuvent partiellement s'expliquer par la sérieuse augmentation des comportements sédentaires jumelée à la diminution du niveau d'AP chez les jeunes.<sup>244,247,248</sup> Pour améliorer l'état de santé des jeunes, la pratique en club sportif pourrait notamment être un facteur protecteur contre le développement du surpoids et de l'obésité et l'amélioration du niveau de CP.<sup>7-9</sup> En effet, les enfants et les adolescents licenciés dans un club disposeraient d'une composition corporelle plus favorable et afficheraient en moyenne un niveau de CP 20 à 27% supérieur à celui des enfants et des adolescents non-licenciés en club.<sup>9</sup> Ces résultats se vérifient également à travers d'autres recherches.<sup>7,8</sup> En effet, sur la majeure partie des composantes de la CP, la participation à des clubs sportifs s'associe à une élévation du niveau de CP.<sup>7,8</sup> Cependant, à notre connaissance, aucune étude n'a évalué l'effet d'une catégorie de sport, voire d'un sport spécifique sur la CP et peu d'études semblent s'être intéressées aux relations entre la CP, les classes d'IMC et la pratique en club dans un large échantillon d'enfants et d'adolescents Français.

Par conséquent, un des objectifs de cette étude était d'évaluer les relations entre l'âge, le sexe, la classe d'IMC, la pratique en club sportif et la CP chez des filles et des garçons âgés de 5 à 21

ans. Le second objectif était d'identifier une catégorie de sport ou un sport pouvant s'associer à un niveau de CP plus élevé ainsi qu'à une prévalence du surpoids et de l'obésité plus faible chez les jeunes Français. Les hypothèses étaient que : a) le niveau de CP serait supérieur chez les enfants, les adolescents et les jeunes adultes plus âgés comparé à leurs compères plus jeunes, b) les garçons disposeraient d'un niveau de CP plus élevé que les filles, c) les jeunes participants normo-pondérés seraient ceux qui détiendraient le niveau de CP le plus élevé, d) la participation à des clubs sportifs serait plus fréquente chez les garçons ainsi que chez les participants normo-pondérés, et e) la participation à certaines catégories de sports ou à certains sports (plutôt qu'à d'autres) pourraient s'associer à un niveau de CP plus élevé ainsi qu'à une prévalence du surpoids et de l'obésité inférieure.

## 2. Etude 1 : Pratique sportive en club, performance et santé chez l'enfant.

### a. *Matériel et méthode*

#### ***Approche expérimentale***

Cette étude s'est basée sur les données de l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup> des Français utilisant notamment le programme Diagnoform<sup>®</sup> Kid. Ce programme a déjà fait l'objet de certaines publications scientifiques.<sup>26,33</sup> Les données, nourrissant cet observatoire, ont été collectées dans plusieurs régions Françaises entre 2007 et 2019. Cette étude fait partie d'un même *work package* qui a été préalablement approuvé par le Comité national d'Ethique pour la Recherche en STAPS (CERSTAPS) (00012476-2021-28-05-109). Une certification à la conformité au Règlement Général sur la Protection des données (RGPD) visant à protéger les données personnelles a également été réalisée. Avant le début de l'étude, un consentement éclairé écrit des tuteurs légaux a été obtenu à la suite d'une note inscrite dans le carnet de correspondance des enfants. Les objectifs de l'étude ont été expliqués à la fois aux enfants et aux parents. Un audit de l'ensemble des données a été réalisé et les données aberrantes ont été exclues. La population comprenait 15625 enfants (*i.e.*, 8029 garçons et 7596 filles), répartis en 3 groupes d'âge : 5-6 ans, 7-8 ans et 9-10 ans. Ces groupes d'âge ont été choisis puisqu'ils représentent des niveaux de classes spécifiques au sein des écoles primaires Françaises.

### ***Caractéristiques individuelles***

Une prise de la taille (cm) et de la masse corporelle (kg) a été effectuée juste avant la passation des tests du Diagnoform® Kid. Une balance Seca 760® (Seca, Hambourg, Allemagne) et une toise Leicester height mesure Mk II® (Tanita, Royal Sutton coldfield, Royaume-Uni) ont été utilisées. Lors des prises de mesures, les enfants étaient déchaussés et vêtus de vêtements légers. L'IMC a ensuite été calculé en rentrant directement les données dans le logiciel informatique de l'IRFO (*i.e.*, [Placeform'](#)) qui divisait automatiquement la masse (kg) par la taille (m) au carré. Les classes d'IMC (*i.e.*, insuffisance pondérale, normo-pondéré, surpoids et obésité) ont ensuite été évaluées à l'aide de l'échelle de l'*international obesity task force*.<sup>249</sup>

Cette échelle a été créée à partir d'une vaste base de données d'enfants et d'adolescents (*i.e.*, de la naissance à 18 ans) provenant de 6 pays différents. A l'aide de ces données, des courbes de percentiles ont ensuite été réalisées afin d'établir des seuils spécifiques permettant de déterminer les classes d'IMC en fonction de l'âge et du sexe des participants (pour plus d'informations, voir Cole et al., 2000).<sup>249</sup> A la suite de ces mesures anthropométriques, il était demandé aux enfants s'ils pratiquaient dans un club sportif en dehors du champ scolaire (*i.e.*, seules les pratiques sportives fédérales étaient répertoriées). Si l'enfant répondait positivement, il devait fournir le sport qu'il pratiquait en club (*i.e.*, un seul sport pouvait être mentionné par l'enfant, si l'enfant pratiquait plusieurs sports en même temps, seul le sport le plus pratiqué était renseigné). Les sports ont ensuite été classés en 4 catégories, par Champ Apprentissage (CA) suivant le bulletin officiel du programme de l'éducation nationale en EPS en France.<sup>250</sup> Les 4 CA du bulletin officiel sont les suivants: CA1 (réaliser une performance motrice maximale mesurable à une échéance donnée), comprenant l'athlétisme, le cyclisme, la natation et le triathlon ; CA2 (adapter son déplacement à des environnements variés ou incertains), composé du canoë-kayak, de l'équitation, des sports de glace et de la voile ; CA3 (réaliser une prestation corporelle destinée à être vue et appréciée), constitué de la danse et de la gymnastique ; et CA4 (conduire et maîtriser un affrontement collectif ou interindividuel pour gagner), qui comprend les sports d'équipe (basketball, football, handball, hockey), les sports de combat (arts martiaux, boxe, escrime et lutte) et les sports de raquette (badminton, tennis et tennis de table).

### ***Tests du Diagnoform® Kid***

La validité et/ou la reproductibilité des tests inclus dans le programme Diagnoform® Kid ont déjà été testées au travers de plusieurs publications scientifiques.<sup>26,76,155</sup> Le Diagnoform® Kid

est composé de 5 tests mesurant 5 composantes différentes de la CP (*i.e.*, 2 composantes de la CP de santé : l'endurance cardiorespiratoire et la souplesse, et, 3 autres composantes de la CP de performance : la coordination, la puissance musculaire et la vitesse).<sup>34</sup> Ces différents tests ont été supervisés par un éducateur sportif diplômé en suivant cet ordre précis :

#### *Endurance cardiorespiratoire*

L'endurance cardiorespiratoire a été mesurée à l'aide d'un test navette alternant de la course et de la marche sur une durée de 6min.<sup>26,33</sup> Les enfants devaient réaliser la plus grande distance possible en 6min en alternant des périodes de course sur 20m entrecoupées de période de marche sur 20m également. Deux cônes par enfant d'une couleur similaire étaient situés à 20m l'un de l'autre. Une fois que l'enfant était arrivé au plot d'en face, il devait faire le tour de ce dernier et revenir en marchant. A la fin des 6min, la distance parcourue par l'enfant était enregistrée (m).

#### *Coordination*

La coordination a été mesurée à l'aide du test de la marelle.<sup>26,33</sup> Les enfants se tenaient immobiles dans une position debout, les pieds posés sur le demi-cercle « terre », sans aucun mouvement de bascule. Ils devaient ensuite réaliser la marelle (**Figure 14**) le plus rapidement possible en mettant un seul appui dans chacune des cases. Une fois arrivés sur le demi-cercle « ciel », ils devaient se retourner le plus rapidement possible et revenir sur la « terre ». Le chronomètre était arrêté lorsque les enfants touchaient la « terre » avec leur deuxième pied. Le temps mis pour réaliser le test était reporté au dixième de seconde près et les erreurs éventuelles ont également été retranscrites par l'éducateur. En effet, si l'enfant réalisait 1 à 2 erreur(s) (*e.g.*, oubli d'une case ou double appui dans une case, il lui était enlevé 2 points sur 20, s'il finissait la marelle avec 3 fautes ou plus, il voyait sa note réduite de 4 points sur 20). Chaque enfant a effectué le test à 2 reprises en observant les enfants du même groupe réaliser leur premier essai (*i.e.*, environ une douzaine d'enfants par groupe). Ces 2 essais permettent de limiter l'effet apprentissage relatif aux tests de coordination.<sup>26</sup> La meilleure performance sur les 2 essais était retenue pour chaque enfant. Chaque côté des carrés mesurait 45cm et la longueur de la marelle était de 3,65m (**Figure 14**).

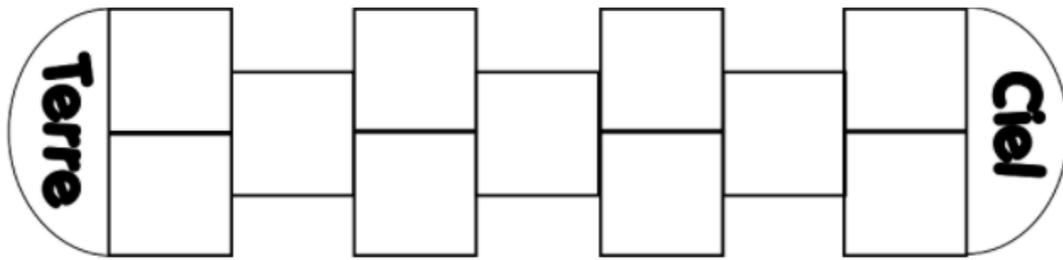


Figure 14. Présentation du test de la marelle du Diagnoform® Kid

#### *Puissance musculaire*

La puissance musculaire des membres inférieurs a été évaluée par le test du saut en longueur sans élan. Ce test a été validé chez l'enfant par Fernandez Santos et al.<sup>76</sup> Se tenant debout, les pieds juste derrière une ligne tracée au sol, pieds écartés à la largeur des épaules, les enfants devaient sauter le plus loin possible sur un seul saut en se réceptionnant pieds joints. Le résultat était enregistré en cm.

#### *Vitesse*

La vitesse a été déterminée en faisant courir les enfants le plus vite possible sur une durée 5s.<sup>26,33</sup> Les enfants se tenaient immobiles dans une position debout, les pieds derrière la ligne de départ, sans aucun mouvement de bascule. Le test commençait au coup de sifflet et se terminait lorsque le compte à rebours atteignait 0 et qu'un bruit retentissait. La distance parcourue par les enfants en 5s était exprimée en m.

#### *Souplesse*

Le niveau de souplesse des enfants a été déterminé avec le test du distance doigts sol. Ce test a déjà fait l'objet d'une validation scientifique par Perret et al.<sup>155</sup> En position debout, pieds serrés et jambes tendues, les enfants devaient progressivement fléchir leur tronc en tendant leurs mains le plus loin possible vers le bas. Ils devaient maintenir cette position sur une durée de 3s. Les résultats du test s'indexaient de la manière suivante : un score de 5 pour avoir posé les paumes de mains entièrement à plat sur le sol ; 4 pour que les 3 doigts de chaque main touchent le sol ; 3 pour que les doigts atteignent la cheville (sur le talus) ; 2 pour que les doigts touchent le tibia (à mi-chemin entre l'astragale et la tubérosité tibiale) ; et 1 pour que les doigts arrivent au niveau des genoux (rotule).

### *Quotient de forme physique*

Le Quotient de Forme Physique (QFP) représente un niveau global de CP en prenant en compte les résultats de tous les tests Diagnoform® Kid, à l'exception de la souplesse. Chaque test du Diagnoform® a été noté sur 20 en s'appuyant sur sa valeur de percentile.<sup>33</sup> Après les tests, le logiciel a calculé le score sur 20 de chaque test (*i.e.*, endurance cardiorespiratoire, coordination, puissance, vitesse et souplesse). Ces notes sur 20 ont ensuite été additionnées, puis divisées par 4 et enfin multipliées par 5 afin d'obtenir le QFP sur 100.

### *Analyse statistique*

Les données ont été présentées sous forme de moyenne  $\pm$  écart-type (abrégé SD pour « *Standard Deviation* ») pour les données numériques et sous forme d'effectif et de pourcentage pour les données nominales. Pour les variables continues, la normalité de la distribution a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk, et l'égalité de variance a également été contrôlée par le test de Levene. Pour analyser les différences entre les groupes d'âge et les sexes sur ces différentes variables, une analyse de variance (*i.e.*, abrégé ANOVA pour « *ANalysis Of VAriance* ») à 2 facteurs a été exécutée avec le sexe (filles vs garçons) et le groupe d'âge (5-6 ans vs 7-8 ans vs 9-10 ans) comme facteurs intra-sujet. Lorsque des différences significatives étaient observées, le test *post-hoc* de Bonferroni a permis de déterminer où elles se situaient. Pour les données catégorielles, les fréquences ont été comparées à l'aide du test du chi-carré de *Pearson*. Pour analyser les différences selon la classe d'IMC (insuffisance pondérale vs normo-pondérés vs surpoids vs obésité) sur le QFP, une ANOVA à un facteur a été exécutée. Le test *post-hoc* de Bonferroni a été réalisé lorsque des différences significatives étaient constatées. Les performances aux différents tests du Diagnoform® Kid ont également été comparées en fonction des CA relatifs aux différents sports (CA1 vs CA2 vs CA3 vs C4) chez les enfants licenciés dans un club sportif (ANOVA à un facteur et test *post-hoc* de Bonferroni lorsque des différences significatives étaient observées). La proportion d'enfants dans chaque classe d'IMC a été déterminée à l'aide du test du chi-carré de *Pearson*. La signification statistique a été fixée à  $p < 0,05$  et toutes les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel *statistical package for the social sciences*® (version 18.0, Chicago, IL, USA).

#### *b. Résultats*

Le **Tableau 3** présente les différentes caractéristiques socio-démographiques ainsi que le pourcentage de licenciés en club en fonction de l'âge et le sexe.

**Tableau 3.** Présentation des caractéristiques socio-démographiques et licence en club sportif en fonction de l'âge et du sexe (Diagnoform® Kid)

	5-6 ans		7-8 ans		9-10 ans	
	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles
Echantillon ( <i>n</i> )	1223 (7,8%)	1167 (7,5%)	4267 (27,3%)	4013 (25,7%)	2539 (16,2%)	2416 (15,5%)
Masse corporelle (kg)	23,4 ± 4,5 <sup>c,d</sup>	23,2 ± 5,0 <sup>c,d</sup>	27,3 ± 5,9 <sup>a,b,d</sup>	27,0 ± 6,2 <sup>b,d</sup>	35,8 ± 8,9 <sup>b,c</sup>	36,2 ± 9,3 <sup>b,c</sup>
Taille (cm)	121 ± 6 <sup>a,c,d</sup>	120 ± 6 <sup>c,d</sup>	128 ± 6 <sup>a,b,d</sup>	127 ± 6 <sup>b,d</sup>	140 ± 7 <sup>b,c</sup>	140 ± 8 <sup>b,c</sup>
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	16,0 ± 2,3 <sup>c,d</sup>	16,1 ± 2,7 <sup>c,d</sup>	16,5 ± 2,6 <sup>b,d</sup>	16,6 ± 2,8 <sup>b,d</sup>	18,1 ± 3,4 <sup>b,c</sup>	18,2 ± 3,6 <sup>b,c</sup>
Insuffisance pondérale ( <i>n</i> )	84 (6,9%) <sup>c,d</sup>	60 (5,1%) <sup>d</sup>	209 (4,9%) <sup>b,d</sup>	163 (4,1%) <sup>d</sup>	60 (2,4%) <sup>b,c</sup>	55 (2,3%) <sup>b,c</sup>
Normo-pondéré ( <i>n</i> )	904 (73,9%)	823 (70,5%)	3258 (76,4%) <sup>a,d</sup>	2919 (72,7%) <sup>d</sup>	1832 (72,2%) <sup>a,c</sup>	1665 (68,9%) <sup>c</sup>
Surpoids ( <i>n</i> )	154 (12,6%) <sup>a,d</sup>	186 (15,9%) <sup>d</sup>	540 (12,7%) <sup>a,d</sup>	621 (15,5%) <sup>d</sup>	467 (18,4%) <sup>b,c</sup>	492 (20,4%) <sup>b,c</sup>
Obésité ( <i>n</i> )	81 (6,6%)	98 (8,4%)	260 (6,1%) <sup>a</sup>	310 (7,7%)	180 (7,1%)	204 (8,4%)
Non-licenciés en club ( <i>n</i> )	570 (46,6%) <sup>a,c,d</sup>	690 (59,1%) <sup>c,d</sup>	1502 (35,2%) <sup>a,b</sup>	1873 (46,7%) <sup>b,d</sup>	885 (34,9%) <sup>a,b</sup>	1256 (52,0%) <sup>b,c</sup>
Licenciés en club ( <i>n</i> )	653 (53,4%) <sup>a,c,d</sup>	477 (40,9%) <sup>c,d</sup>	2765 (64,8%) <sup>a,b</sup>	2140 (53,3%) <sup>b,d</sup>	1654 (65,1%) <sup>a,b</sup>	1160 (48,0%) <sup>b,c</sup>
CA1 ( <i>n</i> )	101 (15,5%) <sup>a</sup>	71 (14,9%) <sup>c,d</sup>	370 (13,4%) <sup>a</sup>	432 (20,2%) <sup>b</sup>	241 (14,6%)	253 (21,8%) <sup>b</sup>
CA2 ( <i>n</i> )	8 (1,2%) <sup>a</sup>	21 (4,4%) <sup>c,d</sup>	22 (0,8%) <sup>a</sup>	148 (6,9%) <sup>b</sup>	11 (0,7%) <sup>a</sup>	83 (7,2%) <sup>b</sup>
CA3 ( <i>n</i> )	25 (3,8%) <sup>a</sup>	240 (50,3%) <sup>c</sup>	106 (3,8%) <sup>a</sup>	1015 (47,4%) <sup>b,d</sup>	45 (2,7%) <sup>a</sup>	447 (38,5%) <sup>c</sup>
CA4 ( <i>n</i> )	519 (79,5%) <sup>a,c,d</sup>	145 (30,4%) <sup>d</sup>	2267 (82,0%) <sup>a,b</sup>	545 (25,5%) <sup>d</sup>	1357 (82,0%) <sup>a,b</sup>	377 (32,5%) <sup>b,c</sup>

**Légende:** IMC: Indice de Masse Corporelle ; CA1: athlétisme, cyclisme, natation et triathlon ; CA2: canoë-kayak, équitation, sports de glace et voile ; CA3: danse, gymnastique ; CA4: arts martiaux, badminton, basketball, boxe, escrime, football, handball, hockey, lutte, tennis, tennis de table et volleyball ; <sup>a</sup>significativement différent des filles ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent de 5-6 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent de 7-8 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent de 9-10 ans ( $p < 0,05$ ).

### Âge et sexe

Les filles et les garçons plus âgés disposaient d'un niveau de CP supérieur comparé à leurs compères plus jeunes ( $p < 0,05$  ; **Tableau 4**). Pour l'ensemble des tranches d'âge, les garçons possédaient un niveau d'endurance cardiorespiratoire, de puissance musculaire, de vitesse et un QFP plus important que les filles. En revanche, les filles disposaient d'un niveau de coordination et de souplesse plus haut que les garçons ( $p < 0,05$  ; **Tableau 4**).

### Classe d'IMC

Le pourcentage d'enfants en surpoids était supérieur à 9-10 ans comparé aux tranches d'âges plus jeunes que ce soit chez les filles ou les garçons ( $p < 0,001$ ). Les garçons étaient plus souvent en surpoids que les filles ( $p < 0,05$ ), excepté à l'âge de 9-10 ans ( $p = 0,079$ ). La prévalence de l'obésité touchait plus les filles que les garçons à l'âge de 7-8 ans ( $p = 0,003$ ). Les enfants normo-pondérés disposaient d'un QFP plus élevé que les enfants des autres classes d'IMC. Les enfants en situation d'obésité avaient le QFP le plus faible ( $p < 0,001$ , **Figure 15**).

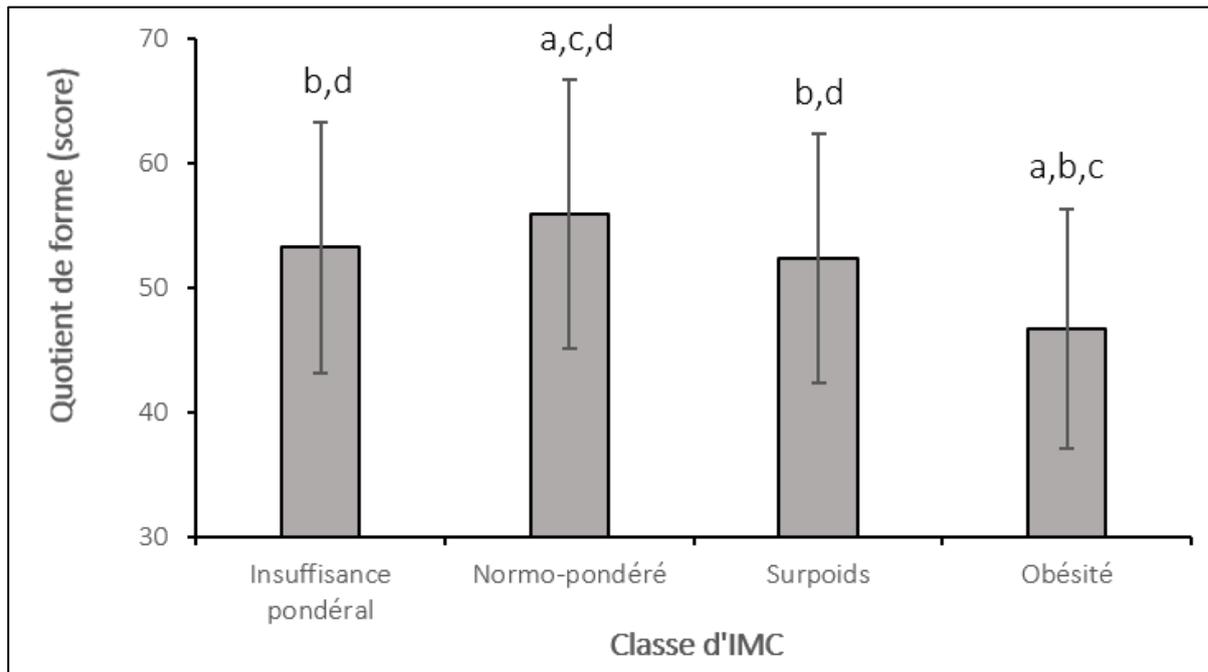
### Pratique en club sportif

Quel que soit le groupe d'âge, le pourcentage de licenciés en club sportif était plus élevé chez les garçons que chez les filles ( $p < 0,001$ ). Sur l'ensemble des classes d'âge, les filles pratiquaient plus fréquemment que les garçons des sports classés dans le CA2 et le CA3 ( $p < 0,05$ ). Les garçons, quant à eux, s'investissaient davantage des sports classés dans le CA4 ( $p < 0,001$ , **Tableau 3**).

Tableau 4. Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Kid en fonction de l'âge et du sexe

	5-6 ans		7-8 ans		9-10 ans	
	Garçons	Filles	Garçons	Filles	Garçons	Filles
Endurance cardiorespiratoire(m)	742 ± 92 <sup>a,c,d</sup>	714 ± 84 <sup>c,d</sup>	790 ± 94 <sup>a,b,d</sup>	757 ± 84 <sup>b,d</sup>	817 ± 102 <sup>a,b,c</sup>	781 ± 97 <sup>b,c</sup>
Coordination (s)	9,6 ± 2,6 <sup>a,c,d</sup>	9,1 ± 2,4 <sup>c,d</sup>	8,1 ± 1,9 <sup>a,b,d</sup>	7,6 ± 1,7 <sup>b,d</sup>	6,9 ± 1,5 <sup>a,b,c</sup>	6,6 ± 1,3 <sup>b,c</sup>
Puissance musculaire (cm)	109 ± 21 <sup>a,c,d</sup>	100 ± 19 <sup>c,d</sup>	123 ± 21 <sup>a,b,d</sup>	113 ± 20 <sup>b,d</sup>	138 ± 23 <sup>a,b,c</sup>	125 ± 22 <sup>b,c</sup>
Vitesse (m)	22,1 ± 2,3 <sup>a,c,d</sup>	21,2 ± 2,3 <sup>c,d</sup>	23,5 ± 2,6 <sup>a,b,d</sup>	22,4 ± 2,5 <sup>b,d</sup>	25,5 ± 2,9 <sup>a,b,c</sup>	24,2 ± 2,8 <sup>b,c</sup>
Souplesse (score)	3,4 ± 0,9 <sup>a,c,d</sup>	3,8 ± 0,8 <sup>c,d</sup>	3,4 ± 0,9 <sup>a,b,d</sup>	3,7 ± 0,9 <sup>b,d</sup>	3,3 ± 0,9 <sup>a,b,c</sup>	3,6 ± 0,9 <sup>b,c</sup>
Quotient de forme physique (score)	46,0 ± 8,9 <sup>a,c,d</sup>	44,3 ± 8,4 <sup>c,d</sup>	54,1 ± 9,4 <sup>a,b,d</sup>	52,1 ± 8,7 <sup>b,d</sup>	62,8 ± 10,5 <sup>a,b,c</sup>	60,3 ± 9,4 <sup>b,c</sup>

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent des filles ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent des 5-6 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent des 7-8 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent des 9-10 ans ( $p < 0,05$ ).



**Figure 15.** Présentation du score du quotient de forme physique en fonction de la classe d'indice de masse corporelle

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de l'insuffisance pondérale ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent des normo-pondérés ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent du surpoids ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent de l'obésité ( $p < 0,05$ ).

L'endurance cardiorespiratoire était plus élevée chez les enfants pratiquant des sports classés dans les CA1 et CA4 ( $p < 0,001$ , **Tableau 5**) comparé aux enfants licenciés dans des sports classés en CA2 et CA3. La coordination était plus faible chez les enfants pratiquant un sport du CA4 comparativement à ceux licenciés dans les sports du CA1 et du CA3 ( $p < 0,01$ ). Les niveaux de puissance musculaire et de vitesse étaient plus élevés chez les enfants engagés dans des sports du CA4 que chez ceux des sports des CA1, CA2 et CA3 ( $p < 0,001$ ). Le niveau de souplesse était plus élevé chez les enfants effectuant un sport du CA3 que chez ceux pratiquant un sport des CA1 et CA2. Les enfants réalisant un sport du CA4 disposaient du plus faible niveau de souplesse ( $p < 0,001$ ). Les enfants pratiquant un sport du CA1 et du CA4 détenaient des QPF plus élevés comparativement aux enfants des CA2 et CA3 ( $p < 0,05$ ).

Les enfants non-licenciés dans un club sportif étaient plus souvent en situation d'obésité ( $p < 0,001$ ) et moins souvent normo-pondérés ( $p < 0,001$  ; **Tableau 6**). Il y avait significativement plus d'enfants en situation d'obésité et moins d'enfants normo-pondérés dans le CA4 comparativement au CA3 ( $p < 0,05$  ; **Tableau 6**).

**Tableau 5.** Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Kid en fonction de la classification des sports chez les enfants licenciés en club

	CA1	CA2	CA3	CA4
Endurance cardiorespiratoire (m)	799 ± 99 <sup>b,c</sup>	767 ± 93 <sup>a,d</sup>	768 ± 82 <sup>a,d</sup>	798 ± 93 <sup>b,c</sup>
Coordination (s)	7,3 ± 1,8 <sup>d</sup>	7,5 ± 2,1	7,4 ± 1,9 <sup>d</sup>	7,6 ± 1,9 <sup>a,c</sup>
Puissance musculaire (cm)	124 ± 25 <sup>b,c,d</sup>	118 ± 22 <sup>a,d</sup>	118 ± 22 <sup>a,d</sup>	127 ± 23 <sup>a,b,c</sup>
Vitesse (m)	23,8 ± 2,9 <sup>c,d</sup>	23,3 ± 2,6 <sup>d</sup>	23,1 ± 2,6 <sup>a,d</sup>	24,0 ± 2,8 <sup>a,b,c</sup>
Souplesse (score)	3,5 ± 0,9 <sup>c,d</sup>	3,7 ± 0,9 <sup>c,d</sup>	3,9 ± 0,9 <sup>a,b,d</sup>	3,4 ± 0,9 <sup>a,b,c</sup>
Quotient de forme physique (score)	57,5 ± 11,4 <sup>b,c</sup>	55,2 ± 10,5 <sup>a,d</sup>	54,8 ± 10,0 <sup>a,d</sup>	57,1 ± 10,6 <sup>b,c</sup>

**Tableau 6.** Présentation de la prévalence des différentes classes d'indice de masse corporelle en fonction de la pratique sportive en club des enfants

	Insuffisance pondérale	Normo-pondéré	Surpoids	Obésité
Non-licencié en club ( <i>n</i> )	278 (44,1%)	4802 (42,1%) <sup>a</sup>	1109 (45,1%)	587 (51,8%) <sup>a</sup>
Licencié ( <i>n</i> )	353 (55,9%)	6599 (57,9%)	1351 (54,9%)	546 (48,2%)
CA1 ( <i>n</i> )	56 (3,8%)	1112 (75,8%)	215 (14,6%)	85 (5,8%)
CA2 ( <i>n</i> )	8 (2,7%)	229 (78,2%)	42 (14,3%)	14 (4,8%)
CA3 ( <i>n</i> )	80 (4,3%)	1437 (76,5%) <sup>c</sup>	271 (14,4%)	90 (4,8%) <sup>c</sup>
CA4 ( <i>n</i> )	209 (4,0%)	3821 (73,3%) <sup>b</sup>	823 (15,8%)	357 (6,9%) <sup>b</sup>

**Légende :** CA1 : athlétisme, cyclisme, natation et triathlon ; CA2 : canoë-kayak, équitation, sports de glace et voile ; CA3 : danse, gymnastique ; CA4 : arts martiaux, badminton, basketball, boxe, escrime, football, handball, hockey, lutte, tennis, tennis de table et volleyball ; <sup>a</sup>significativement différent des licenciés ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent de CA3 ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent de CA4 ( $p < 0,05$ ).

### 3. Etude 2 : Pratique sportive en club, performance et santé chez l'adolescent et le jeune adulte.

#### a. *Matériel et méthode*

##### ***Approche expérimentale***

Cette étude rétrospective s'est également appuyée sur les données de l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup> des Français en utilisant le Diagnoform<sup>®</sup> Tonic qui a fait l'objet de certaines publications scientifiques.<sup>26,232</sup> A la différence du Diagnoform<sup>®</sup> Kid (étude 1) qui permet d'évaluer le niveau de CP des enfants âgés de 5 à 10 ans, le Diagnoform<sup>®</sup> Tonic s'adresse aux adolescents et aux jeunes adultes (*i.e.*, les 10-25 ans). Les données du Diagnoform<sup>®</sup> Tonic ont été collectées dans 13 régions Françaises (principalement en milieu urbain) entre 2007 et 2019 au sein des collèges, lycées et universités Françaises. Toutes les données ont été obtenues dans l'optique de nourrir cet observatoire. Ces données ont été anonymisées, déclarées et approuvées par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL, n° 1232206). Les objectifs ont été soigneusement expliqués aux participants de l'étude. Conformément aux normes éthiques internationales et à la déclaration d'Helsinki, le consentement éclairé écrit de tous les participants (et de leurs parents s'ils avaient moins de 18 ans) a été obtenu avant le début de l'étude. Cette étude comme les autres a été approuvée par les autorités compétentes (CERSTAPS 00012476-2021-28-05-109) et une déclaration au RGPD a été réalisée. Les données ont été enregistrées dans la plateforme informatique de l'IRFO (Placeform'), puis classées en 5 groupes d'âge : 11-12 ans, 13-14 ans, 15-16 ans, 17-18 ans et 19-21 ans. Ces groupes d'âge ont été choisis puisqu'ils représentent des niveaux scolaires dans les collèges, lycées et universités Françaises.

##### ***Caractéristiques individuelles***

La taille et la masse corporelle ont été déclarées par les participants. L'IMC a par la suite été calculé. La corpulence des adolescents jusqu'à 18 ans a été évaluée à l'aide de l'échelle de l'*international obesity task force*.<sup>249</sup> Pour les jeunes adultes âgés de plus de 18 ans, la classification fixée par l'OMS a été utilisée.<sup>251</sup> Des informations sur la pratique en club sportif ont également été collectées. Avant la passation des tests du Diagnoform<sup>®</sup> Tonic, la question suivante était posée aux participants : « Êtes-vous licencié dans un club sportif ? ». Si la réponse était positive, l'examineur leur demandait : « Quel est le sport que vous pratiquez le plus en

club sportif ? ». Un seul sport pouvait être donné au coordinateur. Le sport le plus représenté dans chacune des 4 catégories (*i.e.*, CA1, CA2, CA3 et CA4) du bulletin officiel de l'éducation nationale en EPS<sup>250</sup> a été identifié séparément pour les filles et les garçons. Vu que nous disposions d'un échantillon plus important que sur l'étude 1, un sport plutôt qu'une catégorie de sport a été sélectionné.

### *Tests du Diagnoform® Tonic*

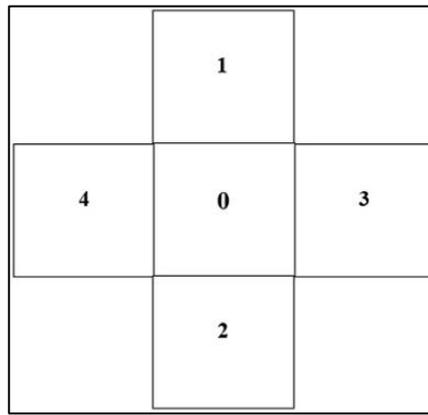
Comme pour le Diagnoform® Kid (étude 1), la validité et la reproductibilité de la plupart des tests inclus dans le Diagnoform® Tonic ont été précédemment démontrées.<sup>26,76,155,252,253</sup> Les tests ont été supervisés par un éducateur sportif diplômé ou un enseignant d'EPS et administrés dans l'ordre suivant :

#### *Endurance cardiorespiratoire*

L'endurance cardiorespiratoire a été évaluée par une course navette de 3min. Le but était de parcourir la plus grande distance possible (en m) pendant une course navette de 3min en réalisant des allers-retours entre 2 lignes espacées de 20m avec l'obligation de poser un pied sur une ligne à chaque changement de direction. Ce test a été validé comparativement au test de référence des tests navettes.<sup>26</sup>

#### *Coordination*

La coordination a été mesurée à travers le test de la croix (**Figure 16**) qui a déjà été utilisé dans la littérature.<sup>26,232</sup> Cette croix est composée de 5 chiffres, disposés dans des carrés de 50cm de côté (*i.e.*, 0 dans le carré central. 1 au-dessus du 0, 2 en dessous du 0, 3 à droite du 0 et 4 à sa gauche). Les participants étaient invités à sauter le plus rapidement possible, pieds joints, dans les carrés de la croix pendant 30s. Ils devaient strictement suivre l'ordre précis des chiffres tout en resautant à chaque fois dans le carré central (carré du 0). Les 2 pieds devaient se trouver à l'intérieur des lignes de séparation des carrés pour que la répétition soit validée l'examineur. Chaque saut sur un chiffre (excepté le 0) rapportait un point si l'ordre était correctement respecté. Chaque tour réussi rapportait donc 4 points. En cas d'erreur, les participants devaient recommencer un nouveau cycle.



**Figure 16.** Présentation du test de la croix du Diagnoform® Tonic

### *Puissance musculaire*

Comme pour le Diagnoform® Kid (voir étude 193), la puissance musculaire des membres inférieurs a été déterminée avec le test du saut en longueur sans élan.<sup>76</sup> Le résultat s'exprimait en cm.

### *Vitesse*

La vitesse a été mesurée à partir d'une course de 30m à effectuer le plus rapidement possible (en s). Les participants se tenaient immobiles, debout, les pieds derrière la ligne de départ, sans aucun mouvement de bascule. Le test débutait par un coup de sifflet de l'examineur et se terminait lorsque les participants franchissaient la ligne d'arrivée. La performance a été enregistrée au dixième de seconde près. Ce test a déjà fait l'objet d'une validation scientifique par Vicente-Rodríguez et al.<sup>252</sup>

### *Endurance de force*

L'endurance de force des membres supérieurs a été évaluée *via* le test des pompes à genoux (*i.e.*, genoux au sol).<sup>253</sup> Les participants étaient allongés au sol sur un tapis (type gainage), les mains à largeur d'épaule. Les participants devaient ensuite croiser et surélever les pieds en gardant bien les genoux au sol. Le dos devait rester droit de sorte que les épaules soient alignées avec les hanches. Une fois la position bien comprise par les participants (une répétition test était effectuée par les participants), ils devaient descendre lentement (*i.e.*, 3 à 4s par pompe) en pliant les coudes de manière que l'humérus et le radius forment un angle droit (90°). Ils devaient ensuite se relever pour se remettre en position initiale à la force des bras. Le but du test était de répéter ce mouvement le maximum de fois possible en maintenant le même

rythme par répétition (*i.e.*, 3 à 4s par répétition, ce temps par répétition était contrôlé par l'éducateur). Le résultat était le nombre maximum de pompes correctement effectuées jusqu'à l'arrêt de l'exercice. L'examineur s'assurait que la position restait bien correcte tout au long du test (*i.e.*, alignement épaule-hanche sans creusement du dos) et comptait le nombre de répétitions. Ce test a été validé par Wood et Baumgartner.<sup>253</sup>

### *Souplesse*

Comme pour le Diagnoform® Kid (voir étude 1), la souplesse a été mesurée à travers le test du distance doigts-sol.<sup>155</sup>

### *Analyse statistique*

Les données numériques ont été présentées sous forme de moyenne  $\pm$  SD. Pour les données catégorielles, l'effectif et le pourcentage sont proposés. Pour les variables continues, la normalité de la distribution a été au préalable vérifiée à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov, et l'égalité des variances a été démontrée par le test de Levene.

Pour les variables continues, une ANOVA à un facteur a été exécutée pour tester l'effet de la classe d'âge pour chaque sexe (filles et garçons), avec les classes d'âge (11-12 vs 13-14 vs 15-16 vs 17-18 vs 19-21 ans) comme facteurs inter-sujets. Lorsque des différences significatives étaient obtenues, un test *post-hoc* de Bonferroni a été effectué pour déterminer où se situaient ces différences. Pour les données catégorielles, les fréquences ont été comparées à l'aide du test du chi-carré de *Pearson*.

Pour tester les effets de la classe d'IMC (insuffisance pondérale vs normo-pondérés vs surpoids vs obésité), de la pratique en club sportif, et du sport pratiqué sur les performances des tests du Diagnoform® Tonic, plusieurs ANOVA à un facteur ont été exécutées. Un test *post-hoc* de Bonferroni a été effectué lorsque des différences significatives étaient remarquées. Enfin, la proportion de participants dans chaque classe d'IMC par sport a été analysée à l'aide du test du chi-carré de *Pearson*.

La signification statistique a été fixée à  $p < 0,05$  et toutes les analyses ont été effectuées avec le *statistical package for the social sciences*® (version 18.0, Chicago, IL, USA).

*b. Résultats***Âge et sexe**

Chez les garçons plus âgés, le niveau d'endurance cardiorespiratoire était plus haut que leurs compères plus jeunes ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**), contrairement aux filles, pour lesquelles aucune différence significative n'a été détectée entre 13-14 ans et 15-16 ans. Les filles âgées de 11-12 ans disposaient d'un niveau d'endurance cardiorespiratoire supérieur aux filles âgées de 17-18 ans ( $p = 0,043$  ; **Tableau 7**). Quel que soit l'âge, les garçons possédaient un niveau d'endurance cardiorespiratoire plus élevé que les filles ( $p < 0,001$ ).

Tableau 7. Présentation des caractéristiques socio-démographiques et licence sportive en fonction de l'âge et du sexe (Diagnoform® Tonic)

	Filles					Garçons				
	11-12 ans	13-14 ans	15-16 ans	17-18 ans	19-21 ans	11-12 ans	13-14 ans	15-16 ans	17-18 ans	19-21 ans
Echantillon (n)	7403 (14,8%)	3665 (7,4%)	9422 (18,8%)	1955 (3,9%)	1256 (2,5%)	8011 (16,0%)	4049 (8,1%)	9643 (19,3%)	2745 (5,5%)	1819 (3,6%)
Masse corporelle (kg)	42,4 ± 9,7 <sup>b,c,d,e,f</sup>	51,7 ± 9,9 <sup>a,c,d,e,f</sup>	54,6 ± 8,9 <sup>a,b,d,e,f</sup>	56,9 ± 9,8 <sup>a,b,c,e,f</sup>	58,7 ± 9,3 <sup>a,b,c,d,f</sup>	41,8 ± 9,5 <sup>b,c,d,e,f</sup>	54,9 ± 12,0 <sup>a,c,d,e,f</sup>	62,7 ± 11,4 <sup>a,b,d,e,f</sup>	68,1 ± 11,0 <sup>a,b,c,e,f</sup>	71,1 ± 10,3 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Taille (cm)	152 ± 8 <sup>b,c,d,e,f</sup>	161 ± 7 <sup>a,c,d,e,f</sup>	164 ± 6 <sup>a,b,e,f</sup>	164 ± 7 <sup>a,b,e,f</sup>	165 ± 6 <sup>a,b,c,d,f</sup>	151 ± 8 <sup>b,c,d,e,f</sup>	166 ± 10 <sup>a,c,d,e,f</sup>	174 ± 7 <sup>a,b,d,e,f</sup>	177 ± 7 <sup>a,b,c,e,f</sup>	178 ± 7 <sup>a,b,c,d,f</sup>
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	18,3 ± 3,3 <sup>b,c,d,e</sup>	19,8 ± 3,4 <sup>a,c,d,e</sup>	20,4 ± 3,0 <sup>a,b,d,e,f</sup>	21,3 ± 3,5 <sup>a,b,c,f</sup>	21,6 ± 3,1 <sup>a,b,c,f</sup>	18,3 ± 3,2 <sup>b,c,d,e</sup>	19,9 ± 3,4 <sup>a,c,d,e</sup>	20,7 ± 3,2 <sup>a,b,d,e,f</sup>	21,8 ± 3,1 <sup>a,b,c,e,f</sup>	22,4 ± 2,7 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Insuffisance pondérale (n)	301 (4,1%) <sup>b,c,d,e</sup>	99 (2,7%) <sup>a,d,e</sup>	267 (2,8%) <sup>a,d,e</sup>	145 (7,4%) <sup>a,b,c,e,f</sup>	137 (10,9%) <sup>a,b,c,d,f</sup>	280 (3,5%) <sup>c</sup>	134 (3,3%)	270(2,8%) <sup>a,d,e</sup>	108 (3,9%) <sup>c,f</sup>	70 (3,8%) <sup>c,f</sup>
Normo-pondéré (n)	5952 (80,4%) <sup>b,c</sup>	3082 (83,6%) <sup>a,c,e,f</sup>	8299 (88,1%) <sup>a,b,d,e,f</sup>	1603 (82,0%) <sup>c,e</sup>	989 (78,7%) <sup>b,c,d,f</sup>	6411 (80,0%) <sup>b,c,d,e</sup>	3160 (78,0%) <sup>a,c,d,e,f</sup>	8025 (83,2%) <sup>a,b,f</sup>	2251 (82,0%) <sup>a,b</sup>	1506 (82,8%) <sup>a,b,f</sup>
Surpoids (n)	953 (12,9%) <sup>b,c,d,e</sup>	409 (11,1%) <sup>a,c,d,e,f</sup>	709 (7,5%) <sup>a,b,f</sup>	158 (8,1%) <sup>a,b,f</sup>	96 (7,6%) <sup>a,b,f</sup>	1063 (13,3%) <sup>b,c,d</sup>	605 (14,9%) <sup>a,c,d,e,f</sup>	1097 (11,4%) <sup>a,b,f</sup>	324 (11,8%) <sup>a,b,f</sup>	213 (11,7%) <sup>b,f</sup>
Obésité (n)	197 (2,7%) <sup>c,f</sup>	95 (2,6%) <sup>c,f</sup>	147 (1,6%) <sup>a,b,d,e,f</sup>	49 (2,5%) <sup>a,c</sup>	34 (2,7%) <sup>c,f</sup>	257 (3,2%) <sup>c,d,f,e</sup>	150 (3,7%) <sup>c,d,e,f</sup>	251 (2,6%) <sup>a,b,e,f</sup>	62 (2,3%) <sup>a,b</sup>	30 (2,1%) <sup>a,b,c,f</sup>
Licenciés en club (n)	5183 (70,0%) <sup>b,c,d,e,f</sup>	2292 (62,2%) <sup>a,c,d,f</sup>	5434 (57,7%) <sup>a,b,d,f</sup>	1032 (52,8%) <sup>a,b,c,e,f</sup>	755 (60,1%) <sup>a,d,f</sup>	6172 (77,0%) <sup>b,c,d,e,f</sup>	2908 (71,8%) <sup>a,e,f</sup>	6781 (70,3%) <sup>a,e,f</sup>	1930 (70,3%) <sup>a,e,f</sup>	1544 (84,9%) <sup>a,b,c,d,f</sup>
Endurance cardiorespiratoire (m)	505 ± 64 <sup>b,c,d,e,f</sup>	511 ± 74 <sup>a,d,e,f</sup>	510 ± 75 <sup>a,d,e,f</sup>	500 ± 89 <sup>a,b,c,e,f</sup>	524 ± 79 <sup>a,b,c,d,f</sup>	538 ± 71 <sup>b,c,d,e,f</sup>	571 ± 81 <sup>a,c,d,e,f</sup>	605 ± 76 <sup>a,b,d,e,f</sup>	623 ± 81 <sup>a,b,c,e,f</sup>	646 ± 71 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Coordination (n)	26,9 ± 7,8 <sup>b,c,d,e,f</sup>	27,9 ± 8,9 <sup>a,c,d,e</sup>	29,4 ± 8,3 <sup>a,b,e,f</sup>	29,4 ± 9,1 <sup>a,b,e,f</sup>	32,6 ± 8,9 <sup>a,b,c,d,f</sup>	26,5 ± 8,3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	27,8 ± 9,3 <sup>a,c,d,e</sup>	30,5 ± 9,2 <sup>a,b,d,e,f</sup>	32,5 ± 9,8 <sup>a,b,c,e,f</sup>	36,3 ± 9,2 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Puissance musculaire (cm)	139 ± 27 <sup>b,c,d,e,f</sup>	146 ± 29 <sup>a,c,d,e,f</sup>	150 ± 30 <sup>a,b,d,e,f</sup>	152 ± 33 <sup>a,b,c,e,f</sup>	160 ± 29 <sup>a,b,c,d,f</sup>	153 ± 28 <sup>b,c,d,e,f</sup>	176 ± 33 <sup>a,c,d,e,f</sup>	195 ± 32 <sup>a,b,d,e,f</sup>	209 ± 34 <sup>a,b,c,e,f</sup>	220 ± 28 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Vitesse (s)	6,03 ± 0,75 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5,67±0,80 <sup>a,c,d,e,f</sup>	5,42 ± 0,78 <sup>a,b,d,e,f</sup>	5,52 ± 0,83 <sup>a,b,c,e,f</sup>	5,32 ± 0,77 <sup>a,b,c,d,f</sup>	5,74 ± 0,72 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5,19 ± 0,80 <sup>a,c,d,e,f</sup>	4,71 ± 0,73 <sup>a,b,d,e,f</sup>	4,58 ± 0,62 <sup>a,b,c,e,f</sup>	4,31 ± 0,64 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Endurance de force (n)	20,5 ± 14,3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	21,4±13,0 <sup>a,d,e,f</sup>	21,2 ± 13,1 <sup>a,d,e,f</sup>	23,0 ± 15,5 <sup>a,b,c,e,f</sup>	29,1 ± 16,7 <sup>a,b,c,d,f</sup>	30,1 ± 18,1 <sup>b,c,d,e,f</sup>	35,5 ± 18,9 <sup>a,c,d,e,f</sup>	41,6 ± 20,0 <sup>a,b,d,e,f</sup>	47,1 ± 23,2 <sup>a,b,c,e,f</sup>	55,2 ± 23,2 <sup>a,b,c,d,f</sup>
Souplesse (score/5)	3,80 ± 0,91 <sup>b,c,d,e,f</sup>	3,96±0,89 <sup>a,c,f</sup>	4,05 ± 0,90 <sup>a,b,d,e,f</sup>	3,97 ± 0,92 <sup>a,c,f</sup>	4,04 ± 0,94 <sup>a,c,f</sup>	3,25 ± 0,88 <sup>b,c,d,e,f</sup>	3,41±0,91 <sup>a,c,d,e,f</sup>	3,54 ± 0,90 <sup>a,b,d,e,f</sup>	3,61 ± 0,92 <sup>a,b,c,e,f</sup>	3,75 ± 0,93 <sup>a,b,c,d,f</sup>

**Légende :** IMC : Indice de Masse Corporelle ; <sup>a</sup>significativement différent des 11-12 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent des 13-14 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent des 15-16 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent des 17-18 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>e</sup>significativement différent des 19-21 ans ( $p < 0,05$ ) ; <sup>f</sup>significativement différent entre les filles et les garçons ( $p < 0,05$ ).

Concernant la coordination, les participants plus âgés disposaient d'une coordination plus élevée que leurs compères plus jeunes ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**). La coordination était plus élevée chez les filles de 11-12 ans par rapport à leurs homologues masculins ( $p = 0,001$ ). En revanche, chez les 15-16 ans et plus, les garçons disposaient d'un niveau de coordination plus important que les filles ( $p < 0,001$ ).

Pour les filles comme pour les garçons, les niveaux de puissance musculaire ( $p < 0,05$  ; **Tableau 7**) et de vitesse ( $p < 0,001$ ) étaient supérieurs chez les participants plus âgés comparativement à leurs compères plus jeunes. Pour ces 2 composantes de la CP, les garçons détenaient un niveau plus élevé que les filles (quel que soit le groupe d'âge,  $p < 0,001$ ).

Pour les 2 sexes, le niveau d'endurance de force était plus élevé chez les participants plus âgés comparativement à leurs homologues plus jeunes ( $p < 0,05$  ; **Tableau 7**), excepté pour les filles de 13-14 ans, où l'endurance de force n'était pas significativement différente des filles de 15-16 ans. L'endurance de force était significativement plus élevée chez les garçons que chez les filles (quel que soit le groupe d'âge,  $p < 0,001$ ).

Le niveau de souplesse était plus élevé chez les garçons plus âgés ( $p < 0,01$  ; **Tableau 7**). Le niveau de souplesse était également supérieur chez les filles plus âgées exceptée entre 13-14 ans et les 2 groupes d'âge les plus élevés chez les filles ( $p > 0,05$ ). Le niveau de souplesse était significativement plus élevé chez les filles que chez les garçons (quel que soit le groupe d'âge,  $p < 0,001$ ).

### Classes d'IMC

L'endurance cardiorespiratoire, la vitesse, la coordination et la puissance musculaire étaient plus élevées chez les participants normo-pondérés, suivies par ordre décroissant par ceux en insuffisance pondérale, puis en surpoids et enfin en situation d'obésité ( $p < 0,001$  ; **Tableau 8**). Les participants normo-pondérés disposaient également d'un niveau d'endurance de force et de souplesse plus élevé que les participants des autres classes d'IMC ( $p < 0,001$  ; **Tableau 8**).

**Tableau 8.** Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction de la classe d'indice de masse corporelle

	Insuffisance pondérale	Normo-pondéré	Surpoids	Obésité
Endurance cardiorespiratoire (m)	543 ± 82 <sup>b,c,d</sup>	556 ± 84 <sup>a,c,d</sup>	514 ± 89 <sup>a,b,d</sup>	460 ± 89 <sup>a,b,c</sup>
Coordination (n)	28,3 ± 8,5 <sup>b,c,d</sup>	29,5 ± 9,0 <sup>a,c,d</sup>	26,8 ± 8,7 <sup>a,b,d</sup>	24,2 ± 8,1 <sup>a,b,c</sup>
Puissance musculaire (cm)	163 ± 33 <sup>b,c,d</sup>	168 ± 38 <sup>a,c,d</sup>	153 ± 39 <sup>a,b,d</sup>	135 ± 37 <sup>a,b,c</sup>
Vitesse (s)	5,40 ± 0,80 <sup>b,c,d</sup>	5,27 ± 0,86 <sup>a,c,d</sup>	5,65 ± 1,00 <sup>a,b,d</sup>	6,15 ± 1,07 <sup>a,b,c</sup>
Endurance de force (n)	27,6 ± 17,2 <sup>b,d</sup>	31,6 ± 20,3 <sup>a,c,d</sup>	26,3 ± 19,1 <sup>b,d</sup>	20,4 ± 14,1 <sup>a,b,c</sup>
Souplesse (score/5)	3,51 ± 0,97 <sup>b,c</sup>	3,71 ± 0,94 <sup>a,c,d</sup>	3,62 ± 0,95 <sup>a,b</sup>	3,55 ± 0,91 <sup>b</sup>

**Tableau 9.** Présentation de la prévalence dans les différentes classes d'indice de masse corporelle en fonction des sports pratiqués chez les adolescents et les jeunes adultes

	Insuffisance pondérale	Normo-pondéré	Surpoids	Obésité
Non-licenciés en club (n = 15 957)	695 (4,4%) <sup>f</sup>	12690 (79,5%) <sup>f</sup>	1980 (12,4%) <sup>f</sup>	592 (3,7%) <sup>f</sup>
Licenciés en club (n = 34 031)	1116 (3,3%) <sup>f</sup>	28588 (84,0%) <sup>f</sup>	3647 (10,7%) <sup>f</sup>	680 (2,0%) <sup>f</sup>
Danse (n = 3702)	156 (4,2%) <sup>c,d,e</sup>	3184 (86,0%) <sup>c,d,e</sup>	305 (8,2%) <sup>c,d,e</sup>	57 (1,5%) <sup>e</sup>
Equitation (n = 1757)	77 (4,4%) <sup>c,d,e</sup>	1527 (86,9%) <sup>c,d,e</sup>	128 (7,3%) <sup>c,d,e</sup>	25 (1,4%) <sup>e</sup>
Natation (n = 1685)	49 (2,9%) <sup>a,b</sup>	1418 (84,2%) <sup>a,b</sup>	187 (11,1%) <sup>a,b</sup>	31 (1,8%)
Football (n = 6808)	195 (2,9%) <sup>a,b</sup>	5752 (84,5%) <sup>a,b</sup>	746 (11,0%) <sup>a,b</sup>	115 (1,7%) <sup>e</sup>
Basketball (n = 2490)	72 (2,9%) <sup>a,b</sup>	2085 (83,7%) <sup>a,b</sup>	273 (11,0%) <sup>a,b</sup>	60 (2,4%) <sup>a,b,d</sup>

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent par rapport à l'insuffisance pondérale ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent des normo-pondérés ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent du surpoids ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent de l'obésité ( $p < 0,05$ ).

Il y avait significativement plus de participants en insuffisance pondérale, en surpoids et en obésité parmi ceux qui n'étaient pas licenciés dans un club sportif ( $p < 0,001$  ; **Tableau 9**)

### Pratique en club sportif

La pratique en club sportif était inférieure chez les filles plus âgées en comparaison aux filles plus jeunes. En effet, le pourcentage de filles licenciées en club était plus élevé à 11-12 ans qu'à 13-14 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**). Des résultats similaires sont observés entre les filles âgées de 13-14 ans comparés aux filles de 15-16 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**), ainsi que chez les 15-16 ans par rapport aux 17-18 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**). Cependant, cette pratique sportive en club était plus élevée chez les filles de 19-21 ans en comparaison aux filles de 17-18 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**).

La participation à des clubs sportifs était plus élevée chez les garçons âgés de 11-12 ans par rapport aux garçons âgés de 13-14 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**). En revanche comme chez les filles, les garçons de 19-21 ans étaient plus souvent licenciés dans un club sportif que leurs compères âgés de 17-18 ans ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**). Sur chaque tranche d'âge ; les garçons étaient plus souvent licenciés en club que les filles ( $p < 0,001$  ; **Tableau 7**).

Les performances des participants n'étant pas licenciés dans un club sportif étaient inférieures à celles des licenciés dans un club, et ce quelle que soit la composante de la CP évaluée ( $p < 0,001$  ; **Tableau 10**).

**Tableau 10.** Présentation des performances sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction de l'adhésion à une licence sportive

	Licenciés en club ( $n = 34031$ )	Non-licenciés ( $n = 15957$ )
Endurance cardiorespiratoire (m)	563 ± 84 <sup>a</sup>	516 ± 86 <sup>a</sup>
Coordination ( $n$ )	30,1 ± 9,1 <sup>a</sup>	26,8 ± 8,3 <sup>a</sup>
Puissance musculaire (cm)	171 ± 38 <sup>a</sup>	154 ± 37 <sup>a</sup>
Vitesse (s)	5,22 ± 0,87 <sup>a</sup>	5,59 ± 0,93 <sup>a</sup>
Endurance de force ( $n$ )	33,7 ± 20,1 <sup>a</sup>	23,8 ± 16,2 <sup>a</sup>
Souplesse (score/5)	3,74 ± 0,94 <sup>a</sup>	3,59 ± 0,94 <sup>a</sup>

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent entre les participants non-licenciés et licenciés dans un club ( $p < 0,05$ ).

Les filles et les garçons membres d'un club de football et de basketball disposaient d'un niveau d'endurance cardiorespiratoire significativement plus important que ceux des autres clubs sportifs ( $p < 0,001$  ; **Tableau 11**). Les danseurs (et les garçons pratiquant l'équitation) détenaient le niveau d'endurance cardiorespiratoire le plus bas ( $p < 0,05$ ).

La coordination était plus élevée chez les filles pratiquant des sports d'équipe (*i.e.*, football et basketball, **Tableau 11**). En revanche, seuls les garçons pratiquant le basketball ( $p < 0,05$  ; **Tableau 11**) disposaient d'un niveau de coordination plus accru que les autres sports (excepté les danseurs). Les filles pratiquant du football avaient un niveau de puissance musculaire plus élevé que les filles pratiquant d'autres sports ( $p < 0,05$  ; **Tableau 11**). Les garçons jouant au basketball dans un club étaient plus puissants que les garçons pratiquant d'autres sports ( $p < 0,05$  ; **Tableau 11**). Les participants licenciés dans un club de football détenaient la vitesse la plus élevée, tant chez les filles que chez les garçons.

Chez les filles, l'endurance de force était significativement plus importante chez les footballeuses, les basketteuses et les nageuses ( $p < 0,05$  ; **Tableau 11**). Chez les garçons, un niveau d'endurance de force plus élevé a été observé chez les basketteurs et les nageurs (**Tableau 11**).

Les filles et les garçons pratiquant de la danse disposaient d'une souplesse significativement plus élevée que les pratiquants des autres sports ( $p < 0,001$  ; **Tableau 11**), excepté pour les garçons pratiquant de l'équitation ( $p = 0,071$  ; **Tableau 11**).

Les filles et les garçons pratiquant de la danse et de l'équitation comptaient plus de personnes en insuffisance pondérale et de normo-pondéré que les pratiquants des autres sports ( $p < 0,05$  ; **Tableau 11**). Inversement, il y avait significativement moins de danseurs et de cavaliers en surpoids ( $p < 0,001$ ). L'obésité était significativement plus répandue chez les basketteurs que chez les danseurs ( $p = 0,014$ ), les cavaliers ( $p = 0,024$ ) et les footballeurs ( $p = 0,024$ ).

Tableau 11. Présentation des performances réalisées sur les tests du Diagnoform® Tonic en fonction du sport pratiqué chez les filles et garçons

Filles	Danse (n = 3465)	Equitation (n = 1633)	Natation (n = 946)	Football (n = 538)	Basketball (n = 986)
Endurance cardiorespiratoire (m)	508 ± 64 <sup>b,c,e,f</sup>	516 ± 69 <sup>a,d,e</sup>	520 ± 63 <sup>a,d,e</sup>	539 ± 67 <sup>a,b,c</sup>	540 ± 73 <sup>a,b,c</sup>
Coordination	29,2 ± 8,3 <sup>b,d,e</sup>	28,1 ± 8,2 <sup>a,d,e</sup>	28,9 ± 8,0 <sup>d,e</sup>	30,3 ± 9,7 <sup>a,b,c</sup>	31,0 ± 9,2 <sup>a,b,c</sup>
Puissance musculaire (cm)	145 ± 26 <sup>d,e</sup>	147 ± 26 <sup>d,e</sup>	147 ± 29 <sup>d,e</sup>	161 ± 31 <sup>a,b,c,e</sup>	156 ± 30 <sup>a,b,c,d</sup>
Vitesse (s)	5,67 ± 0,75 <sup>b,d,e</sup>	5,54 ± 0,72 <sup>a,c,d,e</sup>	5,67 ± 0,79 <sup>b,d,e</sup>	5,30 ± 0,76 <sup>a,b,c</sup>	5,37 ± 0,73 <sup>a,b,c</sup>
Endurance de force (n)	21,0 ± 12,9 <sup>c,d,e</sup>	21,1 ± 12,8 <sup>c,d,e</sup>	26,4 ± 17,9 <sup>a,b</sup>	25,6 ± 15,5 <sup>a,b</sup>	24,7 ± 14,5 <sup>a,b</sup>
Souplesse (score/5)	4,20 ± 0,86 <sup>b,c,d,e</sup>	3,90 ± 0,87 <sup>a,c</sup>	4,02 ± 0,88 <sup>a,b,d,e</sup>	3,82 ± 0,88 <sup>a,c</sup>	3,84 ± 0,89 <sup>a,c</sup>
Garçons	Danse (n = 237)	Equitation (n = 1243)	Natation (n = 739)	Football (n = 6270)	Basketball (n = 1504)
Endurance cardiorespiratoire (m)	561 ± 80 <sup>c,d,e</sup>	558 ± 93 <sup>c,d,e</sup>	580 ± 78 <sup>a,b,d,e</sup>	604 ± 79 <sup>a,b,c</sup>	603 ± 79 <sup>a,b,c</sup>
Coordination	30,8 ± 9,8 <sup>b</sup>	27,5 ± 8,9 <sup>a,d,e</sup>	29,2 ± 8,9 <sup>d,e</sup>	30,3 ± 9,4 <sup>b,c,e</sup>	31,2 ± 9,7 <sup>b,c,d</sup>
Puissance musculaire (cm)	180 ± 42 <sup>e</sup>	180 ± 37 <sup>e</sup>	178 ± 39 <sup>d,e</sup>	185 ± 36 <sup>c,e</sup>	191 ± 37 <sup>a,b,c,d</sup>
Vitesse (s)	5,22 ± 0,79 <sup>d,e</sup>	5,15 ± 0,68 <sup>d</sup>	5,22 ± 0,93 <sup>d,e</sup>	4,92 ± 0,84 <sup>a,b,c</sup>	4,94 ± 0,84 <sup>a,c</sup>
Endurance de force (n)	36,2 ± 20,6 <sup>c,e</sup>	32,2 ± 17,5 <sup>c,d,e</sup>	40,6 ± 25,5 <sup>a,b</sup>	39,8 ± 19,8 <sup>b</sup>	40,8 ± 20,0 <sup>a,b</sup>
Souplesse (score/5)	3,76 ± 0,92 <sup>c,d,e</sup>	3,49 ± 0,80	3,52 ± 0,91 <sup>a</sup>	3,47 ± 0,89 <sup>a</sup>	3,42 ± 0,92 <sup>a</sup>

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de la danse ( $p < 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent de l'équitation ( $p < 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent de la natation ( $p < 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent du football ( $p < 0,05$ ) ; <sup>e</sup>significativement différent du basketball ( $p < 0,05$ ).

#### 4. Discussion

L'objectif principal de ces 2 premières études était d'examiner les relations entre l'âge, le sexe, la corpulence, la pratique en club sportif et la CP autour d'un large échantillon d'enfants, d'adolescents et de jeunes adultes Français.

##### *Relations entre l'âge, le sexe et la condition physique*

En ce qui concerne, l'influence de l'âge et du sexe sur la CP, nos résultats vont globalement dans le sens de nos 2 premières hypothèses à savoir que le niveau de CP serait supérieur chez les participants plus âgés et que les garçons disposeraient d'un niveau de CP plus élevé que celui des filles. En effet, comme déjà observé dans la littérature,<sup>33,235,237,239</sup> nos résultats soulignent que le niveau de la plupart des composantes de la CP était plus haut chez les jeunes plus âgés (**Tableau 4, Tableau 7**). Ce niveau plus élevé peut notamment s'attribuer à l'amélioration de l'économie de course, aux modifications au niveau de la composition corporelle ou encore à la maturation neuromusculaire engendrée par la croissance de l'enfant, de l'adolescent et du jeune adulte.<sup>93,243</sup> A titre d'exemple, la masse musculaire, un marqueur de la performance pour les qualités physiques liées la filière anaérobie (*e.g.*, la puissance, la vitesse ou l'endurance de force),<sup>254</sup> semble se développer avec l'avancée en âge.<sup>243</sup> Pour la coordination motrice, cette supériorité des participants plus âgés pourrait partiellement s'expliquer par : *a*) l'amélioration du contrôle de l'attention avec l'âge,<sup>255</sup> et *b*) l'opportunité offerte aux enfants, aux adolescents et aux jeunes adultes au sein du système scolaire Français de pratiquer des AP développant leurs habiletés motrices.<sup>238</sup> En revanche, le niveau de souplesse ne semble pas être plus important chez les participants plus âgés. En effet, chez l'enfant le niveau de souplesse « stagne » tandis que cette composante de la CP de santé<sup>34</sup> tend à « s'accroître » jusqu'à 15-16 ans chez l'adolescent avant de « baisser » à l'âge de 17-18 ans chez les filles (**Tableau 7**). Cette « stagnation » de la souplesse chez l'enfant a déjà été mentionnée par De Miguel Etayo et al.<sup>77</sup> Pour l'adolescent et le jeune adulte, des résultats assez proches ont également été observés par Lee et al.,<sup>240</sup> mettant en avant la faible augmentation du niveau de souplesse après l'âge de 15 ans chez les filles. Ces résultats pourraient notamment se justifier par les modifications du système musculosquelettique au cours de la croissance. En effet, le déséquilibre entre l'allongement musculaire et l'allongement osseux se produisant au

cours de cette période pourrait expliquer l'augmentation de la rigidité musculo-tendineuse.<sup>93</sup> Cependant, d'autres travaux sont nécessaires pour venir affirmer cette hypothèse.

A propos de l'effet du sexe sur le niveau de CP, les garçons disposent d'un niveau global de CP plus élevé que les filles, excepté sur certaines composantes de la CP. Cette différence de CP en faveur des garçons peut s'expliquer par la pratique en club sportif qui s'avère être très différente entre les sexes. En effet, les résultats de cette étude (**Tableau 3, Tableau 7**) appuyés par ceux d'une autre recherche<sup>242</sup> ont pu démontrer que les garçons détiennent plus souvent une licence sportive en club que les filles. Cette pratique en club sportif s'associe généralement à une augmentation du niveau d'AP impactant lui-même le niveau de CP de l'enfant, de l'adolescent et du jeune adulte.<sup>8,9</sup>

Néanmoins, les différentes composantes de la CP tendent à évoluer différemment avec l'âge en fonction du sexe. Par exemple, durant l'adolescence, le niveau d'endurance cardiorespiratoire est supérieur chez les garçons plus âgés alors que ce même niveau tend à « stagner » voire « diminuer » à l'âge de 17-18 ans chez les filles (**Tableau 7**). Pour les garçons, cette supériorité des participants plus âgés pourrait notamment se justifier par l'amélioration de l'économie de course avec la croissance malgré la stagnation du  $\dot{V}O_2\text{max}$  exprimé en valeur relative.<sup>93,241</sup> Chez les adolescentes, la progressive diminution du  $\dot{V}O_2\text{max}$  exprimé en valeur relative, l'augmentation du pourcentage de masse grasseuse (*e.g.*, développement des caractères sexuels secondaires comme la poitrine) et la plus faible augmentation de la masse musculaire (kg) comparativement aux garçons pourraient être d'autres facteurs explicatifs de cette non-supériorité des filles plus âgées.<sup>241,243</sup> Ce « développement » différent de l'endurance cardiorespiratoire entre les 2 sexes peut également se justifier à travers l'accroissement progressif avec l'âge du taux d'hématocrite chez les garçons, impliquant une plus grande capacité à transporter l'oxygène.<sup>256</sup> Contrairement à l'endurance cardiorespiratoire, nos résultats démontrent que le niveau de coordination motrice est plus élevé chez les filles âgées de 5-10 ans. Emeljanovas et al.<sup>239</sup> ont obtenu un résultat différent du nôtre en observant que les garçons disposaient d'un plus grand niveau de coordination que les filles. Cependant, ces auteurs ont utilisé un test avec des barres sur un mur d'escalade tandis que notre travail s'est appuyé sur le test de la marelle (**Figure 14**) qui est un jeu traditionnellement utilisé par les filles dans les cours de récréation Françaises. Cela laisse supposer que les filles étaient peut-être plus familières et par conséquent mieux entraînées que les garçons sur le test de la marelle. De plus, ce test évalue la coordination motrice en

incorporant une autre composante de la CP de performance (*i.e.*, l'équilibre) et les filles disposeraient d'un niveau d'équilibre plus élevé que les garçons.<sup>77</sup> En revanche à l'adolescence, une plus grande « augmentation » de la coordination motrice est recensée chez les garçons comparativement aux filles après l'âge de 15 ans. Cette « augmentation » plus lente chez les filles peut se justifier par la progressive « baisse » de la pratique en club sportif durant cette période (**Tableau 7**) comparativement aux garçons ainsi qu'un engagement plus faible dans les AP durant l'adolescence.<sup>257</sup> Comme pour la coordination motrice, le niveau de souplesse est plus élevé chez les filles, quel que soit l'âge. La différence de densité tissulaire, qui est moins importante chez les filles, pourrait positivement impacter le niveau de souplesse.<sup>243,258</sup> Des différences au niveau de l'anatomie de la hanche et de la composition corporelle entre les garçons et les filles peuvent également expliciter ce résultat.<sup>243,259</sup> Par exemple, le bassin est légèrement plus large chez certaines filles,<sup>259</sup> influençant l'amplitude des mouvements. Enfin, comme déjà évoqué, les filles semblent pratiquer davantage de sports (*i.e.* gymnastique et danse)<sup>242</sup> où la souplesse est travaillée.

#### *Relations entre la corpulence, la pratique en club et la condition physique*

Cette étude s'est également intéressée aux relations entre la corpulence (les classes d'IMC), la pratique en club et le niveau de CP des enfants, des adolescents et des jeunes adultes. Nos résultats montrent que les jeunes normo-pondérés détenaient le niveau de CP le plus élevé. De plus, et conformément à d'autres travaux,<sup>33,244,245</sup> les jeunes participants en situation d'obésité étaient ceux possédant le plus faible niveau de CP (**Figure 15, Tableau 8**). Ces jeunes en situation d'obésité contiennent généralement un excès de masse grasseuse influençant négativement les performances physiques.<sup>260</sup> Ceci est principalement dû à l'augmentation du coût énergétique pendant la pratique d'une AP.<sup>261</sup> Notre travail a également permis de souligner que les enfants, les adolescents et les jeunes adultes en situation d'obésité étaient moins souvent licenciés en club que les participants des autres classes d'IMC. A titre d'illustration, seuls 48% des enfants de 5-10 ans en situation d'obésité étaient licenciés en club sportif (**Tableau 6**), contre 55 à 58% des enfants des autres classes d'IMC. Bien que la participation à un club sportif s'associe à une diminution du pourcentage de masse grasseuse et s'avère être un moyen de lutter contre l'obésité,<sup>7,9</sup> comme la littérature le laisse sous-entendre, les jeunes en situation d'obésité pourraient être moins intéressés par la pratique d'une AP au sein d'un

club sportif.<sup>262</sup> Ce manque d'appétence pour la pratique sportive en club peut s'expliquer par une offre sportive très généralement éloignée de leurs besoins.<sup>262</sup> En effet, les clubs sportifs pour les enfants, les adolescents et les jeunes adultes ont globalement tendance à se centrer sur l'aspect compétitif de la pratique sportive et peut-être moins sur les aspects ludiques, conviviaux et récréatifs d'une AP.<sup>262</sup> Une politique sportive fédérale pourrait être envisagée pour promouvoir l'aspect ludique et convivial d'une pratique d'AP en club sportif en prolongement des enseignements d'EPS obligatoire. Qui plus est, l'analyse complémentaire suggère également que chez l'enfant, la différence de CP entre les garçons et les filles en situation d'obésité et ceux normo-pondérés « s'accroît » au cours de l'enfance. En effet, la variation du QFP entre les enfants en situation d'obésité et les normo-pondérés, exprimée en pourcentage, était plus importante à 9-10 ans (18%) qu'à 5-6 ans (14%) soulignant ainsi la nécessité de promouvoir les bons comportements de santé (*e.g.*, promotion des clubs sportifs) dès le plus jeune âge.

#### *Relations entre le sexe et la pratique en club*

Ces études observationnelles ont également permis de confirmer que les clubs sportifs attirent plus souvent les garçons que les filles (**Tableau 3, Tableau 7**). Ces résultats peuvent être le fruit d'une médiatisation plus importante du sport masculin dans la presse<sup>263</sup> en comparaison aux sports féminins, encourageant davantage les garçons à espérer faire carrière dans le sport et à s'engager dans un club. Comme conséquence de cette sous-médiatisation de la pratique féminine, les filles peuvent percevoir la pratique sportive comme moins essentielle en comparaison aux garçons.<sup>264</sup> A ce titre et comme le suggèrent Gershenson et Holt,<sup>265</sup> les filles s'investiraient davantage dans des domaines plus en lien avec leurs réussites académiques (*i.e.*, les filles passeraient plus de temps dans les activités studieuses comme les devoirs à la maison).<sup>265</sup> Les résultats témoignent également d'une « baisse » progressive du pourcentage de licenciés en club chez les filles durant l'adolescence en comparaison aux garçons (**Tableau 7**). En effet, le pourcentage de différence de pratique en club sportif entre les garçons et les filles s'accroît avec l'âge (*i.e.*, 10% de différence à 11-12 ans vs 35% à 17-18 ans). De manière générale, le taux d'abandon sportif est plus élevé chez les filles que chez les garçons à l'adolescence. Certaines adolescentes avancent le manque de temps, la perte de plaisir, le manque d'une offre sportive conviviale plus adaptée à leurs besoins (surtout lors de la fin de

l'adolescence), voire l'excès de devoirs comme facteurs explicatifs d'arrêt de la pratique en club sportif.<sup>242,262,266</sup> De plus, les sports les plus délaissés durant l'adolescence sont les sports artistiques (*e.g.*, gymnastique ou danse),<sup>242</sup> qui sont plus fréquemment pratiqués par les filles.

*Relations entre une catégorie de sport ou un sport, la condition physique et la corpulence*

Le second objectif de cette étude était d'identifier une catégorie de sport (enfant) et un sport (adolescent et jeune adulte) pouvant s'associer à un plus haut niveau de CP. Tout d'abord, comme suggéré par de nombreux auteurs,<sup>8,9,267</sup> les jeunes participants engagés dans un club sportif disposaient d'un niveau de CP plus élevé que leurs pairs non-licenciés (**Tableau 10**). Notre étude est allée plus loin en examinant l'influence des différents sports sur le niveau de CP. Pour cela, les pratiques sportives en club ont été classées en fonction des 4 CA du bulletin officiel de l'éducation nationale en EPS.<sup>250</sup> Bien que globalement les sports du CA4 (*e.g.*, sports d'équipe ou sports de raquette) puis ceux du CA1 (*e.g.*, athlétisme, cyclisme, natation ou triathlon) pourraient engendrer davantage de bénéfices sur le développement de la CP, les résultats soulignent qu'il ne semble pas exister un sport spécifique qui serait plus efficace qu'un autre pour augmenter l'ensemble des composantes de la CP. En revanche, certaines pratiques sportives en club (plus que d'autres) s'associeraient à un niveau plus élevé de certaines composantes de la CP.

A propos de l'endurance cardiorespiratoire, les enfants pratiquant un sport du CA1 et du CA4 ainsi que les adolescents et les jeunes adultes pratiquant des sports d'équipe détenaient un niveau d'endurance cardiorespiratoire plus élevé que les autres. Ces résultats ne sont pas si surprenants puisque les logiques internes des sports d'équipe et des sports du CA1 sont essentiellement composées d'efforts intermittents intenses (*e.g.*, les circuits *training*). Ces efforts intermittents sont des efforts bien connus pour accroître l'endurance cardiorespiratoire.<sup>268,269</sup> Chez les adolescents et les jeunes adultes, les danseurs et les cavaliers détenaient le niveau d'endurance cardiorespiratoire le plus faible, sans doute dû à la moindre sollicitation du système cardiorespiratoire dans ces pratiques sportives.

Concernant la coordination motrice, ce ne seraient pas les mêmes pratiques en club, chez l'enfant et chez l'adolescent ou le jeune adulte, qui s'associeraient à un niveau plus élevé dans cette composante de la CP de performance.<sup>34</sup> Nos résultats ont ainsi pu souligner que les enfants pratiquant un sport du CA4 avaient un niveau de coordination plus faible que ceux

pratiquant un sport du CA1 et du CA3. En revanche, à l'adolescence et à l'âge adulte, ce sont les garçons et les filles licenciés dans l'un des sports les plus pratiqués du CA4 (*i.e.*, basketball) qui détenaient le niveau de coordination le plus élevé. Les résultats chez l'enfant sont quelque peu surprenants puisque les sports du CA4 (*e.g.*, football, tennis ou basketball) nécessitent de nombreux changements de direction, qui ont été testés lors de l'évaluation de la coordination motrice la marelle (**Figure 14**). Cependant, les sports du CA4 semblent attirer davantage les garçons (*e.g.*, 80% à l'âge de 5-6 ans, **Tableau 3**) qui disposent, comparés aux filles, de performance moindre sur le test de la marelle.<sup>32,33</sup> Chez les adolescents et les jeunes adultes (où une analyse par sexe a été différenciée), le test de coordination utilisé nécessite également de nombreux changements de direction, se produisant régulièrement au basketball qui est une pratique bien connue pour développer la coordination motrice.<sup>270</sup>

Concernant les composantes de la CP faisant essentiellement appel à la filière anaérobie (*i.e.*, la puissance musculaire et la vitesse), ce sont les enfants licenciés dans les sports du CA4 qui avaient les performances les plus élevées (**Tableau 5, Tableau 11**). Ces résultats peuvent probablement se justifier par le rôle primordial de la force musculaire dans les sports du CA4.<sup>271,272</sup> De plus, le test proposé par le Diagnoform® Tonic pour évaluer la vitesse est avantageux pour les footballeurs. En effet, dans les autres sports présents dans cette étude, il est extrêmement rare de parcourir une distance de 30m à une intensité extrêmement élevée. Pour l'endurance de force, les adolescents et les jeunes adultes pratiquant la natation (garçons et filles), et le basketball (garçons), détenaient les performances les plus élevées. Ce résultat peut également s'expliquer par l'importance de la force musculaire dans ces sports.<sup>273,274</sup> En effet, Aspenes et al.<sup>273</sup> ont démontré que la force musculaire des nageurs était corrélée à leurs vitesses de nage. Pour le basketball, la force des bras est nécessaire dans la bonne réalisation de certains mouvements comme le tir, particulièrement à 3 points.<sup>274</sup>

Concernant la souplesse, les jeunes participants engagés dans un sport issu du CA3 disposaient d'un plus haut niveau de souplesse que les autres sports. La souplesse est une composante majeure de la performance dans les sports du CA3<sup>275</sup> et des assouplissements sont très généralement réalisés pendant les séances d'entraînement des sports du CA3. Par exemple, les enfants licenciés dans un club de gymnastique disposeraient de 2 sessions d'assouplissement par séance de gymnastique.<sup>276</sup> En revanche, le faible niveau de souplesse des enfants du CA4 pourrait également se justifier par le faible pourcentage de filles dans ce groupe (21%).

Cette étude a également examiné les relations entre certaines pratiques en club sportif et la prévalence dans les différentes classes d'IMC. Nos résultats soulignent que les enfants pratiquant un sport du CA3 (*e.g.*, danse ou gymnastique) étaient plus souvent normo-pondérés et moins souvent en situation d'obésité que les enfants pratiquant un sport du CA4. Les adolescents et les jeunes adultes vont globalement dans le même sens, puisque les danseurs (représentant le CA3) et les cavaliers (CA2) sont plus souvent en insuffisance pondérale, normo-pondérés et moins souvent en surpoids que les adolescents et les jeunes adultes pratiquant d'autres sports. La morphologie du danseur est généralement plus fine avec une masse grasseuse et un IMC moindre<sup>277</sup> sans doute dû à la notion de « légèreté » avec laquelle la danse peut s'associer sur le plan esthétique. Les cavaliers, quant à eux, doivent régulièrement faire face à des restrictions alimentaires puisque la vitesse du cheval, dépendant également de la masse corporelle du cavalier, est un facteur déterminant de la performance.<sup>278</sup> En revanche, les enfants pratiquant un sport du CA4 et les adolescents ou les jeunes adultes basketteurs étaient plus souvent en situation d'obésité. Cette prévalence élevée de l'obésité pourrait notamment s'expliquer par une masse musculaire importante des pratiquants des sports d'équipe ainsi qu'un pourcentage de masse grasseuse nécessaire dans les sports de contact pour se protéger contre les coups.<sup>279</sup>

### *Forces et limites*

Bien que la principale force de cette étude soit le large échantillon d'enfants, d'adolescents et de jeunes adultes Français ayant réalisé les batteries de tests Diagnoform® Kid et Tonic, certaines limites méritent d'être mentionnées lors de l'interprétation de ces résultats. Par exemple, les licenciés en club sportif ne pouvaient mentionner qu'un seul sport. De plus, dans l'étude 2 (bien que nous ayons tenté d'être plus précis en identifiant un sport plutôt qu'une catégorie de sports comme dans l'étude 1), seuls les sports les plus pratiqués dans chaque CA ont été sélectionnés (*i.e.*, seulement 5 sports ont été utilisés). Qui plus est, nous ne possédions aucune information sur le volume (*i.e.*, durée, intensité et fréquence de pratique), sur le niveau de pratique en club ou encore sur l'expérience des jeunes participants dans ces clubs sportifs. De futurs travaux pourraient être menés en questionnant les participants sur les différentes caractéristiques de leurs pratiques en club sportif (*e.g.*, le volume d'entraînement, le niveau de pratique ou encore le poste occupé dans le sport pratiqué). Pour répondre à certaines de ces

problématiques, une nouvelle plateforme informatique a été développée par les ingénieurs de l'IRFO. En effet, il est maintenant demandé aux participants (en plus du sport) de renseigner la discipline sportive pratiquée (*e.g.*, si le jeune pratique de l'athlétisme, il doit préciser s'il fait du lancer, du saut, du sprint ou du demi-fond). Une autre limite de ce travail est le pourcentage de participation au Diagnoform® dans les différentes écoles et universités Françaises. En effet, au sein de notre échantillon, le pourcentage de participation aux tests du Diagnoform® Kid (étude 1) et Tonic (étude 2) diminuait au fur et à mesure de l'avancée en âge. A titre d'illustration, ce taux avoisinait les 90% en école primaire (5-10 ans) contre 80-85% chez les collégiens (11-14 ans) pour atteindre les 60-70% chez les lycéens et les étudiants (15-21 ans). Cela laisse sous-entendre que les adolescents et les jeunes adultes ne souhaitant pas réaliser les tests étaient peut-être les moins actifs physiquement (*e.g.*, élèves en surpoids ou en situation d'obésité). Enfin, malgré le large échantillon de données, l'ensemble des régions Françaises n'étaient pas présentes dans cette analyse. D'autres études pourraient notamment s'intéresser aux potentielles relations entre la pratique en club sportif, la performance et la santé, dans certains territoires (*e.g.*, campagne ou quartiers prioritaires) afin de pouvoir identifier des stratégies de santé publique spécifique à un territoire cible.

## 5. Conclusion

Les résultats de ces 2 études soulignent dans un premier temps que le niveau de CP est supérieur chez les jeunes plus âgés comparativement à leurs homologues plus jeunes, excepté à 17-18 ans chez les filles où une « diminution » de certaines composantes de la CP (l'endurance cardiorespiratoire, la vitesse et la souplesse) est observée. De manière générale, à l'adolescence, le niveau de CP se développe plus rapidement chez les garçons que chez les filles. A l'enfance et à l'adolescence, le niveau de CP est généralement plus élevé chez les garçons que chez les filles, hormis sur la souplesse et la coordination. Les résultats de l'IMC démontrent que les normo-pondérés disposent du plus haut niveau de CP tandis que ceux en situation d'obésité détiennent le niveau de CP le plus bas. La différence du niveau de CP entre les normo-pondérés et les enfants en situation d'obésité était plus élevée à 9-10 ans comparativement à 5-6 ans. Durant l'enfance et l'adolescence, la pratique en club est plus importante chez les garçons que chez les filles. Une baisse de cette pratique en club est recensée sur toute la période de l'adolescence, notamment chez les filles. La pratique en club sportif s'associe à un niveau de CP supérieur et un IMC plus favorable (*i.e.*, plus souvent normo-pondérés). La

pratique en club est plus faible chez les enfants et les adolescents en situation d'obésité. Chez l'enfant, les sports appartenant au CA1 (athlétisme, cyclisme, natation et triathlon) et au CA4 (sports d'équipe, de combat et de raquette) s'associaient à un niveau de CP plus élevé, excepté sur la souplesse où les enfants pratiquant un sport du CA3 (danse et gymnastique) disposaient du niveau de souplesse le plus élevé. Chez l'adolescent et le jeune adulte, les pratiquants des sports d'équipe détenaient le niveau le plus élevé d'endurance cardiorespiratoire, de coordination motrice, de puissance musculaire et de vitesse. Pour l'endurance de force, ce sont également les sports d'équipe accompagnés par la natation qui s'associaient à un niveau de plus élevé de cette composante de la CP de santé.<sup>34</sup> Comme chez l'enfant, les adolescents et les jeunes adultes pratiquant de la danse disposaient du plus haut niveau de souplesse.

En termes de santé publique, la promotion des clubs sportifs est essentielle pour augmenter le niveau de performance et de santé physique des jeunes. Nos résultats soulignent également l'importance d'agir dès le plus jeune âge pour construire des attitudes positives vis-à-vis du sport afin d'assurer la bonne santé de l'enfant, de l'adolescent et du futur adulte. En ce sens, la promotion des clubs sportifs pour les enfants dès 5-6 ans est cruciale pour accroître le niveau de santé et lutter contre le fardeau du surpoids et de l'obésité. De futures recherches pourraient être menées pour comprendre plus précisément la manière d'engager ces jeunes éloignés de la pratique en club (personnes en situations d'obésité et les filles) dans une structure sportive fédérale. Ces recherches observationnelles devraient susciter l'intérêt des politiques de santé publique, de l'éducation et du sport afin d'engendrer une réflexion commune autour d'une offre sportive fédérale plus ludique et plus conviviale, non seulement axée sur une logique compétitive et qui pourrait s'inscrire dans la continuité des cours d'EPS. Enfin, il pourrait être judicieux de développer un réseau entre la ville (*e.g.*, services des sports et de santé), les clubs sportifs locaux et les professeurs d'EPS pour construire un maillage autour du jeune favorisant la promotion de l'AP des enfants, des adolescents et des jeunes adultes.

## Sous-chapitre 2 : Effets d'une pratique sportive en club sur un déterminant de santé mentale : le bien-être.

- Publication scientifique (Cf Annexe 3)
  - **Barbry A**, Carton A, Coquart, J, Ovigneur H, Amoura C, Nuytens W, Orosz G. *Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. Frontiers in psychology.* 2021. 12 : 735189.
  
- Communication orale avec actes
  - **Barbry, A**, Carton, A, Coquart, J, Ovigneur, H, Amoura, C, Nuytens, W, Orosz, G. *Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. XVI. International conference on sport psychology, sport, child and adolescent development.* 23-24 juin 2022. Vienne, Autriche.

### 1. Introduction

Après avoir examiné les relations entre la pratique en club sportif, la performance sportive et la santé physique des jeunes Français,<sup>32,36</sup> nous avons souhaité *via* les nombreuses données observationnelles de l'IRFO, nous intéresser aux effets d'une pratique en club sportif sur la santé mentale (pouvant s'évaluer à travers le bien-être).<sup>280</sup> Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes tout particulièrement intéressés à la composante affective du bien-être hédonique pouvant se traduire par un niveau élevé d'affects positifs ainsi qu'un faible niveau d'affect négatifs.<sup>181</sup> Comme pour les études 1 (Kid) et 2 (Tonic),<sup>32,36</sup> notre réflexion est partie d'une question précise : quelle(s) pratique(s) particulière(s) en club sportif s'associerai(en)t à un niveau de bien-être affectif plus élevé chez les adolescents ? Curieusement, à notre connaissance, très peu d'études semblent s'être intéressées à cette problématique. Notre

travail vise donc à répondre à cette question en nous appuyant sur une large base de données ( $n = 12\ 849$ ).

Les effets positifs d'une pratique d'AP sur la santé mentale des adolescents ont déjà fait l'objet de nombreuses publications scientifiques.<sup>23,281</sup> A titre d'exemple, une récente méta-analyse<sup>281</sup> a révélé qu'une pratique d'AP engendrait des effets bénéfiques sur le fonctionnement cognitif des adolescents. En effet, l'AP peut venir stimuler des processus cognitifs complexes notamment par le développement de certaines zones du cerveau tels que l'hippocampe (qui participe aux processus d'apprentissage et de mémorisation),<sup>282</sup> le cortex préfrontal (disposant également d'un rôle essentiel dans les différentes phases de l'apprentissage, mais également dans la régulation de l'anxiété)<sup>283-285</sup> ou encore des régions très spécifiques (*e.g.*, les noyaux gris centraux qui ont pour fonction de programmer et de réguler les mouvements).<sup>286,287</sup>

Cette pratique d'AP régulière générerait des effets positifs immédiats sur certaines zones du cerveau de l'adolescent (*e.g.*, augmentation du volume de l'hippocampe).<sup>288</sup> Ces effets positifs immédiats de l'AP sur le cerveau de l'adolescent sembleraient s'associer à d'autres conséquences positives sur des médiateurs de la santé physique comme mentale du futur adulte.<sup>288-290</sup> A titre d'exemple, le niveau d'AP de l'adolescent serait un prédicteur du niveau d'AP du futur l'adulte qui est lui-même corrélé au niveau de bien-être de ce dernier.<sup>289,290</sup>

Ainsi, la promotion de l'AP lors de l'adolescence est aujourd'hui considérée comme un enjeu de santé publique mondiale pour de multiples raisons.<sup>36,288</sup> Tout d'abord, la pratique d'une AP lors de l'adolescence engendrerait (entre autre) des effets positifs immédiats sur certaines zones du cerveau.<sup>288</sup> De plus, le niveau d'AP à cette période serait un prédicteur du niveau d'AP et de bien-être du futur adulte.<sup>289,290</sup> Cependant, malgré ces effets bénéfiques sur la santé physique et mentale très peu d'adolescents respectent les recommandations de l'OMS en matière d'AP (*i.e.*, plus de 80% des adolescents réalisent moins d'1h par jour d'AP modérée à élevée).<sup>288</sup>

Dans cette étude, le terme bien-être affectif s'appuie sur les récents travaux de Bratman et al.<sup>291</sup> qui font référence à une élévation du bien-être affectif lorsque les affects positifs l'emportent sur les affects négatifs. Dans ce travail, nous avons interrogé le bien-être affectif comme une conséquence d'une pratique sportive en club (*i.e.*, comme pour les premières

études de ce chapitre, le terme club sportif se réfère seulement aux associations sportives affiliées à une fédération).<sup>32,36</sup>

Outre les avantages de l'AP sur certaines zones du cerveau mentionnées ci-dessus, les méta-analyses démontrent de manière robuste les bénéfices affectifs des AP chez l'adolescent et l'adulte (*i.e.*, réduction des affects négatifs et augmentation des affects positifs).<sup>23,292–295</sup> Ces récents travaux soulignent le fait que la pratique d'une AP ou d'un sport engendre une élévation des affects positifs désignant la manière dont un individu éprouve subjectivement des états affectifs positifs comme la joie, l'intérêt et la vitalité.<sup>296</sup> Cette même pratique d'AP ou d'un sport aurait aussi un effet sur la réduction des affects négatifs.<sup>297</sup> Ainsi, une pratique d'AP ou d'un sport s'avère engendrer un accroissement du bien-être affectif des adolescents. Cependant, à notre connaissance, peu d'études semblent s'être intéressées aux effets d'un sport spécifique sur le bien-être affectif des adolescents.

#### *Caractéristiques des activités physiques et bien-être affectif*

La pratique d'un sport (*i.e.*, type d'AP guidé par des règles spécifiques, très souvent pratiqué en compétition)<sup>298</sup> est associée à une meilleure santé physique et mentale.<sup>30,32,36</sup> En effet, la pratique d'un sport dans un club favoriserait un niveau de bien-être affectif plus élevé ainsi qu'une meilleure qualité de vie comparés à une pratique d'AP réalisée de manière autonome.<sup>299</sup> Sur le plan sociologique, la pratique d'un sport peut générer un sentiment d'appartenance sociale dans la mesure où elle facilite les interactions avec les autres.<sup>299</sup> A titre d'exemple, Brettschneider<sup>300</sup> a pu constater que la participation en club sportif engendrait non seulement un effet positif sur l'estime de soi des adolescents, mais contribuait également au développement de leurs compétences sociales.<sup>301</sup> Gisladottir et al.<sup>302</sup> ont également pu montrer que les adolescents licenciés en club croyaient plus fermement en leur réussite scolaire comparés à leurs pairs non-licenciés. Outre ces nombreux bénéfices psychologiques et sociologiques, la pratique en club ne semble pas faire partie intégrante de la vie de tous les adolescents Français.<sup>242</sup>

Si l'on analyse plus finement ces pratiques, elles disposeraient de diverses catégories. La première catégorie pourrait s'apparenter à la pratique d'un sport de manière collective ou de

manière individuelle. A ce titre, Pluhar et al.<sup>303</sup> ont remarqué que les adolescents pratiquant des sports d'équipe (*e.g.*, le football, le football américain ou encore le hockey) disposaient d'un niveau d'anxiété et de dépression moindre que ceux pratiquant des sports individuels (*e.g.*, course à pied, gymnastique ou plongeon). Guddal et al.<sup>304</sup> suggèrent que les bienfaits des sports d'équipe sur le bien-être affectif seraient liés aux aspects sociaux que les sports collectifs engendrent comme par exemple l'appartenance sociale à un groupe.<sup>299</sup>

Une autre catégorisation possible des pratiques en club sportif est liée aux caractéristiques esthétiques des différents sports. Davison et al.<sup>305</sup> ont comparé les sports « esthétiques » (*e.g.*, natation synchronisée, danse, gymnastique, *cheerleading* ou patinage artistique) aux sports « non-esthétiques » (*e.g.*, sports d'équipe, athlétisme, tennis ou arts martiaux). Ces mêmes auteurs<sup>305</sup> ont ainsi pu constater que les pratiquants des sports « esthétiques » semblent présenter davantage d'inquiétude vis-à-vis du « poids » et de la silhouette, ce qui s'accompagne très généralement d'une diminution du bien-être affectif.<sup>306-308</sup>

Le lieu de pratique représente une autre catégorisation possible des pratiques sportives en club.<sup>309</sup> De nombreux travaux<sup>309-311</sup> ont ainsi pu démontrer les effets bénéfiques sur le bien-être affectif des sports pratiqués dans un environnement extérieur en comparaison aux sports pratiqués en intérieur. Ainsi, les sports collectifs, « non-esthétiques », pratiqués dans un environnement extérieur pourrait s'associer à un niveau de bien-être affectif plus élevé. Cependant, les informations sur l'effet d'une pratique spécifique en club sportif sur le bien-être affectif tout au long de l'adolescence sembleraient être lacunaires dans la littérature.

La quatrième catégorisation possible est quant à elle, en lien avec l'intensité à laquelle le sport est pratiqué. Cette intensité peut avoir une incidence à la fois négative et positive sur le bien-être.<sup>312,313</sup> Dans sa définition de l'AP, l'OMS<sup>6</sup> souligne la présence de 3 niveaux différents d'intensité d'AP : faible, modérée et intense. Des études ont pu montrer que ces 3 niveaux d'intensité génèrent une élévation du bien-être affectif.<sup>314,315</sup> Cependant, de récents travaux<sup>312,313,316</sup> suggèrent qu'une AP intense (*e.g.*, HIIT) s'associerait à davantage de bénéfices affectifs dans la vie quotidienne des adolescents qu'une AP pratiquée à faible intensité. A titre d'exemple, Howie et al.<sup>313</sup> ont pu constater que la participation à des AP modérées ou intenses s'associait à une meilleure santé mentale. En parallèle, Costigan et al.<sup>312</sup> ont observé que seule

une AP intense générerait une augmentation du bien-être affectif chez les adolescents. Outre l'intensité à laquelle l'AP est pratiquée, 2 autres aspects complémentaires peuvent engendrer un accroissement du bien-être affectif (*i.e.*, fréquence de pratique et volume total d'AP).<sup>317-320</sup> En effet, une fréquence de pratique plus grande<sup>317,318</sup> ainsi qu'un volume élevé d'AP<sup>319,320</sup> plus élevé conduisent tous deux à un accroissement des bénéfices affectifs (excepté dans le cas d'un surentraînement de l'athlète où la réponse affective s'avèrerait être plutôt négative).<sup>317-321</sup> Hassmén et al.<sup>317</sup> ont constaté qu'une pratique fréquente d'AP (*i.e.*, 2 à 3 fois par semaine) conduisait à une augmentation du bien-être affectif plus importante comparé à une pratique moins fréquente. De plus, dans une récente étude, Jiang et al.<sup>318</sup> ont observé que les adolescents pratiquant des séances d'entraînement 3 à 5 fois par semaine disposaient d'un niveau de bien-être affectif plus élevé que ceux ne pratiquant qu'une fois par semaine. Le volume total d'AP hebdomadaire est également à prendre en compte pour obtenir un impact sur le bien-être affectif des adolescents.<sup>319,320</sup> En effet, un volume d'AP plus élevé protégerait les adolescents des différents problèmes émotionnels relatifs à cette période.<sup>319</sup>

À la suite des travaux mobilisés, nous pouvons supposer que si les adolescents ressentent davantage de bénéfices affectifs d'une pratique sportive en club durant leur adolescence, ils seront plus motivés à s'engager dans une pratique d'AP régulière ou même d'un sport afin de profiter des conséquences positives sur leur bien-être affectif tout au long de leur vie. Par conséquent, il est prépondérant d'obtenir plus d'informations sur les pratiques en club sportif qui pourraient s'associer à une augmentation du bien-être affectif durant cette période. Sur la base des études mentionnées dans la partie introductive, l'hypothèse principale était que les adolescents licenciés dans un club disposeraient d'un niveau bien-être affectif au quotidien plus élevé comparés à leurs homologues non-licenciés en club. Cependant, nous partions également de l'hypothèse que la participation à des sports collectifs, « non-esthétiques », pratiqués en extérieur et à une intensité élevée s'associeraient à un niveau de bien-être affectif plus important. Bien qu'il semble peu probable qu'un seul sport puisse remplir l'ensemble de ces 4 critères, certains sports (plus que d'autres) pourraient partiellement y répondre (*e.g.*, football, athlétisme ou basketball). En revanche certaines pratiques telles que la gymnastique, la danse ou encore l'équitation semblent plus éloignées de ces mêmes critères.

## 2. Méthode

### *Procédure et participants*

Cette recherche, comme pour les études 1 (Kid) et 2 (Tonic), fait partie du même *work package* relatif à l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup> qui a été préalablement approuvée par le CERSTAPS (00012476-2021-28-05-109). Comme ces 2 mêmes études, une déclaration au RGPD a été effectuée. Outre l'autorisation du CERSTAPS et la déclaration au RGPD, les données ont été anonymisées, déclarées et approuvées par la CNIL (1232206). Comme les adolescents étaient mineurs, des consentements éclairés, écrits et signés ont été obtenus par leurs parents. Les adolescents ont été, au préalable, informés du contenu de la recherche et une intention de participation leur a été demandée. Pour cette recherche, seules les données des adolescents âgés de 10 à 18 ans ont été utilisées. Les adolescents devaient indiquer s'ils étaient licenciés dans un club ou non. Les adolescents non-licenciés ainsi que les adolescents licenciés dans les sports les plus pratiqués (*i.e.*, afin qu'un sport puisse être inclus dans l'analyse, il fallait qu'il ait à minima 240 adolescents licenciés) ont été sélectionnés dans cette étude. Cette étape nous paraissait importante afin d'éviter les moyennes extrêmes pouvant résulter de quelques réponses biaisées. Cette étude a été réalisée auprès d'un large échantillon de 12849 adolescents (5812 femmes, 45%) âgés de 10 à 18 ans ( $12,6 \pm 2,0$  ans). La grande majorité des participants de cette étude (*i.e.*, 79%) ont déclaré disposer d'une licence dans un club.

### *Mesures*

**Bien-être affectif dans la vie quotidienne.** Ce questionnaire récemment utilisé dans une étude de Carton et al.,<sup>30</sup> a été réalisé environ 30min après une évaluation globale de la CP (*i.e.*, Diagnoform<sup>®</sup> Tonic)<sup>26,36,232</sup> s'étant déroulé au sein de l'établissement scolaire. A la suite du Diagnoform<sup>®</sup>, il était demandé aux adolescents, de manière individuelle et confidentielle, de décrire à quelle fréquence ils avaient pu vivre au cours des 3 à 4 derniers jours un ensemble d'affects positifs et négatifs (*cf* Annexe 4). Cinq adjectifs décrivaient les affects positifs (*i.e.*, joyeux, enthousiaste, fier, plein d'énergie et heureux) tandis que 7 autres adjectifs s'associaient aux affects négatifs (*i.e.*, en colère, furieux, triste, anxieux, honteux, coupable et inquiet). Les réponses étaient cotées sur une échelle de Likert en 5 points allant de 1 (pas du tout) à 5

(beaucoup). Comme l'ont souligné Carton et al.,<sup>30</sup> les 12 affects se regroupaient en 2 facteurs différents (*i.e.*, affects positifs et affects négatifs). Une analyse factorielle confirmatoire (réalisée avec R®, *package lavaan*) a été menée avec 2 facteurs de premier ordre, et un estimateur robuste du maximum de vraisemblance soutenant cette notion avec des indices d'ajustement du modèle acceptables (CFI = 0,941, TLI = 0,927, RMSEA = 0,064, IC<sub>95%</sub> = 0,062 – 0,066, SRMR = 0,039). Bien que ces valeurs ne soient pas parfaites, sur la base des travaux de Hu et Bentler<sup>322</sup> et Marsh et al.,<sup>323</sup> elles sont considérées comme acceptables. Les échelles positives ( $\alpha = 0,85$ ) et négatives ( $\alpha = 0,79$ ) disposent d'excellentes valeurs de cohérence interne.

**Pratique en club sportif.** Avant les mesures du niveau de CP (dont les tests ont été présentés dans l'étude 2) et après les mesures de la taille (cm) et de la masse corporelle (kg) présentes dans le Diagnoform® Tonic,<sup>36</sup> les adolescents étaient invités à répondre à la question suivante: « Êtes-vous licenciés dans un club sportif ? ». Les adolescents ayant répondu positivement à cette question, étaient invités à indiquer le sport qu'ils pratiquaient le plus souvent (*i.e.*, un seul sport pouvait être mentionné).

### 3. Résultats

#### *Analyse statistique*

La normalité de la distribution a été vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. L'égalité des variances a été vérifiée au préalable par le test de Levene. Une ANOVA à un facteur a ensuite été effectuée pour déterminer les différences entre les affects positifs et négatifs liés aux différentes pratiques sportives en club. Le test *post-hoc* de Benjamini et Hochberg a ensuite été réalisé pour déterminer où se situaient ces différences. Le test de Benjamin et Hochberg<sup>324</sup> a été privilégié puisque cette approche statistique est fortement recommandée lorsque le nombre de tests est élevé comme c'est le cas dans notre travail. De plus, ce test a largement été utilisé dans de récentes études réalisant également des comparaisons multiples à grande échelle.<sup>325–327</sup>

*Différences d'affect négatif selon le type de sport pratiqué*

Les analyses *post-hoc* de l'ANOVA ont démontré des différences statistiquement significatives entre les adolescents licenciés en club et ceux non-licenciés. En effet, les adolescents licenciés dans un club d'art martial, d'athlétisme, de basketball, de football, de natation et de volleyball vivaient de manière moins fréquente des affects négatifs comparés à leurs pairs non-licenciés (**Tableau 12**). De plus, certaines différences significatives ont également été notées entre les différents sports. Par exemple, les adolescents licenciés dans un club de boxe indiquaient ressentir plus d'affects négatifs que ceux licenciés dans un club d'art martial, d'athlétisme, de basketball, de danse, d'équitation, de football, de gymnastique, de handball, de natation et de volleyball. En revanche, les adolescents non-licenciés (*i.e.*, ne pratiquant aucun sport) et ceux licenciés dans un club de badminton éprouvaient plus d'affects négatifs que leurs pairs pratiquant les arts martiaux, l'athlétisme, le basketball, le football, la gymnastique et le volleyball. Cependant, les adolescents licenciés dans un club d'athlétisme, de football, de gymnastique et de volleyball ressentaient de manière moins fréquente des affects négatifs que ceux licenciés dans un club de badminton, de boxe et de handball. Le **Tableau 12** et la **Figure 17** précisent les résultats que nous venons d'énoncer.

Tableau 12. Présentation des résultats des tests *post-hoc* en fonction de la pratique sportive en club sur les affects négatifs des adolescents

	Arts martiaux	Athlétisme	Badminton	Basketball	Boxe	Danse	Equitation	Football	Gymnastique	Handball	Natation	Volleyball
Athlétisme	0,262	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Badminton	0,018*	0,002*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basketball	0,599	0,113	0,049*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boxe	< 0,001*	< 0,001*	0,228	< 0,001*	-	-	-	-	-	-	-	-
Danse	0,395	0,005*	0,318	0,151	0,010*	-	-	-	-	-	-	-
Equitation	0,073	0,010*	0,386	0,211	0,021*	0,970	-	-	-	-	-	-
Football	0,682	0,105	0,018*	0,823	< 0,001*	0,026*	0,076	-	-	-	-	-
Gymnastique	0,870	0,384	0,016*	0,518	< 0,001*	0,037*	0,063	0,568	-	-	-	-
Handball	0,023	0,003*	0,599	0,080	0,049*	0,599	0,069	0,021*	0,022*	-	-	-
Natation	0,599	0,122	0,054	0,992	< 0,001*	0,180	0,221	0,823	0,518	0,096	-	-
Volleyball	0,385	0,992	0,010*	0,216	< 0,001*	0,025*	0,034*	0,221	0,493	0,016*	0,220	-
Non-licenciés	< 0,001*	< 0,001*	0,926	0,002*	0,078	0,100	0,223	< 0,001*	< 0,001*	0,518	0,004*	0,001*

**Légende :** Le tableau présente les valeurs de  $p$  des tests *post-hoc*. Nous avons considéré que les différences entre les sports étaient significatives dans le cas d'une valeur  $p < 0,05$ .  
\*statistiquement significatif.

*Différences d'affects positifs selon le type de sport pratiqué*

Les analyses *post-hoc* de l'ANOVA ont également pu démontrer des différences au niveau des affects positifs entre les licenciés dans un club sportif et les non-licenciés. En effet, les adolescents non-licenciés vivaient moins fréquemment des affects positifs dans leurs quotidiens par comparaison aux adolescents licenciés dans un club d'art martial, d'athlétisme, de basketball, de boxe, de danse, de football, de gymnastique, de handball, de natation et de volleyball. Des différences entre certains sports ont également pu être détectées à travers les tests *post-hoc*. A titre d'exemple, les adolescents licenciés dans un club d'athlétisme ont déclaré vivre davantage d'affects positifs comparés aux adolescents licenciés dans un club de badminton, de basketball, de boxe, de danse, d'équitation, de handball et de natation. Les footballeurs affichaient un niveau d'affects positifs plus élevé que les licenciés dans un club de badminton, de boxe, de danse, d'équitation, de handball et de natation. Cependant, les adolescents licenciés dans un club de badminton, de danse et d'équitation ainsi que les non-licenciés en club vivaient moins d'affects positifs que ceux licenciés en art martial, athlétisme, football et volleyball. Le **Tableau 13** et la **Figure 17** viennent illustrer l'ensemble de ces résultats.

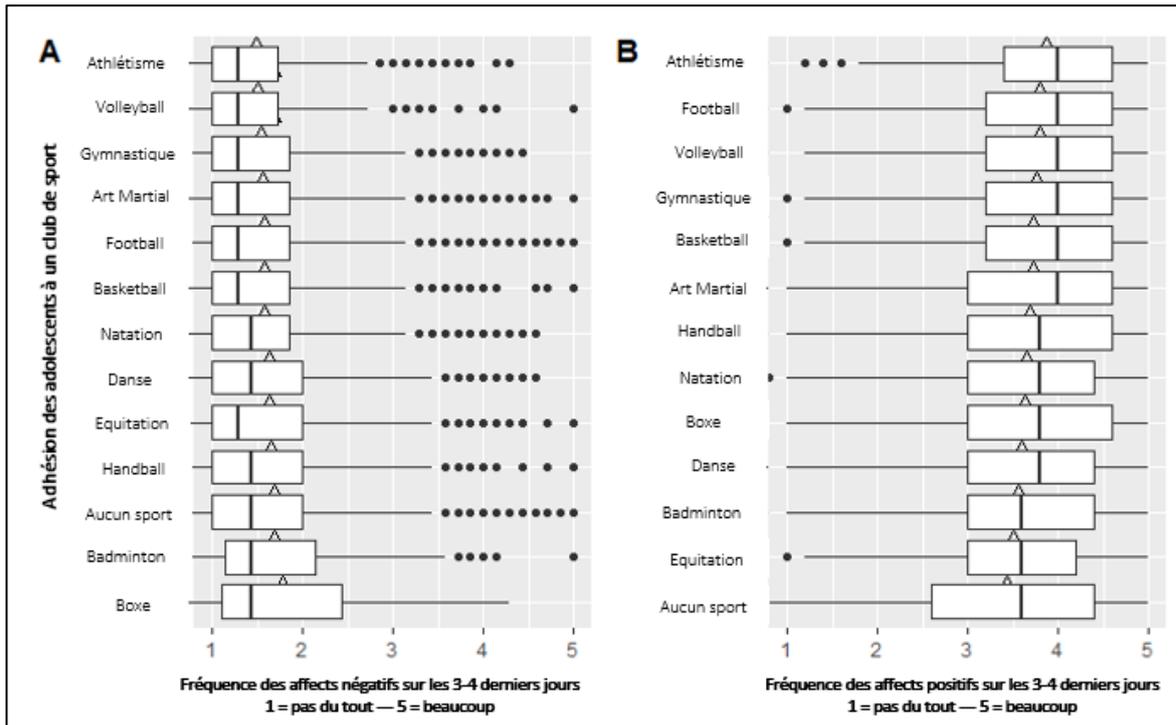


Figure 17. Présentation de la fréquence des affects négatifs et positifs en fonction de la pratique sportive en club en France chez les adolescents âgés de 10 à 18 ans

**Légende :** La figure de gauche (A) représente les résultats liés aux affects négatifs. La figure de droite (B) illustre les effets des différents sports sur les affects positifs. Seuls les sports mentionnés par au moins 240 adolescents sont représentés. La ligne à l'intérieur des cases indique la valeur médiane, tandis que le triangle en haut des cases indique les moyennes de groupe, les points indiquant les valeurs extrêmes (valeurs aberrantes).

Tableau 13. Présentation des résultats des tests *post-hoc* en fonction de la pratique sportive en club sur les affects positifs des adolescents

	Arts Martiaux	Athlétisme	Badminton	Basketball	Boxe	Danse	Equitation	Football	Gymnastique	Handball	Natation	Volleyball
Athlétisme	0,039*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Badminton	0,049*	< 0,001*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basketball	0,900	0,049*	0,040*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boxe	0,266	0,006*	0,474	0,238	-	-	-	-	-	-	-	-
Danse	0,018*	< 0,001*	0,704	0,013*	0,593	-	-	-	-	-	-	-
Equitation	< 0,001	< 0,001*	0,403	< 0,001*	0,087	0,100	-	-	-	-	-	-
Football	0,093	0,286	< 0,001*	0,126	0,012*	< 0,001*	< 0,001*	-	-	-	-	-
Gymnastique	0,655	0,126	0,0247	0,710	0,154	0,008*	< 0,001*	0,341	-	-	-	-
Handball	0,486	0,010*	0,192	0,427	0,606	0,173	0,007*	0,016*	0,286	-	-	-
Natation	0,259	0,002*	0,313	0,219	0,837	0,3412	0,018*	0,002*	0,137	0,690	-	-
Volleyball	0,474	0,403	0,033*	0,517	0,141	0,025*	0,001*	0,837	0,700	0,251	0,141	-
Non-licenciés	< 0,001*	< 0,001*	0,061	< 0,001*	0,002*	< 0,001*	0,259	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*	< 0,001*

**Légende :** Le tableau présente les valeurs de  $p$  des tests *post-hoc*. Nous avons considéré que les différences entre les sports étaient significatives dans le cas d'une valeur  $p < 0,05$ .  
\*statistiquement significatif.

#### 4. Discussion

Au travers de cette étude, nous avons tenté d'observer si des différences de fréquences des affects positifs et négatifs pouvaient exister en fonction des sports les plus pratiqués chez les adolescents Français. Conformément à notre première hypothèse, la pratique sportive en club semblerait vraisemblablement amener un plus haut niveau de bien-être affectif. Deuxièmement, les différences affectives entre les sports ne sont pas élevées et sont pour la plupart en adéquation avec les résultats antérieurs qui amenaient des différences entre certaines catégories de pratiques (*i.e.*, sports d'équipe vs sports individuels, sports « esthétiques » vs « non-esthétiques », sports d'extérieurs vs sports d'intérieurs et AP à faible intensité vs AP intense). Cependant, certaines nuances, limites et questionnements méritent d'être discutés.

##### *Participation à un club sportif*

Dans une récente étude, Carton et al.<sup>30</sup> ont également pu constater que les adolescents licenciés dans un club déclaraient disposer d'un niveau de bien-être affectif plus élevé dans leur vie quotidienne comparativement à leurs pairs non-licenciés. La pratique d'un sport exercerait 2 effets immédiats sur l'humeur de l'individu : *a)* une amélioration générale de l'humeur directement après une séance d'entraînement, et *b)* une diminution des états émotionnels négatifs, tels que l'anxiété, l'irritabilité et la culpabilité.<sup>328</sup> Cependant, la pratique sportive en club pourrait peut-être générer d'autres avantages. Par exemple, Putnam<sup>329</sup> a utilisé une perspective sociologique expliquant les raisons pour lesquelles la pratique seule est beaucoup moins bénéfique que de la pratique en groupe. Faire partie d'un club pourrait sûrement offrir aux adolescents d'excellentes occasions de faire des connaissances ou encore de développer des liens solides à la suite d'amitiés de plusieurs années renforcées par les situations stressantes et excitantes vécues lors de la pratique du sport (*e.g.*, Granovetter).<sup>330</sup> Ces clubs sportifs peuvent probablement fournir aux adolescents des occasions de construire, d'étendre et de renforcer leur réseau social,<sup>301</sup> de satisfaire leur besoin d'appartenance,<sup>331,332</sup> d'augmenter leur estime de soi et de renforcer leurs compétences sociales.<sup>300</sup> L'ensemble de ces facteurs psychologiques et sociologiques pourrait sans doute expliquer les raisons pour lesquelles les adolescents licenciés en club sportif disposeraient d'un niveau de bien-être

affectif supérieur.<sup>30,300-302</sup> Cette étude observationnelle a souhaité aller plus loin en comparant le niveau de bien-être affectif en fonction des sports les plus pratiqués chez les adolescents Français.

*Sport semblant s'associer à un niveau plus important de bien-être affectif : l'athlétisme*

De manière générale, les différences entre les sports n'étaient pas élevées en termes de bien-être affectif (*i.e.*, elles n'atteignaient jamais une taille d'effet supérieur à 0,5). Au cours de ce paragraphe, nous examinerons en détail, un sport qui semblerait plausiblement s'associer à un des plus hauts niveaux de bien-être affectif exprimé chez l'adolescent : l'athlétisme (**Figure 17**). Le niveau moyen des affects positifs et négatifs ne diffère que très peu entre les différents sports qui semblent les plus pratiqués chez les adolescents Français (*i.e.*, arts martiaux, athlétisme, badminton, basketball, boxe, danse, équitation, football, gymnastique, handball, natation, volleyball). Cependant, les adolescents licenciés dans un club d'athlétisme étaient ceux ressentant le plus d'affects positifs et le moins d'affects négatifs (**Figure 17**). L'athlétisme est un sport complet offrant un répertoire de pratiques différent (*i.e.*, courses, sauts, lancers), notamment dans les catégories jeunes. Les résultats de cette étude sont quelque peu surprenants à la vue du caractère individuel de l'athlétisme. En effet, de précédentes études suggèrent que les sports d'équipe génèrent une élévation du bien-être affectif plus importante que les sports individuels.<sup>303,304</sup> Bien que l'athlétisme soit un sport individuel en soi, la valeur de la collectivité et de l'équipe est particulièrement importante au sein des clubs d'athlétisme (*e.g.*, dans les compétitions tels que les interclubs ou le *cross-country*, un classement par équipe est réalisé). De plus, l'athlétisme est pratiqué en extérieur, représentant une modalité s'associant à une augmentation du bien-être affectif en comparaison aux sports d'intérieur.<sup>309-311</sup> Les entraînements d'athlétisme génère une AP intense conduisant à un bénéfice affectif supplémentaire.<sup>312,313,316</sup> De même, les adolescents licenciés dans des clubs d'athlétisme sont très souvent engagés dans un processus compétitif nécessitant un niveau élevé de motivation,<sup>333</sup> qui contribuerait à une élévation du bien-être affectif.<sup>334</sup> Dans une logique d'optimisation des performances liée à un engagement compétitif, une fréquence et un volume d'AP élevée sont nécessaires pour performer (*i.e.*, au moins 3 séances d'entraînement par semaine). Cette fréquence et ce volume élevé s'associent également à une augmentation du bien-être affectif.<sup>312,313,317,318</sup> Par conséquent et au vu de ces considérations, l'athlétisme

rassemble de nombreuses sources influençant positivement le bien-être affectif tel que la possibilité de choisir de manière autonome ses objectifs, une pratique d'AP intense, fréquente et régulière dans un environnement extérieur. Nous pouvons penser que cette combinaison de facteurs puisse potentiellement expliquer ce résultat.

*Sport semblant s'associer à un niveau plus important de bien-être affectif : le football*

Les résultats de cette étude soulignent également que les adolescents licenciés dans un club de football disposeraient sans doute d'un niveau de bien-être affectif plus élevé comparé à une grande majorité des autres pratiques sportives. Ce résultat va dans le sens de la littérature montrant les probables bénéfices des sports d'équipe (comparés aux sports individuels) sur le bien-être affectif.<sup>303,304</sup> A titre d'exemple, Pluhar et al.<sup>303</sup> ont observé que les adolescents pratiquant des sports d'équipe déclaraient ressentir moins fréquemment des affects négatifs comparés à leurs compères engagés dans des sports individuels.

De plus, la logique interne du football génère une AP intense (s'associant généralement à un niveau de bien-être affectif plus haut),<sup>312,313,316</sup> avec des sprints à très haute intensité entrecoupés de période de récupération (HIIT).<sup>269</sup> Le football est une pratique largement répandue et très populaire au sein des jeunes garçons Français<sup>36,242</sup> et ces jeunes garçons à l'adolescence semblent disposer d'un niveau de bien-être affectif plus élevé que les filles.<sup>335</sup> Qui plus est, la popularité du football est incontestable en France avec près de 2 millions de licenciés, un million de matchs joués chaque année et des dizaines de milliers de clubs.<sup>336</sup> Pour ces millions de joueurs, jouer au football peut être une excellente occasion de vivre des émotions agréables comme désagréables, de recueillir des expériences collectives et individuelles et de faire partie de processus justes et injustes pouvant servir de base à la reconnaissance.<sup>337</sup> La participation à un club de football peut venir renforcer le sentiment d'appartenance sociale dans la communauté locale et fournir diverses ressources sociales.<sup>338</sup> Le football en France se prête à une forte identification auprès de l'équipe de France ainsi qu'aux différentes équipes Françaises populaires sur les scènes européenne et mondiale (e.g., le Paris-Saint-Germain ou encore l'Olympique de Marseille). Enfin, le football est également un sport d'extérieur s'associant à une augmentation du bien-être affectif.<sup>309-311</sup>

Cette étude pourrait potentiellement expliquer, dans une moindre mesure, pourquoi le football semble être le sport le plus populaire en France.<sup>242</sup> En effet, le football est considéré comme un sport de masse,<sup>339</sup> et sur la base de nos résultats, être licencié dans un club de football pourrait probablement s'associer à un niveau de bien-être affectif plus élevé. Dans l'ensemble, il apparaît que pour un adolescent, faire partie d'un club de football en France ne fournit pas seulement quelques chances d'atteindre les meilleures performances dans ce sport (la France est très souvent parmi les meilleures équipes du monde), mais pourrait également engendrer un certain bénéfice affectif.

Ces résultats concernant les pratiques en club sportif s'associant au bien-être affectif (*i.e.*, athlétisme et football) ont pu s'expliquer à travers la mobilisation de différents champs théoriques (*i.e.*, psychosociologie, psychologie ou encore physiologie de l'exercice). Cependant, d'autres études paraissent néanmoins nécessaires pour venir affirmer et expliquer pleinement ces résultats.

*Sports semblant s'associer à un bien-être affectif moindre comparé à d'autres sports*

Comme établi précédemment, il est important de rappeler que les adolescents pratiquant en club sportif disposeraient probablement d'un bien-être affectif plus élevé que les adolescents non-engagés dans un club. Cependant, selon nos résultats, les adolescents licenciés dans certains clubs sportifs détiendraient un état de bien-être affectif plus faible que les adolescents licenciés dans d'autres clubs. En effet, sans remettre en cause les différents bénéfices de ces pratiques sportives, les résultats suggèrent que les adolescents pratiquant du badminton, de la boxe et de la danse étaient ceux présentant le plus faible niveau de bien-être affectif (**Figure 17**). La littérature scientifique peut fournir quelques pistes explicatives sur les raisons pour lesquelles ces sports s'associeraient sûrement à un bien-être affectif moindre. En effet, le badminton, la boxe et la danse sont des sports d'intérieurs qui paraissent moins efficaces pour « accroître » le bien-être affectif comparé aux sports extérieurs.<sup>310</sup> De plus, le badminton est un sport à habiletés ouvertes, dans lequel les joueurs doivent constamment adapter leurs actions à des conditions changeantes et relativement imprévisibles.<sup>340</sup> La boxe, quant à elle, nécessite une confrontation interindividuelle<sup>250</sup> impliquant des coups entraînant non seulement des douleurs physiques, mais aussi des émotions négatives telles que la colère ou la

peur.<sup>341</sup> Qui plus est, les boxeurs éprouveraient souvent des affects négatifs à la suite de stratégies alimentaires sévères pour perdre de la masse corporelle avant une compétition.<sup>342</sup> Les arts martiaux sont différents de la boxe puisqu'ils s'appuient sur des cultures qui se nourrissent de la sérénité et du calme.<sup>343</sup> La danse, quant à elle, est un sport « esthétique »<sup>305</sup> et les danseurs peuvent présenter davantage d'inquiétude vis-à-vis du « poids » et de la silhouette, conduisant très généralement à l'apparition d'une réponse affective négative.<sup>305-308</sup> De plus, les trois-quarts des adolescents licenciés dans un club de danse sont des filles, qui vivent davantage d'affects négatifs et moins d'affects positifs que les garçons.<sup>242,335</sup> Afin de limiter ce potentiel biais dû au sexe, il pourrait être judicieux dans de futurs travaux de prendre en compte l'effet du sexe dans l'analyse.

### *Forces et limites*

Comme pour les études précédentes s'appuyant également sur la base de données de l'IRFO, la principale force de cette étude est le large échantillon d'adolescents ( $n = 12\ 849$ ) ayant passé ce questionnaire. Cependant, cette étude dispose également de certaines limites qu'il paraît nécessaire de mentionner. Tout d'abord, pour chaque adolescent, le bien-être affectif était évalué 30min après une évaluation de la CP<sup>36,232</sup> pouvant possiblement, influencer la perception des affects des 3-4 derniers jours des répondants. De plus, les adolescents ne pouvaient indiquer qu'une seule pratique sportive. S'ils appartenaient à plusieurs clubs sportifs simultanément, ils devaient mentionner celui dans lequel ils étaient les plus investis. Afin de limiter ce possible biais, les futures études devraient prendre en compte ces adolescents « multisports » afin d'observer si une pratique en club de plusieurs sports peut se joindre à un accroissement supplémentaire du bien-être affectif. Bien que la mesure du bien-être affectif ait montré une structure factorielle cohérente avec une grande cohérence interne, d'autres outils tels que le *positive and negative affect schedule*,<sup>188</sup> plus largement validés, auraient pu être utilisés dans le cadre de cette étude. Les futurs travaux devraient soit utiliser un questionnaire plus couramment utilisé, soit finaliser l'évaluation des différentes qualités psychométriques du questionnaire de l'IRFO utilisé dans le cadre de cette étude (cf Annexe 4). Comme il s'agissait d'une étude transversale, il n'est pas possible d'établir un lien de causalité. En effet, il est tout à fait possible que les résultats soient dus à un biais d'auto-sélection : à savoir, que les adolescents ayant un niveau de bien-être affectif plus élevé ont tendance à

choisir l'athlétisme ou le football. La causalité ne peut être étudiée qu'au travers d'études interventionnelles. Pour finir, bien que seuls les sports les plus pratiqués par les adolescents Français aient été sélectionnés, le nombre inégal d'adolescents dans les différents sports peut également être considéré comme un potentiel biais.

## 5. Conclusion

Cette étude a pu observer l'impact positif d'une pratique sportive en club sur le bien-être affectif des adolescents Français. Les adolescents licenciés dans un club sportif disposeraient d'un niveau de bien-être affectif plus élevé que leurs pairs non-licenciés. Cependant, certaines pratiques sportives (plus que d'autres) s'associeraient à de plus amples bénéfices affectifs. Il semblerait que les adolescents licenciés au sein des clubs d'athlétisme et de football exprimeraient et vivraient un niveau de bien-être affectif plus haut. En revanche, les adolescents licenciés dans les clubs de boxe, de badminton, de danse ou d'équitation ont déclaré un niveau de bien-être affectif inférieur en comparaison aux autres pratiques sportives. A notre connaissance, cette étude observationnelle est la première disposant d'un large échantillon à avoir évalué les relations entre les différents sports et le bien-être affectif chez les adolescents. Elle pourrait fournir des lignes directrices plus larges pour de futures recherches scientifiques. Toutefois, il ne s'agit pas d'établir un lien de causalité unidirectionnel selon lequel l'appartenance à certains clubs sportifs entraîne plus de bénéfices affectifs que d'autres.

**CHAPITRE II.**  
**EFFETS DE TEMPS BREFS DE PLEINE CONSCIENCE SUR UN BIOMARQUEUR  
PSYCHOPHYSIOLOGIQUE DE LA SANTE, LA VARIABILITE DE LA FREQUENCE CARDIAQUE  
: UNE REVUE SYSTEMATIQUE**

- Publication scientifique (Cf Annexe 5)
  - **Barbry A**, Gal E, Carton A, Coquart J. *Effect of brief mindfulness meditation interventions on heart rate variability in adults: a systematic review*. En cours d'examen dans *Applied psychophysiology and biofeedback*. 2023.

## 1. Introduction

Dans le chapitre I de ce cadre expérimental, nous avons pu observer les différentes relations existantes entre la pratique en club sportif, la performance et la santé physique comme mentale autour d'un large échantillon d'enfants, d'adolescents et de jeunes adultes Français.<sup>30-32,36</sup> Dans la seconde partie de ce cadre expérimental, nous avons souhaité mobiliser une technique de PM (*i.e.*, la pleine conscience) qui semblerait être bénéfique à la fois sur la performance et sur la santé des athlètes licenciés en club sportif.<sup>18-20,28,230</sup> Bien que les effets de la pleine conscience sur la santé ne semblent plus aujourd'hui à démontrer,<sup>28,230</sup> les effets des temps brefs de pleine conscience (plus communément appelé les BMM)<sup>205</sup> sur des médiateurs physiologiques objectifs de la santé méritent de plus amples investigations. Parmi ces différents médiateurs physiologiques, nous retrouvons notamment la VFC, *i.e.*, un biomarqueur psychophysologique de la santé largement reconnu pour mesurer le niveau de stress physiologique d'un individu ou encore la « fatigue » de l'athlète.<sup>37,344</sup> Par l'exigence des normes PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*), nous avons donc voulu réaliser un état des lieux exhaustif de la littérature visant à évaluer les effets des BMM sur les différentes méthodes de mesure de la VFC.

Le stress peut se définir comme un état physiologique inadapté dans lequel le SNS est suractivé, pouvant entraîner des troubles physiologiques et psychologiques.<sup>344,345</sup> Cet état physiologique inadapté affecte aujourd'hui une grande partie de la population mondiale.<sup>122,201</sup> A titre

d'exemple, l'institut américain du stress<sup>201</sup> souligne que la prévalence du stress dans le monde était de 35% en 2022. Afin de réduire ce haut niveau de stress qui influence négativement le bien-être et la santé de la population,<sup>346</sup> des interventions psychologiques telles que la méditation de pleine conscience ont été spécifiquement développées.<sup>206,347</sup>

La méditation de pleine conscience peut se définir comme une prise de conscience volontaire résultant du fait de porter intentionnellement son attention au moment présent dans une attitude d'acceptation et de non-jugement.<sup>107</sup> Certains des programmes basés sur la méditation de pleine conscience ont été spécifiquement développés pour réduire le stress. On y retrouve à titre d'exemple, le MBSR<sup>207</sup> ou encore le MBCT, une adaptation du MBSR visant à réduire le risque de rechute dépressive (**Tableau 1**).<sup>208</sup> Cependant, ces programmes requièrent un niveau élevé d'engagement<sup>205</sup> (*i.e.*, 8 semaines d'interventions composées de 2h30 de sessions de groupe hebdomadaire avec la présence obligatoire d'un instructeur plus 45min de pratique quotidienne en autonomie), nécessitant du temps qui semble de moins en moins disponible dans notre société actuelle.<sup>348</sup> Howarth et al.<sup>205</sup> soulignent même que ces longs programmes de pleine conscience (*e.g.*, MBSR ou MBCT) pourraient constituer un obstacle quant à l'engagement et le maintien de la population dans ce type d'intervention.

Les BMM sans la présence obligatoire d'un instructeur laissant le libre choix de pratiquer *via* une application mobile semblent être en mesure de surmonter cet obstacle lié au manque de temps.<sup>348</sup> La définition des BMM ne dispose pas de consensus précis dans la littérature scientifique. Cependant, dans une récente revue systématique, Howarth et al.<sup>205</sup> définissent les BMM selon 3 critères : *a*) maximum 30min de méditation de pleine conscience par séance, *b*) temps de pratique hebdomadaire inférieur à 100min, *c*) durée des programmes inférieure à 4 semaines. Les auteurs<sup>205</sup> justifient ces 3 critères en soulignant que ces derniers ont été élaborés sur la base d'environ la moitié des programmes plus longs mentionnés précédemment (*e.g.*, le MBSR ou le MBCT durent 8 semaines alors que les programmes de BMM sont limités à 4).<sup>205</sup>

Physiologiquement, la réponse au stress est modulée par la régulation du SNA.<sup>349</sup> Ce SNA fonctionnant sans contrôle conscient ni volontaire,<sup>157</sup> est composé de 2 branches : le SNS et le SNP. Le SNS a un effet accélérateur sur les systèmes physiologiques du corps et contrôle ce que l'on appelle la réponse au combat ou à la fuite (*i.e.*, de l'Anglais « *fight-or-flight response* »).<sup>157</sup>

Le SNP, quant à lui, a pour principale mission de ralentir les fonctions physiologiques du corps en activant les systèmes de repos et de digestion.<sup>157</sup>

Le SNA peut se mesurer à travers la VFC<sup>159</sup> qui contrairement aux mesures subjectives du stress (*i.e.*, questionnaires),<sup>350</sup> constitue un marqueur physiologique objectif de la réponse au stress.<sup>161</sup> Cette VFC peut se définir comme le degré de fluctuation de la durée des intervalles R-R entre les battements cardiaques (*i.e.*, le temps en millisecondes entre 2 pics R du complexe QRS, s'observant sur un électrocardiogramme, **Figure 9**).<sup>160</sup> Cette VFC semble correspondre à l'équilibre entre le SNS et le SNP. En effet, une diminution de la VFC est souvent liée à une augmentation de l'activité du SNS, alors qu'une augmentation de la VFC s'associe à généralement une élévation de l'activité du SNP.<sup>351</sup> Par conséquent, la VFC est fréquemment mesurée pour étudier objectivement la réponse physiologique au stress.<sup>344</sup>

Cette VFC se mesure principalement à l'aide de 2 domaines différents : le domaine temporel et le domaine fréquentiel qui s'appuient sur des méthodes de mesure différentes (pour plus de détails voir page 57).<sup>159</sup> Dans chacun de ces 2 domaines, différentes méthodes de mesure de la VFC peuvent être mobilisées.<sup>159</sup>

Le domaine temporel est notamment composé du SDNN et du RMSSD.<sup>159</sup> Ce SDNN reflète la contribution des activités du SNS et du SNP, tandis que le RMSSD semble plus étroitement relié à l'activité du SNP.<sup>159</sup> Généralement, des niveaux faibles de SDNN et de RMSSD (*e.g.*, une valeur RMSSD très faible pour un adulte est inférieure à 10ms, alors qu'une valeur RMSSD élevée est d'environ 180ms)<sup>18</sup> s'associent au stress et à des problèmes de santé (*e.g.*, augmentation des risques de maladies cardiovasculaires et de la mortalité).<sup>170-172</sup> *A contrario* du domaine temporel, les méthodes de mesure du domaine fréquentiel se calculent par analyse spectrale (*e.g.*, méthode mathématique comme la transformée de Fourier).<sup>159</sup> En revanche (comme pour le domaine temporel), les paramètres du domaine fréquentiel sont également sous l'influence des activités du SNS et du SNP. A titre d'exemple, la VFC de BF serait sous l'influence des branches sympathique et parasympathique du SNA<sup>159</sup> tandis que la VFC de HF ne reflèterait que l'activité du SNP.<sup>159</sup> Le ratio BF/HF correspondrait quant à lui à l'équilibre entre ces 2 branches du SNA (*i.e.*, SNS et SNP).<sup>166</sup> En effet, un faible ratio BF/HF indiquerait une dominance du SNP, tandis qu'un ratio plus élevé désignerait une dominance de l'activité sympathique<sup>166</sup> qui s'associe à une augmentation du stress.<sup>352</sup>

Bien que la VFC puisse se mesurer de 2 façons différentes, plusieurs méthodes de mesure appartenant au domaine temporel et au domaine fréquentiel paraissent mesurer sensiblement la même chose<sup>166</sup> (*e.g.*, le RMSSD et la VFC de HF semblent étroitement liés au SNP).<sup>178</sup> Certains auteurs n'évaluent la VFC qu'à l'aide du domaine temporel,<sup>161</sup> d'autres qu'avec le domaine fréquentiel,<sup>175</sup> alors que certains auteurs semblent utiliser les 2 domaines<sup>167</sup> soulignant le manque de consensus dans la littérature scientifique. Les mesures des 2 domaines sont des mesures utiles et valides pour évaluer objectivement la VFC, et donc le stress physiologique d'un individu.

Vu que la VFC est une mesure non-invasive, facile à mettre en œuvre et mesurable sur une courte période de temps,<sup>159,162</sup> elle est généralement utilisée pour mesurer objectivement la réponse au stress durant une intervention en méditation de pleine conscience.<sup>351,353</sup>

Bien que la pratique de la méditation de pleine conscience réduirait le stress psychologique (obtenue à partir de mesures auto-déclarées),<sup>354,355</sup> les effets de la méditation de pleine conscience sur des marqueurs physiologiques du stress, mesurable à travers la VFC, sont plus controversés.<sup>126,353</sup> En effet, dans une récente méta-analyse, Brown et al.<sup>126</sup> ont mis en évidence le manque de preuve permettant d'affirmer que la méditation de pleine conscience se joint à une augmentation de la VFC. Cependant, les études incluses dans cette méta-analyse<sup>126</sup> ont examiné les réponses de la VFC faisant suite à des programmes longs de méditation de pleine conscience (*i.e.*, durée totale d'au moins 4h avec une moyenne de 14h) chez des populations cliniques (*e.g.*, troubles liés à l'utilisation de drogues, fibromyalgie).<sup>126</sup> A propos des temps brefs de pleine conscience (*i.e.*, les BMM), certaines études interventionnelles ont testé l'effet de cette dernière sur la VFC.<sup>161,168</sup> Certains auteurs<sup>168</sup> évoquent l'influence positive des BMM dans l'accroissement de la VFC tandis que d'autres<sup>161</sup> n'ont observé aucun effet positif des BMM sur la VFC. Les divergences issues de ces résultats soulignent que la réponse de la VFC pendant ou à la suite d'une intervention de BMM dans une population en bonne santé reste incertaine et mérite d'être investiguée autour d'une revue exhaustive de la littérature. Par conséquent, l'objectif principal de cette revue systématique est d'étudier les effets des BMM sur la VFC chez des adultes s'initiant à la méditation de pleine conscience afin d'observer si les BMM peuvent être une intervention psychologique pertinente pour réduire le stress et améliorer la santé de la population.<sup>356</sup>

## 2. Matériel et méthode

Cette revue systématique a été réalisée conformément aux lignes directrices PRISMA 2020 (informations complémentaires sur la liste de contrôle PRISMA disponibles en Annexe 6).<sup>357</sup> Cette revue systématique a été enregistrée dans la base de données internationale PROSPERO (*Prospective Register Of Systematic Reviews*) (#CRD42022291907). Le protocole de cette revue peut être consulté sur le lien suivant : [pleine conscience brève et variabilité de la fréquence cardiaque](#).

### *Identification*

Une recherche systématique a été effectuée afin de répertorier les études évaluant les effets des BMM sur la VFC chez des adultes en bonne santé. Cette recherche a été réalisée dans 4 bases de données : *PubMed-NCBI*, *Cochrane Library*, *Scopus* et *Web of Science*. Deux auteurs (AB et JC) ont débuté indépendamment les recherches le 20 janvier 2022 (toutes les recherches publiées à cette date ont été incluses) avec des mots-clés identifiés par les 4 chercheurs. Les mots-clés ont été recherchés à partir de 2 concepts : la méditation de pleine conscience et la fréquence cardiaque, qui sont tous deux des termes issus du thésaurus de vocabulaire de référence dans le domaine biomédical (*i.e.*, abrégé MeSH pour « *Medical Subject Headings* ») utilisé pour indexer les articles de la plupart des bases de données). Tous les termes (*i.e.*, synonymes) associés au MeSH et liés à chaque concept clé ont été déterminés. Puis, tous les termes/synonymes identifiés dans un MeSH et les mots-clés ont été combinés avec des opérateurs booléens (« ET » et « OU ») : [(« *mindful\** » OU « *meditat\** »)] ET [(« *heart rate\** » OU « *rate heart* » OU « *cardiac rate\** » OU « *rate cardiac* » OU « *pulse rate\** » OU « *rate pulse* » OU « *heartbeat\** » OU « *cardiac chronotropy* » OU (« *chronotropy* » AND « *cardiac* ») OU (« *chronotropic* » OU « *chronotropically* » OU « *chronotropism* » AND « *cardiac* ») OU « *cardiac chronotropism* » OU « *heart rate control* » OU « *control heart rate* » OU « *heart rate variability* » OU « *HRV* » OU « *vagal* » OU « *autonomic nervous system* » OU « *respiratory sinus arrhythmia* »)], La chaîne de caractères a bénéficié du « ET » booléen pour combiner les 2 concepts, tandis que le « OU » booléen a été utilisé pour fournir un ensemble complet de termes pour chaque concept. La recherche a porté sur les titres, les résumés et les mots-clés dans les citations des 4 bases de données.

### Conditions d'éligibilité

Ensuite, 2 chercheurs (AB et EG) ont indépendamment évalué l'éligibilité de chaque manuscrit en examinant les titres et les résumés. Les désaccords ont été résolus avec l'aide d'un troisième auteur (JC). Pour être incluses dans la revue systématique, les études nécessitaient d'être publiées en Anglais uniquement et dans une revue à comité de lecture. Les études devaient également évaluer les effets des temps brefs de pleine conscience sur la VFC chez l'Homme en bonne santé (*i.e.*, sans pathologies). Selon les critères élaborés par Howarth et al.,<sup>205</sup> une intervention de méditation de pleine conscience était considérée comme une BMM lorsque la durée de la séance était d'au maximum 30min, avec un temps de pratique hebdomadaire inférieur à 100min par semaine, pour une durée maximale de 4 semaines. Ainsi, les études mobilisant des programmes longs de méditation de pleine conscience (*e.g.*, le MBSR ou le MBCT) ont été exclues. Seule la méditation de pleine conscience (*i.e.*, *mindfulness meditation*) a été incluse dans cette revue systématique. Les autres types de méditations (*e.g.*, Transcendantale, Chan ou Zen) ainsi que d'autres techniques de relaxation (*e.g.*, la cohérence cardiaque, l'entraînement autogène de Schultz, la respiration rythmée ou encore la respiration métronomique) ont été exclus. Les interventions BMM pouvaient être menées avec ou sans la présence d'un instructeur (*i.e.*, si l'intervention était menée par un instructeur ou par des applications mobiles, cela n'affectait pas l'inclusion des études). Toutes les méthodes de mesure de la VFC ont été incluses que ce soit dans les domaines temporel (*e.g.*, RMSSD ou SDNN) et fréquentiel (*e.g.*, VFC de BF, VFC de HF, ratio LF/HF). Les études n'ont été incluses que si les mesures de la VFC ont été effectuées avant, pendant ou après une intervention de BMM. Concernant la population, les études n'ont été incorporées que si les participants étaient des adultes âgés de 18 à 65 ans,<sup>6</sup> en bonne santé (*i.e.*, les participants étant diagnostiqués d'une maladie chronique ou de troubles mentaux étaient exclus de l'analyse) n'ayant aucune expérience préalable en méditation de pleine conscience. Les initiés en méditation étaient également écartés. Les études non interventionnelles (*e.g.*, utilisation de bases de données comme *Physionet*), les études combinant d'autres interventions s'associant aux BMM (*i.e.*, AP et relaxation) et les exercices de pleine conscience en mouvement (*e.g.*, yoga, Taï Chi ou Qigong) ont également été exclus afin de réduire le facteur de confusion avec l'AP, semblant impacter la VFC.<sup>126,358-360</sup> Afin de réduire le risque de surestimer les résultats des études

disposant de très petits échantillons,<sup>361</sup> seules les études possédant un minimum de 10 participants ont été incluses.<sup>126</sup> Pour finir, les études incluant un facteur de stress (*e.g.*, test de stress social de Trier ou visualisation d'images négatives) appliqué avant les interventions de BMM ou avant les mesures de la VFC ont également été exclues en raison des effets du stress sur la VFC.<sup>344</sup>

### *Sélection*

Deux auteurs (AB et EG) ont utilisé un formulaire standardisé pour sélectionner les manuscrits éligibles à l'inclusion. Ce formulaire a été utilisé indépendamment lors de la lecture de l'article entier. Cela a permis de vérifier si les informations extraites du titre et du résumé étaient conformes au manuscrit en texte intégral et aux critères d'inclusion de la revue systématique. Si un ou plusieurs désaccord(s) entre les 2 auteurs (AB et EG) se manifestaient, un troisième auteur (JC) était appelé pour le(s) résoudre.

### *Inclusion*

Pour chaque étude incluse, les données suivantes étaient extraites indépendamment par 2 auteurs (AB et EG) : l'identité de l'étude (*i.e.*, auteurs et année de publication), les caractéristiques des participants (*i.e.*, taille initiale et finale de l'échantillon, âge et sexe), la description de l'intervention de BMM (*e.g.*, méditation du souffle, de l'observation ou de l'attention focalisée), le type de contrôle, la durée des interventions des BMM (*i.e.*, le nombre total de minutes pratiquées et/ou le nombre de séances par semaine), les paramètres de la VFC évalués, les résultats de la VFC avant et pendant/après l'intervention, et l'effet des interventions de BMM sur la VFC (*i.e.*, analyses intragroupes et/ou intergroupes, si disponibles). Le changement de la VFC (*i.e.*, les moyennes et les SD) avant vs pendant ou après la BMM été considéré comme le critère de jugement principal pour mesurer l'efficacité des BMM. Les tailles d'effet, mesurant l'ampleur du changement avant et pendant/après l'intervention en BMM, ont été calculées lorsque les données le permettaient. S'il manquait des informations, les auteurs étaient directement contactés par le premier auteur (AB).

### *Risque de biais et évaluation de la qualité*

La rigueur méthodologique des études a été évaluée à l'aide du *Revised cochrane risk-Of-Bias tool for randomised trials* (RoB 2).<sup>362</sup> L'outil RoB 2 se compose de 5 domaines : le processus de randomisation, l'écart par rapport à l'intervention prévue, les données manquantes, la mesure du résultat et la sélection des résultats rapportés. Une fois le risque de biais déterminé dans chacun des 5 domaines, un risque global de biais est évalué (*i.e.*, faible risque de biais, certaines préoccupations ou risque élevé de biais). Deux auteurs (AB et EG) ont jugé indépendamment toutes les études incluses à l'aide de l'outil RoB 2. En cas de désaccord, un troisième examinateur (JC) a rendu le jugement final. Enfin, l'évaluation de la qualité d'évidence des données a été réalisée en utilisant le *Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation* (GRADE).<sup>363</sup> Pour l'évaluation de la qualité d'évidence, l'application numérique GRADE<sub>pro</sub> a été utilisée (<https://gradepro.org>).<sup>364</sup> GRADE<sub>pro</sub> permet de fournir 4 niveaux de preuve : élevé, modéré, faible et très faible (**Tableau 15**). Ces niveaux dépendent de 5 facteurs : les risques de biais, l'incohérence des résultats, le caractère indirect des preuves, l'imprécision et le biais de publication. Selon les résultats de ces 5 facteurs, GRADE<sub>pro</sub> détermine le niveau de qualité des preuves. Le risque de biais (RoB 2) et le niveau de preuve (GRADE) ont été utilisés pour évaluer la qualité des études incluses.

## 3. Résultats

### *Sélection des études*

La recherche initiale a révélé 2418 manuscrits (**Figure 18**). Une fois les doublons supprimés ( $n = 889$ ), 1529 articles ont été examinés. Après avoir lu les titres et les résumés de chaque étude, 1481 articles ont été exclus. L'éligibilité des 48 articles restants a ensuite été jugée.

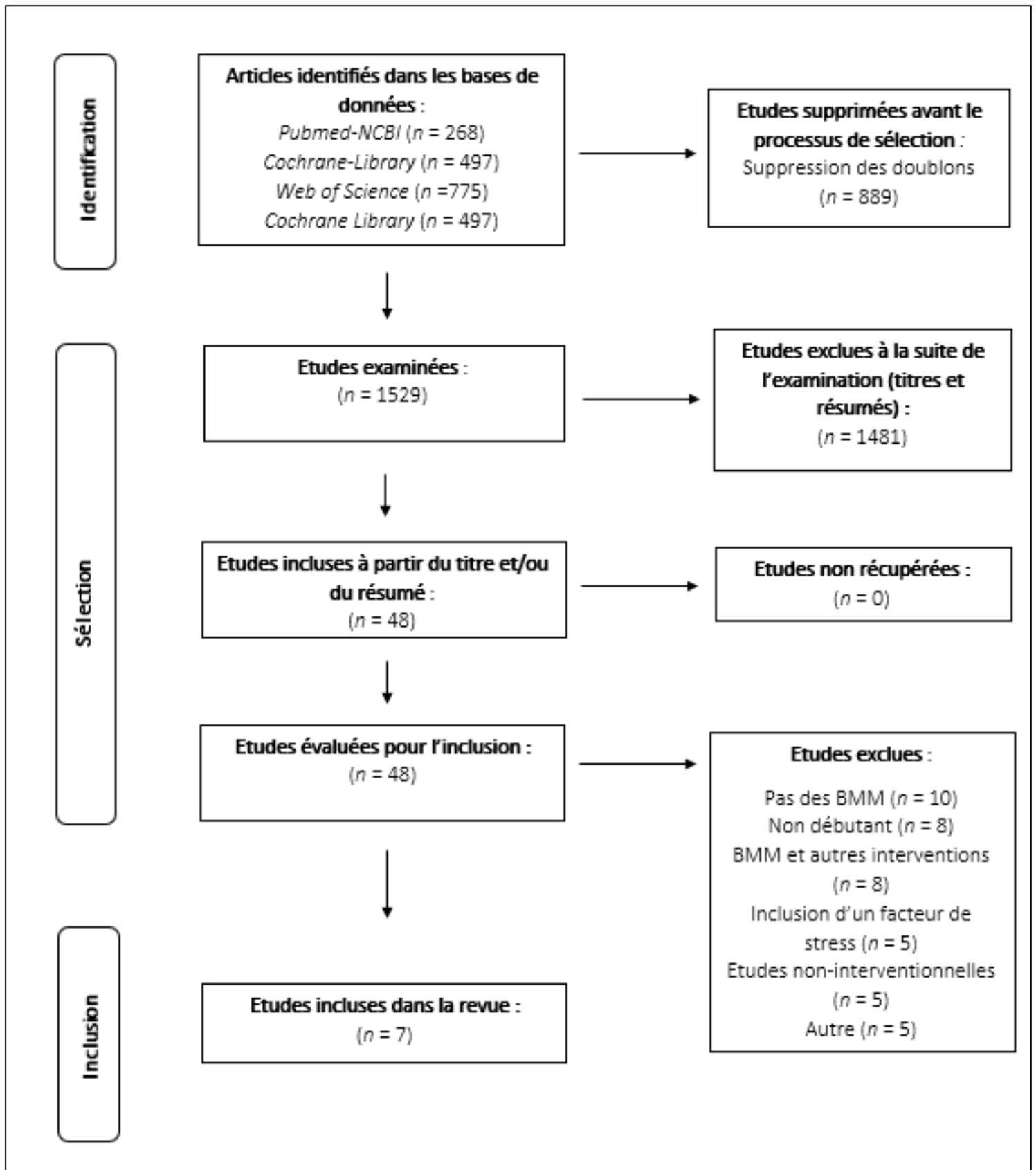


Figure 18. Présentation du diagramme de sélection des études selon les normes PRISMA 2020<sup>357</sup>

Dix études ont été exclues parce que leurs interventions ne répondaient pas aux 3 critères des BMM (*e.g.*, MBSR ou MBCT).<sup>351,365-373</sup> Dans 8 études, les participants n'étaient pas des débutants en méditation de pleine conscience.<sup>374-381</sup> Huit autres études ont également été écartées car leurs interventions comportaient d'autres techniques de relaxation ou de méditation qui ne pouvaient pas être considérées comme une intervention de méditation de pleine conscience (*e.g.*, la cohérence cardiaque ou la méditation Chan).<sup>382-389</sup> Cinq études ont été supprimées de l'analyse parce qu'elles incluaient un facteur de stress avant l'intervention de BMM.<sup>390-394</sup> Cinq études n'ont pas été incluses parce qu'il ne s'agissait pas d'études interventionnelles (*e.g.*, données recueillies dans la base de données *Physionet*).<sup>395-399</sup> Deux études n'ont pas évalué la VFC avant et après l'intervention de BMM.<sup>400,401</sup> Une étude a été éliminée parce que les participants étaient âgés de plus de 65 ans.<sup>402</sup> Une autre étude a également été retirée parce que les participants devaient prendre un médicament (considéré comme un facteur de stress) avant l'intervention de BMM.<sup>403</sup> Enfin, une étude n'a pas été gardée en raison du faible nombre de participants (*i.e.*, moins de 10 participants).<sup>404</sup> Par conséquent, 7 articles ont été inclus avec un échantillon initial total de 332 participants. Un résumé des caractéristiques de ces 7 études est disponible au **Tableau 14**.

Tableau 14. Présentation des caractéristiques des études incluses dans la revue systématique

	Participants			Intervention <i>mindfulness</i>	Contrôle	Durée	Mesure		Résultats	Taille d'effet
	<i>n</i> (Début/Fin)	Âge (M ± SD)	Genre (F/M)							
Bortolla et al. (2021)	31/28	24,4 ± 1,4 ans	28/0	Méditation du souffle	Aucun	10min	ASR	+	Augmentation entre le prétest et la BMM ( $z = -2,57, p = 0,008$ ). Prétest (1,92 ± 0,13) / pendant la BMM (2,01 ± 0,20) / posttest (1,95 ± 0,14).	$\hat{A} = 0,61$
							RMSSD	+	Augmentation entre le prétest et la BMM ( $z = -3,24, p = 0,001$ ). Prétest (3,91 ± 0,55) / pendant la BMM (4,16 ± 0,58) / posttest (4,03 ± 0,53).	$\hat{A} = 0,64$
							SDNN	+	Augmentation entre le prétest et la BMM ( $z = -4, p \leq 0,001$ ). Prétest (3,94 ± 0,41) / BMM (4,29 ± 0,46).	$\hat{A} = 0,73$
								-	Diminution modérée entre la BMM et le posttest ( $z = -3,75, p < 0,001$ ). BMM (4,29 ± 0,46) / posttest (4,03 ± 0,41).	$\hat{A} = 0,68$
Ditto et al. (2006)	30	19,2 ± 2,1 ans	15/15	Scan corporel	Essai croisé / Livre audio (HP)	20min	ASR / VFC de HF	Augmentation pendant la BMM en comparaison au contrôle HP ( $F(1,26) = 11,42, p = 0,002$ ). Activité vagale plus importante pendant la BMM comparait au contrôle ( $F(1,24) = 4,38, p = 0,047$ ).		
							VFC de BF	Augmentation pendant le BMM par rapport au contrôle ( $F(1,26) = 8,28; p = 0,008$ ).		
Hunt et al. (2021)	48/41	Non mentionné	32/16	RD	Méditation du souffle	1 semaine	SDNN	+	Augmentation pour le groupe RD pendant la vidéo comparée au prétest [ $t(26) = 6,29, p < 0,001$ ]. Augmentation pour le groupe RD à la fin de la vidéo comparé au prétest [ $t(22) = 30,8, p < 0,001$ ]. Prétest (43,25 ± 1,99) / pendant DB (61,68 ± 18,25) / posttest (62,03 ± 27,07).	$d = 1,12$
								=	Aucune différence significative pour le groupe BMM pendant la vidéo [ $t(19) = 1,69, p = 0,11$ ] et au posttest [ $t(17) = 1,90, p = 0,07$ ]. Pendant la vidéo : RD $\geq$ BMM [ $F(1,46) = 6,83, p = 0,01$ ]. A la fin de la vidéo, aucune différence statistique entre les 2 groupes [ $F(1,40) = 0,25, ns$ ] comparé au prétest.	$d = 3,70$
May et al. (2016)	124	20,1 ± 1,4 ans	109/15	Méditation du souffle / sensations corporelles	Assis dans une pièce	15min	VFC <sub>nu</sub> BF	-	Diminution entre le prétest et pendant la BMM pour le groupe BMM [ $F(1,60) = 10,88, p = 0,002$ ]. Prétest (0,61 ± 0,07) / pendant la BMM (0,43 ± 0,11).	$d = 1,95$
								=	Aucune différence dans le groupe contrôle ( $F(1,60) = 0,39, p = 0,53$ ). Prétest (0,64 ± 0,18) / pendant la BMM (0,64 ± 0,18).	
Ooishi et al. (2021)	53/41	Femme (30,7 ± 2,0 ans) / Hommes (25,8 ± 1,6 ans)	21/20	Essai croisé	30min chaque exercice	SDNN	=	Aucun effet BMM ( $p = 0,26$ ), aucun effet temps ( $p = 0,27$ ) et aucune interaction temps*BMM ( $p = 0,63$ ).		
							RMSSD	=	Effet BMM ( $p = 0,018$ ), aucun effet temps ( $p = 0,25$ ), interaction BMM*temps ( $p = 0,048$ ). Augmentation pendant la FA BMM comparé au pré-test ( $p = 0,030$ ). Prétest (37,8 ± 20,0) / pendant FA BMM (42,4 ± 23,7).	$\eta^2 = 0,13$ $d = 0,21$
								=	Aucune différence significative pendant la MO BMM ( $p = 0,67$ ) comparé au prétest. Prétest (35,3 ± 14,9) / pendant OM BMM (34,6 ± 15,5).	
							SDNN/ RMSSD	+	Interaction BMM*temps ( $p = 0,035$ ). Augmentation pendant le MO BMM comparé au prétest ( $p = 0,033$ ). Prétest (1,66 ± 0,51) / pendant MO BMM (1,85 ± 0,56)	$\eta^2 = 0,11$ $d = 0,31$
								=	Aucune différence significative pour FA BMM ( $p = 0,41$ ).	
						Ln VFC de BF	+	Effet temps ( $p = 0,026$ ). Augmentation pour les 2 groupes entre les prétests et les BMM. Augmentation entre le prétest et pendant la FA BMM. Prétest (6,09 ± 1,27) / pendant FA BMM (6,42 ± 1,06),	$\eta^2 = 0,12$ $d = 0,28$	

Cadre expérimental

Chapitre II. Revue systématique

								+	Augmentation entre le prétest et pendant l'OM BMM. Prétest (6,00 ± 1,05) / pendant MO BMM (6,20 ± 1,03),	$d = 0,19$
								=	Aucun effet BMM ( $p = 0,12$ ), ni effet temps ( $p = 0,69$ ), ni interaction BMM*temps ( $p = 0,13$ ). FA BMM : prétest (5,54 ± 1,24) / pendant (5,68 ± 1,12). MO BMM : prétest (5,45 ± 1,00) / MO BMM (5,40 ± 1,04).	
								=	Aucun effet BMM ( $p = 0,73$ ). Augmentation du ratio entre les prétests et pendant les BMM ( $p = 0,036$ ). Aucune interaction BMM*temps ( $p = 0,68$ )	$\eta^2 = 0,11$
								+	Augmentation entre le prétest et pendant FA BMM. Prétest (0,54 ± 1,29) / pendant FA BMM (0,74 ± 0,85).	$d = 0,18$
								+	Augmentation entre le prétest et pendant OM BMM. Prétest (0,55 ± 0,96) / pendant FA BMM (0,80 ± 0,93).	$d = 0,26$
Trivedi et al. (2020)	36	BMM (32,9 ± 12,1 ans) / SEE (33,8 ± 13,3 ans)	36/0	SEE	FA BMM	20min	RMSSD	+	SEE : Augmentation entre prétest et posttest ( $p = 0,04$ ). Prétest (43,73 ± 20,64), posttest (51,78 ± 26,42).	$d = 0,34$
								+	FA BMM : Augmentation entre prétest et posttest ( $p = 0,004$ ). Prétest (49,86 ± 25,7), posttest (60,82 ± 34,6).	$d = 0,35$
								+	%VFC <sub>nu</sub> HF : Augmentation entre le prétest et le posttest ( $p = 0,0002$ ). Prétest (28,37 ± 19,12), posttest (46,51 ± 24,68).	$d = 0,81$
								=	FA BMM : Aucune différence entre le prétest et le posttest ( $p = 0,39$ ).	
Yin et al. (2004)	10	43,2 ± 2,2 ans		Essai croisé BMM : type de méditation non spécifié		30min avant/après le repas	VFC de BF	=	BMM : Stagnation entre pré et postprandial ( $p > 0,05$ ). Pré (29,00 ± 2,50), post (31,30 ± 2,70).	
								=	Contrôle : Stagnation entre pré et postprandial ( $p > 0,05$ ). Pré (21,90 ± 2,10), post (17,00 ± 1,80).	
								+	Stress : Augmentation entre pré et postprandial ( $p < 0,05$ ). Pré (28,50 ± 2,70), post (40,90 ± 1,90).	$d = 5,30$
								-	Diminution entre pré et postprandial pour les 3 sessions ( $p < 0,05$ ). BMM : Pré (19,61 ± 1,52), post (16,36 ± 1,61).	$d = 2,10$
								-	Contrôle : Pré (21,90 ± 2,10), post (17,00 ± 1,80).	$d = 2,50$
								-	Stress : Pré (19,09 ± 2,10), post (9,59 ± 1,70). Différence intergroupe ( $p < 0,04$ ) : Diminution plus importante pour stress (9,50 ± 3,07) comparé à BMM (3,25 ± 1,21). Diminution plus importante pour stress comparé à contrôle (4,90 ± 1,70).	$d = 5,00$ $d = 2,60$ $d = 1,98$
								+	Augmentation entre pré et postprandial pour les 3 sessions ( $p < 0,05$ ). BMM : Pré (1,80 ± 0,30), post (2,52 ± 0,32).	$d = 2,32$
								+	Contrôle : Pré (1,78 ± 0,33), post (2,57 ± 0,40). Stress : Pré (1,89 ± 0,67), post (3,20 ± 0,50). Différence intergroupe ( $p < 0,02$ ) : Augmentation plus importante pour stress (1,31 ± 0,80) comparé à BMM (0,72 ± 0,40). Augmentation plus importante pour stress comparé à contrôle (0,79 ± 0,40).	$d = 2,15$ $d = 2,21$ $d = 0,85$ $d = 0,75$

**Légende :** ARS : Arythmie Sinusale Respiratoire, BMM: *Brief Mindfulness Meditation*, BF: Basse Fréquence, F : Féminin, FA : Focalisation de l'Attention, HF : Haute Fréquence, HP : Harry Potter, M : Masculin, RD : Respiration Diaphragmatique, MO : Méditation d'Observation, RMSSD : Racine carré moyenne des différences des intervalles R-R, SEE : *Society for Energy and Emotions*, SDNN : Écart-type des intervalles R-R, + : augmentation du paramètre de la VFC, = : stagnation de la VFC, - : diminution de la VFC.

### *Effet des BMM sur la VFC*

Il nous semble important de rappeler que plusieurs types d'études disposant de qualités méthodologiques hétérogènes ont été incluses dans l'analyse de cette revue systématique (*i.e.*, RCT, essai croisé et essai clinique ouvert).

De plus, de nombreuses méthodes de mesure de la VFC ont été mobilisées par les auteurs des 7 études sélectionnées. En effet, certaines études privilégiaient les paramètres de la VFC issus du domaine temporel (*i.e.*, RMSSD, SDNN et ratio SDNN/RMSSD),<sup>161,168</sup> d'autres n'incorporaient que des paramètres du domaine fréquentiel (*i.e.*, VFC de BF, VFC de HF et ratio LF/HF)<sup>173-175</sup> tandis que 2 études évaluaient la VFC *via* l'utilisation de paramètres issus de ces 2 domaines.<sup>167,169</sup>

Afin de faciliter la compréhension de l'analyse, une comparaison paramètre par paramètre est proposée dans chacun des domaines (temporel et fréquentiel).

#### *Paramètres du domaine temporel*

Concernant le RMSSD, 3 études (dont 2 sans groupe contrôle)<sup>167-169</sup> ont démontré une augmentation de cet indicateur du SNP<sup>162</sup> pendant ou après une intervention en BMM. De plus, Trivedi et al.<sup>169</sup> ont comparé les BMM avec le protocole de la *society for energy and emotions* (*i.e.*, une technique de relaxation comprenant de la cohérence cardiaque et de l'imagerie guidée), et ont constaté que les 2 conditions s'associaient à une augmentation du RMSSD.<sup>169</sup> Enfin, Ooishi et al.<sup>167</sup> ont démontré que seuls les BMM basés sur la focalisation de l'attention (*i.e.*, centration de l'attention sur un ancrage interne ou externe)<sup>405</sup> permettaient d'augmenter le RMSSD. En effet, la méditation de l'observation (*i.e.*, type de BMM pouvant se définir comme une observation non-réactive du contenu de l'expérience du moment présent) n'engendre pas d'effet sur le RMSSD.<sup>405</sup> Ces différents résultats montrent que les BMM semblent s'associer à une augmentation du RMSSD.

Pour le SDNN, des divergences entre les différentes études ont été observées, soulignant que les BMM ne semblent pas favoriser une augmentation du SDNN. En effet, bien qu'une étude<sup>168</sup> ait souligné l'augmentation du SDNN pendant la phase de BMM, 2 autres études<sup>161,167</sup> n'ont révélé aucune différence statistiquement significative pendant ou faisant suite à une intervention de BMM (**Tableau 14**). De plus, Hunt et al.<sup>161</sup> ont également pu démontrer que la

respiration diaphragmatique (*i.e.*, autre technique de relaxation), était plus efficace que les BMM pour augmenter le SDNN pendant l'intervention. Cependant, lors du suivi (*i.e.*, une semaine après avoir pratiqué et s'être entraîné à la respiration diaphragmatique ou au BMM), les différences entre les groupes avaient disparu.<sup>161</sup>

Concernant le ratio SDNN/RMSSD (représentant l'influence des activités du SNS et du SNP),<sup>406</sup> Ooishi et al.<sup>167</sup> ont pu constater que ce ratio n'est augmenté que lors d'une forme spécifique de BMM (*i.e.*, méditation de l'observation). En effet, aucune différence statistiquement significative sur ce même ratio n'a été observée pour les méditation basées sur la focalisation de l'attention.<sup>167</sup>

#### *Paramètres du domaine fréquentiel*

Concernant la VFC de BF et de HF, des différences entre les études incluses ont été rapportées, suggérant que les BMM ne semblent pas avoir d'effets sur ces paramètres.

En effet pour la VFC de BF, 2 études sur 4 ont démontré une augmentation de la VFC de BF suite à une intervention de BMM.<sup>167,173</sup> En revanche, une étude a quant à elle pu observer, une diminution de ce paramètre pendant la BMM alors qu'aucune différence significative n'ait été détectée dans le groupe contrôle.<sup>174</sup> Pour finir, une autre étude a également pu montrer que la VFC de BF stagnait à la suite d'une intervention en BMM.<sup>175</sup>

Au sujet de la VFC de HF, les résultats sont également très disparates. En effet, une première étude a rapporté une augmentation de la VFC de HF durant la BMM comparativement à une condition contrôle.<sup>173</sup> Une seconde étude (*i.e.*, un essai croisé) a quant à elle, observé une diminution de la VFC de HF après une BMM (bien que des résultats similaires aient été rapportés dans les autres conditions).<sup>175</sup> Pour finir, 2 autres études n'ont rapporté aucune différence significative sur la VFC de HF pendant ou après les BMM en comparaison aux mesures effectuées aux prétest.<sup>167,169</sup>

En ce qui concerne le ratio BF/HF, les BMM semblent être associés à une augmentation de ce paramètre. En effet, 2 essais croisés<sup>167,175</sup> ont pu observer une augmentation de ce ratio pendant ou après une BMM comparativement au prétest (bien qu'une augmentation de ce ratio ait également été notée dans les autres conditions).<sup>175</sup>

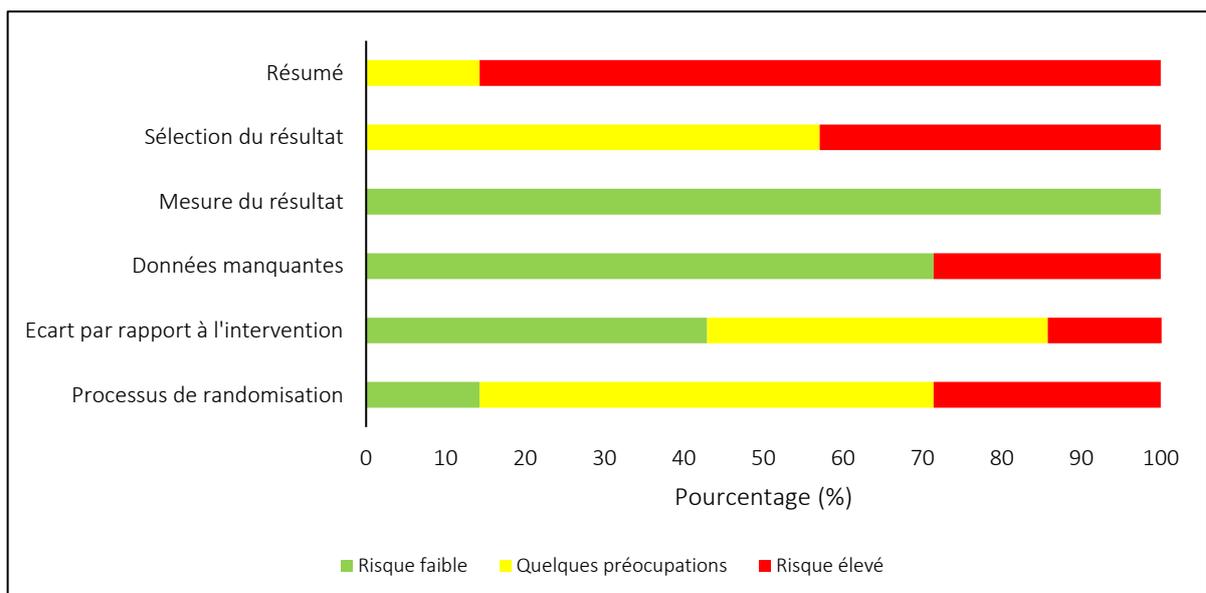
Risques de biais

Le risque de biais pour chaque étude est présenté dans la **Figure 19**.



**Figure 19.** Présentation des risques de biais pour chaque étude incluse

Le résumé du risque de biais par domaine par domaine est présenté en pourcentage sur la **Figure 20**: 14% des études incluses disposaient d'un risque de biais indiquant certaines préoccupations, tandis que 86% des études incluses présentaient un risque élevé de biais.



**Figure 20.** Présentation du risque de biais par domaine

#### 4. Discussion

Cette revue systématique est, à notre connaissance, la première à avoir examiné les effets d'interventions brèves de pleine conscience (*i.e.*, les BMM selon les 3 critères d'Howarth et al.)<sup>205</sup> sur les différentes méthodes de mesure de la VFC chez des adultes s'initiant à la méditation de pleine conscience. Les résultats des 7 études incluses ont pu démontrer que les BMM paraissent généralement impacter la VFC avec en premier lieu le RMSSD (*i.e.*, un indicateur de l'activité parasympathique du SNA).<sup>159</sup> En effet, ce même RMSSD semblerait s'élever durant ou à la suite d'un BMM.<sup>167-169</sup> Cette augmentation du RMSSD pourrait probablement s'expliquer par le développement du « contrôle » cognitif que la méditation de pleine conscience semblerait accroître.<sup>168,407</sup> Ce « contrôle » cognitif pourrait être favorisé par une amélioration des différentes habiletés de la pleine conscience (**Figure 6**) que les MBI paraissent développer.<sup>18-20</sup> En effet, la méditation de pleine conscience s'associerait à une amélioration de : *a*) la prise de conscience du vagabondage de l'esprit (*i.e.*, observer les différentes distractions), *b*) l'attitude d'acceptation et de non-jugement à l'égard de ces distractions, et *c*) l'attention dans le moment présent.<sup>18-20</sup> Cette augmentation du « contrôle » cognitif pourrait engendrer une meilleure capacité de régulation des émotions<sup>408</sup> qui semble elle-même directement corrélée au RMSSD (*i.e.*, Williams et al.<sup>409</sup> ont suggéré qu'un RMSSD plus élevé s'associait à une amélioration de la capacité à réguler des émotions désagréables, et, par conséquent, à une réduction du stress physiologique d'un individu). Afin de venir affirmer cette hypothèse, d'autres études méritent d'être menées pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents permettant d'expliquer la manière dont les BMM peuvent s'associer à un accroissement du RMSSD. De plus, parmi les 3 études incluses qui évaluaient la réponse du RMSSD au BMM,<sup>167-169</sup> des limites méthodologiques notables ont pu être observées. En effet, la première étude était un essai croisé,<sup>167</sup> la seconde étude était un essai non contrôlé,<sup>168</sup> et la dernière<sup>169</sup> utilisait les BMM comme comparateur d'une autre technique de relaxation. Au-delà d'avoir pu démontrer les potentiels bénéfiques des BMM sur le RMSSD, cette revue systématique a pu mettre en évidence le manque de RCT dans la littérature scientifique examinant la réponse de la VFC au BMM.

La nécessaire mise en œuvre de RCT pour confirmer ces résultats favoriserait également l'amélioration de la qualité des preuves en réduisant notamment le risque de biais.<sup>410</sup> En effet,

comme le souligne le **Tableau 15**, la qualité des preuves est considérée comme très faible ou faible pour la quasi-totalité des paramètres de la VFC mobilisés dans ces différentes études.

De plus, concernant le risque de biais des 7 études incluses (**Figure 19, Figure 20**), presque toutes (*i.e.*, 86%) disposaient d'un risque biais élevé, notamment en raison de l'absence de randomisation, des données de résultats manquantes, ou encore de la sélection des résultats rapportés. En effet, selon le processus de randomisation, l'absence d'un groupe contrôle ou le manque de précision dans le processus de randomisation ont sérieusement impacté le risque de biais. En ce qui concerne les données manquantes sur les résultats, les différences dans le nombre de participants entre les variables mesurées dans la même étude (*e.g.*, un questionnaire et les paramètres de la VFC) ou le manque d'information fourni sur les données manquantes ont engendré une influence considérable sur l'augmentation des risques de biais. A propos de la sélection des résultats rapportés, les intentions de traiter les données devraient être disponibles afin de mieux comparer les résultats sélectionnés avec ceux initialement prévus. Cela favoriserait une réduction du risque de biais dans ce domaine. Par conséquent, les futurs RCT devraient mieux décrire leur méthodologie afin d'accroître la qualité des preuves. En ce sens, les normes CONSORT, propres aux RCT méritent d'être rendues obligatoires dans les publications pour s'assurer de la qualité méthodologique et par conséquent des résultats obtenus.<sup>411</sup>

De plus, la plupart des études incluses disposaient d'un échantillon relativement faible, amenant même les auteurs à souligner l'effectif comme principale limite de leur travail.<sup>161,168,169,173</sup> Par conséquent, et comme recommandé par Trivedi et al.,<sup>169</sup> de futures études disposant d'un échantillon de plus grande taille devraient être menées afin de réduire le risque d'erreur de type II associé aux échantillons de petites tailles. En ce sens, un calcul de la taille de l'échantillon nécessiterait d'être réalisé et présenté, au moins dans les intentions de traiter les données, afin de s'assurer que les résultats futurs soient statistiquement représentatifs de la population.

Tableau 15. Présentation de la qualité de l'évidence des études incluses selon la méthode GRADE<sup>363</sup>

Comparaison	Méthodes de mesure de la VFC	Nombre d'études	Echantillon total	Qualité de l'évidence	Commentaire
<b>BMM vs condition contrôlée</b>	VFC de HF	1	30	Faible	Risque très sérieux de biais dû au processus de randomisation.
	VFC de BF	2	154	Très faible	Risque très sérieux de biais et d'incohérence dans les résultats.
<b>BMM vs autre technique de relaxation</b>	RMSSD	1	36	Très faible	Risque de biais très sérieux en raison des données manquantes sur les résultats ( <i>i.e.</i> , nombre de participants diffère d'une mesure à l'autre).
	SDNN	1	41	Modérée	Risque sérieux de biais dû à la sélection des résultats rapportés.
	VFC de HF	1	36	Très faible	Risque de biais très sérieux en raison des données manquantes sur les résultats ( <i>i.e.</i> , nombre de participants diffère d'une mesure à l'autre).
<b>FA BMM vs MO BMM</b>	VFC de BF VFC de HF Ratio [BF/HF] SDNN RMSSD Ratio [SDNN/RMSSD]	1	41	Faible	Risque très sérieux de biais dû au processus de randomisation

**Légende** : BF : Basse Fréquence, BMM : temps brefs de méditation de pleine conscience, FA : Focalisation de l'Attention, MO : Méditation d'Observation, HF : Haute Fréquence, RMSSD : Racine carré moyenne des différences des intervalles R-R successif, SDNN : Ecart-type des intervalles R-R, VFC : Variabilité de la Fréquence Cardiaque.

GRADE: *Working group grades of evidence*

Qualité élevée : Il est très peu probable que des recherches supplémentaires modifient la confiance dans l'estimation de l'effet.

Qualité modérée : Des recherches supplémentaires sont susceptibles d'avoir un impact important sur la confiance dans l'estimation de l'effet et peuvent modifier l'estimation.

Qualité faible : Des recherches supplémentaires sont fortement susceptibles d'avoir un impact important sur la confiance dans l'estimation de l'effet et sont susceptibles de modifier l'estimation.

Qualité très faible : Nous sommes très incertains de l'estimation.

En raison des diverses méthodes d'évaluation de la VFC (*i.e.*, domaines temporel et fréquentiel) et, par conséquent, des différentes méthodes de mesure de la VFC (*e.g.*, RMSSD, SDNN ou VFC de HF)<sup>159</sup> qui semblent sensiblement mesurer la même chose,<sup>166,178</sup> cette dernière a été évaluée de 6 façons différentes au sein des 7 études incluses. À l'avenir, pour comparer plus facilement les effets de la méditation de pleine conscience et plus particulièrement des BMM, l'utilisation de la même méthode de mesure de la VFC semblerait judicieuse pour faciliter l'interprétation, la comparaison et la généralisation des données. Bien qu'il n'y ait actuellement aucun consensus dans la littérature scientifique, Lydia Brown et son équipe,<sup>126</sup> dans une récente méta-analyse, ont suggéré l'utilisation du RMSSD, qui s'avèrerait disposer de nombreux avantages. Tout d'abord, il est considéré comme une mesure de la VFC pouvant s'évaluer sur une courte période de temps, *i.e.*, environ 5min.<sup>159,162</sup> Bien qu'il est déjà été évalué sur des périodes extrêmement courtes (*i.e.*, 60s, 30s voire même 10s), il convient tout de même de noter qu'il est important d'effectuer une mesure du RMSSD sur une période d'au moins 5min.<sup>159</sup> Deuxièmement, le RMSSD paraîtrait moins influencé par la respiration comparé à d'autres méthodes de mesure de la VFC.<sup>412</sup> A la vue de l'influence de la respiration sur la VFC,<sup>413</sup> cette revue systématique a exclu l'ensemble des études qui en plus d'une intervention de BMM, proposaient d'autres techniques de relaxation (*e.g.*, la cohérence cardiaque), influençant la fréquence respiratoire et, par conséquent, la VFC. Enfin, le RMSSD est également considéré comme le reflet de l'activité du SNP,<sup>159,162</sup> système jouant un rôle prépondérant dans le processus de régulation du stress notamment *via* le ralentissement du corps en régissant les fonctions de repos et de digestion.<sup>157</sup> C'est pourquoi, l'activité du SNP mesurable à travers le RMSSD semble être intéressante pour évaluer la réponse physiologique au stress à la suite d'une intervention de BMM.

Contrairement à la récente méta-analyse de Brown et al.,<sup>126</sup> cette revue systématique incluait des études fournissant des interventions de méditation pleine conscience *via* les applications mobiles. Cependant, une seule étude<sup>174</sup> a utilisé une application et ce sous un format en aigu. Comme ce fut également le cas dans la revue systématique d'Howarth et al.,<sup>205</sup> la quasi-totalité des études incluses était des interventions en aiguës (*i.e.*, une seule séance de BMM) avec des temps de pratique très hétérogènes allant de 10 à 30min, excepté une étude (intervention d'une semaine où les participants étaient invités à pratiquer les BMM quotidiennement).<sup>161</sup> Bien que ces interventions en aigu s'intègrent dans la définition des BMM (comme le

conçoivent Howarth et al.),<sup>205</sup> d'autres questions de recherche ont ainsi pu émerger à la suite de ce travail. Par exemple, les études longitudinales disposant d'un temps de pratique total d'au maximum 4 semaines, utilisant des applications mobiles, avec un temps de pratique inférieur à 100min par semaine, pourraient-elles avoir une plus grande incidence sur les paramètres de la VFC comparativement à une intervention en aigu ? Par conséquent, afin d'évaluer avec précision les effets des BMM et pour différencier les interventions de méditation de pleine conscience de très courtes durées (*i.e.*, intervention en aigu) et les BMM, une définition standard de ces 2 termes mériteraient d'être élaborée par la communauté scientifique.

Enfin, la méditation de pleine conscience se compose de diverses formes de pratique (*e.g.*, le scan corporel, la méditation de l'observation ou encore la méditation basée sur la focalisation de l'attention sur des indices internes ou externes). Cependant, à ce jour, très peu d'études ont exploré les effets de ces différentes modalités de pratique sur la VFC. Plus récemment, Ooishi et al.<sup>167</sup> se sont penchés sur la question en décelant des réponses à la VFC différentes en fonction du type de méditation de pleine conscience mobilisé (*e.g.*, le fait de focaliser son attention sur des indices internes serait plus efficace que d'observer ses propres pensées dans une optique d'augmentation du RMSSD). Ainsi, il pourrait être judicieux dans de futurs travaux de comparer les effets de ces différentes méditations de pleine conscience sur les paramètres de la VFC. Par conséquent, les études futures portant sur la réponse à la VFC à la suite d'une BMM devraient mentionner la modalité de pratique de la méditation de pleine conscience mobilisée.

### *Forces et limites*

La principale force de cette étude se situe dans la rigueur méthodologique des revues systématiques par l'exigence des normes PRISMA. Néanmoins, certaines limites méritent d'être mentionnées lors de l'interprétation des résultats. Tout d'abord, le faible nombre d'études incluses ( $n = 7$ ) ainsi que l'utilisation par les différents auteurs de diverses méthodes de mesure de la VFC ne nous ont pas permis de réaliser une méta-analyse. De plus, les qualités méthodologiques des études incluses étaient extrêmement variables, se traduisant notamment par un risque de biais globalement élevé et une qualité de l'évidence relativement

faible. Des RCT nécessitent d'être menés pour venir tester l'effet de la pleine conscience et plus particulièrement des BMM sur la VFC.

## 5. Conclusion

Bien que la qualité de preuve soit globalement faible, les résultats de certaines études semblent évoquer que le RMSSD augmente pendant ou à la suite d'une intervention de BMM. Ces résultats laissent sous-entendre que les BMM seraient une intervention psychologique pertinente favorisant l'activation du SNP, réduisant ainsi le stress physiologique et pouvant engendrer une meilleure santé mentale. Cependant, afin de confirmer ces résultats de futurs RCT doivent être menés.

### CHAPITRE III. EFFETS DE TEMPS BREFS DE PLEINE CONSCIENCE ASSOCIES A UN PROGRAMME DE COURSE A PIED SUR LA PERFORMANCE ET LA SANTE

- Communications scientifiques (Cf Annexe 7)
  - **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial.* Soumis dans *Sport, exercise, and performance psychology*. 2023.
  - **Barbry A**, Bernier M, Coquart J, Daubresse A, Ovigneur H, Carton A. *Does brief mindfulness intervention with high intensity training increase mindfulness skills and well-being in runners? A randomised controlled trial.* A soumettre.
- Communications avec actes
  - **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention program increase physical performance and health in runners? A randomized controlled trial.* 20ème congrès international de l'ACAPS. 31 octobre au 2 novembre 2023. Reims, France.
  - Carton A, **Barbry A**, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Does brief mindfulness intervention with high intensity physical activity increase psychological skills and well-being in runners? A randomized controlled trial.* 20ème congrès international de l'ACAPS. 31 octobre au 2 novembre 2023. Reims, France.
  - **Barbry A**, Carton A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Effect of an 8-week of brief mindfulness meditation combined with a running program on the performance and health of trained runners.* 28<sup>th</sup> annual congress of the european college of sport science. 4-7 juillet 2023. Paris, France.

- Carton A, **Barbry A**, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. *Effects of an 8-week of brief mindfulness meditation combined with a running program on mindfulness skills and well-being of trained runners. 28<sup>th</sup> annual congress of the european college of sport science.* 4-7 juillet 2023. Paris, France.

## 1. Introduction

L'un des principaux objectifs de ce travail doctoral était de tenter de répondre aux différentes limites mentionnées par les études s'étant intéressées aux effets de la pleine conscience sur la performance et la santé des sportifs (*e.g.*, manque de RCT, manque de mesures objectives des médiateurs physiologiques de la performance et de la santé, manque de MBI adapté au temps disponible par les athlètes ou encore manque de MBI associé à un programme d'entraînement incluant des HIIT).<sup>205,228,230</sup> Pour l'atteinte de cet objectif, il nous fallait passer par différentes étapes. Dans un premier temps, il nous paraissait essentiel de mieux comprendre ce qu'était la performance et la santé du sportif en s'intéressant aux différents médiateurs physiologiques et psychologiques l'impactant. C'est ce que nous avons réalisé dans le chapitre I de ce cadre expérimental en observant les relations sous-jacentes entre une pratique sportive en club, la performance et la santé physique comme mentale.<sup>30-32,36</sup> Après avoir mieux appréhendé ces différents médiateurs physiologiques et psychologiques, nous avons tenté d'observer si des exercices de pleine conscience sous leurs formes brèves (BMM) pouvaient améliorer un biomarqueur psychophysologique de la santé largement utilisé chez le sportif pour optimiser sa performance : la VFC.<sup>37</sup> Cette revue systématique de la littérature nous a permis d'observer que les BMM semblaient positivement influencer la santé. Cependant, à notre connaissance, ces BMM n'ont été que trop peu investigués dans le contexte sportif... Ainsi, la dernière partie de cette thèse visait à tester leurs effets combinés associés à un programme de course à pied sur différents médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé qui ont été mobilisés dans les 2 premières parties de ce travail doctoral.

Il est aujourd'hui largement reconnu que la performance et la santé d'un sportif constituent des phénomènes multifactoriels dépendant notamment de facteurs physiologiques et psychologiques.<sup>4,5,12,144,216,414</sup> Par exemple, l'amélioration des performances sportives dans les sports d'endurance est déterminée par des paramètres physiologiques (*e.g.*, le  $\dot{V}O_2\text{max}$ , le seuil lactique ou l'économie de course),<sup>414</sup> mais est également influencée par des paramètres

psychologiques (*e.g.*, les habiletés de la pleine conscience).<sup>216</sup> Afin d'améliorer certains de ces paramètres, la pleine conscience, qui peut être définie comme la prise de conscience du moment présent dans une attitude d'acceptation et de non-jugement,<sup>107</sup> a déjà montré des résultats prometteurs (*e.g.*, le développement des habiletés de la pleine conscience ou encore sur l'accroissement du bien-être).<sup>18-20,122,230</sup> Cependant, bien que les MBI semblent positivement influencer ces paramètres psychologiques avec néanmoins certaines nuances que nous évoquerons ultérieurement, les effets des MBI sur des médiateurs physiologiques objectifs de la performance et de la santé des athlètes s'avèreraient être plus nuancés.

A titre d'illustration, une revue<sup>212</sup> suggère que les MBI s'associeraient à un accroissement de la performance physique, alors qu'une récente revue systématique<sup>21</sup> n'a trouvé aucune amélioration de la performance physique chez des athlètes après un MBI. Cependant, les auteurs de ces 2 revues<sup>21,212</sup> soulignent le manque de preuves permettant de déterminer les effets des MBI sur la performance physique, notamment en raison de la faible qualité de la plupart des études incluses dans les 2 revues (*e.g.*, essais contrôlés non randomisés). Ces limites méthodologiques ont également été mentionnées dans des études s'intéressant aux effets des MBI sur la VFC (voir étude 4 ou encore la récente méta-analyse sur la question réalisée par Brown et al.)<sup>126</sup> et sur les habiletés de la pleine conscience (*i.e.*, prise de conscience, acceptation et re-concentration) avec des divergences dans les résultats en fonction de la pratique sportive mobilisée.<sup>18-20</sup> Concernant la santé mentale des athlètes, pouvant se déterminer au travers de l'évaluation du bien-être, une récente méta-analyse<sup>230</sup> a pu illustrer l'intérêt des MBI pour accroître le bien-être des athlètes. Cependant, certaines limites méthodologiques ont également été reportées (*e.g.*, risque modéré de biais).<sup>230</sup> De plus, les 5 études incluses évaluant le bien-être des athlètes,<sup>230</sup> ont interrogé les athlètes sur les composantes affectives ou eudémoniques du bien-être, sans s'intéresser aux effets des MBI sur la manière dont les athlètes percevaient et régulaient leur bien-être dans leur vie quotidienne. Dit autrement, est-ce que les effets des MBI réalisées en contexte sportif pouvaient entraîner des répercussions sur le bien-être des sportifs dans leur vie quotidienne ? Par conséquent, pour mieux comprendre les effets des MBI sur la performance et la santé, la revue systématique réalisée dans le chapitre II bien appuyée par plusieurs autres travaux<sup>21,28,40,105,212,230,415</sup> ont souligné la nécessité de réaliser un RCT avec l'inclusion d'un groupe contrôle actif. De plus, à notre connaissance et conformément à la récente revue systématique menée par Corbally et al.,<sup>21</sup> les effets des MBI sur la performance et la santé au sein de coureurs à pieds ont fait l'objet de peu de RCT et nécessitent de plus amples approfondissements.

Pour améliorer la performance et la santé des athlètes, des programmes de pleine conscience spécifiquement conçus pour répondre aux problématiques du monde sportif ont été développés (**Tableau 2**).<sup>22,122</sup> Par exemple, en se basant sur des MBI à visée thérapeutique proposant de longues sessions de pratiques (*i.e.*, MBSR et MBCT, voir **Tableau 1**),<sup>207,208</sup> le MSPE est un programme de 4 semaines incluant une séance hebdomadaire de 2h30 à 3h plus des séances individuelles de 10 à 45min (**Tableau 2**).<sup>215</sup> Un autre programme de pleine conscience qui a largement été utilisé chez les athlètes est le *MAC approach to performance enhancement* (*i.e.*, 8 semaines d'intervention avec une session hebdomadaire de 1h30 ainsi que des pratiques individuelles suggérées).<sup>14</sup> Également influencé par le MBCT,<sup>22</sup> Bernier et al.<sup>213</sup> ont développé le MFP : un MBI de 6 semaines composé d'une séance hebdomadaire de 1h cumulé à un temps de pratique quotidien. Pour finir, Scott-Hamilton et al.<sup>16</sup> ont élaboré le MTP : un MBI de 8 semaines avec 30min d'exercices de pleine conscience à réaliser quotidiennement. Ces différents programmes ont été largement investis chez une population de sportifs même dans les sports d'endurance, en particulier le MSPE (athlétisme) et le MTP (cyclisme).<sup>16,216,217</sup>

Bien que ces différents MBI spécifiquement développés pour les athlètes paraissent engendrer des effets bénéfiques sur la performance et la santé,<sup>20,216,230</sup> plusieurs limites ont été soulignées. Premièrement, ces MBI nécessitent du temps ainsi qu'un engagement important de la part des athlètes qui disposent déjà d'une vie extrêmement remplie.<sup>10</sup> Ce manque de temps pourrait constituer un frein à l'engagement et au maintien des personnes (*e.g.*, les athlètes ou leurs coachs) dans un programme MBI.<sup>205</sup> Afin de soulever cette barrière temporelle, certaines études intègrent la pleine conscience à l'intérieur de la séance d'entraînement.<sup>16,18,20,108</sup> Comme les athlètes sont généralement familiers avec des exercices intenses et fréquents, ils peuvent être plus enclins à apprendre la pleine conscience à travers une méthode plus active.<sup>108</sup> Un autre levier pouvant aider à surmonter cette barrière temporelle serait la mise en place de séances de pleine conscience plus courtes, telles que les BMM. Comme évoqué dans le chapitre II du cadre expérimental (page 141), il ne semble pas exister de définition consensuelle des BMM dans la littérature. Cependant, Howarth et al.,<sup>205</sup> à travers une récente revue systématique, définissent une séance de BMM comme disposant d'une durée maximale de 30min avec une durée totale hebdomadaire inférieure à 100min. Les MBI basés sur des séances de BMM disposeraient de nombreux avantages dans notre société actuelle où le temps ne cesse de s'accroître et où les demandes actuelles du sport de haut-niveau ne cessent de s'accroître.<sup>10</sup> A notre connaissance, des MBI basés sur les critères des

BMM promus par Howarth et al.<sup>205</sup> n'ont été que très peu expérimentés dans les sports d'endurance comme la course à pied qui nécessite un haut niveau d'engagement dans l'effort physique.

Deuxièmement, lorsque ces MBI s'associaient à un programme d'entraînement physique, l'intensité de l'entraînement était généralement faible.<sup>228</sup> Ce faible niveau d'intensité ne semble pas être le plus approprié pour améliorer la performance des athlètes (*e.g.*, élévation du  $\dot{V}O_2\text{max}$ ).<sup>416</sup> Ceci est une réelle limite, puisque le travail sur les habiletés psychologiques n'est pas associé à une intensité d'entraînement physique exigée pour progresser. Les coureurs semblent privilégier les entraînements à haute intensité comme celles générées par les HIIT qui par ailleurs occupent une place prépondérante dans l'entraînement du coureur.<sup>417</sup> Cependant, comme l'ont récemment rapporté Ullrich-French et Cox,<sup>228</sup> les effets des MBI jumelés à un entraînement d'endurance incluant des HIIT manquent de clarté au sein de la littérature. C'est une question cruciale car les efforts à haute intensité peuvent être généralement désagréables. Qui plus est, ils entraîneraient une expérience affective plutôt négative<sup>418</sup> pouvant produire un désengagement des coureurs dans l'effort, engendrer une contre-performance voire même un abandon de l'athlète. Ullrich-French et Cox<sup>228</sup> se demandent si le fait de prendre conscience et d'attirer l'attention, même dans une attitude de non-jugement et d'acceptation, sur les sensations désagréables générées par les HIIT (*e.g.*, essoufflement, fatigue, douleurs musculaires ou augmentation du rythme cardiaque et de la respiration) auraient une influence positive sur l'expérience individuelle de l'athlète (*e.g.*, aider les coureurs à maintenir l'intensité élevée en se concentrant ou recentrant leurs attentions sur des indices pertinents liés à la tâche). Salmon et al.<sup>110</sup> ont fourni quelques suggestions à cette question de recherche. Comme mentionné par les auteurs, courir est une activité intrinsèquement stressante<sup>419</sup> et pour y faire face, il pourrait être particulièrement efficace de rediriger intentionnellement l'attention vers des indices internes pertinents liés à la course (*e.g.*, les sensations internes).<sup>419</sup> En ce sens, la pleine conscience est bien connue pour accroître le niveau d'attention des athlètes.<sup>13</sup> Les MBI pourraient ainsi aider les sportifs à faire face à cette situation stressante en observant, en acceptant et en redirigeant intentionnellement l'attention sur les sensations internes.<sup>17</sup> Cette focalisation de l'attention ou cette re-concentration vers des indices internes pertinents (*e.g.*, la respiration) pourraient aider les coureurs à répondre aux exigences physiques de la course, notamment par la réduction du vagabondage de l'esprit s'associant généralement à une réponse affective négative ainsi qu'à un plus faible niveau de performance sportive.<sup>420,421</sup>

Cependant, à notre connaissance, la question qui se pose sur l'effet d'un MBI associé à un programme de course à pied se basant sur des HIIT, n'a pas encore été suffisamment étudiée dans la littérature et nécessite de plus amples investigations autour d'un RCT.

Pour tenter de répondre à ces différentes questions de recherche, l'objectif de notre travail était de mesurer les effets d'un MBI de 8 semaines (construit sur les bases des BMM)<sup>205</sup> associé à un programme de course à pied incluant des HIIT sur des médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé d'athlètes entraînés. Nous partions de l'hypothèse que les coureurs ayant reçu le programme de MBI (en plus de leur programme habituel de course à pied) amélioreront leurs paramètres physiologiques et psychologiques de la performance sportive et de la santé après l'intervention comparativement aux athlètes ayant reçu le même entraînement de course à pied mais avec une intervention contrôlée.

## 2. Matériels et méthode

### *a. Participants, recrutement et randomisation*

Cet RCT en groupe parallèle s'est appuyé sur les lignes directrices CONSORT qui sont disponibles en Annexe 8.<sup>422,423</sup> Cette étude a recruté 65 coureurs tous licenciés à la fédération Française d'athlétisme et membres du racing club d'Arras athlétisme. Au préalable, un calcul de la taille de l'échantillon (comme le recommande notre revue systématique, chapitre II) avec l'utilisation du logiciel *G\*POWER* 3.1.9.7 (université Heinrich Heine, Düsseldorf, Allemagne),<sup>424</sup> en sélectionnant une ANOVA à 2 facteurs à mesures répétées (*i.e.*, 3 temps de mesures différents), avec une puissance statistique de 0,80 ; une taille d'effet de 0,25 et un niveau de signification de  $p < 0,05$  ont été réalisés. Le résultat de ce calcul de la taille d'échantillon était de 56 participants. À ces 56 participants se sont ajoutés les 15% d'abandons prévus entre le début (T0) et la fin de l'étude, nous amenant aux 65 participants. A noter que si les coureurs tombaient malades, se blessaient ou ne participaient pas à au moins une prise de mesure à T0, 4 (T4) et 8 semaines (T8) après T0, ils étaient automatiquement exclus de l'étude.

La période de recrutement des athlètes s'est déroulée entre le 12 septembre 2022 et le 23 septembre 2022 inclus. Ce recrutement des coureurs a été facilité par plusieurs éléments : *a)* une communication basée sur des affiches collées dans l'ensemble du stade (**Figure 21**), *b)* la communication des entraîneurs auprès de leurs athlètes précisant que cette étude faisait partie

intégrante de leurs entraînements et que cette intervention n'allait en aucun cas changer le contenu de leurs entraînements, c) la visite du coordinateur principal (AB) au sein du stade pour expliquer et préciser les prises de mesures et montrer aux coureurs l'intérêt de participer à ce type projet. Nous tenons également à souligner qu'un climat favorable, nous a permis de recruter notre population d'étude. En effet, la co-encadrante de ce projet (AC), entraîne au sein du racing club d'Arras athlétisme depuis bon nombre d'années. De plus, le coordinateur principal de ce même projet (AB) est un ancien athlète de haut-niveau dans ce même club. Ainsi, nous avons pu obtenir un soutien favorable de la part du comité directeur du racing club d'Arras athlétisme dès la genèse de ce dernier.

Avant de débiter le programme, les coureurs devaient envoyer un *email* d'intention de participation au coordinateur principal (AB) comme cela était mentionné sur l'affiche de présentation du projet (Figure 21).

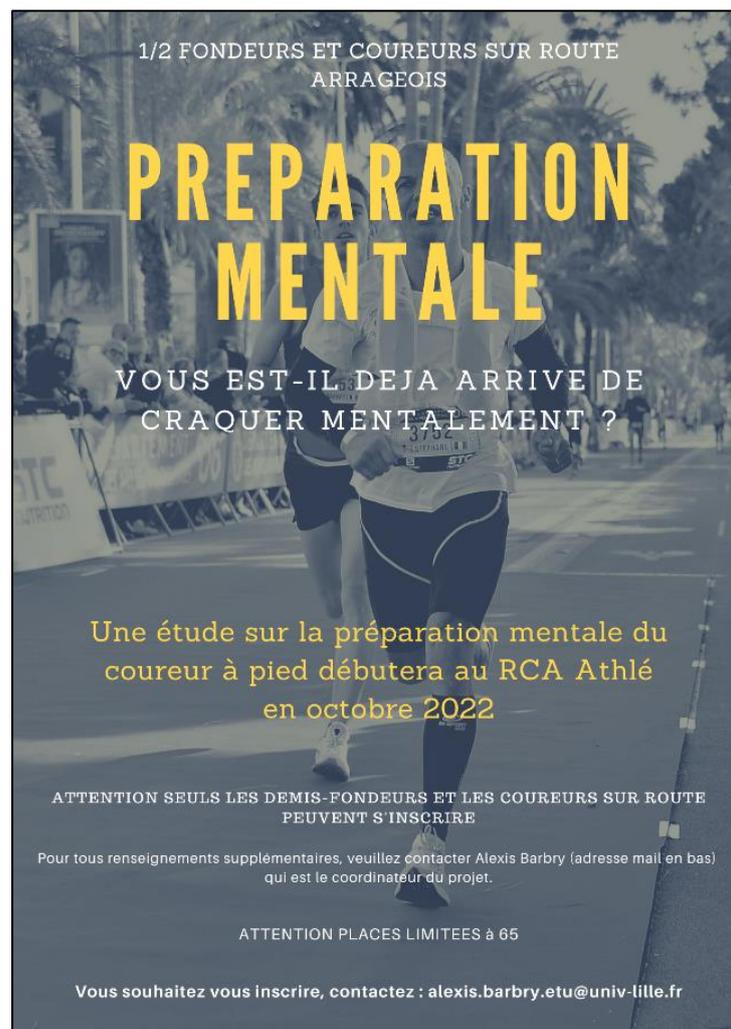


Figure 21. Présentation de l'affiche du projet *FeelTheRun* à destination des athlètes

En réponse à cet *email*, une lettre d'information leur a été envoyée. Cette lettre indiquait notamment qu'ils avaient la possibilité de quitter l'étude à tout moment sans conséquence et que la confidentialité et l'anonymat des données resteraient entièrement préservés. Avant de réaliser les différentes prises de mesures, un formulaire de consentement a été signé par chacun des athlètes. Afin d'être inclus dans l'étude, les athlètes devaient être âgés d'au moins 18 ans et n'avoir jamais suivi de MBI ou de programme de PM auparavant. Cette information, basée sur la déclaration des coureurs, a été vérifiée avant de lancer le processus de randomisation mené par le coordinateur principal (AB). En effet, lorsque la lettre d'information a été envoyée, les coureurs étaient invités à fournir leurs dates de naissance et à mentionner s'ils avaient déjà participé à un MBI ou à un programme de PM auparavant. À la suite de cette vérification, 2 coureurs ont été exclus. Tous les athlètes étaient engagés dans un processus compétitif. Ensuite, une randomisation par blocs appariés en fonction de l'âge et du sexe a été effectuée au hasard *via* un tirage au sort pour sélectionner les athlètes appartenant au groupe BMM ou au groupe contrôle.

Une approbation éthique (n°2022-610-S107) a été obtenue auprès du comité d'éthique de la recherche de l'université de Lille. La demande réalisée auprès de ce comité d'éthique de la recherche a été effectuée avec le délégué à la protection des données de l'université de Lille et de l'IRFO afin que le RGPD soit pleinement respecté.

#### *b. Développement du programme FeelTheRun*

Notre programme s'intitulant *FeelTheRun* a été conçu par notre équipe de recherche. Deux des chercheurs de cette même équipe (AC et MB, tous 2 docteurs en psychologie du sport), disposent d'une solide expérience dans la création et la mise en place de MBI auprès d'athlètes. Le coordinateur principal (AB), connaissait le monde de la PM et de l'athlétisme à travers son ancienne pratique d'athlète. Durant la deuxième année de ce projet doctoral, une formation spécifique, expérientielle dédiée au programme MBSR ayant pour objectif de former à l'enseignement des interventions de pleine conscience, a été réalisée par ce même coordinateur (AB, *cf* Annexe 9). Notre objectif était de créer un programme de recherche s'adaptant au terrain et à ses contraintes. Par conséquent, nous avons également mobilisé des psychologues du sport et des préparateurs mentaux d'athlètes internationaux dans la création du contenu du programme *FeelTheRun* (*e.g.*, aide sur les messages clés à transmettre aux athlètes ou conseils pratiques pour éduquer et engager les athlètes dans un MBI).

Comme récemment recommandé par Ooishi et al.,<sup>167</sup> les termes de pleine conscience ou de méditation n'ont volontairement pas été employés auprès des coureurs à la vue de leurs connotations religieuses. Par conséquent, les 2 coordinateurs sur le terrain (AC et AB) ont fait le choix de mobiliser le terme de PM tout au long du programme comme nous pouvons le voir à travers l'affiche de présentation (**Figure 21**).

Le développement du programme *FeelTheRun* s'est appuyé sur 2 récentes études ayant mis en œuvre des MBI chez des athlètes (*i.e.*, des badistes pour Doron et al. et des basketteurs pour Goisbault et al.).<sup>18,19</sup> Comme l'explicitent plusieurs études,<sup>20,22,105,230</sup> le programme *FeelTheRun* a été spécifiquement adapté à la logique interne et à la culture de l'athlétisme et plus particulièrement aux épreuves de demi-fond et de fond. De plus, comme l'expliquent Birrer et al.,<sup>105</sup> dès le début du programme (voir **Tableau 16**), nous avons présenté les similitudes entre la pratique de la pleine conscience et la performance sportive (*i.e.*, une performance optimale en course à pied nécessite énormément de pratique et pour voir les effets de la PM sur vous cela nécessite également un engagement de votre part). Notre programme *FeelTheRun*, détaillé au sein du **Tableau 16**, se composait de 5 modules (*i.e.*, psychoéducation, fixation à l'objectif, prise de conscience, acceptation et re-concentration). Chaque module débutait par une vidéo de présentation dans laquelle un sportif de très haut niveau accompagné d'un coureur d'un niveau moindre mais restant dans une logique compétitive, ont présenté le thème et les messages clés du module. Les 2 premiers modules avaient pour finalités de : *a*) introduire la pleine conscience, et *b*) engager les coureurs dans le programme *FeelTheRun* en s'appuyant sur la théorie de la communication engageante (*i.e.*, concept issu de la psychologie sociale consistant à combiner un acte préparatoire avec un message persuasif).<sup>425</sup> Ces 2 premiers modules ont duré 1 semaine tandis que les 3 derniers modules s'étendaient sur 2 semaines. Les objectifs principaux du module 3 (prise de conscience) étaient de : *a*) sensibiliser les athlètes à leurs propres pensées, émotions et sensations internes, et *b*) promouvoir la prise de conscience des différentes distractions rencontrées lors d'un entraînement de course à pied, en particulier lorsque les hautes intensités étaient mobilisées (*e.g.*, lors des HIIT). Le module 4, intitulé « Acceptation », avait quant à lui, pour principale finalité de faire prendre conscience aux athlètes de l'importance d'adapter la vitesse de l'entraînement en fonction de son état physique et mental du jour. Ce module se concentrait particulièrement sur l'acceptation des pensées, des émotions et des sensations désagréables que génèrent très régulièrement les HIIT.

Tableau 16. Présentation du contenu des 8 semaines du programme *FeelTheRun*

	Objectifs	Contenu de la session de <i>mindfulness</i>	Travail à la maison	Messages clés
<b>Module 1</b> <b>Psychoéducation</b> <b>Semaine 1</b>	Sensibiliser les coureurs à leur propre fonctionnement mental. Engager les coureurs dans le programme de PM. Changer leurs représentations vis-à-vis de la PM.	<u>AV</u> : Vidéo sur les intérêts de la PM (5min) ou instructions quant à la réalisation d'une séance de PM (5') ou initiation à la respiration en pleine conscience (5min). <u>AP</u> : Initiation à la respiration en pleine conscience (5min) ou méditation du balayage corporel (7min).	AUDIO (6min) : PM dans la vie de tous les jours.	La PM n'est pas utilisée uniquement lorsque des problèmes apparaissent. Elle s'adresse à tout type d'athlètes et n'est exclusive aux athlètes de haut niveau. Il existe de nombreuses façons de pratiquer la PM simplement dans notre vie quotidienne. Tout comme la course à pied, il est nécessaire de pratiquer régulièrement pour progresser sur le plan mental.
<b>Module 2</b> <b>Fixation à l'objectif</b> <b>Semaine 2</b>	Promouvoir l'engagement et soutenir l'autonomie <i>via</i> la fixation à l'objectif. Prendre conscience du vagabondage de notre esprit.	<u>AV</u> : Vidéo sur la manière de fixer et de décomposer des objectifs (5min) ou mini-conférence sur la méthode SMART (10min) ou méditation sur la prise de conscience de ses sensations (5min). <u>AP</u> : Méditation du balayage corporel (7min).	AUDIO (5min) : Initiation à la respiration en pleine conscience / Rédaction d'un objectif SMART. AUDIO (7min) : Méditation sur la prise de conscience de ses sensations immobiles puis en mouvement.	Avoir des objectifs précis nous permet de nous engager et de garder notre motivation. La fixation à l'objectif nous permet de progresser bien évidemment sur le plan mental mais également sur le plan physique à court, moyen et long terme. Pas de panique si on ne tient pas l'objectif, l'essentiel est de le réajuster.
<b>Module 3</b> <b>Prise de conscience</b> <b>Semaine 3 et 4</b>	Prendre conscience des sensations internes et des distractions rencontrées à l'effort.	<u>AV</u> : Vidéo sur la prise de conscience des pensées, émotions et sensations (5min) ou méditation sur la prise de conscience des pensées et émotions (6min). <u>PE</u> : Prendre conscience des pensées, émotions et sensations à plusieurs moments de l'entraînement ( <i>i.e.</i> , lorsque l'intensité de l'exercice était faible à la semaine 3 puis à lors des HIIT à la semaine 4). <u>AP</u> : Débat exploratoire sur les difficultés rencontrées lors de l'exercice PE ou méditation du balayage corporel (7min).	AUDIO (7min) : Méditation sur la prise de conscience des pensées et émotions.	Pour vous sentir bien dans votre pratique : la prise de conscience de son état interne est un allié favorisant l'éveil du moment présent. Reconnaître ses pensées, émotions et sensations puis ne pas se laisser emporter / dominer par elles est une aide précieuse pour vous sentir bien dans votre entraînement. Lutter contre ses pensées, émotions et sensations désagréables est le meilleur moyen de les garder actives.
<b>Module 4</b> <b>Acceptation</b> <b>Semaine 5 et 6</b>	Prendre conscience de notre état physique et mental du jour, l'accepter et adapter sa vitesse en fonction de ces états. Accepter les pensées, émotions et sensations liées à l'intensité de l'entraînement.	<u>AV</u> : Vidéo sur l'adaptation de la vitesse de l'entraînement en fonction de son état du jour (5min) ou méditation sur l'acceptation des pensées et émotions (6min). <u>PE</u> : Lors des dernières répétitions sur les séances de HIIT, prendre conscience et accepter ses pensées, émotions et sensations. <u>AP</u> : Méditation sur l'acceptation des pensées, émotions et sensations (5min) ou débat exploratoire autour des difficultés rencontrées dans l'exercice PE.	AUDIO (8min) : Méditation sur l'acceptation des pensées et émotions.	Les pensées et émotions font parties intégrantes du sport. Il est tout à fait normal d'en avoir. S'engager de manière positive dans sa pratique pour réaliser des performances ou accroître son bien-être signifie accepter ses pensées, émotions et sensations plutôt que de se battre contre elles. Les pensées et les émotions sont transitoires. Les pensées ne reflètent pas la vérité. Rien ne sert de lutter contre elles. Lorsque l'effort est désagréable, j'ai 2 possibilités : soit je peux me dire que c'est dur et cela s'associe souvent au fait de craindre de ne pas tenir l'effort. Ou je peux accepter cet état d'inconfort lié à l'entraînement en me disant que c'est normal que je ressente cela et que ça va me faire progresser. Pour s'engager durablement dans le temps et prendre plaisir dans ma pratique, il est important d'accepter son état de forme du jour et d'adapter la séance en fonction de ses sensations.
<b>Module 5</b> <b>Re-concentration</b> <b>Semaine 7 et 8</b>	S'approprier son propre ancrage. Développer sa propre routine d'entraînement. Soutenir l'autonomie dans la pratique.	<u>AV</u> : Vidéo basée sur l'ancrage et le reconcentration (5min) ou <i>mindfulHIIT</i> ( <i>i.e.</i> , fractionné de pleine conscience incluant des perturbateurs sonores de plus en plus long au fur et à mesure de l'avancée du programme entrecoupés de période de récupération) (8 à 10min). Les coureurs devaient utiliser leur routine pour ramener leur attention sur le moment présent lors du vagabondage de l'esprit. <u>PE</u> : Mise en place de la routine d'entraînement ( <i>i.e.</i> , prise de conscience, acceptation et reconcentration) en utilisant leurs propres points d'ancrage lors des HIIT. <u>AP</u> : Mini conférence sur l'ancrage et son utilisation (5min) ou débat exploratoire sur les difficultés rencontrées dans l'exercice PE.	AUDIO (10min) : <i>MindfulHIIT</i> avec perturbateurs sonores sur 45" entrecoupés de 30" de récupération. Les coureurs devaient utiliser leur routine pour ramener leur attention sur le moment présent.	Une routine d'entraînement efficace peut aider à ramener l'attention sur le moment présent lorsque l'esprit se met à vagabonder et faciliter la gestion de l'effort lorsque ce dernier devient difficile.

**Légende** : AP = Après l'entraînement ; AV = Avant l'entraînement ; HIIT = *High-Intensity Intermittent Training* ; PE = Pendant l'Entraînement ; PM = Préparation Mentale ; SMART = Spécifique, Mesurable, Ambitieux, Réaliste, et délimité dans le Temps.

Le 5<sup>ème</sup> et dernier module (*i.e.*, re-concentration) visait quant à lui, à soutenir l'autonomie en développant une routine d'entraînement des coureurs (comme nous pouvons retrouver dans le MFP)<sup>213</sup> *via* la mobilisation d'un ancrage facilitant la (re)concentration dans l'effort.

Pour chacun de ces modules, les séances de BMM en présentiel avaient lieu 3 fois par semaine sur les jours d'entraînements des athlètes (*i.e.*, le mardi, le jeudi et le dimanche). Une petite salle à proximité du stade avait été réservée pour l'occasion par le coordinateur (AB). Ces séances de BMM, pouvaient prendre diverses formes (*i.e.*, vidéo de présentation, séance formelle de BMM ou débat exploratoire). Elles étaient systématiquement menées avant et après l'entraînement de course à pied. À partir du module 3 (prise de conscience), des exercices de BMM étaient intégrés dans les séances de course à pied.<sup>22</sup> Conformément à la définition des BMM promue par Howarth et al.,<sup>205</sup> les exercices de pleine conscience disposaient d'une durée comprise entre 5 (*i.e.*, au début du programme *FeelTheRun*) à 12min (*i.e.*, la fin du programme *FeelTheRun*) par session. Les coureurs avaient également la possibilité de pratiquer en autonomie à leur domicile la séance de BMM s'ils n'avaient pas eu la possibilité d'être présents à l'entraînement. Pour permettre cette pratique autonome, des fichiers audio développés par notre équipe de recherche ont été envoyés sur une application mobile où un groupe a été créé pour garder les athlètes du groupe BMM motivés dans le programme *FeelTheRun*.<sup>426</sup> Ce groupe a également permis d'envoyer des documentations sur la PM et ses bénéfices dans le monde du sport. Ces différents documents (*e.g.*, article de journal, conférence ou vidéo) étaient directement connectés au thème du module (un document différent était envoyé chaque semaine) et permettaient d'illustrer le contenu d'apprentissage des modules.<sup>13</sup> Chaque début de semaine (*i.e.*, le lundi), les coureurs devaient envoyer au coordinateur principal (AB) par message privé le nombre de séances de BMM entièrement réalisées la semaine précédente. Durant le programme, les athlètes ont également eu la possibilité d'être accompagnés par vidéoconférence à raison de 2 fois par semaine pour répondre à leurs éventuelles questions. Entre les 3 séances d'entraînement de BMM et de course à pied (*i.e.*, le mardi, le jeudi et le dimanche), les participants étaient encouragés à pratiquer des BMM de manière autonome et délibérée *via* d'autres audios que nous avons également créés (*e.g.*, respiration en pleine conscience ou *mindfulHIIT*, voir **Tableau 16** pour plus de détails). Ces audios respectant les critères des BMM,<sup>205</sup> avaient une durée comprise entre 6 et 10min comme cela avait déjà été réalisé dans la littérature.<sup>13</sup> Ces derniers ont été déposés sur une plateforme vidéo permettant de transmettre le lien aux athlètes. Chaque semaine, de nouveaux audios en accord avec le

thème du module ont été proposés aux athlètes. L'ensemble des audios et vidéos créés dans le cadre de ce projet sont toujours disponibles sur ma chaîne YouTube® en flashant le QR code ci-dessous.



@alexisbarbry921



Sur la base des recommandations de plusieurs auteurs,<sup>20,427</sup> un groupe contrôle actif a été créé afin de pouvoir comparer plus facilement les effets du programme *FeelTheRun*. Ce groupe qui a également été coordonné par le coordinateur principal (AB) a vécu des interventions à distance par vidéoconférence sur 8 thèmes liés à la course à pied (*e.g.*, influence des chaussures à lames de carbone ou utilisation des données des montres connectées) ou à la relaxation (*i.e.*, l'introduction à une technique de relaxation musculaire progressive). Ces 8 interventions ont duré 1h chacune et ont mobilisé plusieurs professionnels pour les animer (*e.g.*, psychologue clinicienne, ostéopathe, kinésithérapeute ou chercheur en STAPS).

### *c. Procédure*

Avant le début de l'intervention, plusieurs réunions ont été réalisées avec les dirigeants du club et les entraîneurs souhaitant être impliqués dans le projet *FeelTheRun*.<sup>22</sup> Afin de rendre les entraîneurs acteurs du projet, nous leur avons demandé de créer le même contenu d'entraînement sur les 8 semaines d'interventions (**Tableau 17**). La seule consigne qui leur a été fournie était d'inclure des séances à hautes intensités (*e.g.*, des HIIT).

Tableau 17. Présentation du contenu du programme d'entraînement de course à pied

	Séance 1	Séance 2	Séance 3
<b>Semaine 0</b>	<b>Prise de mesures de jour 1 et jour 2</b>		
<b>Semaine 1</b>	<b>HIIT</b> : 20min de 30s vite (100% de VMI) suivies de 20s de récupération active.	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>Spé 10km</b> : 12 x 3min (allure 10km) suivies de 90s de récupération active.
<b>Semaine 2</b>	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>HIIT</b> : 2 x 10min de 45s (100% de VMI) suivies par 30s de récupération active.	<b>Séance au seuil</b> : 4 x 5min (80% de VMI) suivies par 150s de récupération active.
<b>Semaine 3</b>	<b>HIIT</b> : 2 x 10min de 60s (100% de VMI) suivies par 45s de récupération active.	<b>Séance au seuil</b> : 12 x 2min (80% de VMI) suivies par 30s de récupération active.	<b>Sortie longue</b> : 70min de footing lent avec quelques variations d'allures.
<b>Semaine 4</b>	<b>Séance au seuil</b> : 4 x 6min (80% de VMI) suivies par 3min de récupération active.	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>Prise de mesure de jour 1 à T4.</b>
<b>Semaine 5</b>	<b>Sortie longue</b> : 70min de footing lent avec 20min un peu plus actif (70% de la VMI).	<b>HIIT</b> : 2 x 8min de 90s vite (100% de VMI) suivies par 60s de récupération active.	<b>Séance au seuil</b> : 4min – 6min – 8min -10min à 80% de VMI entrecoupées de période de récupération active équivalente à la moitié du temps d'effort.
<b>Semaine 6</b>	<b>HIIT</b> : 20min de 120s (100% de VMI) suivies par 90s de récupération active.	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>Spé cross-country</b> : 4 x 6min (sur un parcours vallonné sur une allure de cross long, soit environ 12 km) suivies de 120s de récupération active.
<b>Semaine 7</b>	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>HIIT</b> : 2 x 10min de 150s vite (95% de VMI) suivies de 120s de récupération active.	<b>Séance au seuil</b> : 10 x 3min à 80% de VMI entrecoupées de 90s de récupération active.
<b>Semaine 8</b>	<b>HIIT</b> : 4 x 3min (95% de la VMI) suivies de 150s de récupération active.	<b>Sortie longue</b> : 60min de footing lent (50% de VMI).	<b>Prise de mesure de jour 1</b>
<b>Semaine 9</b>	<b>Prise de mesure de jour 2</b>	<b>Fin du programme d'entraînement</b>	

**Légende** : **HIIT** : *High-Intensity Intermittent Training* ; **Séance au seuil** : Effort intermittent spécifique proposant des efforts plus longs mais à une intensité moindre que les HIIT (80% de VMI) avec des temps de récupération plus courts (*i.e.*, la moitié du temps d'effort). Les séances de HIIT et de seuil débutaient par 25min d'échauffement et se terminaient par 10min de footing lent (*i.e.*, 50% de la VMI). Les mesures de jour 1 comprenaient les mesures de la variabilité de la fréquence cardiaque, la vitesse maximale intermittente ainsi que celles de la perception de l'effort. Jour 2 représentaient une évaluation globale des différentes composantes de la condition physique.

Globalement à la période de la saison où l'intervention a été menée (*i.e.*, fin septembre jusque fin novembre) les athlètes sont en plein dans leur phase préparatoire. Cette période de l'année, propice à une augmentation progressive de la charge d'entraînement, a été sélectionnée conjointement avec les entraîneurs puisque cette période est la seule où les athlètes de demi-fond court (*i.e.*, les « pistards », coureurs de 800 - 5000m) et ceux de demi-fond longs (*i.e.*, les « routards », coureurs de 10km, ½ marathon et marathon) disposent du même contenu d'entraînement (*i.e.*, une séance de HIIT, une séance autour du seuil lactique et une sortie longue). Une fois le plan arrêté et validé par l'ensemble des entraîneurs et des chercheurs, une petite revue (au même format que la revue fournie par la fédération Française d'athlétisme aux entraîneurs) expliquant les différents modules du programme *FeelTheRun* (*e.g.*, les objectifs, les messages clés) a été fournie à l'ensemble des entraîneurs (**Figure 22**, cf Annexe 10).



Figure 22. Présentation de la page de couverture du livret entraîneur

*d. Mesures*

Toutes les données ont été récoltées au sein du stade du racing club d'Arras athlétisme par le coordinateur principal (AB) qui dispose d'une carte professionnelle d'éducateur sportif, nécessaire pour prendre des mesures liées à la performance et à la santé des athlètes. En accord avec les entraîneurs, ces différentes mesures s'intégraient dans le programme de course à pied suivi par les athlètes (entre fin septembre et fin novembre, **Tableau 17**). Elles ont été réalisées sur 3 temps (avant, pendant et après le MBI) et ont été réparties sur 2 jours différents avec un temps de récupération d'au moins 48h. Les mesures issues de la première journée ont été effectuées à T0, T4 et T8 aux mêmes heures (*i.e.*, dans la matinée entre 8h et 11h) et comprenaient l'évaluation de la VFC, de la VMI, de la RPE ainsi qu'un questionnaire sur tablette évaluant les 3 habiletés de la pleine conscience à l'effort.

La deuxième journée des prises de mesures avait pour vocation d'évaluer l'état des différentes composantes de la CP (*e.g.*, la composition corporelle, l'endurance cardiorespiratoire, la coordination ou la puissance musculaire).<sup>34</sup> A la fin de cette évaluation de la CP, un questionnaire sur tablette mesurant les manifestations et les outils de régulation du bien-être des athlètes dans la vie quotidienne a été réalisé.<sup>25</sup> Cette deuxième journée consacrée aux prises de mesures a été effectuée à T0 et T8 entre 18h et 20h. Pour les mesures issues de la deuxième journée, une mesure intermédiaire à T4 ne semblait pas nécessaire puisqu'une durée de 4 semaines paraissait trop courte pour observer des différences sur certaines de ces variables.<sup>428</sup> En revanche, une prise de mesure intermédiaire à T4 pour les variables de la première journée était nécessaire pour ajuster les allures de l'entraînement en fonction de la VMI des coureurs (**Tableau 17**).

Afin d'éviter tout facteur de confusion, 24h avant les tests, les instructions suivantes étaient envoyées aux participants par *email* et rappelées par les entraîneurs la dernière séance précédant les prises de mesures : *a)* ne pas réaliser d'entraînement intense la veille des tests, *b)* ne pas réaliser d'exercice physique le jour des tests, *c)* terminer son repas habituel 3h avant le début des prises de mesures, et *d)* pas d'alcool 24h avant le début des tests.

Nous présenterons dans un premier temps, l'ensemble des médiateurs physiologiques qui ont été réalisés sur les 2 journées d'évaluation. Puis, nous présenterons les 2 questionnaires psychologiques mobilisés dans le cadre de ce projet.

*i. Mesures physiologiques**Variabilité de la fréquence cardiaque*

En tant qu'indicateur de la VFC, le Ln RMSSD a été déterminé à l'aide du V800® (Polar Electro OY, Kempele, Finlande). Pour le mesurer, les coureurs devaient rester allongés pendant 5min le matin (*i.e.*, entre 8h et 11h) dans un endroit calme.<sup>176</sup> Nous avons fait le choix de sélectionner le RMSSD puisqu'il est généralement représenté comme un indicateur de la « fatigue » des athlètes.<sup>37</sup> De plus, il est également considéré comme la mesure de référence de la VFC sur de courtes périodes de temps chez le sportif (*i.e.*, 5min).<sup>37,176</sup> Une fois la prise de mesure finalisée, un fichier excel reprenant les enregistrements R-R a été inséré dans l'application Kubios HRV® (Kubios Oy, Kuopio, Finlande) permettant ainsi de déterminer la valeur du RMSSD (ms). Comme recommandé par Alcantara et al.,<sup>429</sup> nous avons utilisé un filtrage très bas puisque nos données ont été collectées au repos limitant ainsi les problèmes d'artefacts.

*Vitesse maximale intermittente*

La VMI des coureurs a été déterminée grâce à un test intermittent incrémentiel (45s / 15s de récupération), plus communément appelé le 45-15<sub>FIT</sub>.<sup>150</sup> La validité du test 45-15<sub>FIT</sub> a été préalablement vérifiée.<sup>150</sup> Le test s'est effectué autour de la piste d'athlétisme du racing club d'Arras athlétisme, débutant à 8 km.h<sup>-1</sup> et se terminant lorsque l'athlète décidait d'arrêter le test ou n'était plus en mesure de maintenir le rythme imposé (*i.e.*, le test se finalisait lorsque l'athlète s'est retrouvé à 2 reprises au moment du coup de sifflet à plus de 3m du cône à atteindre dans les 45s).<sup>150,430</sup> L'incrémentation était de 0,5 km.h<sup>-1</sup> toutes les minutes. Les coureurs devaient ainsi parcourir 6,25m de plus en 45s à chaque incrémentation. Nous avons fait le choix de sélectionner le 45-15<sub>FIT</sub> puisqu'il dispose de temps de récupération de 15s facilitant la collecte de la RPE.<sup>39</sup>

*Perception de l'effort*

L'adaptation Française de l'échelle RPE<sub>6-20</sub> de Borg (*cf* Annexe 11)<sup>431,432</sup> a été utilisée durant les 15s séparant les différents paliers du test VMI. Cette échelle est composée de 15 échelons (*i.e.*, de 6 à 20) dont certaines s'associent à des indices verbaux (*i.e.*, 7, « très très léger » à 19, « très très dur »). Avant le test VMI, les instructions Françaises de l'échelle de RPE<sub>6-20</sub> ont été présentées aux coureurs.<sup>39,433</sup> Le calcul de la droite de régression a ensuite été réalisé à partir de RPE<sub>11</sub> pour chaque participant à T0, T4 et T8 (les premiers paliers du 45-15<sub>FIT</sub>, indiquaient

des valeurs  $< RPE_{11}$  et ont servi de familiarisation avec l'échelle  $RPE_{6-20}$  pour les coureurs). L'analyse de la RPE a été effectuée à 3 intensités d'effort différentes (*i.e.*,  $RPE_{13}$ ,  $RPE_{15}$  et  $RPE_{17}$ ). Vu que ce travail doctoral a souhaité mobiliser les effets de la pleine conscience lors d'intensités élevées, nous avons fait le choix de sélectionner ces 3 valeurs de RPE puisqu'il semblerait que ce soit à partir de  $RPE_{13}$  que l'intensité de l'AP devienne élevée.<sup>434</sup>

### *Composition corporelle*

Le pourcentage de masse grasseuse est l'indicateur de la composition corporelle sélectionné dans le cadre de cette étude à la vue de son influence sur la performance et la santé.<sup>34,435</sup> Un bioélectrique impédancemètre (*Biody Xpert*®, Aminogram, La Ciotat, France) a permis de déterminer ce pourcentage de masse grasseuse.<sup>436,437</sup> La bio-impédancemétrie est une méthode précise de mesure de la composition corporelle chez l'athlète, promulguée récemment par l'ACSM.<sup>34,438</sup> La société Aminogram étant partenaire de l'IRFO, nous avons eu l'opportunité d'obtenir cet appareil portatif qui a déjà été utilisé dans le cadre d'une étude s'intéressant aux effets d'un programme d'AP sur la composition corporelle.<sup>436</sup> Les athlètes ont été au préalable pesés (*Seca 760*®, Seca, Hambourg, Allemagne) puis mesurés (*Leicester eight measure Mk II*®, Tanita, Sutton Coldfield, Royaume-Uni) par le coordinateur de l'étude (AB).

### *Condition physique*

La CP a été évaluée par l'intermédiaire de la batterie *Diagnoform*® Actif (IRFO, Wattignies, France). Cette batterie d'évaluation de la CP est composée de 9 tests évaluant différentes composantes de la CP de performance et de santé.<sup>34</sup> La validité et la fiabilité de plusieurs tests inclus dans le *Diagnoform*® Actif ont été préalablement vérifiées.<sup>26,76,253</sup> Ces 9 tests ont été supervisés par le principal coordinateur (AB) et administrés dans l'ordre suivant : *a*) endurance cardiorespiratoire (*i.e.*, test navette de 3min – parcourir la plus grande distance possible en réalisant des allers-retours entre 2 lignes séparées de 20 m),<sup>26</sup> *b*) coordination (*i.e.*, test de la croix – sauter le plus rapidement possible pendant 30s dans les différents carrés en suivant un ordre précis, **Figure 16**),<sup>26,232</sup> *c*) endurance de force (*i.e.*, maintenir la position de planche aussi longtemps que possible, jusqu'à ce que l'athlète n'arrive plus à maintenir correctement la position ou atteint 5min et 30s),<sup>439</sup> *d*) puissance musculaire (*i.e.*, saut en longueur sans élan – sauter le plus loin possible en un seul saut en se réceptionnant pieds joints),<sup>26,76,232</sup> *e*) vitesse des membres inférieurs (*i.e.*, le 22m latte – compléter les 22m le plus vite possible en mettant un appui entre chaque latte espacée de 1,10m),<sup>439</sup> *f*) vitesse des membres supérieurs (*i.e.*, les

frappes de plaque – effectuer 25 mouvements de va-et-vient le plus rapidement possible entre 2 disques espacés de 60cm avec la main dominante, passant au-dessus de la main au milieu),<sup>439</sup> g) équilibre (*i.e.*, test d'équilibre unipodal – tenir 5 positions différentes pendant 10s ; chaque position correctement réalisée rapporte 1 point),<sup>439</sup> h) endurance de force (*i.e.*, test de pompes du genou au sol – réaliser le plus de pompes possible jusqu'à l'échec),<sup>26,232,253</sup> i) souplesse (*i.e.*, distance doigts sol - debout avec les pieds joints, plier le tronc et abaisser les mains aussi bas que possible).<sup>155</sup> A la suite des tests, le logiciel Placeform<sup>1</sup> a été utilisé pour obtenir une note sur 20 sur chacun des tests.<sup>232</sup> Puis, le QFP (noté /100) a été obtenu en s'appuyant sur les différents tests composant le Diagnoform<sup>®</sup> Actif.<sup>232</sup>

## ii. *Mesures psychologiques*

### *Les habiletés de la pleine conscience à l'effort*

Les habiletés de la pleine conscience dans le contexte d'un entraînement en course à pied ont été mesurées à l'aide de l'adaptation Française du MIS (*cf* Annexe 12).<sup>41</sup> Ce questionnaire, réalisé aux 3 temps de mesures (*i.e.*, T0, T4 et T8), se compose de 15 items cotés sur une échelle de Likert en 6 points (1 = « pas du tout » à 6 = « tout à fait »). Chaque habileté de la pleine conscience disposait de 5 items : la prise de conscience (*e.g.*, « *Je suis conscient des pensées qui me traversent l'esprit* »), l'acceptation (*e.g.*, « *Lorsque je me rends compte que je ne suis pas concentré(e) sur ma propre performance, je me reproche d'être distrait(e)* ») et la re-concentration (*e.g.*, « *Lorsque certains muscles sont douloureux, je me reconcentre rapidement sur ce que j'ai à faire* »). Les valeurs des alphas de Cronbach ( $\alpha$ ) étaient :  $\alpha_{T0} = 0,70$  ;  $\alpha_{T4} = 0,81$  ;  $\alpha_{T8} = 0,78$  pour la prise de conscience,  $\alpha_{T0} = 0,76$  ;  $\alpha_{T4} = 0,83$  ;  $\alpha_{T8} = 0,83$  pour l'acceptation, et  $\alpha_{T0} = 0,84$  ;  $\alpha_{T4} = 0,81$  ;  $\alpha_{T8} = 0,87$  pour la re-concentration.

### *Les manifestations et les outils de régulation du bien-être*

Les manifestations et les outils de régulation du bien-être dans le contexte de la vie quotidienne ont été mesurés à travers le Diagnofeel<sup>®</sup> (IRFO, Loos, France).<sup>25,196,197</sup> Ce questionnaire, complété à 2 reprises (*i.e.*, T0 et T8), est composé de 8 sous-échelles (*cf* Annexe 13) : 3 concernent les manifestations (*i.e.*, la sérénité, les relations sociales et la joie) et 5 se rapportent aux régulations du bien-être (*i.e.*, les relations sociales, le plaisir, les AP, la prise distance et l'isolement). Le Diagnofeel<sup>®</sup> comporte 26 items (*i.e.*, 9 pour les manifestations et 17 pour les outils de régulation), cotés sur une échelle de Likert en 11 points de zéro (0 = « pas du tout » à

10 = « Tout à fait d'accord ». Les valeurs des  $\alpha$  étaient :  $\alpha_{T0} = 0,75$  ;  $\alpha_{T8} = 0,83$  pour la sérénité,  $\alpha_{T0} = 0,72$  ;  $\alpha_{T8} = 0,78$  pour les relations sociales,  $\alpha_{T0} = 0,82$  ;  $\alpha_{T8} = 0,87$  pour la joie,  $\alpha_{T0} = 0,81$  ;  $\alpha_{T8} = 0,80$  pour les relations sociales (régulation),  $\alpha_{T0} = 0,72$  ;  $\alpha_{T8} = 0,71$  pour le plaisir,  $\alpha_{T0} = 0,84$  ;  $\alpha_{T0} = 0,84$  pour les AP,  $\alpha_{T0} = 0,78$  ;  $\alpha_{T8} = 0,81$  pour la prise de distance,  $\alpha_{T0} = 0,73$  ;  $\alpha_{T8} = 0,61$  pour l'isolement.

#### e. *Analyse statistique*

Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel *statistical package for social sciences*<sup>®</sup> (version 18.1, Chicago, IL, États-Unis). La moyenne  $\pm$  SD est présentée pour chacune des mesures. Le niveau de significativité a été fixé à  $p < 0,05$ . Dans un premier temps, l'analyse de la normalité de la distribution a été vérifiée avec le test de Shapiro-Wilk et l'égalité des variances a été analysée avec le test de Levene. Le test de Mauchly a également été utilisé pour observer si l'hypothèse de sphéricité était remplie. Dans le cas où la sphéricité était violée, la correction de Greenhouse-Geisser a été appliquée. Pour chacune des mesures, une ANOVA à 2 facteurs à mesures répétées a été réalisée pour tester l'effet d'interaction groupe (contrôle et BMM) \* temps (T0, T4 et T8) comme facteurs intra-sujet. Si des différences statistiques étaient obtenues, le test *post-hoc* Bonferroni était conduit pour identifier où se situaient ces différences.

Pour mesurer l'évolution de la fréquence de pratique des séances de BMM sur les 8 semaines du programme *FeelTheRun*, une ANOVA à un facteur à mesure répétée a été effectuée.

### 3. Résultats

#### a. *Participants et comparaisons des variables à T0*

Trois coureurs du groupe BMM et 7 du groupe contrôle ont été supprimés de l'étude principalement à cause de blessures ou de la contraction de virus (**Figure 23**).

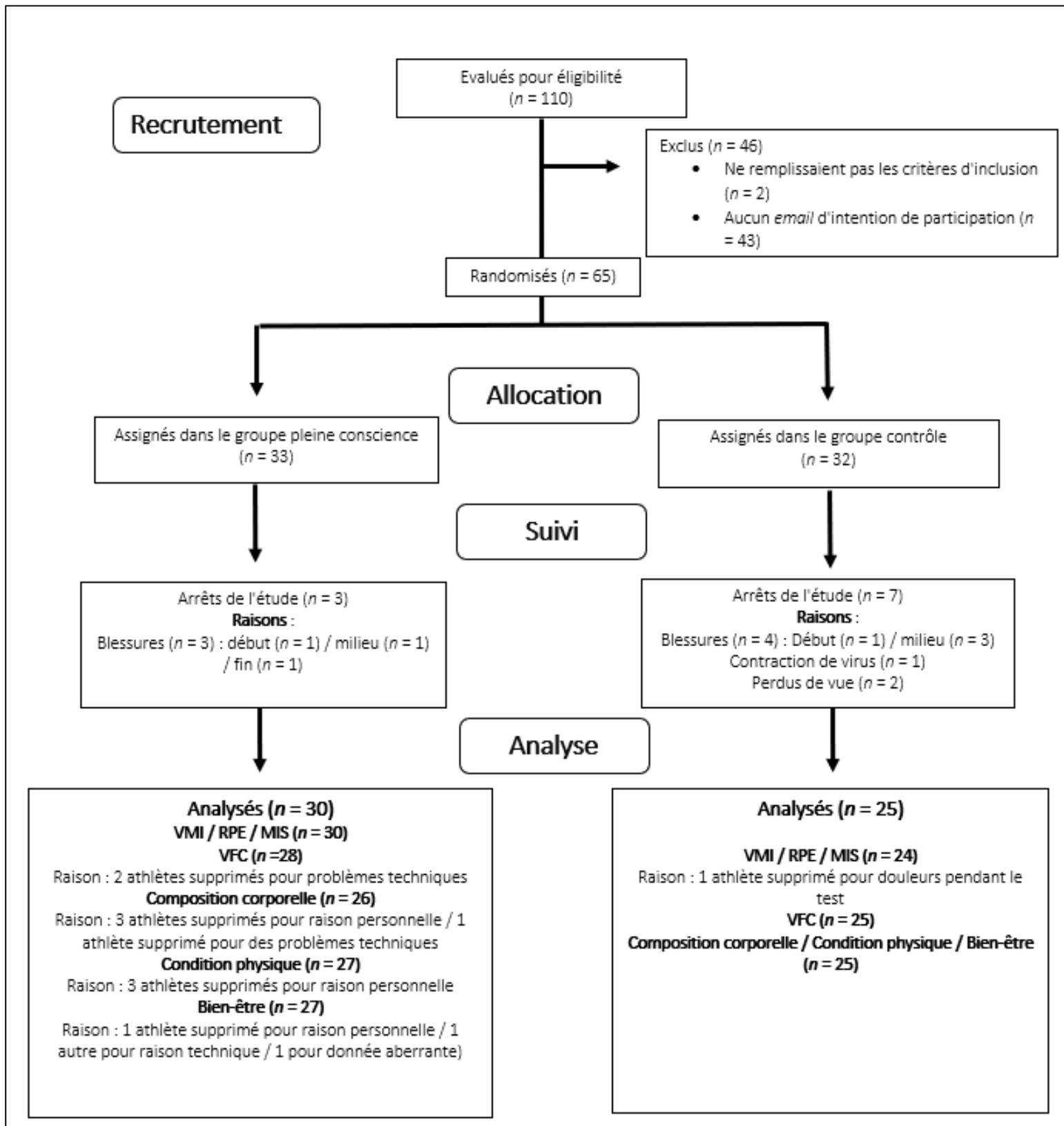


Figure 23. Présentation de la taille des groupes pour l'inscription, l'affectation, le suivi et l'analyse selon les normes CONSORT<sup>422</sup>

**Légende :** MIS = *Mindfulness Inventory for Sports*, RPE = *Ratings of Perceived Exertion*, VMI = *Vitesse Maximale Intermittente*.

Le groupe BMM était finalement composé de 30 coureurs (*i.e.*, 15 femmes et 15 hommes), le groupe contrôle de 25 athlètes (*i.e.*, 11 femmes et 14 hommes). Les caractéristiques socio-démographiques et anthropométriques (*i.e.*, l'âge, la masse corporelle, la taille et l'IMC) des 2 groupes sont présentées dans le **Tableau 18**. Aucune de ces caractéristiques n'était significativement différente entre les groupes à T0 ( $p > 0,05$ ). Des différences intergroupes ont en revanche été détectées à T0 sur une des habiletés de la pleine conscience (*i.e.*, la prise de conscience) et sur une régulation du bien-être (*i.e.*, la prise de distance). Les athlètes du groupe BMM disposaient d'un niveau de prise de conscience plus élevé et utilisaient la prise de distance de manière plus récurrente pour réguler leur bien-être comparativement aux coureurs du groupe contrôle à T0. Sur les autres mesures, aucune différence significative n'a été décelée.

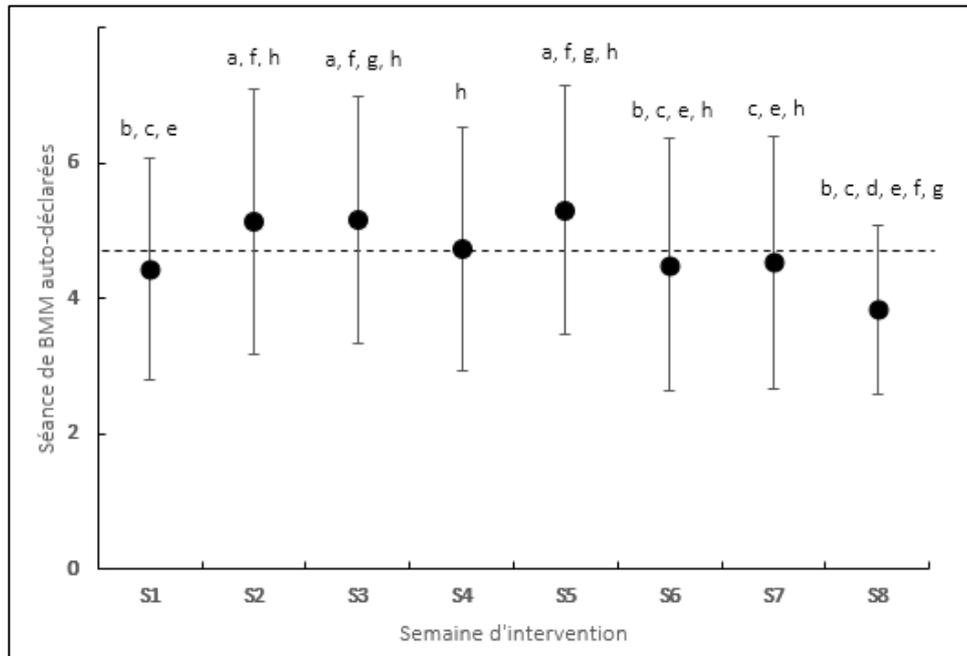
**Tableau 18.** Présentation des caractéristiques socio-démographiques et anthropométriques de la population

	Groupe <i>mindfulness</i>	Groupe contrôle
Echantillon ( <i>n</i> )	30	25
Age (année)	41,1 ± 14,5	42,2 ± 14,8
Masse corporelle (kg)	64,6 ± 10,4	65,5 ± 10,4
Taille (cm)	171 ± 7	174 ± 10
IMC (kg.m <sup>-2</sup> )	22,0 ± 2,9	21,6 ± 2,1

**Légende :** IMC : Indice de Masse Corporelle.

#### *b. Adhésion des athlètes au programme FeelTheRun*

Au cours des 8 semaines d'intervention, des différences statistiques relatives à la fréquence de pratique des BMM ont été détectées (**Figure 24**).



**Figure 24.** Présentation de l'adhésion au programme *FeelTheRun* (i.e., moyenne  $\pm$  SD du nombre de séances de BMM hebdomadaires auto-déclarées par les coureurs tout au long de l'intervention)

#### Légende :

-- : nombre moyen de séances de BMM réalisé par les coureurs sur les 8 semaines d'intervention. BMM : temps brefs de méditation de pleine conscience. Une séance de BMM pouvait prendre plusieurs formes (i.e., pratique en présentiel avec l'instructeur, y compris échanges exploratoires et pratique individuelle via les audios ou les vidéos).

<sup>a</sup>significativement différent de S1 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>b</sup>significativement différent de S2 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>c</sup>significativement différent de S3 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>d</sup>significativement différent de S4 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>e</sup>significativement différent de S5 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>f</sup>significativement différent de S6 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>g</sup>significativement différent de S7 ( $p \leq 0,05$ ) ; <sup>h</sup>significativement différent de S8 ( $p \leq 0,05$ ).

Les coureurs ont pratiqué moins de séances de BMM à la semaine 1 comparativement aux semaines 2 ( $p = 0,04$ ), 3 ( $p = 0,03$ ) et 5 ( $p = 0,02$ ). Au cours de la semaine 2 du programme *FeelTheRun*, les coureurs ont effectué davantage de séances de BMM par rapport à la semaine 6 ( $p = 0,03$ ). Les coureurs ont également effectué un nombre plus important de séances de BMM à la semaine 3 comparativement à la 6 ( $p = 0,02$ ) et à la 7 ( $p = 0,01$ ). La fréquence de pratique des BMM chez les coureurs était plus importante à la semaine 5 par rapport aux semaines 6 et 7 (respectivement  $p = 0,03$  et  $p = 0,04$ ). Enfin, une diminution de la pratique des BMM a été rapportée au cours de la semaine 8 par rapport aux semaines 2 à 7 ( $p < 0,05$ ). Globalement, la fréquence de pratique des séances de BMM est relativement stable de la semaine 2 à la semaine 7 (Figure 24).

*c. Mesures physiologiques**Variabilité de la fréquence cardiaque*

Pour le Ln RMSSD, aucun effet temps ( $p = 0,724$ ), aucun effet groupe ( $p = 0,438$ ) et aucune interaction n'ont été détectés ( $p = 0,730$  ; **Tableau 19**).

*Vitesse maximale intermittente*

Une interaction temps\*groupe a été observée ( $p = 0,013$ ). Aucune différence statistique n'a été détectée pour le groupe BMM ( $p = 0,056$  ; **Tableau 19**), alors qu'une baisse de la VMI a été découverte pour les athlètes du groupe contrôle entre T0 et T8 ( $p = 0,004$  ;  $d = 0,19$ ) mais également entre T4 et T8 ( $p = 0,040$  ;  $d = 0,09$ ).

Tableau 19. Présentation des résultats des médiateurs physiologiques de la performance et de la santé physique en fonction du groupe et du temps

	Groupe <i>mindfulness</i>			Groupe contrôle		
	T0	T4	T8	T0	T4	T8
Ln RMSSD	3,62 ± 0,55	3,59 ± 0,67	3,65 ± 0,69	3,70 ± 0,86	3,79 ± 0,71	3,76 ± 0,77
Vitesse maximale intermittente (km.h <sup>-1</sup> )	16,05 ± 2,93	16,35 ± 2,98	16,18 ± 2,82	16,75 ± 2,71 <sup>c</sup>	16,48 ± 2,85 <sup>c</sup>	16,23 ± 2,65 <sup>a,b</sup>
RPE <sub>13</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	13,71 ± 1,92 <sup>b,c</sup>	11,45 ± 1,56 <sup>a,c</sup>	11,00 ± 1,23 <sup>a,b</sup>	13,13 ± 2,13 <sup>b,c</sup>	11,60 ± 1,64 <sup>a,c</sup>	11,03 ± 1,44 <sup>a,b</sup>
RPE <sub>15</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	14,89 ± 2,01 <sup>b,c</sup>	13,40 ± 1,97 <sup>a,c</sup>	12,95 ± 1,75 <sup>a,b</sup>	14,55 ± 2,08 <sup>b,c</sup>	13,49 ± 1,79 <sup>a,c</sup>	12,95 ± 1,71 <sup>a,b</sup>
RPE <sub>17</sub> (km.h <sup>-1</sup> )	16,06 ± 2,20 <sup>b,c</sup>	15,34 ± 2,56 <sup>a,c</sup>	14,90 ± 2,41 <sup>a,b</sup>	15,98 ± 2,14 <sup>b,c</sup>	15,38 ± 2,06 <sup>a,c</sup>	14,87 ± 2,15 <sup>a,b</sup>
	Groupe <i>mindfulness</i>		Groupe contrôle			
	T0	T8	T0	T8		
Masse grasseuse (%)	19,77 ± 6,45 <sup>c</sup>	20,08 ± 6,24 <sup>a</sup>	19,98 ± 5,79 <sup>c</sup>	20,94 ± 5,63 <sup>a</sup>		
Quotient de forme physique (score)	41,04 ± 10,68 <sup>c</sup>	45,74 ± 10,99 <sup>a</sup>	41,56 ± 10,16 <sup>c</sup>	44,46 ± 10,23 <sup>a</sup>		
Endurance cardiorespiratoire (m)	596,89 ± 75,01	595,93 ± 64,87	601,00 ± 70,06 <sup>c</sup>	580,96 ± 57,87 <sup>a</sup>		
Coordination motrice ( <i>n</i> )	31,89 ± 10,35 <sup>c</sup>	36,89 ± 9,20 <sup>a</sup>	31,64 ± 9,96 <sup>c</sup>	36,56 ± 9,06 <sup>a</sup>		
Endurance de force (s)	159,22 ± 73,72 <sup>c</sup>	177,89 ± 86,63 <sup>a</sup>	162,96 ± 73,10 <sup>c</sup>	178,24 ± 75,16 <sup>a</sup>		
Puissance musculaire (cm)	146,73 ± 31,89	146,04 ± 32,32	137,32 ± 29,53	143,80 ± 26,50		
Vitesse gestuelle des membres inférieurs (s)	4,91 ± 0,78 <sup>c</sup>	4,57 ± 0,43 <sup>a</sup>	4,96 ± 0,77 <sup>c</sup>	4,89 ± 0,67 <sup>a</sup>		
Vitesse gestuelle des membres supérieurs (s)	11,47 ± 1,89 <sup>c</sup>	10,64 ± 2,58 <sup>a</sup>	10,95 ± 1,82 <sup>c</sup>	10,25 ± 1,76 <sup>a</sup>		
Equilibre (score)	3,67 ± 1,07	4,07 ± 0,96	3,54 ± 0,78	3,71 ± 1,04		
Ln endurance de force ( <i>n</i> )	3,37 ± 0,65	3,51 ± 0,48	3,52 ± 0,47	3,50 ± 0,40		
Souplesse (score/5)	3,59 ± 0,97	3,59 ± 0,97	3,40 ± 0,91	3,44 ± 0,87		

**Légende** : RPE : perception de l'effort, RMSSD : Racine carré moyenne des différences des intervalles R-R, <sup>a</sup>significativement différent de T0 ( $p \leq 0.05$ ), <sup>b</sup>significativement différent de T4 ( $p \leq 0.05$ ), <sup>c</sup>significativement différent de T8 ( $p \leq 0.05$ ), T0 : pré-mesure, T4 : 4 semaines après T0, T8 : 8 semaines après T0

### *Perception de l'effort*

Une diminution de la vitesse atteinte à RPE<sub>13</sub> ( $p < 0,001$ ) a été rapportée pour les 2 groupes sur l'ensemble des mesures réalisées (**Tableau 19**). Cette diminution a été observée entre T0 et T4 ( $d = 1,28$  pour le groupe BMM, et  $d = 0,79$  pour le contrôle), T0 et T8 ( $d = 1,61$  pour le groupe BMM, et  $d = 1,116$  pour le groupe contrôle) ainsi qu'entre T4 et T8 ( $d = 0,32$  pour le groupe BMM,  $d = 0,37$  pour le groupe contrôle).

Une réduction de la vitesse atteinte à RPE<sub>15</sub> a également été détectée ( $p < 0,001$ ) pour les 2 groupes sur l'ensemble des mesures réalisées (**Tableau 19**). Cette diminution a été décelée entre T0 et T4 ( $d = 0,75$  pour le groupe BMM, et  $d = 0,54$  pour le groupe contrôle), T0 et T8 ( $d = 1,03$  pour le groupe BMM, et  $d = 0,83$  pour le groupe contrôle) ainsi qu'entre T4 et T8 ( $d = 0,24$  pour le groupe BMM,  $d = 0,31$  pour le groupe contrôle).

Enfin, une baisse de la vitesse atteinte à RPE<sub>17</sub> a été observée pour les 2 groupes ( $p < 0,001$ ). Cette diminution a été notée entre T0 et T4 ( $d = 0,30$  pour le groupe BMM et  $d = 0,29$  pour le groupe contrôle), T0 et T8 ( $d = 0,50$  pour le groupe BMM et  $d = 0,52$  pour le groupe contrôle), et, entre T4 et T8 ( $d = 0,18$  pour le groupe BMM, et  $d = 0,24$  pour le groupe contrôle).

### *Composition corporelle*

Une augmentation du pourcentage de masse grasseuse entre T0 et T8 ( $p = 0,003$ ) a été détectée pour les athlètes du groupe BMM ( $d = 0,05$ ) et pour les athlètes du groupe contrôle ( $d = 0,17$ ).

### *Condition physique*

Un accroissement du QFP a été observé entre T0 et T8 ( $p < 0,001$ ) pour les athlètes du groupe BMM ( $d = 0,43$ ) et pour les athlètes du groupe contrôle ( $d = 0,28$ ).

A propos du niveau d'endurance cardiorespiratoire (*i.e.*, test navette de 3min), une interaction temps\*groupe a été décelée ( $p \leq 0,05$ ). Une stagnation de la performance réalisée sur le test navette a été observée pour les athlètes du groupe BMM ( $p = 0,886$ ) alors qu'une diminution de cette même performance a été détectée pour les athlètes du groupe contrôle entre T0 et T8 ( $p = 0,006$ ,  $d = 0,31$ ).

Le niveau de coordination (*i.e.*, test de la croix) a augmenté pour les 2 groupes entre T0 et T8 ( $p < 0,001$  ;  $d = 0,51$  pour le groupe BMM ;  $d = 0,52$  pour le groupe contrôle).

Le niveau d'endurance de force (*i.e.*, test de la planche) s'est également élevé entre T0 et T8 ( $p = 0,014$ ) que ce soit pour les athlètes du groupe BMM ( $d = 0,23$ ) que pour ceux du groupe contrôle ( $d = 0,21$ ).

La vitesse des membres inférieurs s'est également améliorée entre T0 et T8 ( $p = 0,005$ ) pour le groupe BMM ( $d = 0,502$ ) et pour le groupe contrôle ( $d = 0,097$ ). Des résultats similaires ont aussi été observés sur la vitesse des membres supérieurs ( $p = 0,004$  ;  $d = 0,36$  pour le groupe BMM ;  $d = 0,39$  pour le groupe contrôle). En ce qui concerne la puissance musculaire, l'équilibre, l'endurance de force (*i.e.*, test des pompes genoux au sol) et la souplesse, aucune différence statistique n'a été détectée pour les 2 groupes (**Tableau 19**).

#### *d. Mesures psychologiques*

##### *Habilités de la pleine conscience à l'effort*

Pour le niveau de prise de conscience des pensées, des émotions et des sensations durant les entraînements à haute intensité, une augmentation a été observée pour les athlètes des 2 groupes entre T0 et T4 ( $d = 0,32$  pour le groupe BMM et  $d = 0,20$  pour le groupe contrôle), T0 et T8 ( $d = 0,58$  pour le groupe BMM,  $d = 0,36$  pour le groupe contrôle). Le groupe BMM disposait d'un niveau de prise de conscience plus élevé que le groupe contrôle ( $p \leq 0,01$ ) à T0 ( $d = 0,61$ ), T4 ( $d = 0,59$ ) et T8 ( $d = 0,96$ ).

Pour ce qui concerne le niveau d'acceptation, aucun effet du temps ( $p = 0,09$ ), aucun effet groupe ( $p = 0,29$ ) et aucune interaction n'ont été observées ( $p = 0,83$ ).

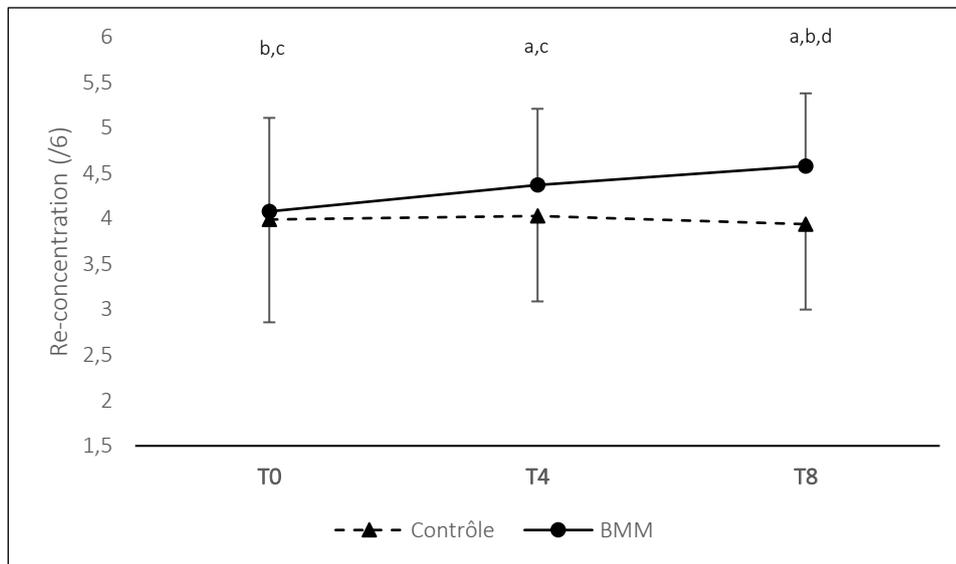
A propos de la re-concentration, une interaction temps\*groupe a été décelée ( $p = 0,03$  ; **Tableau 20**). Alors qu'aucune différence intergroupe n'a été observée à T0 ( $p = 0,77$ ), les athlètes du groupe BMM disposaient à T8 d'un niveau de re-concentration à l'effort plus élevé que les athlètes du groupe contrôle ( $p = 0,01$  ;  $d = 0,72$ ).

**Tableau 20.** Présentation des résultats des habiletés de la pleine conscience, des manifestations et des outils de régulation du bien-être en fonction du groupe et du temps

<i>Minfulness inventory for sport</i>	Groupe <i>mindfulness</i>			Groupe contrôle		
	T0	T4	T8	T0	T4	T8
Prise de conscience	4,67 ± 0,80 <sup>b,c,d</sup>	4,91 ± 0,67 <sup>a,d</sup>	5,09 ± 0,59 <sup>a,d</sup>	4,09 ± 1,07 <sup>b,c,d</sup>	4,42 ± 0,97 <sup>a,d</sup>	4,43 ± 0,77 <sup>a,d</sup>
Acceptation	3,86 ± 1,06	3,55 ± 1,10	3,61 ± 1,10	3,55 ± 1,32	3,35 ± 1,19	3,24 ± 1,22
Re-concentration	4,08 ± 1,03 <sup>b,c</sup>	4,37 ± 0,84 <sup>a,c</sup>	4,58 ± 0,80 <sup>a,b,d</sup>	3,99 ± 1,13	4,03 ± 0,94	3,94 ± 0,94 <sup>d</sup>
<i>Diagnofeel®</i>	Groupe <i>mindfulness</i>		Groupe contrôle			
	T0	T8	T0	T8		
Sérénité – Manifestation	7,03 ± 1,42	7,41 ± 1,33	6,56 ± 2,24	6,36 ± 2,33		
Relations sociales – Manifestation	8,00 ± 1,42 <sup>c</sup>	8,43 ± 0,99 <sup>a</sup>	8,37 ± 1,06	8,13 ± 1,59		
Joie – Manifestation	7,76 ± 1,98	8,20 ± 1,71	7,64 ± 1,91	7,60 ± 2,32		
Relations sociales – Régulation	6,13 ± 1,84	6,77 ± 2,10	6,15 ± 2,00	6,16 ± 1,68		
Plaisir – Régulation	7,63 ± 1,35 <sup>c</sup>	8,18 ± 1,22 <sup>a,d</sup>	7,45 ± 1,49	7,21 ± 1,40 <sup>d</sup>		
Activité physique – Régulation	8,37 ± 1,37	8,64 ± 1,25	8,33 ± 1,50	8,21 ± 1,27		
Prise de distance – Régulation	7,21 ± 1,53 <sup>c,d</sup>	8,09 ± 1,13 <sup>a,d</sup>	6,65 ± 1,82 <sup>c,d</sup>	6,76 ± 1,96 <sup>a,d</sup>		
Isolement – Régulation	6,52 ± 2,09	7,10 ± 1,66	6,00 ± 1,87	6,24 ± 1,84		

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de T0 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>b</sup>significativement différent de T4 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>c</sup>significativement différent de T8 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>d</sup>différences intergroupes ( $p \leq 0,05$ ), T0 : Pré-mesure, T4 : 4 semaines après T0, T8 : 8 semaines après T0.

Parallèlement, la re-concentration a augmenté pour les coureurs du groupe BMM (**Figure 25**) entre T0 et T4 ( $p = 0,04$  ;  $d = 0,31$ ), T0 et T8 ( $p < 0,01$  ;  $d = 0,55$ ) mais aussi entre T4 et T8 ( $p = 0,03$ ,  $d = 0,26$ ). Aucun effet du temps ( $p = 0,07$ ), ni aucun effet du groupe ( $p = 0,14$ ), n'ont été observés.



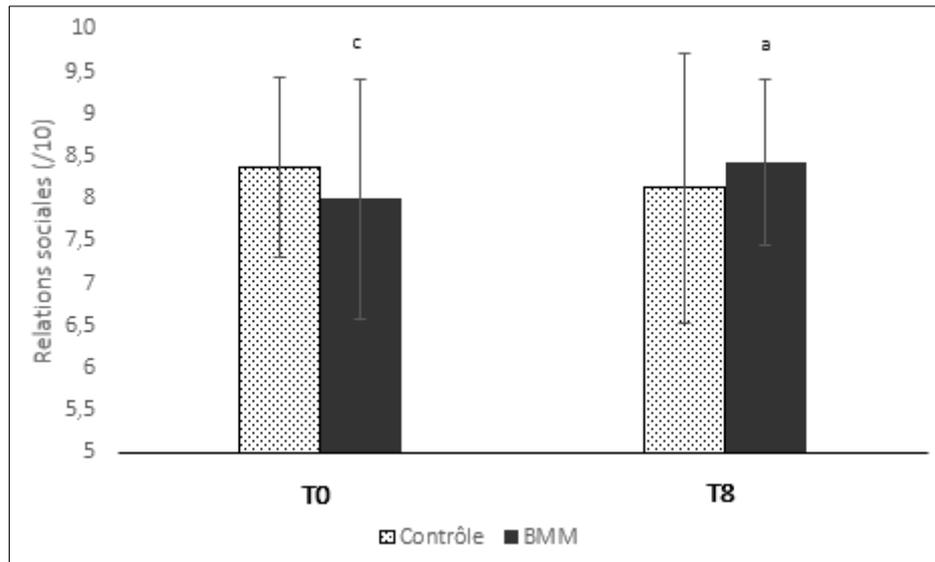
**Figure 25.** Présentation du niveau de re-concentration à l'effort en fonction du groupe et du temps

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de T0 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>b</sup>significativement différent de T4 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>c</sup>significativement différent de T8 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>d</sup>différences intergroupes ( $p \leq 0,05$ ), BMM : *Brief Mindfulness Meditation*, T0 : Pré-mesure, T4 : 4 semaines après T0, T8 : 8 semaines après T0.

### *Manifestations et outils de régulation du bien-être*

#### Les manifestations du bien-être

Sur la sérénité ( $p = 0,31$ ) et la joie ( $p = 0,31$ ) aucune interaction n'a été détectée. Concernant les relations sociales, une interaction temps\*groupe ( $p = 0,03$ ) a été mise en évidence. Le bien-être des athlètes du groupe BMM se manifestait davantage par les relations sociales à T8 qu'à T0 ( $p < 0,05$  ;  $d = 0,35$  ; **Figure 26**).



**Figure 26.** Histogramme représentant le niveau des relations sociales comme manifestation du bien-être en fonction du groupe et du temps

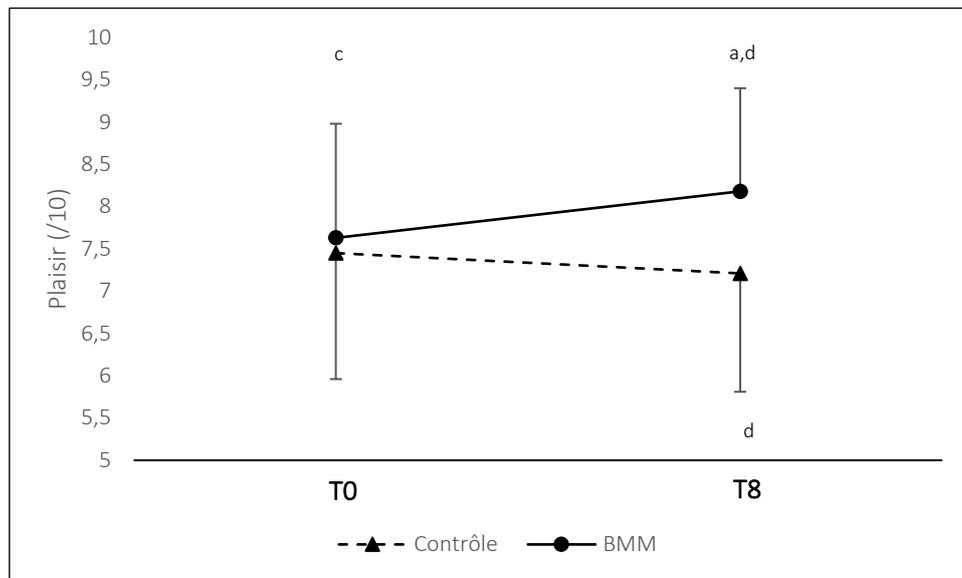
**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de T0 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>b</sup>significativement différent de T4 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>c</sup>significativement différent de T8 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>d</sup>différences intergroupes ( $p \leq 0,05$ ), BMM : *Brief Mindfulness Meditation*, T0 : Pré-mesure, T4 : 4 semaines après T0, T8 : 8 semaines après T0.

#### Les outils de régulation du bien-être

Sur les relations sociales ( $p = 0,27$ ), l'AP ( $p = 0,23$ ) et l'isolement ( $p = 0,50$ ), aucune interaction temps\*groupe n'a été trouvée.

En revanche, les athlètes du groupe BMM régulaient davantage leur bien-être par le plaisir comparativement aux athlètes du groupe contrôle à T8 ( $p = 0,01$  ; **Figure 27**). De plus, l'analyse intragroupe montre que les coureurs du groupe BMM régulent davantage leur bien-être par le plaisir (*i.e.*, en se faisant plaisir) à T8 par rapport à T0 ( $p = 0,04$ ,  $d = 0,43$ ).

Pour la prise de distance, aucune interaction n'a été trouvée ( $p = 0,09$ ). En revanche, un effet temps a été observé ( $p = 0,03$ ) soulignant que les coureurs mobilisaient davantage la prise de distance pour réguler le bien-être à T8 qu'à T0 ( $d = 0,65$  pour les athlètes du groupe BMM et  $d = 0,06$  pour les athlètes du groupe contrôle).



**Figure 27.** Présentation du niveau de plaisir comme régulation du bien-être en fonction du groupe et du temps

**Légende :** <sup>a</sup>significativement différent de T0 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>b</sup>significativement différent de T4 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>c</sup>significativement différent de T8 ( $p \leq 0,05$ ), <sup>d</sup>différences intergroupes ( $p \leq 0,05$ ), BMM : *Brief Mindfulness Meditation*, T0 : Pré-mesure, T4 : 4 semaines après T0, T8 : 8 semaines après T0.

## 4. Discussion

Ce RCT est le premier, à notre connaissance, à avoir étudié les effets d'un MBI fondé sur le principe des BMM dans le contexte sportif. Nous avons fait le choix d'associer notre MBI à un programme de course à pied incluant des HIIT afin de tester leurs effets combinés sur des médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé de coureurs à pied entraînés. La rigueur méthodologique des RCT<sup>440</sup> a permis d'apporter une réponse précise à l'hypothèse selon laquelle la durée des séances de BMM (*i.e.*, 5 à 12min) permettrait d'améliorer les différents médiateurs de la performance et de la santé même lorsque l'intensité de l'entraînement est élevée. Bien que les résultats de la présente étude aillent globalement dans le sens de cette hypothèse notamment pour les paramètres psychologiques mesurés, certaines nuances, limites et questions méritent d'être discutées.

### *a. Effets du programme FeelTheRun sur les médiateurs physiologiques*

Concernant ces mesures physiologiques, nous partions de l'hypothèse que les coureurs du groupe BMM connaîtraient une plus grande amélioration de leur niveau d'endurance cardiorespiratoire (évaluées à travers le 45-15<sub>FIT</sub> et le test navette de 3min)<sup>26,150</sup> après l'intervention comparativement aux coureurs du groupe de contrôle.

Nos résultats ont montré une stagnation de la VMI pour les athlètes du groupe BMM aux 3 temps de mesure (T0, T4, T8), alors qu'une diminution de cette même VMI a été observée pour les coureurs du groupe contrôle à T8 comparativement à T0 et T4. Ces résultats sont aussi confirmés à travers le test navette de 3min (**Tableau 19**). Cette stagnation (groupe BMM) et cette réduction (groupe contrôle) des capacités cardiorespiratoires pourraient s'expliquer par la progressive augmentation de la charge d'entraînement des athlètes au moment où l'étude s'est déroulée (*i.e.*, de septembre à fin novembre). Pour les athlètes de demi-fond et de fond, le mois de septembre est habituellement caractérisé par une reprise progressive de l'entraînement après la coupure estivale (phase de transition) afin d'absorber des charges d'entraînement plus importantes en octobre-novembre. Ces charges d'entraînements importantes servent de préparation (phase préparatoire) aux objectifs spécifiques de la saison hivernale (*e.g.*, *cross-country* et/ou la saison en salle) représentant la phase compétitive.<sup>441</sup>

En effet, la plupart des coureurs ont un plan d'entraînement biannuel (*i.e.*, 2 x 6 mois pour obtenir 2 pics de forme), chacun composé de 3 phases différentes : *a*) une phase préparatoire (*i.e.*, composée d'une phase préparatoire générale et d'une phase spécifique), *b*) une phase compétitive (*i.e.*, composée d'une phase pré-compétitive et de la compétition principale), et *c*) une phase de transition.<sup>441</sup> En octobre-novembre, les athlètes de cette étude étaient au milieu de leur phase préparatoire, correspondant à une charge d'entraînement élevée comparativement à la phase compétitive<sup>441</sup> (*e.g.*, les coureurs atteignent un kilométrage hebdomadaire important pendant la phase préparatoire générale, alors que ce même kilométrage est fortement réduit pendant la phase compétitive). Cette augmentation typique de la charge d'entraînement liée à la phase préparatoire générale<sup>441</sup> a pu générer de la fatigue affectant négativement la performance physique (même si les tests ont été effectués 2 jours après la dernière séance de course à pied afin de limiter le potentiel impact de la fatigue sur la performance).<sup>39,442</sup> Pour réduire ce potentiel biais, de futures études devraient être menées en suivant les athlètes sur une saison complète avec l'inclusion de tests d'endurance cardiorespiratoire réguliers tout au long de l'année.

Malgré cette probable fatigue liée à cette charge d'entraînement élevée, la VMI du groupe BMM a stagné, et une tendance ( $p = 0,060$ ) semble même suggérer une augmentation de la VMI pour le groupe BMM entre T0 et T4 (alors qu'une stagnation est observée entre T0 et T4 pour le groupe contrôle, **Tableau 19**). Des résultats similaires ont été récemment observés dans d'autres sports (basketball et tennis de table).<sup>20</sup> En effet, bien que le MBI proposé par les auteurs<sup>20</sup> ne puisse être considéré comme un BMM (*i.e.*, plus de 100min par semaine, les auteurs ont utilisé le MFP), Tebourski et al.<sup>20</sup> ont expliqué cette amélioration des performances sportives par l'accroissement des habiletés de la pleine conscience que les MBI semblent développer (*i.e.*, la prise de conscience des sensations internes, l'acceptation et la re-concentration). Afin d'appuyer ces propos, une récente revue<sup>443</sup> indique qu'une performance sportive optimale dépendrait de la capacité qu'ont les athlètes à lâcher prise, à prendre conscience et à accepter leur état interne dans le moment présent. Dans le même ordre d'idée, Gardner et Moore<sup>443</sup> ont également suggéré que la focalisation de l'attention sur la tâche (un objectif principal des MBI) serait un moyen de développer chez l'athlète cette conscience du moment présent dans une attitude de non-jugement et de promouvoir ainsi la performance physique.

A propos de la VFC qui a été évaluée à l'aide du Ln RMSSD (considéré comme un indicateur de la « fatigue » chez l'athlète),<sup>37</sup> nos résultats soulignent qu'un MBI de 8 semaines basé sur les BMM n'augmente pas le RMSSD (*i.e.*, n'influence pas positivement la récupération de l'athlète). Ce résultat n'est pas si surprenant car les effets des MBI sur la VFC restent à ce jour globalement nuancés au sein de la littérature.<sup>126</sup> Bien que cette recommandation ne fût pas possible dans le cadre de cette étude notamment pour des raisons matérielles, il aurait été intéressant de mesurer plus fréquemment le RMSSD tout au long des 8 semaines d'interventions. Afin d'améliorer la qualité des mesures de la VFC, certains auteurs<sup>37,176</sup> suggèrent de mesurer le Ln RMSSD 3 fois par semaine mais également d'enregistrer le VFC en position couchée et en orthostatique (*i.e.*, afin d'identifier lequel des 2 systèmes du SNA prend l'ascendant sur l'autre lorsque le corps se met en activité). D'autres auteurs<sup>444</sup> soulignent également l'intérêt d'utiliser le Ln RMSSD post-exercice pour observer les adaptations de l'athlète à l'entraînement (*e.g.*, pour évaluer l'état de la récupération de l'athlète dans les 25-30min suivant la séance).<sup>444</sup> Ces différentes modalités de mesures (*i.e.*, mesures plus fréquentes, enregistrement en position couchée puis orthostatique et mesures post-séance) méritent d'être explorées dans de futurs travaux afin de mieux comprendre la réponse de la VFC à un MBI chez des coureurs entraînés (*i.e.*, observer si les MBI peuvent positivement influencer la récupération des athlètes).

Concernant la RPE, nos résultats démontrent, pour les 2 groupes, une perte de vitesse ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) tout au long du programme à RPE<sub>13</sub>, RPE<sub>15</sub> et RPE<sub>17</sub> (**Tableau 19**). Cette réduction peut notamment s'expliquer par la potentielle fatigue générée par l'importante charge d'entraînement qu'ont vécu les athlètes dans la phase préparatoire générale (*i.e.*, octobre–novembre). De plus, les coureurs ont pu rencontrer certaines difficultés à évaluer précisément leurs sensations à T0 et ont sans doute sous-estimé les valeurs de l'échelle RPE<sub>6-20</sub>. Bien que les premières paliers du test 45-15<sub>FIT</sub> aient servi de familiarisation avec l'échelle RPE<sub>6-20</sub> (c'est pour cette raison principale que le calcul de la droite de régression débutait à RPE<sub>11</sub>) et que les instructions Françaises de l'échelle RPE ont été lues avant le 45-15<sub>FIT</sub>,<sup>433</sup> les coureurs n'étaient probablement pas assez familiers avec l'échelle. Afin de familiariser davantage les coureurs avec l'échelle de RPE, les études futures devraient effectuer des procédures d'ancrage par l'exercice<sup>149,445</sup> ou d'ancrage par la mémoire,<sup>433</sup> ou encore d'ancrages combinés (*i.e.*, utilisation de l'ancrage par exercice avant le test, puis utilisation de l'ancrage par la mémoire afin de renforcer les ancrages perceptifs).<sup>433</sup> Bien que certains auteurs aient déjà souligné que l'échelle

de RPE pouvait fonctionner sans ces processus d'ancrage,<sup>446</sup> bon nombre d'auteurs recommandent fortement ces procédures pour optimiser la précision de l'évaluation de la RPE.<sup>149,433,445</sup>

Contrairement à nos attentes, nos résultats indiquent que les MBI n'ont pas d'effet sur la masse grasseuse puisqu'une augmentation du pourcentage de masse grasseuse au fil du temps a été détectée pour les athlètes des 2 groupes (**Tableau 19**). Des résultats similaires ont récemment été observés,<sup>447</sup> laissant sous-entendre qu'un MBI de 8 semaines paraîtrait trop court pour obtenir un effet positif sur la composition corporelle. Qui plus est, la masse grasseuse semble varier considérablement chez les athlètes en fonction de la période de la saison (*e.g.*, les athlètes disposeraient d'un pourcentage de masse grasseuse plus bas durant les phases compétitives).<sup>448</sup> Pour finir, notre MBI ne proposait pas d'exercices de *mindfuleating* (*i.e.*, manger en pleine conscience) comme l'ont réalisé Hill et al.<sup>231</sup> Cette approche de la pleine conscience est axée sur les signaux internes de la faim et de la satiété (*e.g.*, l'exercice du raisin du MBSR où le pratiquant a pour consigne de prendre le temps d'observer par l'utilisation de ses divers sens les différentes caractéristiques d'un grain de raisin avant de le déguster en pleine conscience).<sup>204</sup> Ces exercices de *mindfuleating* s'avèreraient engendrer des effets positifs sur la composition corporelle.<sup>449</sup>

Par conséquent et ce afin de mieux appréhender les effets des MBI sur la composition corporelle des athlètes, de futurs RCT pourraient être menés en mesurant la masse grasseuse à différentes phases de la saison et en incluant dans les programmes de pleine conscience des exercices de *mindfuleating*.

Au sujet du niveau de CP, une élévation du QFP a été décelée chez les coureurs des 2 groupes à T8 comparativement à T0 (**Tableau 19**). Des résultats similaires ont été rapportés sur les 3 tests du Diagnoform® Actif impliquant la coordination motrice (*i.e.*, test de la croix, 22m lattes et frappes de plaques). Ces tests de coordination motrice sont des exercices que les athlètes de demi-fond et fond n'ont pas l'habitude de réaliser. Et, comme suggérés par Mouraby et al.,<sup>26</sup> une adaptation rapide due à un effet d'apprentissage (considéré comme inhérent aux tests de coordination motrice)<sup>26</sup> pourrait expliquer les augmentations du QFP. Bien qu'un essai ait été proposé aux athlètes avant la réalisation de ces 3 tests (*e.g.*, pour le test de la croix, les coureurs devaient réaliser un tour de croix avant de débiter),<sup>36</sup> un seul essai<sup>450</sup> s'avèrerait insuffisant pour effacer cet effet d'apprentissage. Pour minimiser son influence, Delignières<sup>451</sup> souligne

que l'apprentissage par l'observation permettrait au participant de se construire une représentation cognitive du mouvement qu'il pourrait ensuite transposer au sein même de l'action motrice. En effet, lorsqu'un débutant observe d'autres débutants s'engager dans une nouvelle tâche (*e.g.*, un test de coordination motrice), cela pourrait l'aider à obtenir davantage d'informations sur les problèmes que d'autres personnes inexpérimentées rencontrent et surtout d'observer la manière dont ces problèmes sont résolus.<sup>452</sup> Par conséquent, il pourrait être judicieux lorsque l'on effectue des tests incluant l'évaluation de la coordination motrice de proposer 2 essais aux participants en incluant un temps d'observation entre ces 2 essais (comme c'est par exemple le cas sur le test de la marelle inclus dans le Diagnoform® Kid, **Figure 14**).<sup>32</sup> Cependant, conformément aux instructions des créateurs du Diagnoform® Actif, un seul essai a été réalisé pour strictement respecter la procédure même si 2 essais avec un temps d'observation au milieu auraient pu être plus judicieux.

*b. Effets du programme FeelTheRun sur les médiateurs psychologiques*

Cette étude a permis d'observer l'évolution des habiletés de la pleine conscience à l'effort (*i.e.*, la prise de conscience, l'acceptation et la re-concentration), des manifestations et des régulations du bien-être dans la vie quotidienne des athlètes tout au long d'un MBI de 8 semaines s'appuyant sur des temps brefs de pleine conscience.<sup>205</sup>

Débutons tout d'abord par les habiletés de la pleine conscience avec la prise de conscience du moment présent, *i.e.*, les pensées, les émotions et les sensations ressenties pendant un effort physique de haute intensité. Nos résultats démontrent que la confrontation à ce type d'intensité élevée augmente le niveau de prise de conscience des athlètes des 2 groupes. Toutefois, le calcul de la taille d'effet souligne que le développement de cette prise de conscience entre T0 et T8 semblerait plus élevé pour les coureurs du groupe BMM. En effet, l'analyse intragroupe explique que l'évolution de la taille d'effet entre T0 et T8, est plus élevée pour le groupe BMM ( $d = 0,58$ ) comparativement au groupe contrôle ( $d = 0,36$ ). De plus, l'analyse intergroupe s'avère aller dans le même sens avec une taille d'effet moyenne à T0 ( $d = 0,61$ ) contre une taille d'effet élevée à T8 ( $d = 0,96$ ) en faveur du groupe BMM. Ces résultats laissent penser qu'un MBI basé sur des BMM s'associerait à un plus grand accroissement du niveau de prise de conscience du moment présent à l'effort (*e.g.*, prise de conscience des

pensées désagréables ou encore de sensations internes telles que l'essoufflement, les douleurs musculaires). Nos résultats mettent en évidence l'intérêt d'utiliser des sessions brèves de pleine conscience (*i.e.*, 5 à 12min), qui paraissent plus adaptées au temps disponible des athlètes, et engendreraient des résultats proches comparativement à ceux d'autres études proposant des temps de pleine conscience plus longs.<sup>18,96</sup>

Cette amélioration de la prise de conscience à l'effort pour les coureurs du groupe BMM serait intimement liée aux aspects essentiels de la pleine conscience<sup>101</sup> qui ont été mobilisés pendant le programme *FeelTheRun*. En effet, l'utilisation de pratique méditative cherchant à développer la prise de conscience du moment présent (*i.e.*, le balayage corporel, la pleine conscience de la respiration, des pensées et des sensations)<sup>207</sup> ont pu aider les coureurs à développer leur prise conscience du moment présent au cours d'un effort physique. Cela laisse supposer que les athlètes sont parvenus à transférer cette prise de conscience du moment présent (développée pendant des exercices formels de méditation) dans leurs entraînements de course à pied, même lorsque l'intensité d'effort était élevée (*e.g.*, HIIT). Ce potentiel transfert a également été facilité par l'inclusion progressive d'exercices de BMM dans la séance de course à pied (**Tableau 16**). Cela démontre tout l'intérêt de proposer aux athlètes des séances de pleine conscience en dehors mais aussi à l'intérieur de la séance d'entraînement puisque les athlètes paraissent plus enclins à apprendre la pleine conscience de manière active.<sup>16,19,22,108</sup>

Concernant l'acceptation des pensées, des émotions et des sensations lorsque les coureurs faisaient face à des intensités élevées (HIIT), nos résultats ont constaté une absence de progression pour les 2 groupes. Cette absence d'amélioration significative ne semble pas si surprenante puisque les bénéfices des MBI sur l'acceptation chez l'athlète sont controversés dans la littérature scientifique. A titre d'illustration, Goisbaut et al.<sup>19</sup> ont récemment observé une augmentation des capacités d'acceptation chez des basketteurs à la suite d'un MBI de 15 semaines. En revanche, des études antérieures<sup>18,20</sup> ont démontré toute la difficulté d'améliorer les capacités d'acceptation des athlètes à la suite d'un MBI. Comme le rappellent Doron et al.,<sup>18</sup> la capacité d'acceptation peut nécessiter un temps plus important, indiquant ainsi qu'un MBI de 8 semaines basé sur des BMM paraîtrait insuffisant pour accroître cette habileté. De plus, notre travail s'est intéressé au développement de l'acceptation dans des situations spécifiques (*i.e.*, les HIIT) qui sont presque universellement désagréables et génèrent de l'inconfort en augmentant les affects négatifs.<sup>228,418,453</sup> Certains auteurs<sup>14,18</sup> ont souligné toute la difficulté

qu'ont les athlètes à mobiliser l'acceptation dans ce type de situation difficile telle que les HIIT. De plus, notre programme *FeelTheRun* a probablement accordé moins de temps à cette notion d'acceptation (débutant lors de la semaine 5, **Tableau 16**) comparativement aux 2 autres habiletés de la pleine conscience (bien que les modules « prise de conscience », « acceptation » et « re-concentration » disposaient d'une durée similaire, *i.e.*, 2 semaines, des exercices de prise de conscience et de re-concentration ont été abordés dès le début du programme *FeelTheRun*). *A contrario*, l'approche de l'acceptation n'a été introduite qu'au module 4 alors qu'elle semble nécessiter davantage de temps.<sup>18</sup> Pour faire progresser cette dimension, les futurs MBI devraient mettre en place des exercices de pleine conscience sur l'acceptation et le non-jugement dès les prémices du MBI et inclure cette habileté dans des situations d'entraînement difficile (*e.g.*, durant les entraînements intenses).<sup>19</sup> Enfin, d'un point de vue méthodologique, comme l'ont déjà mentionné plusieurs auteurs,<sup>18,41</sup> l'interprétation et la compréhension des items du MIS sur l'acceptation peuvent être influencées par l'expérience de l'athlète, laissant suggérer que les items sur l'acceptation peuvent avoir été mal compris par certains coureurs. Afin de résoudre ce possible biais méthodologique, il pourrait être judicieux pour les futures RCT de compléter l'approche quantitative de l'acceptation (*i.e.*, questionnaires) par une analyse qualitative (*e.g.*, entretiens semi-directifs immédiatement après un effort intense). L'analyse de ces verbatims pourrait amener des éléments de connaissance sur la manière dont est vécue l'acceptation et les difficultés qui se posent pour l'athlète.

Pour ce qui concerne, la capacité à ramener l'attention sur le moment présent (re-concentration) lorsque l'esprit vagabonde durant une séance de HIIT, nos résultats indiquent une différence intergroupe à T8 ( $d = 0,72$ ) en faveur du groupe BMM comparativement au groupe contrôle (**Figure 25**). De plus, l'analyse intragroupe souligne que les athlètes du groupe BMM ont augmenté leur niveau de re-concentration à l'effort tout au long du MBI ( $p < 0.01$  ; **Tableau 20, Figure 25**). Cette amélioration souligne qu'un MBI basé sur les BMM a engendré des effets bénéfiques sur la re-concentration à partir de 4 semaines d'interventions et que ces mêmes bénéfices s'accroissent jusqu'à 8 semaines. Ces progrès sur la re-concentration sont cohérents avec ceux de précédentes études interventionnelles proposant des séances de pleine conscience plus longues.<sup>20,108</sup> On peut se réjouir qu'avec des temps de pratique moins longs, les BMM produisent des résultats similaires. L'amélioration de cette ressource attentionnelle a pu être obtenue par la création et la mobilisation d'un point d'attention

individualisé permettant aux athlètes de construire leurs propres routines d'entraînement. Ce point d'attention individuel (différent pour chaque coureur) a permis de ramener l'attention vers des indices pertinents liés à la tâche lorsque les athlètes sont rentrés dans l'intensité de l'effort. Cette focalisation de l'attention a pu favoriser l'atteinte de l'objectif que s'était fixé l'athlète (*e.g.*, finaliser la séance d'entraînement, chrono à tenir ou recherche de sensations). Les résultats que nous avons réussis à obtenir sur la re-concentration peuvent également s'expliquer par le travail mené sur la verbalisation et la fixation à l'objectif (module 2, **Tableau 16**). Ce module représente probablement une étape primordiale pour améliorer la construction de son propre point d'attention et ainsi favoriser la re-concentration à l'effort lorsque l'intensité de l'entraînement demandée est exigeante. De plus, dans le module « re-concentration », l'utilisation de termes spécifiques liés à la course à pied (*e.g.*, fractionné ou *mindfulHIIT*) a pu faciliter la construction et l'adaptation du contenu de cette routine. Celle-ci a été spécifiquement conçue pour aider les coureurs à maintenir un effort physique élevé. Cette observation est cohérente avec une récente étude<sup>20</sup> soulignant la nécessité d'adapter le MBI au contexte du sport concerné. La part prédominante de la focalisation et de la régulation de l'attention que la pleine conscience cherche à développer<sup>101,454</sup> peuvent également venir expliciter nos résultats. Afin d'expliquer ces progrès sur la re-concentration à l'effort chez les athlètes du groupe BMM, des connaissances neurophysiologiques peuvent également être mobilisées. En effet, la pleine conscience amènerait des effets bénéfiques sur la régulation de l'attention par une activation accrue du cortex cingulaire antérieur (zone du cerveau ayant un rôle clé dans l'allocation de l'attention, *i.e.*, dans le recrutement des ressources attentionnelles).<sup>200,455</sup>

Notre étude a également examiné l'effet d'un MBI basé sur des BMM sur le bien-être des athlètes dans la vie quotidienne (*i.e.*, en ne considérant pas uniquement le contexte sportif). Ce bien-être dans le contexte de la vie quotidienne représente une donnée intéressante pour le coureur ainsi que pour son entourage (*e.g.*, entraîneur, psychologue du sport ou préparateur mental) puisque ce dernier semble étroitement lié à la performance sportive de l'athlète.<sup>28,113</sup> Nos résultats sont globalement cohérents avec ceux d'autres études ayant démontré les effets positifs des MBI sur le bien-être des athlètes.<sup>28,122,230</sup> Cependant, nous avons souhaité questionner autre chose qu'un niveau de bien-être. En effet, notre travail visait à étudier

l'impact d'un MBI sur la manière dont ce dernier est perçu (*i.e.*, les manifestations) et restauré (*i.e.*, les régulations) dans la vie quotidienne des coureurs.

En ce qui concerne les manifestations, le bien-être des coureurs du groupe BMM a été davantage perçu à travers les relations sociales à T8 qu'à T0 (**Tableau 20, Figure 26**). Autrement dit, ils ressentent un état de bien-être, le perçoivent lorsqu'ils ont conscience d'être bienveillant avec les autres, d'être à leur écoute et d'apprécier leur compagnie.<sup>25</sup> Ce résultat est cohérent avec ceux d'une récente étude<sup>456</sup> observant également les bénéfices de 2 semaines de MBI sur les relations sociales (*i.e.*, augmentation des contacts sociaux et réduction de la solitude). Lindsay et al.<sup>456</sup> expliquent ces bénéfices par les capacités de prise de conscience du moment présent et d'acceptation que les MBI semblent accroître, ce qui augmenterait l'attention et l'écoute portées aux autres. Cette amélioration de l'attention portée aux autres serait expliquée par la réduction du vagabondage de l'esprit que la pleine conscience diminuerait.<sup>168</sup> En revanche contrairement à nos attentes, notre programme *FeelTheRun* n'a eu aucun effet sur la sérénité et la joie. La sérénité a été évaluée à l'aide de 3 items, dont l'un portait sur la qualité de sommeil des athlètes (*i.e.*, « *En ce moment dans mon quotidien, je dors bien* »). Cette même qualité de sommeil chez les athlètes est négativement impactée lorsque la charge d'entraînement augmente,<sup>457</sup> comme ce fut le cas tout au long de notre programme d'entraînement de course à pied (**Tableau 17**). Pour la joie (qui est considérée comme un affect positif),<sup>296</sup> Hudson et al.<sup>458</sup> ont démontré que les affects positifs restent globalement stables dans le temps, ce qui suggère que des sessions de pleine conscience plus longues peuvent être nécessaires pour influencer la joie en tant que manifestation du bien-être. En ce sens, certaines études,<sup>459,460</sup> proposant des temps de pleine conscience plus longs (*i.e.*, 1h30), ont mis en évidence les bénéfices des MBI sur la sérénité et les affects positifs.

Cette étude s'est également intéressée aux régulations du bien-être dans la vie quotidienne des athlètes (*i.e.*, les relations sociales, le plaisir, l'AP, la prise de distance et l'isolement).<sup>25</sup> Ces régulations du bien-être peuvent être définies comme la mobilisation des ressources disponibles par les personnes pour réguler leur bien-être lorsque ce dernier est altéré.<sup>25</sup> D'un point de vue théorique, elles se rapprochent des stratégies de *coping*.<sup>25,195</sup>

Nos résultats indiquent qu'un MBI basé sur des BMM réalisé dans la sphère sportive a eu des effets collatéraux sur la façon dont les athlètes régulent leur bien-être dans leur vie quotidienne. Il est intéressant de voir qu'un programme expérimenté dans le domaine sportif

peut avoir des effets positifs au-delà de ce contexte initial. En effet, les coureurs du groupe BMM utilisent davantage des activités procurant du plaisir pour réguler leur bien-être à T8 comparativement aux coureurs du groupe contrôle (**Tableau 20, Figure 27**). De plus, une élévation de la mobilisation du plaisir comme outil de régulation du bien-être a été observée pour les coureurs du groupe BMM entre T0 et T8.

Cette amélioration est possiblement due à la nature interconnectée des différents aspects de la vie du coureur dans laquelle une augmentation d'une compétence psychologique (*e.g.*, la prise de conscience ou le re-concentration à l'effort) pourrait favoriser une augmentation dans un autre aspect de sa vie.<sup>461</sup> A titre d'illustration, si les athlètes disposent d'une meilleure capacité à (re)centrer leur attention sur le moment présent dans leur entraînement en course à pied, il semble tout à fait possible qu'ils aient développé les mêmes compétences au sein de leur vie personnelle. Cela impliquerait que les athlètes aient une plus grande capacité à prendre conscience des moments de leur vie leur procurant du plaisir et à les utiliser pour réguler leur bien-être. Nous avons également pu observer cet aspect à travers certaines discussions que nous avons eues avec les athlètes. En effet, certains coureurs m'ont confié les bénéfices de notre programme *FeelTheRun* sur plusieurs aspects de leur vie (*e.g.*, aller plus facilement vers des activités de plaisir, meilleure capacité à prendre de la distance par rapport à des événements négatifs de leur vie). Cependant, cette ressource psychologique (*i.e.*, la prise de distance) ne se traduit pas parfaitement dans l'approche quantitative de nos résultats (*i.e.*, aucune interaction temps\*groupe n'a été observée pour la prise de distance bien que le calcul de la taille d'effet puisse mettre en évidence une augmentation des différences entre les groupes en faveur du groupe BMM passant d'une taille d'effet faible à T0 à une taille d'effet élevée à T8). Ceci souligne la nécessité d'ajouter une approche qualitative pour mieux comprendre les effets du MBI sur les manifestations et les outils régulation du bien-être des athlètes.

### *c. Forces et limites*

Ce travail de recherche présente à la fois des forces et des faiblesses. Outre la rigueur méthodologique des RCT par le suivi des normes CONSORT (*e.g.*, calcul de la taille d'échantillon, randomisation ou présence d'un groupe contrôle actif),<sup>440</sup> l'une des principales forces de notre étude est l'adhésion des athlètes au programme *FeelTheRun* (**Figure 24**). Ce niveau élevé

d'adhésion nous a permis de garder la quasi-totalité de notre échantillon initial (très peu d'abandon lié à des problèmes motivationnels ont été constatés). A la fin de l'intervention, nous avons enregistré une moyenne de  $4,70 \pm 1,76$  séances de BMM par semaine. Cette moyenne est restée relativement stable tout au long du programme (excepté à la semaine 8 où une diminution a été observée potentiellement due à la suppression des séances en présentiel le dernier dimanche de l'intervention pour cause de prise de mesure, **Tableau 17**). Ce niveau élevé d'engagement des athlètes peut s'expliquer par de multiples raisons. Tout d'abord, le travail réalisé en amont avec le club local et les entraîneurs a pu permettre à ces derniers de se sentir acteurs de notre projet. Le fait d'avoir pu favoriser l'autonomie des athlètes en leurs proposant des séances de pleine conscience à la fois en présentiel et en distanciel représente également une force de cette étude. Pour finir, nous pourrions également évoquer l'utilisation de la communication engageante<sup>425</sup> ou encore la durée des séances BMM<sup>205</sup> (qui paraît être en adéquation avec le temps disponible que les athlètes peuvent investir dans ce type d'intervention) comme facteurs explicatifs de cet engagement élevé.

Malgré ces points forts, certaines limites méritent d'être prises en compte lors de l'interprétation de nos résultats. En effet, bien que les coureurs aient tous et toutes suivi le même programme de course à pied, il n'était pas possible de vérifier (lorsque les athlètes n'étaient pas présents aux séances de course à pied) que les athlètes aient effectué l'entraînement exact prescrit par leurs entraîneurs. De plus, au sein du groupe BMM, le niveau d'engagement dans le MBI pouvait varier d'un coureur à l'autre (*e.g.*, plusieurs coureurs pratiquaient jusqu'à 8 séances par semaine alors que d'autres n'en pratiquaient que 2). D'un point de vue méthodologique, plusieurs études<sup>18,19,462,463</sup> ont souligné la difficulté d'évaluer les habiletés de la pleine conscience à travers des mesures quantitatives, et ce d'autant plus quand les athlètes s'initient à la pleine conscience.

Afin de réduire certaines de ces limites, nous pourrions, dans de futurs travaux, proposer une approche qualitative pour mesurer les habiletés de la pleine conscience et discuter plus finement des effets des MBI sur ces dernières. En outre, dans notre programme *FeelTheRun*, bien que des séances de *mindfulness* intégrées à l'entraînement aient été proposées, les athlètes étaient livrés à eux-mêmes durant cet entraînement (*i.e.*, les consignes étaient fournies aux athlètes avant la séance de course à pied mais aucun suivi n'était effectué pendant

la séance de course à pied pour éviter tout facteur de confusion puisque les athlètes des 2 groupes réalisés la séance ensemble). Il aurait pu être judicieux, comme l'ont réalisé Scott Hamilton et al.<sup>16</sup> dans le MTP, de proposer une session de pleine conscience de course à pied commune aux athlètes du groupe BMM. En effet, ces auteurs<sup>16</sup> ont proposé aux cyclistes des séances de pleine conscience en mouvement sur *hometrainer*. Il pourrait être judicieux dans de futurs travaux d'expérimenter, une fois dans la semaine, une séance commune sur des tapis de course (*e.g.*, un tapis par athlète) afin de mieux accompagner l'athlète pendant la séance de course à pied. Une autre perspective de travail est la mobilisation des MBI basés sur des BMM sur une saison entière (pas seulement sur 8 semaines et durant une période de forte charge d'entraînement) pour confirmer ces résultats prometteurs avec l'inclusion de médiateurs physiologiques objectifs de la performance dans les sports d'endurance (*i.e.*, le  $\dot{V}O_2\text{max}$ , le seuil lactique et l'économie de course). Ces résultats préliminaires méritent d'être approfondis en observant si l'amélioration de certains médiateurs psychologiques était corrélée à l'augmentation d'autres médiateurs physiologiques de la performance et de la santé des athlètes (*e.g.*, la VFC, la VMI ou le niveau de CP).

## 5. Conclusion

Ce travail avait pour objectif de tester les effets d'un MBI de 8 semaines basé sur les BMM (*i.e.*, 5 à 12min par séance) associé à un programme de course à pied proposant des hautes intensités d'effort physique sur différents médiateurs de la performance et de la santé des athlètes. A la suite de ce travail, nous avons pu montrer que les MBI engendrent des différences sur certains médiateurs physiologiques et psychologiques de la performance et de la santé des athlètes d'endurance.

A propos des médiateurs physiologiques de la performance et de la santé, la pleine conscience pourrait générer des différences sur le niveau d'endurance cardiorespiratoire des coureurs qui y sont exposés. En revanche, ces mêmes temps brefs de pleine conscience (comparativement à un groupe contrôle) ne semblent pas affecter la VFC, la RPE ni les autres composantes de la CP (*e.g.*, la coordination, la puissance musculaire ou la vitesse) des athlètes.

Concernant les médiateurs psychologiques de la performance et de la santé des athlètes, ce RCT a démontré qu'un MBI basé sur les BMM avait un effet bénéfique sur la re-concentration à l'effort lorsque les hautes intensités étaient prescrites. Autrement dit, lorsque les coureurs sont confrontés aux sensations désagréables générées par les HIIT, ils sont plus aptes, après le

programme, à recentrer leur attention sur le moment présent (*e.g.*, les sensations physiques ou l'appui sur le sol). Cette capacité à recentrer l'attention dans l'instant présent permet aux athlètes de rester engagés dans l'intensité de l'entraînement de course à pied et probablement de bénéficier de gain de performance futur. Qui plus est, les bénéfices de notre programme se sont étendus au-delà de la sphère sportive. Les coureurs ayant suivi le MBI ont perçu et régulé leur bien-être (dans le contexte de la vie quotidienne) d'une manière différente à la fin de l'intervention. Le bien-être des athlètes se manifeste davantage à travers les relations sociales et se régule davantage *via* des activités de plaisir à T8 comparativement à T0.

Afin de confirmer ces résultats, d'autres RCT auprès d'athlètes d'endurance méritent d'être menés. Notamment, en restant sur la logique des BMM sur une saison entière, ces futurs travaux pourraient inclure des mesures physiologiques objectives de la performance et de la santé dans les sports d'endurance.

D'un point de vue pratique, cette étude devrait présenter un intérêt tout particulier pour les entraîneurs et les clubs d'athlétisme dans la mesure où il semble tout à fait possible d'engager les athlètes dans un MBI en mobilisant des temps de séances de pleine conscience courts (répondant aux contraintes temporelles des athlètes) et en intégrant la pleine conscience dans l'entraînement des athlètes.

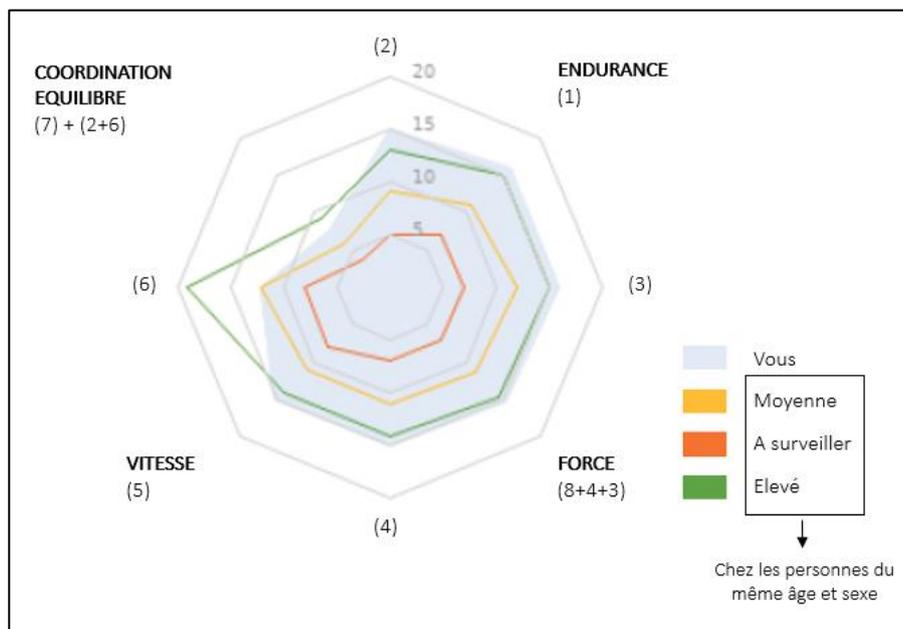
## DISCUSSION GENERALE

Cette thèse avait pour objectif de mieux comprendre les relations qu'entretient la pratique sportive en club avec la performance et la santé, et d'étudier la place que peut occuper la pleine conscience dans cette relation. Pour traiter ce sujet, nous nous sommes appuyés sur 2 champs théoriques (*i.e.*, la physiologie de l'exercice et la psychologie du sport) qui s'intègrent dans l'aspect pluridisciplinaire propre à l'essence même des STAPS ainsi que dans les différents modèles qui ont tâché d'expliquer la performance.<sup>3-5,39</sup> Ce choix, nous a permis de disposer d'une vision plus intégrative de la performance et de la santé. En naviguant entre la physiologie de l'exercice et la psychologie du sport, nous avons pu observer qu'une pratique sportive en club s'associait à de plus hauts niveaux de performance et de santé. Le fait d'allier à cet engagement fédéral des exercices brefs de pleine conscience engendrerait davantage de bénéfices sur la performance et la santé du sportif. Pour répondre à cet objectif général, nous avons mobilisé différents médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé du sportif.

### 1. Les médiateurs physiologiques au service de la performance et de la santé

Parmi les nombreux médiateurs physiologiques existants, nous nous sommes notamment intéressés, dans le cadre expérimental, à la CP et tout particulièrement à son évaluation auprès de divers publics (*i.e.*, des enfants, des adolescents et des adultes sportifs).<sup>32,36,464</sup> En intégrant le modèle théorique de l'ACSM dans notre réflexion (**Figure 5, Figure 7**), nous avons pu observer que la CP dispose d'une multitude de composantes influençant la performance et la santé de l'individu.<sup>34</sup> L'évaluation des différentes composantes de la CP mobilisée dans les recherches cliniques peuvent s'avérer extrêmement coûteuses pour les acteurs de terrain (*e.g.*, la DXA pour la composition corporelle, les plateformes de force ou l'*Optojump*<sup>®</sup> pour la puissance musculaire).<sup>34,78</sup> Des tests plus accessibles en terme de coût et présentés par la communauté scientifique sont également disponibles pour les professionnels de l'AP.<sup>26,34,78,150,155</sup> Des batteries de tests d'évaluation de la CP intégrant les différentes composantes de la CP ont ainsi vu le jour afin d'obtenir une vision plus holistique du niveau de CP d'un individu.<sup>24,26,29</sup> Dans ce travail, nous avons utilisé les différentes versions de la batterie de tests Diagnoform<sup>®</sup> (**Figure 2**).<sup>32,36,464</sup> Plusieurs raisons ont motivé notre choix. Tout d'abord, le Diagnoform<sup>®</sup> est un des

outils de l'IRFO (**Figure 2**) qui finance en partie ce travail de recherche. De plus, le grand nombre d'individus ayant déjà réalisé les différentes versions du Diagnoform® (*i.e.*, environ 200000 passations depuis 2007) est un autre atout majeur dont dispose cette batterie.<sup>29</sup> Cette richesse nous a notamment permis, à notre échelle, de proposer une solution aux recommandations d'Ortega et al.,<sup>27</sup> très récemment relayées par des acteurs de terrain du sport-santé Français (*i.e.*, repérer les jeunes disposant d'un niveau de CP très faible et très élevé).<sup>27,35</sup> En effet, il est maintenant possible (grâce à la nouvelle plateforme informatique de l'IRFO), d'observer si le participant dispose d'un niveau faible (*i.e.*, « à surveiller »), moyen ou élevé dans chacune des composantes de la CP (**Figure 28**). Au vu des relations qu'entretiennent l'âge et le sexe avec la CP,<sup>32,36</sup> les résultats des participants du Diagnoform® sont toujours comparés à ceux des personnes du même âge et du même sexe (**Figure 28**).<sup>29</sup>



**Figure 28.** Présentation d'un graphique radar du Diagnoform® Actif issu d'un participant de *FeelTheRun*

Un autre argument en faveur du Diagnoform® réside dans sa capacité à évaluer la plupart des composantes de la CP par des tests s'adaptant à l'âge et aux capacités fonctionnelles des participants (**Figure 2**).<sup>29</sup> Afin que le Diagnoform® dispose d'une vision encore plus intégrative de la CP (selon les critères de l'ACSM),<sup>34</sup> il pourrait être judicieux d'inclure la souplesse dans le calcul du QFP et d'incorporer un test mesurant le temps de réaction. Cela a été réalisé dans la nouvelle batterie de tests Diagnoform® dédiée aux personnes en situation de handicap, *i.e.*, le Diagnoform® Handi (**Figure 2**) avec l'intégration du test de la règle évaluant le temps de

réaction.<sup>24,91</sup> En plus d'évaluer la plupart des composantes de la CP,<sup>34</sup> le Diagnoform® propose un niveau global de CP à travers son QFP.<sup>32,232,464</sup> Cette approche innovante permet à l'individu d'obtenir une vision plus systémique de son niveau de CP. Bien que la CP soit un puissant marqueur de la performance et de la santé,<sup>27,34</sup> de nombreux marqueurs physiologiques peuvent également être mobilisés pour appréhender plus finement la performance et la santé du sportif.

Le second médiateur physiologique que nous avons exploité est la VFC. Depuis le début des années 2000, la VFC suscite un intérêt croissant au sein de la communauté scientifique.<sup>160</sup> Cette méthode non-invasive puise sa récente popularité par sa simplicité de mise en œuvre et sa courte durée d'enregistrement.<sup>159</sup> Dans le projet *FeelTheRun* (chapitre III),<sup>464</sup> nous avons pu tester cette simplicité notamment par l'utilisation du logiciel Kubios HRV®. En revanche, les chapitres II et III, ont également pu mettre en évidence les limites et/ou les précautions à prendre pour utiliser convenablement la méthode. Tout d'abord, le chapitre II a pu confirmer les nombreuses méthodes de mesure de la VFC utilisées dans la littérature.<sup>159</sup> Qui plus est, les temps d'enregistrement des intervalles R-R (**Figure 8**) variaient fortement en fonction des études.<sup>159,167,169,175</sup> Certains auteurs<sup>429</sup> utilisent des filtres spécifiques pour limiter l'influence des artefacts tandis que d'autres<sup>169</sup> ne mentionnent pas le type de filtre utilisé dans leur étude. Comme l'explicitent Alcantara et al.,<sup>429</sup> les chercheurs devraient obligatoirement mentionner le filtre qu'ils ont employé pour faciliter la comparaison des études. Dans le chapitre III,<sup>464</sup> le logiciel Kubios HRV® nous a permis d'utiliser un filtrage très bas qui semble être particulièrement adapté lors des enregistrements des intervalles R-R en décubitus dorsal.<sup>429</sup> Comparée à la CP, la VFC est un médiateur physiologique de la santé relativement récent. Bien que des limites méritent encore d'être soulevées, ce biomarqueur psychophysiologique fournirait entre autres de précieuses informations sur le stress physiologique et l'état de « fatigue » des sportifs.<sup>37,160,161</sup> Cependant, d'autres marqueurs physiologiques auraient également pu être utilisés pour mieux appréhender la performance et la santé au travers de cette thèse doctorale. De manière non-exhaustive, plusieurs auteurs évoquent la pression sanguine systolique et diastolique, le niveau de cortisol ou de sérotonine qui mériteraient d'être investigués dans de futurs travaux.<sup>167,173,174,441</sup>

## 2. Les médiateurs psychologiques au service de la performance et de la santé

Au-delà de ces aspects physiologiques, une performance et une santé optimales sont également sous l'influence de la dimension « mentale ». <sup>1,4,38,115</sup> Cette approche psychologique est également composée de divers marqueurs. <sup>41,119,230</sup> Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés à 2 d'entre eux, *i.e.*, le bien-être dans la vie quotidienne et les habiletés de la pleine conscience dans le sport. <sup>30,31,41</sup>

Le bien-être dans la vie quotidienne est la première de ces 2 variables à avoir été mobilisée (chapitre I). <sup>31</sup> Dans cette thèse, seul l'aspect hédonique du bien-être a été interrogé. <sup>30,31</sup> Ce choix s'est rapidement offert à nous à la vue de la connotation très hédonique des 2 questionnaires de l'IRFO (Annexe 4 et 13). <sup>25,30,31</sup> Selon Diener, le bien-être (sous son versant hédonique) dispose de 3 principales caractéristiques. <sup>185</sup> Parmi elles, nous retrouvons la dimension affective du bien-être <sup>181,185</sup> que nous avons interrogée pour observer les relations entre une pratique sportive fédérale et le bien-être des adolescents. <sup>30,31</sup> En revanche, dans le projet *FeelTheRun*, nous avons souhaité innover en questionnant les manifestations et les outils de régulation du bien-être dans la vie quotidienne des athlètes (Annexe 13, Diagnofeel®). <sup>25</sup> Ce choix nous a permis d'observer si l'équipement de nouvelles habiletés mentales dans le cadre sportif procuré par des MBI auraient des effets sur la santé mentale des athlètes. Bien que les premières analyses statistiques du Diagnofeel® demeurent encourageantes, des travaux sont en cours pour valider définitivement ce questionnaire. Dans ce travail, nous avons mobilisé le bien-être dans le contexte de la vie quotidienne, comme un médiateur psychologique de la santé mentale. <sup>117,119</sup> Par conséquent, nous avons également mobilisé des habiletés psychologiques qui s'intégreraient davantage dans le contexte sportif et qui seraient plus directement liées à la performance sportive. <sup>14,41</sup> En nous appuyant sur le modèle de Gardner et Moore, <sup>14,41</sup> nous avons mesuré 3 habiletés psychologiques (*i.e.*, la prise de conscience, l'acceptation et la re-concentration) susceptibles d'influencer la performance du sportif. <sup>41</sup> Seulement 2 questionnaires auraient la faculté de mesurer ces 3 habiletés de la pleine conscience dans le sport : le MIS et *l'athlete mindfulness questionnaire*. <sup>22,41,111</sup> Notre choix s'est rapidement orienté vers le MIS pour 2 principales raisons. Tout d'abord, celui-ci dispose (dans sa version Anglaise) de résultats psychométriques encourageants notamment sur la validité factorielle et la fiabilité interne du questionnaire. <sup>41</sup> De plus, la version Française de l'outil a très récemment été utilisée auprès d'une population de sportifs. <sup>18</sup> Sous les conseils d'un des créateur du MIS (*i.e.*, Marjorie Bernier), <sup>41</sup> nous avons adapté le questionnaire de Doron et al. <sup>18</sup>

afin que les items s'intègrent davantage dans le contexte mobilisé dans notre étude (*i.e.*, dans l'entraînement et non dans la compétition, Annexe 12). En effet, dans l'étude s'intéressant à la validation de la version Anglaise du MIS, les auteurs ont demandé aux sportifs de répondre au questionnaire en intégrant leurs expériences récentes en compétition.<sup>41</sup> Il nous semble important de préciser que la validation Française est en cours de finalisation<sup>22</sup> et que nos données du MIS ont été mises à disposition des personnes en charge de ce projet. Une présentation de la validation interne du MIS sous sa version Française a récemment été réalisée lors d'un congrès international.<sup>465</sup>

Bien que ces 2 médiateurs psychologiques refléteraient la performance et/ou la santé du sportif, d'autres marqueurs auraient pu être mobilisés pour obtenir une vision plus large de l'approche psychologique du sportif. A ce titre, de futurs travaux pourraient être menés en questionnant, par exemple, le niveau d'anxiété, la régulation émotionnelle, la motivation ou encore la capacité de concentration et d'attention du sportif qui semblent être des marqueurs psychologiques généralement employés dans la littérature.<sup>13,95,230,466</sup>

Après avoir discuté des différents marqueurs physiologiques et psychologiques mobilisés dans ce travail doctoral, nous allons dans les 2 prochaines parties nous intéresser aux relations qu'entretiennent ces variables avec la pratique sportive en club puis avec la méditation de pleine conscience.

### 3. La pratique sportive et ses relations étroites avec la performance et la santé

Au travers de cette thèse, nous avons observé qu'une pratique sportive en club s'associait à de plus amples niveaux de performance et de santé.<sup>30-32,36,464,467</sup> Pour illustrer ces propos, nous pouvons mobiliser les études réalisées dans le cadre de l'[observatoire de la forme](#)<sup>®</sup>. Celles-ci ont notamment mis en évidence qu'une pratique sportive fédérale s'alliait à des niveaux plus élevés de CP et de bien-être affectif chez les enfants, les adolescents et les jeunes adultes.<sup>30-32,36</sup> Ce résultat a également été confirmé auprès d'une population d'adultes (chapitre III).<sup>464</sup> En effet, une amélioration du niveau global de CP a été décelée entre le mois de septembre (correspondant à la reprise de la saison sportive) et le mois de novembre auprès d'athlètes licenciés à la fédération Française d'athlétisme.<sup>464</sup> Ces avantages de la pratique sportive en club ne sont pas si surprenants au vu de leurs nombreuses mentions dans la littérature.<sup>7-9</sup> Les études mobilisées dans le chapitre I<sup>30-32,36</sup> ont permis d'aller plus loin en interrogeant les

bénéfiques d'une catégorie de sport<sup>32</sup> ou d'un sport spécifique<sup>31,36</sup> sur la performance et la santé. En effet, il y a une vision sans doute trop globale et trop linéaire entre la pratique sportive et ses effets positifs. Or dans ce travail nous avons pu montrer que toutes les pratiques ne semblaient pas être égales. En effet, nos résultats mettent en évidence que certaines pratiques sportives en club (plus que d'autres) s'associeraient à des niveaux plus élevés de CP et de bien-être affectif.<sup>31,32,36</sup> Parmi ces sports, nous retrouvons notamment l'athlétisme et les sports collectifs comme le football, le basketball ou même le volleyball.<sup>31,32,36</sup> Bien que ces formats de pratiques seraient liés à un niveau global de CP plus élevé, il paraît essentiel de souligner que ces résultats variaient en fonction de la composante de la CP, du sexe voire même de l'âge des participants.<sup>32,36</sup> Ces études peuvent également fournir des lignes directrices sur le choix des pratiques sportives à mobiliser en fonction de la composante de la CP que le professionnel de l'AP souhaite développer. Les avantages d'une pratique sportive en club ne s'arrêtent pas qu'à la CP et au bien-être affectif. Cette réflexion peut aussi s'étendre aux intensités de pratique. En effet, une pratique sportive en club incluant des hautes intensités d'entraînement améliorerait également la prise de conscience des vécus par les athlètes lors des entraînements à haute intensité.<sup>467</sup>

Après avoir recensé les relations étroites qu'entretient la pratique sportive en club avec la performance et la santé, nous allons dans la prochaine partie, mentionner les potentiels bénéfiques que la pleine conscience pourrait amener sur les différents marqueurs de la performance et de la santé mobilisés dans ce travail de recherche.

#### 4. La méditation de pleine conscience et ses effets sur la performance et la santé

Dans cette thèse, nous nous sommes tout particulièrement intéressés aux formats brefs que proposent la méditation de pleine conscience (*i.e.*, les BMM).<sup>205</sup> A la vue de l'adhésion des athlètes dans notre programme *FeelTheRun* (**Figure 24**), il semblerait que ces BMM pourraient être une solution adaptée aux contraintes temporelles des sportifs. Les BMM ne sont probablement pas le seul facteur explicatif de ce haut niveau d'engagement des athlètes. La revue systématique, nous a également fourni quelques pistes d'explorations à suivre pour introduire plus facilement la pleine conscience auprès des athlètes. Nous pensons notamment aux travaux d'Ooishi et al.,<sup>167</sup> qui n'ont volontairement pas employé le terme de « méditation » afin d'éviter que la pleine conscience soit interprétée comme un exercice disposant d'une

connotation religieuse. Nous sommes également en accord avec la récente revue de la littérature de Ben Sahla et Fournier<sup>22</sup> explicitant la nécessité d'inclure les entraîneurs dans ce type de projet. Nous pourrions même ajouter qu'il nous paraît essentiel que les entraîneurs soient pleinement partie-prenante d'une telle intervention pour que cette dernière fonctionne. Enfin, la mobilisation d'éléments théoriques issus de la théorie de l'engagement<sup>425</sup> a permis aussi d'avoir une adhésion initiale importante.

Cette thèse doctorale a également tenté de soulever certaines limites relatives aux effets de la pleine conscience sur la performance et la santé. Notre RCT a permis de répondre aux demandes de certains auteurs soulignant le besoin de tester les effets des MBI sur des indicateurs objectifs de la performance dans un sport où les ressources physiologiques sont prépondérantes.<sup>21,22,40</sup> C'est pour ces raisons que nous avons mesuré les effets combinés d'un MBI<sup>205</sup> associé à un entraînement de haute intensité sur différentes composantes de la CP.<sup>34</sup> Bien que la période de la saison pour mener à bien l'investigation soit une période de forte charge d'entraînement,<sup>441</sup> nos résultats ont pu mettre en évidence que le niveau d'endurance cardiorespiratoire des athlètes exposés à la pleine conscience évoluait différemment comparé aux athlètes de la condition contrôle.<sup>464</sup>

Suite à la réalisation de la revue systématique (chapitre II), un autre indicateur physiologique a été mobilisé dans le chapitre III.<sup>464</sup> Bien que le chapitre II ait pu souligner les potentiels bénéfiques de la pleine conscience sur le RMSSD, notre RCT a mis en évidence que l'exposition aux BMM ne s'avère pas être plus efficace (comparé à une condition contrôle) dans la réduction du stress physiologique et de la « fatigue » des sportifs.<sup>37,161</sup> Ces résultats sont en adéquation avec la récente méta-analyse de Brown et al.<sup>126</sup> qui soulignent le besoin de réaliser davantage d'investigations autour de RCT pour mieux comprendre les effets des BMM sur la VFC.<sup>126</sup>

Un manque de RCT sur les effets cumulés d'un MBI associé à un entraînement de haute intensité sur des marqueurs psychologiques a également été recensé.<sup>21,228,230</sup> Nos résultats ont notamment pu mettre en avant que dès 4 semaines d'exposition aux BMM, une élévation de la re-concentration à l'effort était possible (**Figure 25**).<sup>467</sup> Pour la prise de conscience, les BMM ne semblent pas engendrer de plus amples bénéfices sur cette habileté de la pleine conscience comparativement à la condition contrôle. Bien que les 2 groupes aient augmenté leurs niveaux de prise de conscience à l'effort, les tailles d'effets mesurés laissent sous-entendre un potentiel bénéfique des BMM sur cette habileté psychologique. En revanche, aucun bénéfice des BMM n'a pu être observé sur l'acceptation qui nécessiterait davantage de temps pour être

développée.<sup>18,20</sup> Ceci est conforme à d'autres résultats.<sup>18,20</sup> Cette notion d'acceptation est complexe. Elle pose peut-être un problème de flexibilité qui ne se modifie pas sur les durées qui ont été les nôtres. Outre les avantages des BMM sur les habiletés de la pleine conscience, le projet *FeelTheRun* a également mesuré les effets d'une exposition à des temps brefs de pleine conscience sur la manière dont le bien-être se manifeste et se régule au quotidien. La réponse de la pleine conscience sur cette variable n'avait à notre connaissance jamais été explorée dans un contexte sportif incluant des intensités élevées d'entraînement. Nous avons pu observer que l'exposition à la pleine conscience dans le contexte sportif pouvait engendrer des effets collatéraux dans la vie quotidienne des athlètes.<sup>467</sup>

Après avoir mentionné les bénéfices de la pratique sportive en club et de la pleine conscience sur la performance et la santé, il nous paraissait cohérent de résumer ce travail autour d'une proposition de modèle théorique intégrant les différentes approches mobilisées dans cette thèse.

## 5. Une approche systémique des relations entre pratique sportive en club, pleine conscience, performance et santé

Ce travail de recherche s'est appuyé sur 2 modèles théoriques issus de 2 champs disciplinaires exerçant une emprise sur la performance et la santé du sportif (*i.e.*, le modèle de l'ACSM pour la physiologie de l'exercice et le modèle de Gardner et Moore pour la psychologie du sport).<sup>14,34</sup> En s'appuyant sur nos résultats, nous avons souhaité proposer un modèle plus intégratif expliquant l'influence de la physiologie de l'exercice et de la psychologie du sport sur la performance et la santé (**Figure 29**). Ce modèle explicite également les probables bénéfices d'une pratique sportive en club et de la méditation de pleine conscience sur les différents médiateurs physiologiques et psychologiques interrogés durant cette thèse. Cependant, ce même modèle théorique proposé dans la **Figure 29** souligne la principale limite de notre travail. En effet, nous avons choisi de mobiliser 2 approches théoriques pour obtenir une vision plus systémique de la performance et de la santé. Cependant, cet aspect pluridisciplinaire que nous avons prôné, a été interrogé de manière probablement trop disjointe, sans aucunement croiser des variables physiologiques avec des données psychologiques.

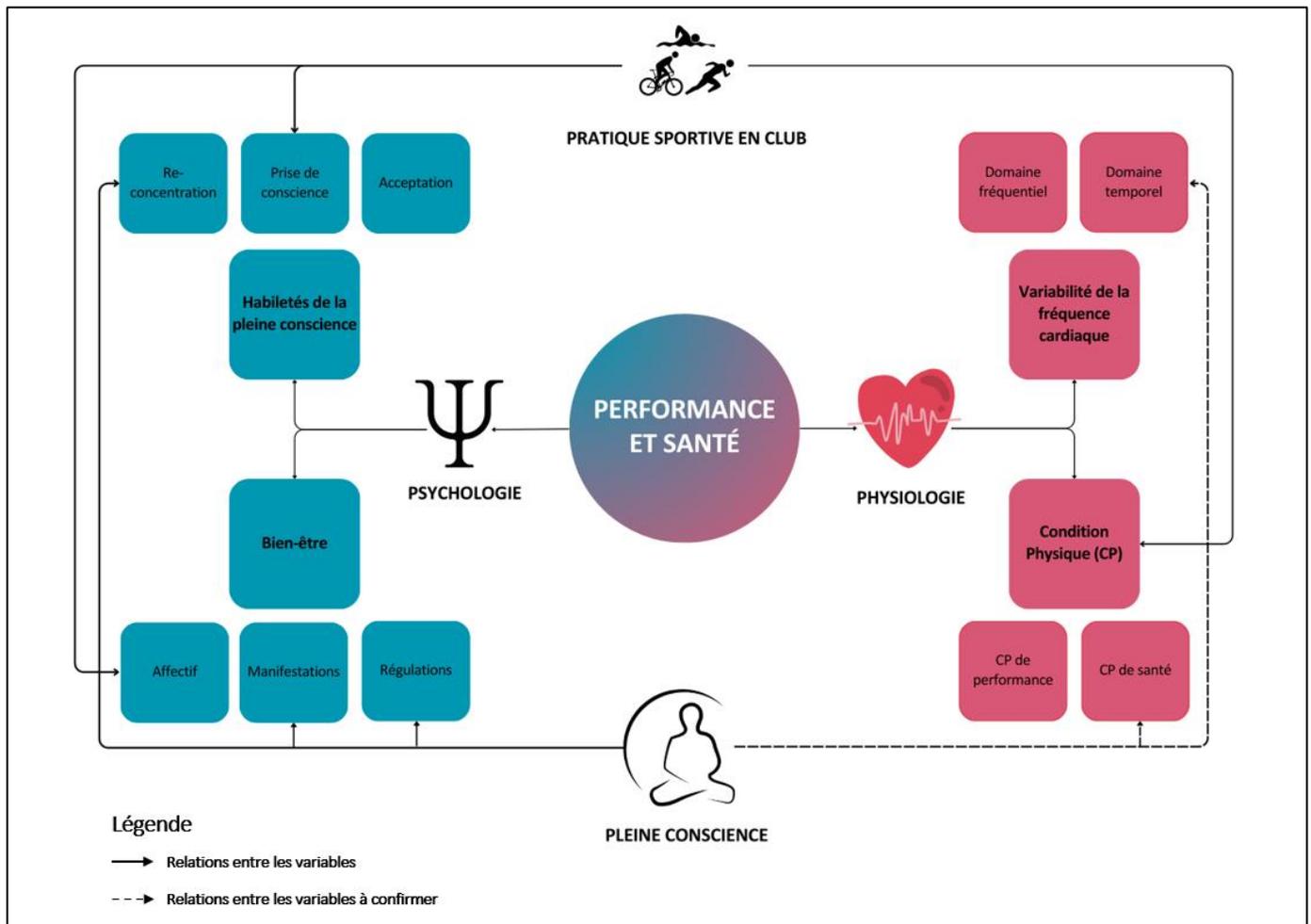


Figure 29. Présentation des liens entre pratique sportive en club, pleine conscience, performance et santé

Néanmoins, cette principale limite a le mérite d'offrir de nombreuses perspectives d'ordre interdisciplinaire. En effet, il pourrait être judicieux dans de futurs travaux d'allier ces 2 champs théoriques afin de mieux appréhender la performance et la santé et d'observer plus amplement comment la pratique sportive en club et la pleine conscience pourraient les influencer. Une autre limite de notre modèle comparativement à d'autres modèles théoriques plus généraux, est la non-prise en compte de l'ensemble des facteurs influençant la performance et la santé. En effet, il serait réducteur de dire que la performance et la santé ne dépendent que des approches physiologique et psychologique. Les nombreux modèles scientifiques qui ont tâché d'expliquer la performance (notamment dans les sports de demi-fond et de fond) soulignent que cette dernière est également sous l'influence de facteurs environnementaux.<sup>3-5</sup> Cette approche environnementale et l'effet que la pleine conscience peut y exercer aurait le mérite d'être davantage questionné dans le contexte sportif. En effet, nous sommes en droit de nous demander si l'environnement peut être un facilitateur du développement des marqueurs de la performance et de la santé par la pleine conscience ? La

littérature scientifique peut venir nous offrir quelques hypothèses. Une récente méta-analyse souligne que la pratique de la pleine conscience en milieu naturel engendrerait de plus amples bénéfices sur la santé des individus.<sup>468</sup> Dans le même ordre d'idée, la pleine conscience favoriserait la connexion avec l'environnement naturel qui s'associerait à un accroissement du bien-être.<sup>469</sup> Ces éléments laissent également présager qu'une pratique sportive en milieu naturel pourrait peut-être faciliter l'état de pleine conscience des athlètes. Davantage de travaux mériteraient d'être réalisés pour répondre plus précisément à ces différentes questions. Nous pouvons également nous interroger si la pratique de la pleine conscience peut fournir à l'athlète une autre perception de l'environnement avec lequel il interagit. Par exemple, est-ce qu'un athlète entraîné à la pleine conscience aurait la capacité d'accepter plus facilement des conditions environnementales complexes (*e.g.*, pluie, vent ou forte chaleur) et d'adapter sa tactique de course (un autre facteur de la performance)<sup>12</sup> en fonction de ces mêmes conditions ?

Dans certains modèles théorique de la performance,<sup>3,12</sup> le mode de vie du sportif fait partie intégrante de cette approche environnementale. A ce titre, il pourrait être intéressant de questionner les relations d'une pratique sportive en club et/ou de la pleine conscience sur le mode de vie des pratiquants. Nous pourrions poursuivre les travaux réalisés dans le chapitre I, en y incorporant des données issues du Diagnolife® (**Figure 2**) mesurant différents aspects du mode de vie (*e.g.*, le sommeil ou encore l'alimentation). Ce questionnaire pourrait également être utilisé pour tester les effets d'un MBI sur l'alimentation ou encore sur le sommeil des sportifs. En effet, bien que des auteurs<sup>470</sup> aient mis en évidence les bénéfices de la pleine conscience sur le mode de vie des étudiants, de plus larges investigations mériteraient d'être menées auprès d'une population de sportifs. Pour compléter l'approche intégrative préconisée dans la **Figure 29**, nous pourrions également rajouter à cette approche environnementale des données physiologiques objectives pour mieux comprendre le mode de vie du sportif (*e.g.*, utiliser la VFC pour mieux appréhender le sommeil).<sup>471</sup>

Un autre facteur s'intégrant dans certains modèles théoriques et que nous aurions pu interroger pour obtenir une vision plus intégrale de la performance et de la santé est l'approche biomécanique (*e.g.*, la technique de course employée par l'athlète).<sup>4,12</sup> Nous pouvons nous demander si l'exposition à la pleine conscience pourrait influencer des facteurs biomécaniques du sportif. Bien que de nombreuses limites aient été mentionnées (*e.g.*, hétérogénéité entre les groupes), Hill et al.<sup>231</sup> ont récemment démontré de potentiels bénéfices de la pleine conscience sur l'économie de course, un marqueur de la performance influencé par de

nombreux facteurs biomécaniques.<sup>472</sup> Cette amélioration de l'économie de course pourrait être explicitée par une attention plus fine à son corps lors de la course ou lors d'exercices spécifiques visant l'amélioration de la technique de course (*e.g.*, les gammes athlétiques).

À la suite de ce travail doctoral, d'autres limites et questionnements ont vu le jour. Par exemple, nous ne nous sommes intéressés qu'à une seule forme de méditation, *i.e.*, la méditation de pleine conscience. Comme l'expliquent Matko et Sedlmeir,<sup>473</sup> la méditation est un concept « parapluie ». Cette métaphore souligne que l'approche méditative dispose de nombreuses formes (*e.g.*, le yoga, la méditation Zen ou encore la méditation Osho).<sup>473</sup> Il pourrait être intéressant dans de futurs travaux de comparer les effets des différentes formes de méditation sur la performance et la santé des sportifs. Bien que de plus amples travaux semblent nécessaires, Colzato et Kibele<sup>474</sup> se sont en parties emparés de la question en démontrant que certains formats de méditation pourraient être plus efficaces que d'autres en fonction de la pratique sportive mobilisée et des demandes qui lui sont associées. Il nous paraît judicieux d'ajouter que ces pratiques de PM sont à sélectionner en fonction des besoins et de la préférence des athlètes. En effet, il nous paraît réducteur de ne mobiliser comme technique de PM que la pleine conscience à des fins d'amélioration de la performance et de la santé des athlètes. D'autres techniques de PM plutôt issues des 2 premières vagues des thérapies comportementales et cognitives (*e.g.*, la relaxation ou le dialogue interne) ont également montré des résultats bénéfiques sur la performance et la santé des sportifs.<sup>13</sup> Comme l'expliquent Röthlin et al.,<sup>13</sup> les techniques de PM ont chacune leurs propres avantages et leurs propres inconvénients. Il convient néanmoins de prendre en considération les demandes de la pratique sportive et surtout la préférence des sportifs avant de sélectionner la technique à mobiliser.<sup>13</sup> Il pourrait par exemple être judicieux de proposer un programme de PM intégrant les différentes techniques connues, puis d'éduquer l'athlète à ces différents outils qu'il pourrait par la suite mobiliser en fonction de ses besoins dans une situation précise.

## CONCLUSION GENERALE

Comprendre plus finement les relations qu'entretiennent la pratique sportive fédérale avec la performance et la santé et questionner la place de la méditation de pleine conscience dans cette même relation représentaient les principales finalités de ce travail doctoral.

Au travers de cette thèse, nous avons pu observer qu'une pratique sportive en club s'associait à un niveau de performance sportive et de santé plus élevé auprès de diverses populations. Certaines pratiques sportives (plus que d'autres) se joindraient à des niveaux encore plus importants de certains marqueurs physiologiques et psychologiques impactant la performance et la santé. La méditation de pleine conscience viendrait jouer un rôle dans les étroites relations qu'entretiennent une pratique sportive fédérale avec la performance et la santé. Cette dernière favoriserait le développement de la re-concentration des sportifs à l'effort leur permettant peut-être de mieux vivre les hautes intensités qui sont généralement proposées dans les clubs sportifs. La pratique de temps courts de pleine conscience pourrait également engendrer des effets collatéraux sur la santé mentale des sportifs (*i.e.*, le bien-être dans le contexte de la vie quotidienne).

Bien que de nombreuses limites méritent encore d'être soulevées, certains messages peuvent être véhiculés à la suite de ce travail de recherche. Tout d'abord dans une logique de santé publique, nos résultats confirment qu'il semble nécessaire d'agir dès le plus jeune âge pour promouvoir la pratique sportive en club. Ces pratiques sportives fédérales pourraient proposer à leurs adhérents des techniques de PM (comme la méditation de pleine conscience) sous des formats courts dans l'entraînement des sportifs pour améliorer la performance et la santé physique et mentale de leurs licenciés.

## REFERENCES

1. Rogers DL, Tanaka MJ, Cosgarea AJ, Ginsburg RD, Dreher GM. How mental health affects injury risk and outcomes in athletes. *Sports Health*. 2023;19417381231179678. doi:10.1177/19417381231179678
2. Svrluga B. Perspective | Tokyo Olympics' lasting lesson: Sometimes, it's better to let go than push through. *Washington Post*. 2021
3. Billat V. *Course de fond et performance*. Chiron sports; 1991.
4. Lerebourg L, Coquart J. Connected model to optimize performance. *Front Sports Act Living*. 2023;4:1054783. doi:10.3389/fspor.2022.1054783
5. St Clair Gibson A, Noakes T. Evidence for complex system integration and dynamic neural regulation of skeletal muscle recruitment during exercise in humans. *Br J Sports Med*. 2004;38(6):797-806. doi:10.1136/bjism.2003.009852
6. Organisation Mondiale de la Santé. *Lignes directrices de l'OMS sur l'activité physique et la sédentarité : en un coup d'oeil*. 2020. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/337003>
7. Ebenegger V, Marques-Vidal P, Kriemler S, et al. Differences in aerobic fitness and lifestyle characteristics in preschoolers according to their weight status and sports club participation. *Obes Facts*. 2012;5(1):23-33. doi:10.1159/000336603
8. Drenowatz C, Greier K, Ruedl G, Kopp M. Association between club sports participation and physical fitness across 6- to 14-year-old Austrian youth. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(18):3392. doi:10.3390/ijerph16183392
9. Telford RM, Telford RD, Cochrane T, Cunningham RB, Olive LS, Davey R. The influence of sport club participation on physical activity, fitness and body fat during childhood and adolescence: The LOOK Longitudinal Study. *J Sci Med Sport*. 2016;19(5):400-406. doi:10.1016/j.jsams.2015.04.008
10. Burlot F, Richard R, Joncheray H. The life of high-level athletes: The challenge of high performance against the time constraint. *Int Rev Sociol Sport*. 2018;53(2):234-249. doi:10.1177/1012690216647196
11. Gouttebauge V, Castaldelli-Maia JM, Gorczynski P, et al. Occurrence of mental health symptoms and disorders in current and former elite athletes: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2019;53(11):700-706. doi:10.1136/bjsports-2019-100671
12. Smith DJ. A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Med*. 2003;33(15):1103-1126. doi:10.2165/00007256-200333150-00003
13. Röthlin P, Horvath S, Trösch S, Holtforth MG, Birrer D. Differential and shared effects of psychological skills training and mindfulness training on performance-relevant psychological factors in sport: a randomized controlled trial. *BMC Psychol*. 2020;8(1):80. doi:10.1186/s40359-020-00449-7
14. Gardner FL, Moore ZE. A mindfulness-acceptance-commitment-based approach to athletic performance enhancement: theoretical considerations. *Behav Ther*. 2004;35(4):707-723. doi:10.1016/S0005-7894(04)80016-9

15. Lecomte DC, Servant D. *Les thérapies comportementales, cognitives et émotionnelles en 150 fiches: + les boîtes à outils numériques du praticien*. Elsevier Masson; 2020.
16. Scott-Hamilton J, Schutte NS, Brown RF. Effects of a mindfulness intervention on sports-anxiety, pessimism, and flow in competitive cyclists. *Appl Psychol Health Well-Being*. 2016;8(1):85-103. doi:10.1111/aphw.12063
17. Fournier J, Bernier M. *Mindfulness: pleine Conscience pour la performance*. Illustrated édition. 4 Trainer; 2023.
18. Doron J, Rouault Q, Jubeau M, Bernier M. Integrated mindfulness-based intervention: Effects on mindfulness skills, cognitive interference and performance satisfaction of young elite badminton players. *Psychol Sport Exerc*. 2020;47:101638. doi:10.1016/j.psychsport.2019.101638
19. Goisbault M, Lienhart N, Martinent G, Doron J. An integrated mindfulness and acceptance-based program for young elite female basketball players: Exploratory study of how it works and for whom it works best. *Psychol Sport Exerc*. 2022;60:102157. doi:10.1016/j.psychsport.2022.102157
20. Tebourski K, Bernier M, Ben Salha M, Souissi N, Fournier JF. Effects of mindfulness for performance programme on actual performance in ecological sport context: two studies in basketball and table tennis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(19):12950. doi:10.3390/ijerph191912950
21. Corbally L, Wilkinson M, Fothergill MA. Effects of mindfulness practice on performance and factors related to performance in long-distance running: a systematic review. *J Clin Sport Psychol*. 2020;14(4):376-398. doi:10.1123/jcsp.2019-0034
22. Ben Salha M, Fournier J. Les interventions basées sur la pleine conscience et l'acceptation en sport : une revue de la littérature. *Staps*. 2022;137(3):99-119. doi:10.3917/sta.pr1.0044
23. Biddle SJH, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med*. 2011;45(11):886-895. doi:10.1136/bjsports-2011-090185
24. Barbry A, Fredonnet E, Delrue J, et al. Le Diagnoform Handi: un outil d'évaluation de la condition physique pour les personnes en situation de handicap mêlant recherche et terrain. Rencontres régionales sport-santé Hauts-de-France presented at: September 30, 2022; Arras, France. <https://lilloa.univ-lille.fr/handle/20.500.12210/77528>
25. Carton A, Fruchart E. Instruments de mesure et de régulation du bien-être dans le contexte du travail et de la vie quotidienne. 2015. <https://vu.fr/ggrXj>
26. Mouraby R, Tafflet M, Nassif H, Toussaint JF, Desgorces FD. Fiabilité et validation de la batterie de tests physiques Diagnoform. *Sci Sports*. 2012;27(1):50-53. doi:10.1016/j.scispo.2011.01.011
27. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32(1):1-11. doi:10.1038/sj.ijo.0803774
28. Jones BJ, Kaur S, Miller M, Spencer RMC. Mindfulness-based stress reduction benefits psychological well-being, sleep quality, and athletic performance in female collegiate rowers. *Front Psychol*. 2020;11. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.572980>
29. Ovigneur H, Barbry A, Vanhelst J, Deschamps T. Diagnoform, un environnement d'évaluation de la condition physique. *Rev EPS*. 2022;Mesurer les qualités physiques(394).

30. Carton A, Barbry A, Coquart J, Ovigneur H, Amoura C, Orosz G. Sport-related affective benefits for teenagers Are getting greater as they approach adulthood: a large-scale French investigation. *Front Psychol.* 2021;12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.738343>
31. Barbry A, Carton A, Coquart J, et al. Is football or badminton associated with more positive affect? The links between affects and sports club membership among French adolescents. *Front Psychol.* 2021;12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.735189>
32. Barbry A, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. Relationships between sports club participation and physical fitness and Body Mass Index in childhood. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022;62(7):931-937. doi:10.23736/S0022-4707.21.12643-X
33. Vanhelst J, Ternynck C, Ovigneur H, Deschamps T. Normative health-related fitness values for French children: The Diagnoform programme. *Scand J Med Sci Sports.* 2020;30(4):690-699. doi:10.1111/sms.13607
34. American College of Sports Medicine. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* 19th ed. Wolters Kluwer; 2021.
35. Colvert M. Mondiaux d'athlétisme : ambiance glaciale sur le plateau après le coup de sang de Stéphane Diagana. Téléstar.fr. 2023.
36. Barbry A, Carton A, Ovigneur H, Coquart J. Relationships between sports club participation and health determinants in adolescents and young adults. *Front Sports Act Living.* 2022;4. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fspor.2022.918716>
37. Schmitt L, Regnard J, Millet GP. Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: an avenue beyond RMSSD? *Front Physiol.* 2015;6:343. doi:10.3389/fphys.2015.00343
38. Billat V. *Physiologie et méthodologie de l'entraînement: de la théorie à la pratique.* 3e éd. De Boeck; 2012.
39. Coquart J. *Mesure de l'effort dans les activités physiques. De la théorie à la pratique - Entraînement sportif, réhabilitation clinique, éducation physique et sportive.* Amphora. 2016.
40. Bühlmayer L, Birrer D, Röthlin P, Faude O, Donath L. Effects of mindfulness practice on performance-relevant parameters and performance outcomes in sports: a meta-analytical review. *Sports Med Auckl NZ.* 2017;47(11):2309-2321. doi:10.1007/s40279-017-0752-9
41. Thienot E, Jackson B, Dimmock J, Grove JR, Bernier M, Fournier JF. Development and preliminary validation of the mindfulness inventory for sport. *Psychol Sport Exerc.* 2014;15(1):72-80. doi:10.1016/j.psychsport.2013.10.003
42. Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Rep.* 1985;100(2):126-131.
43. Corbin CB, Castelli DM, Sibley BA, Masurier GCL. *Fitness for Life.* Seventh edition. Human Kinetics; 2021.
44. Bosquet L, Léger L, Legros P. Methods to determine aerobic endurance. *Sports Med.* 2002;32(11):675-700. doi:10.2165/00007256-200232110-00002
45. Zouhal H, Abderrahman AB, Dupont G, et al. Effects of neuromuscular training on agility performance in elite soccer players. *Front Physiol.* 2019;10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2019.00947>

46. Young WB, Willey B. Analysis of a reactive agility field test. *J Sci Med Sport*. 2010;13(3):376-378. doi:10.1016/j.jsams.2009.05.006
47. Wilson J, Sup M, Wilson M, Maillet MA, Mekary S. Chapter 33 - Developing speed qualities in youth athletes. In: Porter S, Wilson J, eds. *A comprehensive guide to sports physiology and injury management*. Elsevier; 2020:411-419. doi:10.1016/B978-0-7020-7489-9.00033-8
48. Verstegen M, Marcelo B. Agility and coordination. In: *High performance sports conditioning*. Bill Foran. Human Kinetics Champaign; 2001:139-165.
49. Donatelli RA, Carp K. Chapter 12 - Evaluation of the trunk and hip CORE. In: Donatelli R, ed. *Sports-Specific Rehabilitation*. Churchill Livingstone; 2007:193-221. doi:10.1016/B978-044306642-9.50015-0
50. Radák Z. Chapter 13 - Testing. In: Mica H, ed. *The physiology of physical training*. Academic press; 2018:229-246. doi:10.1016/B978-0-12-815137-2.00013-9
51. Jung RT. Davidson and Passmore human nutrition and dietetics. *Postgrad Med J*. 1987;63(735):67.
52. Beekhuizen KS, Davis MD, Kolber MJ, Cheng MSS. Test-retest reliability and minimal detectable change of the hexagon agility test. *J Strength Cond Res*. 2009;23(7):2167-2171. doi:10.1519/JSC.0b013e3181b439f0
53. Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2005;19(1):76-78. doi:10.1519/14253.1
54. Reiss D, Prévost P, Cazorla G. *La Bible de la préparation physique - Le guide scientifique et pratique*. Illustrated-Enlarged édition. Amphora; 2017.
55. Cho EH, Yun HJ, So WY. The validity of alternative hand wall toss tests in Korean children. *J Mens Health*. 2020;16(1):10. doi:10.15586/jomh.v16i1.166
56. Weineck J. *Manuel d'entraînement*. Softcover. Vigot; 1986.
57. Faber IR, Oosterveld FGJ, Nijhuis-Van der Sanden MWG. Does an eye-hand coordination test have added value as part of talent identification in table tennis? A validity and reproducibility study. *PLoS One*. 2014;9(1):e85657. doi:10.1371/journal.pone.0085657
58. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. Balance training programs in athletes – a systematic review. *J Hum Kinet*. 2017;58:45-64. doi:10.1515/hukin-2017-0088
59. Hrysomallis C. Balance ability and athletic performance. *Sports Med Auckl NZ*. 2011;41:221-232. doi:10.2165/11538560-000000000-00000
60. Kümmel J, Kramer A, Giboin LS, Gruber M. Specificity of balance training in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ*. 2016;46(9):1261-1271. doi:10.1007/s40279-016-0515-z
61. McGuine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med*. 2000;10(4):239-244. doi:10.1097/00042752-200010000-00003
62. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol*. 1990;16(1-2):31-51.

63. Kioumourtzoglou E, Derri V, Mertzanidou O, Tzetzis G. Experience with perceptual and motor skills in rhythmic gymnastics. *Percept Mot Skills*. 1997;84(3 Pt 2):1363-1372. doi:10.2466/pms.1997.84.3c.1363
64. Paillard T, Noé F. Effect of expertise and visual contribution on postural control in soccer. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(5):345-348. doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00502.x
65. Winter D. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3(4):193-214. doi:10.1016/0966-6362(96)82849-9
66. Nashner L. Practical biomechanics and physiology of balance. In: *Handbook of balance function testing*. 1st edition. Singular; 1997.
67. Zatsiorsky VM, Duarte M. Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram. *Motor Control*. 1999;3(1):28-38. doi:10.1123/mcj.3.1.28
68. Pietraszewski B, Rutkowska-Kucharska A. Relative power of lower limbs in drop jump. *Acta Bioeng Biomech Wroc Univ Technol*. 2011;13:13-18.
69. Baumgartner TA, Jackson AS, Mahar MT, Rowe DA. *Measurement for evaluation in kinesiology*. Jones & Bartlett Publishers; 2015.
70. Laird CE, Rozier CK. Toward understanding the terminology of exercise mechanics. *Phys Ther*. 1979;59(3):287-292. doi:10.1093/ptj/59.3.287
71. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics; 2019.
72. Sapega AA, Drillings G. The definition and assessment of muscular power. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1983;5(1):7-9. doi:10.2519/jospt.1983.5.1.7
73. Abernethy B. *The biophysical foundations of human movement*. Human Kinetics; 2005.
74. Van der Woude DR, Ruyten T, Bartels B. Reliability of muscle strength and muscle power assessments using isokinetic dynamometry in neuromuscular diseases: a systematic review. *Phys Ther*. 2022;102(10):pzac099. doi:10.1093/ptj/pzac099
75. Dunleavy K, Lulofs-MacPherson K, Slowik AK. 3 - Relationship between impairments and function. In: Dunleavy K, Slowik AK, eds. *Therapeutic exercise prescription*. Elsevier; 2019:60-81. doi:10.1016/B978-0-323-28053-2.00003-X
76. Fernandez-Santos JR, Ruiz JR, Cohen DD, Gonzalez-Montesinos JL, Castro-Piñero J. Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *J Strength Cond Res*. 2015;29(8):2277-2285. doi:10.1519/JSC.0000000000000864
77. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, et al. Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *Int J Obes* 2005. 2014;38 Suppl 2:S57-66. doi:10.1038/ijo.2014.136
78. Bogataj Š, Pajek M, Hadžić V, Andrašić S, Padulo J, Trajković N. Validity, reliability, and usefulness of my jump 2 app for measuring vertical jump in primary school children. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(10):3708. doi:10.3390/ijerph17103708

79. Chamari K, Chaouachi A, Hambli M, Kaouech F, Wisløff U, Castagna C. The five-jump test for distance as a field test to assess lower limb explosive power in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):944. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a57c6
80. Saut en longueur sans élan hommes, Jeux Olympiques Paris 1900, Athlétisme : calendrier et résultats. L'Équipe.
81. Jain A, Bansal R, Kumar A, Singh K. A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *Int J Appl Basic Med Res.* 2015;5(2):124-127. doi:10.4103/2229-516X.157168
82. Nuri L, Shadmehr A, Ghotbi N, Attarbashi Moghadam B. Reaction time and anticipatory skill of athletes in open and closed skill-dominated sport. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(5):431-436. doi:10.1080/17461391.2012.738712
83. Van de water T, Huijgen B, Faber I, Elferink-Gemser M. Assessing cognitive performance in badminton players: a reproducibility and validity study. *J Hum Kinet.* 2017;55(1):149-159. doi:10.1515/hukin-2017-0014
84. Tønnessen E, Haugen T, Shalfawi SAI. Reaction time aspects of elite sprinters in athletic world championships. *J Strength Cond Res.* 2013;27(4):885. doi:10.1519/JSC.0b013e31826520c3
85. Mudric M, Cuk I, Nedeljkovic A, Jovanovic S, Jaric S. Evaluation of video-based method for the measurement of reaction time in specific sport situation. *Int J Perform Anal Sport.* 2015;15(3):1077-1089. doi:10.1080/24748668.2015.11868852
86. World Athletics. IAAF sprint start research project: is the 100ms limit still valid? 2009.
87. Jensen AR. *Clocking the mind: mental chronometry and individual differences.* Elsevier; 2006.
88. Kuang S. Is reaction time an index of white matter connectivity during training? *Cogn Neurosci.* 2017;8(2):126-128. doi:10.1080/17588928.2016.1205575
89. Delignieres D, Brisswalter J, Legros P. Influence of physical exercise on choice reaction time in sports experts: The mediating role of resource allocation. *J Hum Mov Stud.* 1994;27:173-188.
90. Reigal RE, Barrero S, Martín I, Morales-Sánchez V, Juárez-Ruiz de Mier R, Hernández-Mendo A. Relationships between reaction time, selective attention, physical activity, and physical fitness in children. *Front Psychol.* 2019;10. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.02278>
91. Del Rossi G, Malaguti A, Del Rossi S. Practice effects associated with repeated assessment of a clinical test of reaction time. *J Athl Train.* 2014;49(3):356-359. doi:10.4085/1062-6059-49.2.04
92. Altmann S, Ringhof S, Neumann R, Woll A, Rumpf MC. Validity and reliability of speed tests used in soccer: A systematic review. *PLoS ONE.* 2019;14(8):e0220982. doi:10.1371/journal.pone.0220982
93. Ratel S. *Préparation physique pour le jeune sportif: Le guide scientifique et pratique.* Amphora; 2018.
94. Pyke F. *Coaching excellence.* First Edition. Human Kinetics; 2012.
95. Dohme LC, Backhouse S, Piggott D, Morgan G. Categorising and defining popular psychological terms used within the youth athlete talent development literature: a systematic review. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2017;10(1):134-163. doi:10.1080/1750984X.2016.1185451

96. Bernier M, Thienot E, Pelosse E, Fournier JF. Effects and underlying processes of a mindfulness-based intervention with young elite figure skaters: two case studies. *Sport Psychol.* 2014;28(3):302-315. doi:10.1123/tsp.2013-0006
97. Moore ZE. Theoretical and empirical developments of the Mindfulness-acceptance-commitment(MAC) approach to performance enhancement. *J Clin Sport Psychol.* 2009;3(4):291-302. doi:10.1123/jcsp.3.4.291
98. Clark DM, Ball S, Pape D. An experimental investigation of thought suppression. *Behav Res Ther.* 1991;29(3):253-257. doi:10.1016/0005-7967(91)90115-j
99. Wegner DM. Ironic processes of mental control. *Psychol Rev.* 1994;101(1):34-52. doi:10.1037/0033-295x.101.1.34
100. Hayes S, Strosahl K, Wilson K. *Acceptance and commitment therapy: an experiential approach to behavior change.* Vol 9.; 1999. doi:10.1007/978-0-387-23369-7
101. Brown KW, Ryan RM, Creswell JD. Mindfulness: Theoretical foundations and evidence for its salutary effects. *Psychol Inq.* 2007;18(4):211-237. doi:10.1080/10478400701598298
102. Russell HC, Potts C, Nelson E. "If it's not on Strava it didn't happen": perceived psychosocial implications of Strava use in collegiate club runners. *Recreat Sports J.* 2023;47(1):15-25. doi:10.1177/15588661221148170
103. Petersen JM, Kemps E, Lewis LK, Prichard I. Associations between commercial app use and physical activity: cross-sectional study. *J Med Internet Res.* 2020;22(6):e17152. doi:10.2196/17152
104. Franken R, Bekhuis H, Tolsma J. Kudos make you run! How runners influence each other on the online social network Strava. *Soc Netw.* 2023;72:151-164. doi:10.1016/j.socnet.2022.10.001
105. Birrer D, Röthlin P, Morgan G. Mindfulness to enhance athletic performance: theoretical considerations and possible impact mechanisms. *Mindfulness.* 2012;3(3):235-246. doi:10.1007/s12671-012-0109-2
106. Bourgognon F, Penet C. Chapitre VI. Le modèle de l'ACT. In: Que sais-je ? Presses Universitaires de France; 2021:77-100. <https://www.cairn.info/la-therapie-d-acceptation-et-d-engagement--9782715405431-p-77.htm>
107. Kabat-Zinn J. *Où tu vas, tu es: apprendre à méditer pour se libérer du stress et des tensions profondes.* J'ai lu; 2013.
108. Goodman FR, Kashdan TB, Mallard TT, Schumann M. A brief mindfulness and yoga intervention with an entire NCAA Division I athletic team: An initial investigation. *Psychol Conscious Theory Res Pract.* 2014;1:339-356. doi:10.1037/cns0000022
109. Birrer D, Morgan G. Psychological skills training as a way to enhance an athlete's performance in high-intensity sports. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20(s2):78-87. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01188.x
110. Salmon P, Hanneman S, Harwood B. Associative/dissociative cognitive strategies in sustained physical activity: literature review and proposal for a mindfulness-based conceptual model. *Sport Psychol.* 2010;24(2):127-156. doi:10.1123/tsp.24.2.127

111. Zhang CQ, Chung PK, Si G. Assessing acceptance in mindfulness with direct-worded items: The development and initial validation of the athlete mindfulness questionnaire. *J Sport Health Sci.* 2017;6(3):311-320. doi:10.1016/j.jshs.2015.09.010
112. Le Deuff H. *Entraînement mental et coaching du sportif - apprendre à mieux se connaître.* Amphora; 2016.
113. Fruchart E, Rulence-Pâques P. Predicting sports performance from well-being: A mapping of professional athletes', amateur athletes' and non-athletes' positions. *Eur Rev Appl Psychol.* 2022;72(6):100793. doi:10.1016/j.erap.2022.100793
114. Svalastog AL, Donev D, Jahren Kristoffersen N, Gajović S. Concepts and definitions of health and health-related values in the knowledge landscapes of the digital society. *Croat Med J.* 2017;58(6):431-435. doi:10.3325/cmj.2017.58.431
115. Raimondeau J. Chapitre 1. La santé publique, concepts et définitions de base. In: *L'épreuve de santé publique.* Vol 4e éd. Fondamentaux. Presses de l'EHESP; 2021:19-37. <https://www.cairn.info/l-epreuve-de-sante-publique--9782810909452-p-19.htm>
116. McCartney G, Popham F, McMaster R, Cumbers A. Defining health and health inequalities. *Public Health.* 2019;172:22-30. doi:10.1016/j.puhe.2019.03.023
117. Organisation Mondiale de la Santé. *Plan d'action global pour la santé mentale 2013-2030.* 2022.
118. Lundqvist C, Andersson G. Let's talk about mental health and mental disorders in elite sports: a narrative review of theoretical perspectives. *Front Psychol.* 2021;12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.700829>
119. Zaninotto P, Steptoe A. Association between subjective well-being and living longer without disability or illness. *JAMA Netw Open.* 2019;2(7):e196870. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.6870
120. Pereira HV, Palmeira AL, Encantado J, et al. Systematic review of psychological and behavioral correlates of recreational running. *Front Psychol.* 2021;12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.624783>
121. Viaud B, Papin B. Temps sportif, santé du champion et logique de l'urgence. *Staps.* 2012;96-97(2-3):9-27. doi:10.3917/sta.096.0009
122. Anderson SA, Haraldsdottir K, Watson D. Mindfulness in athletes. *Curr Sports Med Rep.* 2021;20(12):655-660. doi:10.1249/JSR.0000000000000919
123. Longman J. Simone Biles rejects a long tradition of stoicism in sports. *The New York Times.* 2021.
124. Kilgore A. Noah Lyles won bronze in the 200 meters. Then he let everything out. *Washington Post.* 2021.
125. Thayer JF, Ahs F, Fredrikson M, Sollers JJ, Wager TD. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neurosci Biobehav Rev.* 2012;36(2):747-756. doi:10.1016/j.neubiorev.2011.11.009
126. Brown L, Rando AA, Eichel K, et al. The effects of mindfulness and meditation on vagally mediated heart rate variability: a meta-analysis. *Psychosom Med.* 2021;83(6):631-640. doi:10.1097/PSY.0000000000000900

127. Delalandre M. L'expertise scientifique au service de la performance sportive. *Terrains Trav.* 2010;17(1):127-142. doi:10.3917/tt.017.0127
128. Henriques-Neto D, Magalhães JP, Júdice P, et al. Mediating role of physical fitness and fat mass on the associations between physical activity and bone health in youth. *J Sports Sci.* 2020;38(24):2811-2818. doi:10.1080/02640414.2020.1801326
129. Schmid D, Leitzmann MF. Cardiorespiratory fitness as predictor of cancer mortality: a systematic review and meta-analysis. *Ann Oncol Off J Eur Soc Med Oncol.* 2015;26(2):272-278. doi:10.1093/annonc/mdu250
130. Arena R, McNeil A. Let's talk about moving: the impact of cardiorespiratory fitness, exercise, steps and sitting on Cardiovascular Risk. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2017;32(2):III-V. doi:10.21470/1678-9741-2016-0078
131. Ara I, Vicente-Rodríguez G, Jimenez-Ramirez J, Dorado C, Serrano-Sanchez JA, Calbet J a. L. Regular participation in sports is associated with enhanced physical fitness and lower fat mass in prepubertal boys. *Int J Obes Relat Metab Disord J Int Assoc Study Obes.* 2004;28(12):1585-1593. doi:10.1038/sj.ijo.0802754
132. Lee SJ, Arslanian SA. Cardiorespiratory fitness and abdominal adiposity in youth. *Eur J Clin Nutr.* 2007;61(4):561-565. doi:10.1038/sj.ejcn.1602541
133. Lang JJ, Belanger K, Poitras V, Janssen I, Tomkinson GR, Tremblay MS. Systematic review of the relationship between 20m shuttle run performance and health indicators among children and youth. *J Sci Med Sport.* 2018;21(4):383-397. doi:10.1016/j.jsams.2017.08.002
134. Legey S, Filho ASS, Yadollahpour A, et al. Health-related fitness as a predictor of anxiety levels among school adolescents: an observational cross-sectional study. *Clin Pract Epidemiol Ment Health CP EMH.* 2022;18:e174501792208151. doi:10.2174/17450179-v18-e2208151
135. Marín-Jiménez N, Castro-Piñero J, Rodríguez-Ayllón M, Marchán-Rubio A, Delgado-Fernández M, Aparicio VA. The favourable association of self-reported physical fitness with depression and anxiety during pregnancy. The GESTAFIT project. *Eur J Sport Sci.* 2022;22(12):1932-1940. doi:10.1080/17461391.2021.1986141
136. Esmailzadeh S. The association between depressive symptoms and physical status including physical activity, aerobic and muscular fitness tests in children. *Environ Health Prev Med.* 2015;20(6):434-440. doi:10.1007/s12199-015-0484-0
137. Bermejo-Cantarero A, Álvarez-Bueno C, Martínez-Vizcaino V, Redondo-Tébar A, Pozuelo-Carrascosa DP, Sánchez-López M. Relationship between both cardiorespiratory and muscular fitness and health-related quality of life in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Health Qual Life Outcomes.* 2021;19(1):127. doi:10.1186/s12955-021-01766-0
138. Redondo-Tébar A, Ruíz-Hermosa A, Martínez-Vizcaino V, et al. Associations between health-related quality of life and physical fitness in 4-7-year-old Spanish children: the MOVIKIDS study. *Qual Life Res Int J Qual Life Asp Treat Care Rehabil.* 2019;28(7):1751-1759. doi:10.1007/s11136-019-02136-6
139. Álvarez-Gallardo IC, Soriano-Maldonado A, Segura-Jiménez V, et al. High levels of physical fitness are associated with better health-related quality of life in women with fibromyalgia: the al-Ándalus project. *Phys Ther.* 2019;99(11):1481-1494. doi:10.1093/ptj/pzz113

140. Ruggero CJ, Petrie T, Sheinbein S, Greenleaf C, Martin S. Cardiorespiratory fitness may help in protecting against depression among middle school adolescents. *J Adolesc Health Off Publ Soc Adolesc Med.* 2015;57(1):60-65. doi:10.1016/j.jadohealth.2015.03.016
141. Bou-Sospedra C, Adelantado-Renau M, Beltran-Valls MR, Moliner-Urdiales D. Independent and combined influence of physical fitness components on self-esteem in adolescents: DADOS study. *Ann Hum Biol.* 2021;48(7-8):550-556. doi:10.1080/03014460.2022.2032337
142. Högström G, Nordström A, Nordström P. High aerobic fitness in late adolescence is associated with a reduced risk of myocardial infarction later in life: a nationwide cohort study in men. *Eur Heart J.* 2014;35(44):3133-3140. doi:10.1093/eurheartj/eh527
143. Bundy M, Leaver A. Chapter 1 - Training and conditioning. In: Bundy M, Leaver A, eds. *A Guide to sports and injury management.* Churchill Livingstone; 2010:1-9. doi:10.1016/B978-0-443-06813-3.00004-1
144. Billat V, Berthoin S, Blondel N, Gerbeaux M. La vitesse à VO<sub>2</sub> max, signification et applications en course à pied. *Staps.* 2001;54(1):45-61. doi:10.3917/sta.054.0045
145. Strasser B, Burtscher M. Survival of the fittest: VO<sub>2</sub>max, a key predictor of longevity? *Front Biosci-Landmark.* 2018;23(8):1505-1516. doi:10.2741/4657
146. Harber MP, Kaminsky LA, Arena R, et al. Impact of cardiorespiratory fitness on all-cause and disease-specific mortality: advances since 2009. *Prog Cardiovasc Dis.* 2017;60(1):11-20. doi:10.1016/j.pcad.2017.03.001
147. Mayorga-Vega D, Aguilar-Soto P, Viciano J. Criterion-related validity of the 20-m shuttle run test for estimating cardiorespiratory fitness: A meta-analysis. *J Sports Sci Med.* 2015;14(3):536-547.
148. Helgerud J, Haglo H, Hoff J. Prediction of VO<sub>2</sub>max from submaximal exercise using the smartphone application myworkout GO: validation study of a digital health method. *JMIR Cardio.* 2022;6(2):e38570. doi:10.2196/38570
149. Haile L, Gallagher Jr. M, Robertson RJ. *Perceived exertion laboratory manual: from standard practice to contemporary application.* Springer science + business media; 2015:xxii, 322. doi:10.1007/978-1-4939-1917-8
150. Assadi H, Lepers R. Comparison of the 45-second/15-second intermittent running field test and the continuous treadmill test. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(3):277-284. doi:10.1123/ijsp.7.3.277
151. Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(2):365-374. doi:10.1519/JSC.0b013e3181635b2e
152. American College of Sports Medicine. *ACSM's Complete Guide to Fitness & Health, 2E.* Human Kinetics; 2017.
153. Buckley JP, Hughes AR. Chapter 1 - Introduction. In: Buckley JP, ed. *Exercise physiology in special populations.* Advances in sport and exercise science series. Churchill Livingstone; 2008:1-19. doi:10.1016/B978-0-443-10343-8.00001-9
154. American College of Sports Medicine. *ACSM's Health Related Physical Fitness Assessment Manual by Medicine.* Third edition. Lippincott Williams et Wilkins; 2009.

155. Perret C, Poiraudeau S, Fermanian J, Colau MML, Benhamou MAM, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1566-1570. doi:10.1053/apmr.2001.26064
156. Toomey CM, Cremona A, Hughes K, Norton C, Jakeman P. A review of body composition measurement in the assessment of health. *Top Clin Nutr.* 2015;30(1):16. doi:10.1097/TIN.0000000000000017
157. McCorry LK. Physiology of the autonomic nervous system. *Am J Pharm Educ.* 2007;71(4):78.
158. Duong HTH, Tadesse GA, Nhat PTH, et al. Heart rate variability as an indicator of autonomic nervous system disturbance in tetanus. *Am J Trop Med Hyg.* 2020;102(2):403-407. doi:10.4269/ajtmh.19-0720
159. Shaffer F, Ginsberg JP. An overview of heart rate variability metrics and norms. *Front Public Health.* 2017;5. doi:doi: 10.3389/fpubh.2017.00258
160. Besson C, Saubade M, Gremeaux V, Millet G p., Schmitt L. Analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque : méthodes, limites et exemples cliniques. *Rev Médicale Suisse.* 2020;16(701):1432-1437. doi:10.53738/REVMED.2020.16.701.1432
161. Hunt M, Rajagopal T, Cerecino F, O'Neil M. Mindful versus diaphragmatic breathing: Spirituality moderates the impact on heart rate variability. *Mindfulness.* 2021;12:2743-2753. doi:10.1007/s12671-021-01738-x
162. Task force. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Task force of the European society of cardiology and the north American society of pacing and electrophysiology. *Circulation.* 1996;93(5):1043-1065.
163. Marsac J. Variabilité de la fréquence cardiaque : un marqueur de risque cardiométabolique en santé publique. *Bull Académie Natl Médecine.* 2013;197(1):175-186. doi:10.1016/S0001-4079(19)31635-8
164. Tawakal I, Suryana E, Noviyanto A, et al. Analysis of multi codebook GLVQ versus standard GLVQ in discriminating sleep stages. *Adv Comput Sci Inf Syst ICACISIS.* Published online January 1, 2012:202. <https://urlz.fr/nMLY>
165. Giles D, Draper N, Neil W. Validity of the Polar V800 heart rate monitor to measure RR intervals at rest. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(3):563-571. doi:10.1007/s00421-015-3303-9
166. Shaffer F, McCraty R, Zerr CL. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol.* 2014;5. Accessed March 6, 2023. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2014.01040>
167. Ooishi Y, Fujino M, Inoue V, Nomura M, Kitagawa N. Differential effects of focused attention and open monitoring meditation on autonomic cardiac modulation and cortisol secretion. *Front Physiol.* 2021;12:675899. doi:10.3389/fphys.2021.675899
168. Bortolla R, Galli M, Spada GE, Maffei C. Mindfulness effects on mind wandering and autonomic balance. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2022;47(1):53-64. doi:10.1007/s10484-021-09527-x
169. Trivedi GY, Patel V, Shah MH, Dhok MJ, Bhojania K. Comparative study of the impact of active meditation protocol and silence meditation on heart rate variability and mood in women. *Int J Yoga.* 2020;13(3):255-260. doi:10.4103/ijoy.IJOY\_18\_20

170. DeGiorgio CM, Miller P, Meymandi S, et al. RMSSD, a measure of vagus-mediated heart rate variability, is associated with risk factors for SUDEP: The SUDEP-7 Inventory. *Epilepsy Behav.* 2010;19(1):78-81. doi:10.1016/j.yebeh.2010.06.011
171. Dekker JM, Crow RS, Folsom AR, et al. Low heart rate variability in a 2-minute rhythm strip predicts risk of coronary heart disease and mortality from several causes. *Circulation.* 2000;102(11):1239-1244. doi:10.1161/01.CIR.102.11.1239
172. Endukuru C, Tripathi S. Evaluation of cardiac responses to stress in healthy individuals a non invasive evaluation by heart rate variability and stroop test. *Int J Sci Res.* 2016. <https://vu.fr/herJB>
173. Ditto B, Eclache M, Goldman N. Short-term autonomic and cardiovascular effects of mindfulness body scan meditation. *Ann Behav Med Publ Soc Behav Med.* 2006;32(3):227-234. doi:10.1207/s15324796abm3203\_9
174. May RW, Bamber M, Seibert GS, et al. Understanding the physiology of mindfulness: aortic hemodynamics and heart rate variability. *Stress Amst Neth.* 2016;19(2):168-174. doi:10.3109/10253890.2016.1146669
175. Yin J, Levanon D, Chen JDZ. Inhibitory effects of stress on postprandial gastric myoelectrical activity and vagal tone in healthy subjects. *Neurogastroenterol Motil.* 2004;16(6):737-744. doi:10.1111/j.1365-2982.2004.00544.x
176. Buchheit M. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol.* 2014;5:73. doi:10.3389/fphys.2014.00073
177. Guzik P, Piskorski J, Krauze T, et al. Correlations between the poincaré plot and conventional heart rate variability parameters assessed during paced breathing. *J Physiol Sci JPS.* 2007;57:63-71. doi:10.2170/physiolsci.RP005506
178. Bigger JT, Albrecht P, Steinman RC, Rolnitzky LM, Fleiss JL, Cohen RJ. Comparison of time- and frequency domain-based measures of cardiac parasympathetic activity in Holter recordings after myocardial infarction. *Am J Cardiol.* 1989;64(8):536-538. doi:10.1016/0002-9149(89)90436-0
179. Huta V. An overview of hedonic and eudaimonic well-being concepts. In: *The Routledge Handbook of Media Use and Well-Being.* Routledge handbooks. ; 2016:484.
180. Simons G, Baldwin DS. A critical review of the definition of 'wellbeing' for doctors and their patients in a post Covid-19 era. *Int J Soc Psychiatry.* 2021;67(8):984-991. doi:10.1177/00207640211032259
181. Deci EL, Ryan RM. Hedonia, eudaimonia, and well-being: an introduction. *J Happiness Stud.* 2008;9(1):1-11. doi:10.1007/s10902-006-9018-1
182. Drouin P, Bertrand D, Savard YP, Champagne É, Londei J. La relation entre le bien-être eudémonique et hédonique au travail : vers une compréhension de sa direction. *J Interpers Relat Intergroup Relat Identity.* 2019;12.
183. Waterman A. Two conceptions of happiness: contrasts of personal expressiveness (eudaimonia) and hedonic enjoyment. *J Pers Soc Psychol.* 1993;64. doi:10.1037/0022-3514.64.4.678
184. Stone AA, Mackie C. *Subjective well-being: measuring happiness, suffering, and other dimensions of experience.* National Academies Press; 2013:xiii, 188.

185. Diener E. Subjective well-being. *Psychol Bull.* 1984;95(3):542-575. doi:10.1037/0033-2909.95.3.542
186. Diener E, Suh E, Lucas R, Smith H. Subjective well-being: three decades of progress. *Psychol Bull.* 1999;125:276-302. doi:10.1037/0033-2909.125.2.276
187. Diener E, Ryan K. Subjective well-being: a general overview. *South African J Psychol.* 2009;39(4):391-406. doi:10.1177/008124630903900402
188. Watson D, Clark LA, Tellegen A. Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *J Pers Soc Psychol.* 1988;54:1063-1070. doi:10.1037/0022-3514.54.6.1063
189. Diener E, Wirtz D, Biswas-Diener R, et al. New measures of well-being. In: Diener E, ed. *Assessing well-being: the collected works of Ed Diener*. Social Indicators Research Series. Springer Netherlands; 2009:247-266. doi:10.1007/978-90-481-2354-4\_12
190. Wood A, Joseph S. The absence of positive psychological (eudemonic) well-being as a risk factor for depression: A ten year cohort study. *J Affect Disord.* 2009;122:213-217. doi:10.1016/j.jad.2009.06.032
191. Lundqvist C. Well-being in competitive sports—The feel-good factor? A review of conceptual considerations of well-being. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2011;4:109-127. doi:10.1080/1750984X.2011.584067
192. Ryff C, Keyes C. The structure of psychological well-being revisited. *J Pers Soc Psychol.* 1995;69:719-727. doi:10.1037/0022-3514.69.4.719
193. Lundqvist C, Sandin F. Well-being in elite sport: dimensions of hedonic and eudaimonic well-being among elite orienteers. *Sport Psychol.* 2014;28:245-254. doi:10.1123/tsp.2013-0024
194. Massé R, Poulin C, Dassa C, Lambert J, Bélair S, Battaglini M. [Elaboration and validation of a tool to measure psychological well-being: WBMMS]. *Can J Public Health Rev Can Santé Publique.* 1989;89:352-357.
195. Lazarus RS, Folkman S. *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company; 1984.
196. Agbangla N, Caby I, Carton A, Blondel N, Nuytens W. Prévention de la sédentarité pour les publics vulnérables et réduction des inégalités territoriales et sociales de santé sur des territoires carencés (CALL): étude des caractéristiques de la population et proposition d'une offre d'activités physiques adaptées intégrée. Les enjeux des jeux, congrès international presented at: 2022; Montpellier. <https://vu.fr/skvHF>
197. Marques-Lima L, Carton A, Nuytens W. La recomposition du bien-être chez des populations vulnérables. Symposium presented at: Les enjeux des jeux, congrès international; 2022; Montpellier. <https://vu.fr/mwOoC>
198. Williams J, Kabat-Zinn J. Mindfulness: diverse perspectives on its meaning, origins, and multiple applications at the intersection of science and dharma introduction. *Contemp Buddhism.* 2011;12:1-18. doi:10.1080/14639947.2011.564811
199. Lemaître M, Bidet JP. Les yeux grand fermés - L'Équipe explore. Published online 2022. <https://www.lequipe.fr/explore/wf69-les-yeux-grands-fermes/>

200. André C. Méditation, médecine et neurosciences. *Études*. 2018;Décembre(12):49-60. doi:10.3917/etu.4255.0049
201. The American Institute of stress. What is stress. 2022. <https://www.stress.org/daily-life>
202. Bondolfi G, Jermann F, Zermatten A. Les approches psychothérapeutiques basées sur la pleine conscience (mindfulness). Entre vogue médiatique et applications cliniques fondées sur des preuves. *Psychothérapies*. 2011;31(3):167-174. doi:10.3917/psys.113.0167
203. Trousselard M, Steiler D, Claverie D, Canini F. L'histoire de la mindfulness à l'épreuve des données actuelles de la littérature : questions en suspens. *L'Encéphale*. 2014;40(6):474-480. doi:10.1016/j.encep.2014.08.006
204. Stahl B, Goldstein E. *Apprendre à méditer - La méthode MBSR à la portée de tous*. Les Arenes Eds.; 2021.
205. Howarth A, Smith JG, Perkins-Porras L, Ussher M. Effects of brief mindfulness-based interventions on health-related outcomes: a systematic review. *Mindfulness*. 2019;10(10):1957-1968. doi:10.1007/s12671-019-01163-1
206. Kabat-Zinn J. Mindfulness-based interventions in context: past, present, and future. *Clin Psychol Sci Pract*. 2003;10:144-156. doi:10.1093/clipsy.bpg016
207. Kabat-Zinn J. An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: theoretical considerations and preliminary results. *Gen Hosp Psychiatry*. 1982;4(1):33-47. doi:10.1016/0163-8343(82)90026-3
208. Segal Z, Williams M, Teasdale J. *Mindfulness-based cognitive therapy for depression, Second Edition*. Guilford Publications; 2018.
209. Siobud-Dorocant E, Penet C, Mirabel-Sarron C, Sala L, Docteur A. *Pratiquer la thérapie de pleine conscience (MBCT) pas à pas: pour lâcher prise, laisser être, réguler ses émotions, récupérer sa liberté*. Dunod; 2021. doi:10.3917/dunod.mirab.2021.01
210. Williams JMG, Russell I, Russell D. Mindfulness-based cognitive therapy. *J Consult Clin Psychol*. 2008;76(3):524-529. doi:10.1037/0022-006X.76.3.524
211. Larmar S, Wiatrowski S, Lewis-Driver S. Acceptance & commitment therapy: an overview of techniques and applications. *J Serv Sci Manag*. 2014;07:216-221. doi:10.4236/jssm.2014.73019
212. Carraça B, Serpa S, Guerrero JP, Rosado A. Enhance sport performance of elite athletes: the mindfulness-based interventions. *Cuad Psicol Deporte*. 2018;18(2):79-109.
213. Bernier M, Thienot E, Codron R, Fournier JF. Mindfulness and acceptance approaches in sport performance. *J Clin Sport Psychol*. 2009;3(4):320-333. doi:10.1123/jcsp.3.4.320
214. Josefsson T, Tornberg R, Gustafsson H, Ivarsson A. Practitioners' reflections of working with the mindfulness-acceptance-commitment (MAC) approach in team sport settings. *J Sport Psychol Action*. 2020;11(2):92-102. doi:10.1080/21520704.2018.1549641
215. Kaufman KA, Glass CR, Arnkoff DB. Evaluation of mindful sport performance enhancement (MSPE): a new approach to promote flow in athletes. *J Clin Sport Psychol*. 2009;3(4):334-356. doi:10.1123/jcsp.3.4.334

216. Thompson RW, Kaufman KA, De Petrillo LA, Glass CR, Arnkoff DB. One year follow-up of Mindful Sport Performance Enhancement (MSPE) with archers, golfers, and runners. *J Clin Sport Psychol.* 2011;5:99-116. doi:10.1123/jcsp.5.2.99
217. De Petrillo LA, Kaufman KA, Glass CR, Arnkoff DB. Mindfulness for long-distance runners: an open trial using mindful sport performance enhancement (MSPE). *J Clin Sport Psychol.* 2009;3(4):357-376. doi:10.1123/jcsp.3.4.357
218. Cayoun BA. *Mindfulness-integrated CBT: principles and practice.* Wiley-Blackwell; 2011:xvii, 301. doi:10.1002/9781119993162
219. Mirabel-Sarron C, Chidiac N. *Bien gérer son temps: Pour vivre mieux.* 1er édition. Odile Jacob; 2012.
220. Burlot F, Mancq FL, Lefevre B, et al. *Les rythmes de vie des sportifs de haut niveau: le défi de la performance face à la contrainte de temps.* INSEP; 2016:171.
221. Gao Q, Zhang L. Brief mindfulness meditation intervention improves attentional control of athletes in virtual reality shooting competition: Evidence from fNIRS and eye tracking. *Psychol Sport Exerc.* 2023;69:102477. doi:10.1016/j.psychsport.2023.102477
222. Jones M, Parker J. A conditional process model of the effect of mindfulness on 800-m personal best times through pain catastrophising. *J Sports Sci.* 2015;34:1-9. doi:10.1080/02640414.2015.1093648
223. Hanneman S. *Exploring the potential relationship between mindfulness and ratings of perceived exertion.* Thèse. University of Louisville; 2013. doi:10.18297/etd/2276
224. Meggs J, Chen M. The effect of a brief-mindfulness intervention on psychophysiological exertion and flow-state among sedentary adults. *Percept Mot Skills.* 2021;128(3):1078-1090. doi:10.1177/0031512520984422
225. Cox AE, Roberts MA, Cates HL, McMahon AK. Mindfulness and affective responses to treadmill walking in individuals with low intrinsic motivation to exercise. *Int J Exerc Sci.* 2018;11(5):609-624.
226. Ivanova E, Jensen D, Cassoff J, Gu F, Knäuper B. Acceptance and commitment therapy improves exercise tolerance in sedentary women. *Med Sci Sports Exerc.* 2015;47(6):1251-1258. doi:10.1249/MSS.0000000000000536
227. Aras D, Samil Onlu A, Durmus T, et al. A brief body scan mindfulness practice has no positive effect on the recovery of heart rate variability and cognitive tasks in female professional basketball players. *Front Psychol.* 2023;14:1196066. doi:10.3389/fpsyg.2023.1196066
228. Ullrich-French S, Cox AE. Mindfulness in exercise psychology. In: Filho E, Basevitch I, eds. *Sport, exercise and performance psychology: research directions to advance the field.* Oxford university press; 2021:0. doi:10.1093/oso/9780197512494.003.0016
229. Noetel M, Ciarrochi J, Van Zanden B, Lonsdale C. Mindfulness and acceptance approaches to sporting performance enhancement: a systematic review. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2017;12(1):139-175. doi:10.1080/1750984X.2017.1387803
230. Myall K, Montero-Marin J, Gorczynski P, et al. Effect of mindfulness-based programmes on elite athlete mental health: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2023;57(2):99-108. doi:10.1136/bjsports-2022-105596

231. Hill A, Schücker L, Wiese M, Hagemann N, Strauß B. The influence of mindfulness training on running economy and perceived flow under different attentional focus conditions – an intervention study. *Int J Sport Exerc Psychol.* 2021;19(4):564-583. doi:10.1080/1612197X.2020.1739110
232. Duclos M, Lacomme P, Lambert C, et al. Is physical fitness associated with the type of attended school? A cross-sectional analysis among adolescents. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022;62(3):404-411. doi:10.23736/S0022-4707.21.12203-0
233. Tomkinson GR, Léger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med Auckl NZ.* 2003;33(4):285-300. doi:10.2165/00007256-200333040-00003
234. Tomkinson GR, Kaster T, Dooley FL, et al. Temporal trends in the standing broad jump performance of 10,940,801 children and adolescents between 1960 and 2017. *Sports Med Auckl NZ.* 2021;51(3):531-548. doi:10.1007/s40279-020-01394-6
235. Tambalis KD, Panagiotakos DB, Psarra G, et al. Physical fitness normative values for 6-18-year-old Greek boys and girls, using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical method. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(6):736-746. doi:10.1080/17461391.2015.1088577
236. Gontarev S, Kalac R, Velickovska LA, Zivkovic V. Physical fitness reference standards in Macedonian children and adolescents: the MAKFIT study. *Nutr Hosp.* 2018;35(6):1275-1286. doi:10.20960/nh.1881
237. Tomkinson GR, Carver KD, Atkinson F, et al. European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9-17 years: results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *Br J Sports Med.* 2018;52(22):1445-14563. doi:10.1136/bjsports-2017-098253
238. Barnett LM, Lai SK, Veldman SLC, et al. Correlates of gross motor competence in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ.* 2016;46(11):1663-1688. doi:10.1007/s40279-016-0495-z
239. Emeljanovas A, Mieziene B, Cesnaitiene VJ, Fjortoft I, Kjønniksen L. Physical fitness and anthropometric values among Lithuanian primary school children: population-based cross-sectional study. *J Strength Cond Res.* 2020;34(2):414-421. doi:10.1519/JSC.0000000000003387
240. Lee S, Ko BG, Park S. Physical fitness levels in Korean adolescents: the national fitness award project. *J Obes Metab Syndr.* 2017;26(1):61-70. doi:10.7570/jomes.2017.26.1.61
241. Wilmore JH, Costill DL, Kenney L, et al. *Physiologie du sport et de l'exercice.* 6e édition. De Boeck sup; 2017.
242. Ministère de la jeunesse des sports et de la vie associative, Institut national du sport et de l'éducation physique, Mignon P, Truchot G, eds. *Les pratiques sportives en France : Enquête 2000.* INSEP-Éditions; 2018. doi:10.4000/books.insep.826
243. Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. *Growth, maturation, and physical activity.* Human Kinetics; 2004.
244. Raistenskis J, Sidlauskiene A, Strukcinskiene B, Uğur Baysal S, Buckus R. Physical activity and physical fitness in obese, overweight, and normal-weight children. *Turk J Med Sci.* 2016;46(2):443-450. doi:10.3906/sag-1411-119

245. Lopes VP, Malina RM, Gomez-Campos R, Cossio-Bolaños M, Arruda M de, Hobold E. Body mass index and physical fitness in Brazilian adolescents. *J Pediatr (Rio J)*. 2019;95(3):358-365. doi:10.1016/j.jpmed.2018.04.003
246. Olds T, Maher C, Zumin S, et al. Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing: data from nine countries. *Int J Pediatr Obes IJPO Off J Int Assoc Study Obes*. 2011;6(5-6):342-360. doi:10.3109/17477166.2011.605895
247. Booth V, Rowlands A, Dollman J. Physical activity trends in separate contexts among south Australian older children (10-12 y) and early adolescents (13-15 y) from 1985 to 2013. *Pediatr Exerc Sci*. 2019;31(3):341-347. doi:10.1123/pes.2018-0082
248. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2011;8:98. doi:10.1186/1479-5868-8-98
249. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-1243. doi:10.1136/bmj.320.7244.1240
250. Ministère de l'éducation nationale. Bulletin officielle de l'éducation nationale. Programme d'éducation physique et sportive du lycée général et technologique. 2019.
251. Organisation mondiale de la Santé. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet Lond Engl*. 2004;363(9403):157-163. doi:10.1016/S0140-6736(03)15268-3
252. Vicente-Rodríguez G, Rey-López JP, Ruíz JR, et al. Interrater reliability and time measurement validity of speed-agility field tests in adolescents. *J Strength Cond Res*. 2011;25(7):2059-2063. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e742fe
253. Wood HM, Baumgartner TA. Objectivity, reliability, and validity of the bent-knee push-up for college-age women. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2004;8(4):203-212. doi:10.1207/s15327841mpee0804\_2
254. Vardar SA, Tezel S, Oztürk L, Kaya O. The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *J Sports Sci Med*. 2007;6(CSSI-2):34-38.
255. Irwin-Chase H, Burns B. Developmental changes in children's abilities to share and allocate attention in a dual task. *J Exp Child Psychol*. 2000;77(1):61-85. doi:10.1006/jecp.1999.2557
256. Van Praagh E. *Physiologie du sport: enfant et adolescent*. De Boeck sup; 2007.
257. Jaakkola T, Washington T. The relationship between fundamental movement skills and self-reported physical activity during Finnish junior high school. *Phys Educ Sport Pedagogy*. 2013;18(5):492-505. doi:10.1080/17408989.2012.690386
258. Beunen G, Malina RM. Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc Sport Sci Rev*. 1988;16:503-540.
259. Huseynov A, Zollkofer CPE, Coudyzer W, et al. Developmental evidence for obstetric adaptation of the human female pelvis. *Proc Natl Acad Sci*. 2016;113(19):5227-5232. doi:10.1073/pnas.1517085113

260. Malina RM, Geithner CA. Body composition of young athletes. *Am J Lifestyle Med.* 2011;5(3):262-278. doi:10.1177/1559827610392493
261. Deforche B, Lefevre J, De Bourdeaudhuij I, Hills AP, Duquet W, Bouckaert J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obes Res.* 2003;11(3):434-441. doi:10.1038/oby.2003.59
262. Jacolin-Nackaerts M. L'activité physique adaptée pour les personnes obèses : une socialisation de transformation ? *Sci Soc Sport.* 2018;11(1):99-132. doi:10.3917/rsss.011.0099
263. Ayral S, Raibaud Y, eds. *Pour en finir avec la fabrique des garçons. Volume 2 : Loisirs, sport, culture.* Maison des sciences de l'Homme d'Aquitaine; 2019. doi:10.4000/books.msha.1146
264. Fredricks JA, Eccles JS. Family socialization, gender, and sport motivation and involvement. *J Sport Exerc.* 2005;27(1):3-31. doi:https://doi.org/10.1123/jsep.27.1.3
265. Gershenson S, Holt SB. Gender gaps in high school students' homework time. *Educ Res.* 2015;44(8):432-441. doi:10.3102/0013189X15616123
266. Slater A, Tiggemann M. "Uncool to do sport": A focus group study of adolescent girls' reasons for withdrawing from physical activity. *Psychol Sport Exerc.* 2010;11(6):619-626. doi:10.1016/j.psychsport.2010.07.006
267. Larsen MN, Nielsen CM, Ørntoft CØ, et al. Physical fitness and body composition in 8-10-year-old Danish children are associated with sports club participation. *J Strength Cond Res.* 2017;31(12):3425-3434. doi:10.1519/JSC.0000000000001952
268. Ben Abdelkrim N, El Fazaa S, El Ati J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med.* 2007;41(2):69-75; discussion 75. doi:10.1136/bjism.2006.032318
269. Fernandes L, Oliveira J, Soares-Miranda L, Rebelo A, Brito J. Regular Football practice improves autonomic cardiac function in male children. *Asian J Sports Med.* 2015;6(3). doi:10.5812/asjism.24037
270. DiFiori JP, Güllich A, Brenner JS, et al. The NBA and youth basketball: recommendations for promoting a healthy and positive experience. *Sports Med Auckl NZ.* 2018;48(9):2053-2065. doi:10.1007/s40279-018-0950-0
271. Ardern CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. Hamstrings strength imbalance in professional football (soccer) players in Australia. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):997-1002. doi:10.1519/JSC.0000000000000747
272. James LP, Beckman EM, Kelly VG, Haff GG. The neuromuscular qualities of higher- and lower-level mixed-martial-arts competitors. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(5):612-620. doi:10.1123/ijsp.2016-0373
273. Aspenes S, Kjendlie PL, Hoff J, Helgerud J. Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J Sports Sci Med.* 2009;8(3):357-365.
274. Kariyawasam A, Ariyasinghe A, Rajaratnam A, Subasinghe P. Comparative study on skill and health related physical fitness characteristics between national basketball and football players in Sri Lanka. *BMC Res Notes.* 2019;12(1). doi:10.1186/s13104-019-4434-6

275. Yin AX, Geminiani E, Quinn B, et al. The evaluation of strength, flexibility, and functional performance in the adolescent ballet dancer during intensive dance training. *PM R*. 2019;11(7):722-730. doi:10.1002/pmrj.12011
276. Fédération Française Gym. Livret de présentation. Access Gym général. 2015.
277. Stokić E, Srdić B, Barak O. Body mass index, body fat mass and the occurrence of amenorrhea in ballet dancers. *Gynecol Endocrinol Off J Int Soc Gynecol Endocrinol*. 2005;20(4):195-199. doi:10.1080/09513590400027224
278. Jeon S, Cho K, Ok G, Lee S, Park H. Weight loss practice, nutritional status, bone health, and injury history: A profile of professional jockeys in Korea. *J Exerc Nutr Biochem*. 2018;22(3):27-34. doi:10.20463/jenb.2018.0021
279. Gavarry O, Lentin G, Pezery P, et al. A cross-sectional study assessing the contributions of body fat mass and fat-free mass to body mass index scores in male youth rugby players. *Sports Med - Open*. 2018;4(1):17. doi:10.1186/s40798-018-0130-7
280. Rose S, Burton D, Kercher V, Grindley E, Richardson C. Enduring stress: A quantitative analysis on coping profiles and sport well-being in amateur endurance athletes. *Psychol Sport Exerc*. 2023;65:102365. doi:10.1016/j.psychsport.2022.102365
281. Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, et al. Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*. 2016;48(6):1197-1222. doi:10.1249/MSS.0000000000000901
282. Gomez-Pinilla F, Hillman C. The influence of exercise on cognitive abilities. *Compr Physiol*. 2013;3(1):403-428. doi:10.1002/cphy.c110063
283. Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with Stroop test. *NeuroImage*. 2010;50(4):1702-1710. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.12.023
284. Lafontaine MP, Lippé S. Le cortex préfrontal et le processus d'apprentissage : caractérisation d'un rôle critique. *Rev Neuropsychol*. 2011;3(4):267-271. doi:10.1684/nrp.2011.0190
285. Kenwood MM, Kalin NH, Barbas H. The prefrontal cortex, pathological anxiety, and anxiety disorders. *Neuropsychopharmacology*. 2022;47(1):260-275. doi:10.1038/s41386-021-01109-z
286. Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, et al. Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev Neurosci*. 2010;32(3):249-256. doi:10.1159/000316648
287. Chaddock L, Erickson KI, Prakash RS, et al. A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *Biol Psychol*. 2012;89(1):260-268. doi:10.1016/j.biopsycho.2011.10.017
288. Herting MM, Chu X. Exercise, cognition, and the adolescent brain. *Birth Defects Res*. 2017;109(20):1672-1679. doi:10.1002/bdr2.1178
289. Telama R, Yang X, Viikari J, Välimäki I, Wanne O, Raitakari O. Physical activity from childhood to adulthood: a 21-year tracking study. *Am J Prev Med*. 2005;28(3):267-273. doi:10.1016/j.amepre.2004.12.003

290. Abdin S, Welch RK, Byron-Daniel J, Meyrick J. The effectiveness of physical activity interventions in improving well-being across office-based workplace settings: a systematic review. *Public Health*. 2018;160:70-76. doi:10.1016/j.puhe.2018.03.029
291. Bratman GN, Olvera-Alvarez HA, Gross JJ. The affective benefits of nature exposure. *Soc Personal Psychol Compass*. 2021;15. doi:10.1111/spc3.12630
292. Bourke M, Hilland TA, Craike M. A systematic review of the within-person association between physical activity and affect in children's and adolescents' daily lives. *Psychol Sport Exerc*. 2021;52:101825. doi:10.1016/j.psychsport.2020.101825
293. Marquez DX, Aguiñaga S, Vásquez PM, et al. A systematic review of physical activity and quality of life and well-being. *Transl Behav Med*. 2020;10(5):1098-1109. doi:10.1093/tbm/ibz198
294. Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sánchez C, Estévez-López F, et al. Role of physical activity and sedentary behavior in the mental health of preschoolers, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ*. 2019;49(9):1383-1410. doi:10.1007/s40279-019-01099-5
295. Wiese CW, Kuykendall L, Tay L. Get active? A meta-analysis of leisure-time physical activity and subjective well-being. *J Posit Psychol*. 2018;13:57-66. doi:10.1080/17439760.2017.1374436
296. Miller DN. Positive affect. In: *Encyclopedia of child behavior and development*. Vol 1. Goldstein, S., Naglieri, J.A. (eds). Springer; 2011. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9\\_2193](https://doi.org/10.1007/978-0-387-79061-9_2193)
297. Zhang Y, Zhang H, Ma X, Di Q. Mental health problems during the COVID-19 pandemics and the mitigation effects of exercise: a longitudinal study of college students in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(10):3722. doi:10.3390/ijerph17103722
298. Parlebas P. *Contribution à un lexique commenté en science de l'action motrice*. Publ. INSEP; DL.; 1981.
299. Eime RM, Young JA, Harvey JT, Charity MJ, Payne WR. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for adults: informing development of a conceptual model of health through sport. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2013;10:135. doi:10.1186/1479-5868-10-135
300. Brettschneider W dietrich. Effects of sport club activities on adolescent development in Germany. *Eur J Sport Sci*. 2001;1(2):1-11. doi:10.1080/17461390100071201
301. Howie LD, Lukacs SL, Pastor PN, Reuben CA, Mendola P. Participation in activities outside of school hours in relation to problem behavior and social skills in middle childhood. *J Sch Health*. 2010;80(3):119-125. doi:10.1111/j.1746-1561.2009.00475.x
302. Gísladóttir TL, Matthíasdóttir A, Kristjánsdóttir H. The effect of adolescents' sports clubs participation on self-reported mental and physical conditions and future expectations. *J Sports Sci*. 2013;31(10):1139-1145. doi:10.1080/02640414.2013.773402
303. Pluhar E, McCracken C, Griffith KL, Christino MA, Sugimoto D, Meehan WP. Team sport athletes may be less likely to suffer anxiety or depression than individual sport athletes. *J Sports Sci Med*. 2019;18(3):490-496.
304. Guddal MH, Stensland SØ, Småstuen MC, Johnsen MB, Zwart JA, Storheim K. Physical activity and sport participation among adolescents: associations with mental health in different age groups.

- Results from the young-HUNT study: a cross-sectional survey. *BMJ Open*. 2019;9(9):e028555. doi:10.1136/bmjopen-2018-028555
305. Davison KK, Earnest MB, Birch LL. Participation in aesthetic sports and girls' weight concerns at ages 5 and 7 years. *Int J Eat Disord*. 2002;31(3):312-317. doi:10.1002/eat.10043
306. Augestad LB, Flanders WD. Eating disorder behavior in physically active Norwegian women. *Scand J Med Sci Sports*. 2002;12(4):248-255. doi:10.1034/j.1600-0838.2002.00390.x
307. Espeset EMS, Gulliksen KS, Nordbø RHS, Skårderud F, Holte A. The link between negative emotions and eating disorder behaviour in patients with anorexia nervosa. *Eur Eat Disord Rev J Eat Disord Assoc*. 2012;20(6):451-460. doi:10.1002/erv.2183
308. Tan JOA, Calitri R, Bloodworth A, McNamee MJ. Understanding eating disorders in elite gymnastics: ethical and conceptual challenges. *Clin Sports Med*. 2016;35(2):275-292. doi:10.1016/j.csm.2015.10.002
309. Thompson Coon J, Boddy K, Stein K, Whear R, Barton J, Depledge MH. Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. *Environ Sci Technol*. 2011;45(5):1761-1772. doi:10.1021/es102947t
310. Lawton E, Brymer E, Clough P, Denovan A. The relationship between the physical activity environment, nature relatedness, anxiety, and the psychological well-being benefits of regular exercisers. *Front Psychol*. 2017;8. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2017.01058>
311. Pasanen T, Ojala A, Tyrväinen L, Korpela K. Restoration, well-being, and everyday physical activity in indoor, built outdoor and natural outdoor settings. *J Environ Psychol*. 2018;59:85-93. doi:10.1016/j.jenvp.2018.08.014
312. Costigan SA, Lubans DR, Lonsdale C, Sanders T, del Pozo Cruz B. Associations between physical activity intensity and well-being in adolescents. *Prev Med*. 2019;125:55-61. doi:10.1016/j.ypmed.2019.05.009
313. Howie EK, McVeigh JA, Smith AJ, et al. Physical activity trajectories from childhood to late adolescence and their implications for health in young adulthood. *Prev Med*. 2020;139:106224. doi:10.1016/j.ypmed.2020.106224
314. Ekkekakis P, Hall EE, VanLanduyt LM, Petruzzello SJ. Walking in (affective) circles: can short walks enhance affect? *J Behav Med*. 2000;23(3):245-275. doi:10.1023/a:1005558025163
315. Ekkekakis P. Pleasure and displeasure from the body: perspectives from exercise. *Cogn Emot*. 2003;17(2):213-239. doi:10.1080/02699930302292
316. Qin F, Song Y, Nassis GP, et al. Physical activity, screen time, and emotional well-being during the 2019 novel coronavirus outbreak in China. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(14):5170. doi:10.3390/ijerph17145170
317. Hassmén P, Koivula N, Uutela A. Physical exercise and psychological well-being: a population study in Finland. *Prev Med*. 2000;30(1):17-25. doi:10.1006/pmed.1999.0597
318. Jiang R, Xie C, Shi J, et al. Comparison of physical fitness and mental health status among school-age children with different sport-specific training frequencies. *PeerJ*. 2021;9:e10842. doi:10.7717/peerj.10842

319. Bell SL, Audrey S, Gunnell D, Cooper A, Campbell R. The relationship between physical activity, mental wellbeing and symptoms of mental health disorder in adolescents: a cohort study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2019;16:138. doi:10.1186/s12966-019-0901-7
320. Sagatun A, Sjøgaard AJ, Bjertness E, Selmer R, Heyerdahl S. The association between weekly hours of physical activity and mental health: a three-year follow-up study of 15-16-year-old students in the city of Oslo, Norway. *BMC Public Health.* 2007;7:155. doi:10.1186/1471-2458-7-155
321. Schorb A, Niebauer J, Aichhorn W, Schiepek G, Scherr J, Claussen M. Overtraining from a sports psychiatry perspective. *Dtsch Z Für Sportmed J Sports Med.* 2021;72(6):271-279. doi:10.5960/dzsm.2021.496
322. Hu L, Bentler PM. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Struct Equ Model Multidiscip J.* 1999;6(1):1-55. doi:10.1080/10705519909540118
323. Marsh HW, Hau KT, Grayson D. Goodness of fit in structural equation models. In: *Contemporary psychometrics: a festschrift for roderick P. McDonald.* Multivariate applications book series. Lawrence Erlbaum Associates Publishers; 2005:275-340.
324. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J R Stat Soc Ser B Methodol.* 1995;57(1):289-300. doi:10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x
325. Hopkins ZH, Moreno C, Secrest AM. Influence of social media on cosmetic procedure interest. *J Clin Aesthetic Dermatol.* 2020;13(1):28-31.
326. Maroun CA, Zhu G, Fakhry C, et al. An immunogenomic investigation of oral cavity squamous cell carcinoma in patients aged 45 years and younger. *The Laryngoscope.* 2021;131(2):304-311. doi:10.1002/lary.28674
327. Nakajima R, Takao K, Hattori S, et al. Comprehensive behavioral analysis of heterozygous Syngap1 knockout mice. *Neuropsychopharmacol Rep.* 2019;39(3):223-237. doi:10.1002/npr2.12073
328. Iacolino C, Pellerone M, Formica I, Lombardo EMC, Tolini G. Alexithymia, body perception and dismorphism: a study conducted on sportive and non-sportive subjects. *Clin Neuropsychiatry J Treat Eval.* 2017;14:400-406.
329. Putnam RD. *Bowling Alone: The collapse and revival of american community.* Simon et Schuster; 2000.
330. Granovetter MS. The strength of weak ties. *Am J Sociol.* 1973;78(6). doi:https://doi.org/10.1086/225469
331. Walton GM, Brady ST. The social-belonging intervention. In: *Handbook of wise interventions: how social psychology can help people change.* The Guilford Press; 2021:36-62.
332. Baumeister RF, Leary MR. The need to belong: desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychol Bull.* 1995;117:497-529. doi:10.1037/0033-2909.117.3.497
333. Gernigon C. Motivation et préparation à la performance sportive. *Cah INSEP.* 1998;22(1):121-163. doi:10.3406/insep.1998.1401

334. Pekrun R, Goetz T, Titz W, Perry RP. Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: a program of qualitative and quantitative research. *Educ Psychol*. 2002;37(2):91-105. doi:10.1207/S15326985EP3702\_4
335. Pascual A, Etxebarria I, Ortega I, Ripalda A. Gender differences in adolescence in emotional variables relevant to eating disorders. *Int J Psychol*. Published online 2012.
336. Ministère de la ville de la jeunesse et des sports. *L'atlas national des fédérations sportives.*; 2015. sports.gouv.fr.
337. Nuytens W. L'épreuve du terrain. Violences des tribunes, violences des stades. *Lectures*. 2011. doi:10.4000/lectures.5587
338. Retière JN. Autour de l'autochtonie. Réflexions sur la notion de capital social populaire. *Polit Rev Sci Soc Polit*. 2003;16(63):121-143. doi:10.3406/polix.2003.1295
339. Ohl F. Goût et culture de masse : l'exemple du sport. *Sociol Sociétés*. 2004;36(1):209-228. doi:10.7202/009589ar
340. Di Russo F, Bultrini A, Brunelli S, et al. Benefits of sports participation for executive function in disabled athletes. *J Neurotrauma*. 2010;27(12):2309-2319. doi:10.1089/neu.2010.1501
341. Lecroisey L. *Les visages des sportifs : analyse des expressions faciales et des sous-rôles sociomoteurs par des observateurs sélectionnés*. Thèse. Sorbonne Paris Cité; 2017. <https://www.theses.fr/2017USPCB096>
342. Hall C, Lane A. Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *Br J Sports Med*. 2001;35(6):390. doi:10.1136/bjism.35.6.390
343. Fournier F. *Considérations sur l'art martial*. Centre d'études et de perfectionnement d'arts martiaux du Dragon Vert; 2000.
344. Kim HG, Cheon EJ, Bai DS, Lee YH, Koo BH. Stress and heart rate variability: a meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investig*. 2018;15(3):235-245. doi:10.30773/pi.2017.08.17
345. Campkin M. Stress management in primary care. *Fam Pract*. 2000;17(1):98--99. doi:10.1093/fampra/17.1.98--a
346. Indra G, Radyani A, Oriza I. The relationship between stress and well-being: the mediating roles of students' psychological flexibility and loneliness during the Coronavirus pandemic. *Psychol Res Urban Soc*. 2021;4(2). doi:10.7454/proust.v4i2.100
347. Kabat-Zinn J, Hanh TN. *Full catastrophe living: using the wisdom of your body and mind to face stress, pain, and illness*. Random house publishing group; 2009.
348. Huberty J, Green J, Glissmann C, Larkey L, Puzia M, Lee C. Efficacy of the mindfulness meditation mobile app "Calm" to reduce stress among college students: randomized controlled trial. *JMIR MHealth UHealth*. 2019;7(6):e14273. doi:10.2196/14273
349. Siciliano RE, Anderson AS, Compas BE. Autonomic nervous system correlates of posttraumatic stress symptoms in youth: meta-analysis and qualitative review. *Clin Psychol Rev*. 2022;92:102125. doi:10.1016/j.cpr.2022.102125
350. Cohen S, Kamarck T, Mermelstein R. A global measure of perceived stress. *J Health Soc Behav*. 1983;24(4):385-396.

351. Kirk U, Axelsen JL. Heart rate variability is enhanced during mindfulness practice: A randomized controlled trial involving a 10-day online-based mindfulness intervention. *PLoS ONE*. 2020;15(12):e0243488. doi:10.1371/journal.pone.0243488
352. Sloan RP, Shapiro PA, Bagiella E, et al. Effect of mental stress throughout the day on cardiac autonomic control. *Biol Psychol*. 1994;37(2):89-99. doi:10.1016/0301-0511(94)90024-8
353. Nijjar PS, Puppala VK, Dickinson O, et al. Modulation of the autonomic nervous system assessed through heart rate variability by a mindfulness-based stress reduction program. *Int J Cardiol*. 2014;177(2):557-559. doi:10.1016/j.ijcard.2014.08.116
354. Kor PPK, Liu JYW, Chien WT. Effects on stress reduction of a modified mindfulness-based cognitive therapy for family caregivers of those with dementia: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2019;20(1):303. doi:10.1186/s13063-019-3432-2
355. Bartlett L, Buscot MJ, Bindoff A, Chambers R, Hassed C. Mindfulness is associated with lower stress and higher work engagement in a large sample of MOOC participants. *Front Psychol*. 2021;12. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.724126>
356. Thorsén F, Antonson C, Palmér K, Berg R, Sundquist J, Sundquist K. Associations between perceived stress and health outcomes in adolescents. *Child Adolesc Psychiatry Ment Health*. 2022;16(1):75. doi:10.1186/s13034-022-00510-w
357. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71
358. Sandercock GRH, Bromley PD, Brodie DA. Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(3):433-439. doi:10.1249/01.mss.0000155388.39002.9d
359. Soares-Miranda L, Sattelmair J, Chaves P, et al. Physical activity and heart rate variability in older adults: the cardiovascular health study. *Circulation*. 2014;129(21):2100-2110. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.005361
360. May R, McBerty V, Zaky A, Gianotti M. Vigorous physical activity predicts higher heart rate variability among younger adults. *J Physiol Anthropol*. 2017;36:24. doi:10.1186/s40101-017-0140-z
361. Button KS, Ioannidis JPA, Mokrysz C, et al. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nat Rev Neurosci*. 2013;14(5):365-376. doi:10.1038/nrn3475
362. Sterne JAC, Savović J, Page MJ, et al. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2019;366:l4898. doi:10.1136/bmj.l4898
363. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol*. 2011;64(4):383-394. doi:10.1016/j.jclinepi.2010.04.026
364. Sicilia B, García-López S, González-Lama Y, et al. GETECCU 2020 guidelines for the treatment of ulcerative colitis. Developed using the GRADE approach. *Gastroenterol Hepatol*. 2020;43 Suppl 1:1-57. doi:10.1016/j.gastrohep.2020.07.001
365. Balconi M, Fronda G, Crivelli D. Effects of technology-mediated mindfulness practice on stress: psychophysiological and self-report measures. *Stress Amst Neth*. 2019;22(2):200-209. doi:10.1080/10253890.2018.1531845

366. D'Antoni F. Brainspotting reduces disturbance and increases heart rate variability linked to distressing memories: a pilot study. *Mediterr J Clin Psychol.* 2021;9(3). doi:10.13129/2282-1619/mjcp-3055
367. Davies J, Ugwudike P, Young H, Hurrell C, Raynor P. A pragmatic study of the impact of a brief mindfulness intervention on prisoners and staff in a category B prison and men subject to community-based probation supervision. *Int J Offender Ther Comp Criminol.* 2021;65(1):136-156. doi:10.1177/0306624X20944664
368. García-Magariño I, Plaza I. ABS-MindHeart: An agent based simulator of the influence of mindfulness programs on heart rate variability. *J Comput Sci.* 2017;19:11-20. doi:10.1016/j.jocs.2016.12.011
369. Hunt M, Al-Braiki F, Dailey S, Russell R, Simon K. Mindfulness training, yoga, or both? Dismantling the active components of a mindfulness-based stress reduction intervention. *Mindfulness.* 2018;9(2):512-520. doi:10.1007/s12671-017-0793-z
370. Jung M, Lee M. The effect of a mindfulness-based education program on brain waves and the autonomic nervous system in university students. *Healthcare.* 2021;9(11):1606. doi:10.3390/healthcare9111606
371. Solarikova P, Blahunkova S, Rajcani J, Turonova D, Brezina I. The effect of HRV biofeedback, yoga and mindfulness training on autonomic nervous system, perceived stress, and dispositional mindfulness. 2021;63(2).
372. Tihanyi BT, Ferentzi E, Köteles F. Characteristics of attention-related body sensations. Temporal stability and associations with measures of body focus, affect, sustained attention, and heart rate variability. *Somatosens Mot Res.* 2017;34(3):179-184. doi:10.1080/08990220.2017.1384720
373. Versluis A, Verkuil B, Spinhoven P, F Brosschot J. Effectiveness of a smartphone-based worry-reduction training for stress reduction: A randomized-controlled trial. *Psychol Health.* 2018;33(9):1079-1099. doi:10.1080/08870446.2018.1456660
374. Burg JM, Wolf OT, Michalak J. Mindfulness as self-regulated attention: associations with heart rate variability. *Swiss J Psychol.* 2012;71:135-139. doi:10.1024/1421-0185/a000080
375. Goswami D, Tibarewala DN, Bhattacharya D. Analysis of heart rate variability signal in meditation using second-order difference plot. *J Appl Phys.* 2011;109:114703-114703. doi:10.1063/1.3586270
376. Linares Gutierrez D, Kübel S, Giersch A, Schmidt S, Meissner K, Wittmann M. Meditation-induced states, vagal tone, and breathing activity are related to changes in auditory temporal integration. *Behav Sci Basel Switz.* 2019;9(5):51. doi:10.3390/bs9050051
377. Kodituwakku S, Lazar SW, Indic P, Chen Z, Brown EN, Barbieri R. Point process time-frequency analysis of dynamic respiratory patterns during meditation practice. *Med Biol Eng Comput.* 2012;50(3):261-275. doi:10.1007/s11517-012-0866-z
378. Lazar SW, Bush G, Gollub RL, Fricchione GL, Khalsa G, Benson H. Functional brain mapping of the relaxation response and meditation. *Neuroreport.* 2000;11(7):1581-1585.
379. Nesvold A, Fagerland MW, Davanger S, et al. Increased heart rate variability during nondirective meditation. *Eur J Prev Cardiol.* 2012;19(4):773-780. doi:10.1177/1741826711414625

380. Telles S, Singh D, Naveen KV, Pailoor S, Singh N, Pathak S. P300 and heart rate variability recorded simultaneously in meditation. *Clin EEG Neurosci.* 2019;50(3):161-171. doi:10.1177/1550059418790717
381. Wu R, Liu LL, Zhu H, et al. Brief mindfulness meditation improves emotion processing. *Front Neurosci.* 2019;13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnins.2019.01074>
382. Bernardi NF, Bordino M, Bianchi L, Bernardi L. Acute fall and long-term rise in oxygen saturation in response to meditation. *Psychophysiology.* 2017;54(12):1951-1966. doi:10.1111/psyp.12972
383. Cheng KS, Croarkin PE, Lee PF. Heart rate variability of various video-aided mindful deep breathing durations and its impact on depression, anxiety, and stress symptom severity. *Mindfulness.* 2019;10(10):2082-2094. doi:10.1007/s12671-019-01178-8
384. Fitzpatrick S, Kuo JR. Predicting the effectiveness of engagement and disengagement emotion regulation based on emotional reactivity in borderline personality disorder. *Cogn Emot.* 2022;36(3):473-491. doi:10.1080/02699931.2021.2018291
385. Melville GW, Chang D, Colagiuri B, Marshall PW, Cheema BS. Fifteen minutes of chair-based yoga postures or guided meditation performed in the office can elicit a relaxation response. *Evid-Based Complement Altern Med ECAM.* 2012;2012:501986. doi:10.1155/2012/501986
386. Park YJ. Association of autonomic function and brain activity with personality traits by paced breathing and su-soku practice: A three-way crossover study. *Complement Ther Med.* 2021;63:102778. doi:10.1016/j.ctim.2021.102778
387. Peper E, Pollock W, Harvey R, Yoshino A, Daubenmier J, Anziani M. Which quiets the mind more quickly and increases HRV: toning or mindfulness? *NeuroRegulation.* 2019;6:128-133. doi:10.15540/nr.6.3.128
388. Tian N, Song R. Effects of different interventions on cardiac regulation using fuzzy entropy. *IEEE Access.* 2019;7:75949-75956. doi:10.1109/ACCESS.2019.2920911
389. Steinhubl SR, Wineinger NE, Patel S, et al. Cardiovascular and nervous system changes during meditation. *Front Hum Neurosci.* 2015;9:145. doi:10.3389/fnhum.2015.00145
390. Amira T, Dan I, Atta B, Said G, Az-eddine B, Katarzyna WW. Stress level classification using heart rate variability. *Adv Sci Technol Eng Syst J.* 2019;4(3):38-46. doi:10.25046/aj040306
391. Attar ET, Balasubramanian V, Subasi E, Kaya M. Stress analysis based on simultaneous heart rate variability and EEG monitoring. *IEEE J Transl Eng Health Med.* 2021;9:2700607. doi:10.1109/JTEHM.2021.3106803
392. Cayir E, Cunningham T, Ackard R, Haizlip J, Logan J, Yan G. The effects of the medical pause on physiological stress markers among health care providers: a pilot randomized controlled trial. *West J Nurs Res.* 2022;44(11):1036-1046. doi:10.1177/019394592111027657
393. Fitzpatrick S, Varma S, Kuo JR. Is borderline personality disorder really an emotion dysregulation disorder and, if so, how? A comprehensive experimental paradigm. *Psychol Med.* 2022;52(12):2319-2331. doi:10.1017/S0033291720004225
394. Geisler FCM, Bechtoldt MN, Oberländer N, Schacht-Jablonowsky M. The benefits of a mindfulness exercise in a performance situation. *Psychol Rep.* 2018;121(5):853-876. doi:10.1177/0033294117740135

395. Esch T, Guarna M, Bianchi E, Zhu W, Stefano GB. Commonalities in the central nervous system's involvement with complementary medical therapies: limbic morphinergic processes. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 2004;10(6):MS6-17.
396. Goshvarpour A, Goshvarpour A. A novel feature level fusion for heart rate variability classification using correntropy and cauchy-schwarz divergence. *J Med Syst*. 2018;42(6):109. doi:10.1007/s10916-018-0961-2
397. Kamath C. Evaluation of heart rate dynamics during meditation using poincaré phase plane symbolic measures. *Int J Biomed Eng Technol*. 2019;29:385. doi:10.1504/IJBET.2019.10022033
398. Kamath C. Analysis of heart rate variability signal during meditation using deterministic-chaotic quantifiers. *J Med Eng Technol*. 2013;37(7):436-448. doi:10.3109/03091902.2013.828106
399. Kamath C. Analysis of heart rate variability during meditation using sequential spectrum. *Int J Biomed Eng Technol*. 2013;11:18-32. doi:10.1504/IJBET.2013.053701
400. Anderson T, Farb NAS. Personalising practice using preferences for meditation anchor modality. *Front Psychol*. 2018;9:2521. doi:10.3389/fpsyg.2018.02521
401. Woolfolk RL, Rooney AJ. The effect of explicit expectations on initial meditation experiences. *Biofeedback Self-Regul*. 1981;6(4):483-491. doi:10.1007/BF00998733
402. Svetlov AS, Nelson MM, Antonenko PD, McNamara JPH, Bussing R. Commercial mindfulness aid does not aid short-term stress reduction compared to unassisted relaxation. *Heliyon*. 2019;5(3):e01351. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e01351
403. Thomas EM, Freeman TP, Poplutz P, et al. Stimulating meditation: a pre-registered randomised controlled experiment combining a single dose of the cognitive enhancer, modafinil, with brief mindfulness training. *J Psychopharmacol Oxf Engl*. 2021;35(6):621-630. doi:10.1177/0269881121991835
404. Tsai JF, Cho W, Jou SH, Lin CM. Heart rate variability and meditation with breath suspension. *Biomed Res India*. 2014;25:6-10.
405. Lutz A, Slagter HA, Dunne JD, Davidson RJ. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends Cogn Sci*. 2008;12(4):163-169. doi:10.1016/j.tics.2008.01.005
406. Goldberger JJ. Sympathovagal balance: how should we measure it? *Am J Physiol*. 1999;276(4):H1273-1280. doi:10.1152/ajpheart.1999.276.4.H1273
407. Incagli F, Tarantino V, Crescentini C, Vallesi A. The effects of 8-week mindfulness-based stress reduction program on cognitive control: an EEG study. *Mindfulness*. 2020;11(3):756-770. doi:10.1007/s12671-019-01288-3
408. Sun Y, LV J, Lan F, Zhang L. Emotion regulation strategy of self-focused and situation-focused reappraisal and their impact on subsequent cognitive control. *Acta Psychol Sin*. 2020;52(12):1393. doi:10.3724/SP.J.1041.2020.01393
409. Williams DP, Cash C, Rankin C, Bernardi A, Koenig J, Thayer JF. Resting heart rate variability predicts self-reported difficulties in emotion regulation: a focus on different facets of emotion regulation. *Front Psychol*. 2015;6. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00261>
410. Akobeng AK. Understanding randomised controlled trials. *Arch Dis Child*. 2005;90(8):840-844. doi:10.1136/adc.2004.058222

411. Schulz KF, Altman DG, Moher D, the CONSORT Group. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Med.* 2010;8(1):18. doi:10.1186/1741-7015-8-18
412. Hill LK, Siebenbrock A. Are all measures created equal? Heart rate variability and respiration - biomed 2009. *Biomed Sci Instrum.* 2009;45:71-76.
413. Quintana DS, Alvares GA, Heathers J a. J. Guidelines for reporting articles on psychiatry and heart rate variability (GRAPH): recommendations to advance research communication. *Transl Psychiatry.* 2016;6(5):e803-e803. doi:10.1038/tp.2016.73
414. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol.* 2008;586(Pt 1):35-44. doi:10.1113/jphysiol.2007.143834
415. Norouzi E, Gerber M, Masrur F, Vaezmousavi M, Puehse U, Brand S. Implementation of a mindfulness-based stress reduction (MBSR) program to reduce stress, anxiety and depression and to improve psychological well-being among retired Iranian football players. *Psychol Sport Exerc.* 2019. doi:10.1016/j.psychsport.2019.101636
416. Helgerud J, Høydal K, Wang E, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO<sub>2</sub>max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(4):665-671. doi:10.1249/mss.0b013e3180304570
417. García-Pinillos F, Cámara-Pérez JC, Soto-Hermoso VM, Latorre-Román PÁ. A high intensity interval training (HIIT)-based running plan improves athletic performance by improving muscle power. *J Strength Cond Res.* 2017;31(1):146. doi:10.1519/JSC.0000000000001473
418. Selmi O, Ben khalifa W, Zouaoui M, Azaiez F, Bouassida A. High intensity interval training negatively affects mood state in professional athletes. *Sci Sports.* 2018;33(4):e151-e157. doi:10.1016/j.scispo.2018.01.008
419. Morgan WP, Pollock ML. Psychologic characterization of the elite distance runner. *Ann N Y Acad Sci.* 1977;301(1):382-403. doi:10.1111/j.1749-6632.1977.tb38215.x
420. Englert C, Bertrams A, Furley P, Oudejans RRD. Is ego depletion associated with increased distractibility? Results from a basketball free throw task. *Psychol Sport Exerc.* 2015;18:26-31. doi:10.1016/j.psychsport.2014.12.001
421. Seli P, Beaty RE, Marty-Dugas J, Smilek D. Depression, anxiety, and stress and the distinction between intentional and unintentional mind wandering. *Psychol Conscious Theory Res Pract.* 2019;6(2):163-170. doi:10.1037/cns0000182
422. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CONSORT pour l'écriture et la lecture des essais contrôlés randomisés. *Kinésithérapie Rev.* 2015;15(157):28-33. doi:10.1016/j.kine.2014.11.002
423. Butcher NJ, Monsour A, Mew EJ, et al. Guidelines for reporting outcomes in trial reports: the CONSORT-outcomes 2022 extension. *JAMA.* 2022;328(22):2252. doi:10.1001/jama.2022.21022
424. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang AG. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods.* 2009;41(4):1149-1160. doi:10.3758/BRM.41.4.1149
425. Girandola F, Joule RV. La communication engageante : aspects théoriques, résultats et perspectives. *L'Année Psychol.* 2012;112(1):115-143. doi:10.3917/anpsy.121.0115

426. Gracia Gozalo RM, Ferrer Tarrés JM, Ayora Ayora A, Alonso Herrero M, Amutio Kareaga A, Ferrer Roca R. Application of a mindfulness program among healthcare professionals in an intensive care unit: Effect on burnout, empathy and self-compassion. *Med Intensiva*. 2019;43(4):207-216. doi:10.1016/j.medin.2018.02.005
427. Nien JT, Wu CH, Yang KT, et al. Mindfulness training enhances endurance performance and executive functions in athletes: an event-related potential study. *Neural Plast*. 2020;2020:8213710. doi:10.1155/2020/8213710
428. Ojeda-Aravena A, Herrera-Valenzuela T, Valdés-Badilla P, Cancino-López J, Zapata-Bastias J, García-García JM. Effects of 4 weeks of a technique-specific protocol with high-intensity intervals on general and specific physical fitness in taekwondo athletes: an Inter-individual analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3643. doi:10.3390/ijerph18073643
429. Alcantara JMA, Plaza-Florido A, Amaro-Gahete FJ, et al. Impact of using different levels of threshold-based artefact correction on the quantification of heart rate variability in three independent human cohorts. *J Clin Med*. 2020;9(2):325. doi:10.3390/jcm9020325
430. Saddek B, Mourot L, Coquart J, Adel B, Moulay Idriss M, Ali B. The 180/20 intermittent athletic test: a new intermittent track test to assess the maximal aerobic speed in middle-distance runners. *Rev Andal Med Deporte*. 2021;15. doi:10.33155/j.ramd.2021.08.001
431. Shephard RJ, Vandewalle H, Gil V, Bouhlef E, Monod H. Respiratory, muscular, and overall perceptions of effort: the influence of hypoxia and muscle mass. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(5):556-567.
432. Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehabil Med*. 1970;2(2):92-98.
433. Coquart JB, Tourny-Chollet C, Lemaître F, Lemaire C, Grosbois JM, Garcin M. Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012;55(9-10):623-640. doi:10.1016/j.rehab.2012.07.003
434. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(1):147-155. doi:10.1007/s00421-012-2421-x
435. Tanda G, Knechtle B. Marathon performance in relation to body fat percentage and training indices in recreational male runners. *Open Access J Sports Med*. 2013;4:141-149. doi:10.2147/OAJSM.S44945
436. Hayotte M, Iannelli A, Nègre V, et al. Effects of technology-based physical activity interventions for women after bariatric surgery: study protocol for a three-arm randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2021;11(7):e046184. doi:10.1136/bmjopen-2020-046184
437. Touillaud M, Fournier B, Pérol O, et al. Connected device and therapeutic patient education to promote physical activity among women with localised breast cancer (DISCO trial): protocol for a multicentre 2x2 factorial randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2021;11(9):e045448. doi:10.1136/bmjopen-2020-045448
438. Campa F, Toselli S, Mazzilli M, Gobbo LA, Coratella G. Assessment of body composition in athletes: a narrative review of available methods with special reference to quantitative and qualitative bioimpedance analysis. *Nutrients*. 2021;13(5):1620. doi:10.3390/nu13051620

439. Mack Inocentio D. *Condition physique et santé : du diagnostic à l'activité physique personnalisée chez le senior (ASM Vitality Test)*. Thèse. Clermont Ferrand; 2019.
440. Shadish WR, Cook TD, Campbell DT. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*. Cengage Learning; 2002.
441. Bompa T, Buzzicheli C. *Periodization-6th edition: theory and methodology of training*. Human Kinetics; 2019.
442. Meeusen R, Duclos M, Foster C, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the european college of sport science and the american college of sports medicine. *Med Sci Sports Exerc.* 2013;45(1):186-205. doi:10.1249/MSS.0b013e318279a10a
443. Gardner FL, Moore ZE. Mindfulness-based and acceptance-based interventions in sport and performance contexts. *Curr Opin Psychol.* 2017;16:180-184. doi:10.1016/j.copsyc.2017.06.001
444. Esco MR, Flatt AA. Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: evaluating the agreement with accepted recommendations. *J Sports Sci Med.* 2014;13(3):535-541.
445. Robertson R. Perceived exertion for practitioners: rating effort with the OMNI picture system. In: Human kinetics; 2004.
446. Gearhart RF, Becque MD, Hutchins MD, Palm CM. Comparison of memory and combined exercise and memory-anchoring procedures on ratings of perceived exertion during short duration, near-peak-intensity cycle ergometer exercise. *Percept Mot Skills.* 2004;99(3 Pt 1):775-784. doi:10.2466/pms.99.3.775-784
447. James D, Larkey LK, Evans B, Sebren A, Goldsmith K, Smith L. Pilot study of tai chi and qigong on body composition, sleep, and emotional eating in midlife/older women. *J Women Aging.* 2022;34(4):449-459. doi:10.1080/08952841.2021.2018924
448. Hyatt HW, Kavazis AN. Body composition and perceived stress through a calendar year in NCAA I female volleyball players. *Int J Exerc Sci.* 2019;12(5):433-443.
449. Fuentes Artilles R, Staub K, Aldakak L, Eppenberger P, Rühli F, Bender N. Mindful eating and common diet programs lower body weight similarly: Systematic review and meta-analysis. *Obes Rev.* 2019;20(11):1619-1627. doi:10.1111/obr.12918
450. Nourrit D, Delignières D, Caillou N, Deschamps T, Lauriot B. On discontinuities in motor learning: a longitudinal study of complex skill acquisition on a ski-simulator. *J Mot Behav.* 2003;35(2):151-170. doi:10.1080/00222890309602130
451. Delignières D. L'apprentissage moteur. In: Que sais-je ? Presses Universitaires de France; 2008:80-97. <https://www.cairn.info/psychologie-du-sport--9782130565819-p-80.htm>
452. Bertsch J, Le Scanff C. *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissages*. Bertsch et C. Le Scanff (éd.). puf; 1995.
453. Ekkekakis P, Parfitt G, Petruzzello SJ. The pleasure and displeasure people feel when they exercise at different intensities. *Sports Med.* 2011;41(8):641-671. doi:10.2165/11590680-000000000-00000

454. Bishop SR, Lau M, Shapiro S, et al. Mindfulness: a proposed operational definition. *Clin Psychol Sci Pract.* 2004;11:230-241. doi:10.1093/clipsy.bph077
455. Hölzel BK, Lazar SW, Gard T, Schuman-Olivier Z, Vago DR, Ott U. How does mindfulness meditation work? Proposing mechanisms of action from a conceptual and neural perspective. *Perspect Psychol Sci.* 2011;6(6):537-559. doi:10.1177/1745691611419671
456. Lindsay EK, Young S, Brown KW, Smyth JM, Creswell JD. Mindfulness training reduces loneliness and increases social contact in a randomized controlled trial. *Proc Natl Acad Sci.* 2019;116(9):3488-3493. doi:10.1073/pnas.1813588116
457. Aloulou A, Duforez F, Léger D, Laroche Lambert QD, Nedelec M. The relationships between training load, type of sport, and sleep among high-level adolescent athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(6):890-899. doi:10.1123/ijsp.2020-0463
458. Hudson NW, Lucas RE, Donnellan MB. Day-to-day affect is surprisingly stable: A two-year longitudinal study of well-being. *Soc Psychol Personal Sci.* 2017;8(1):45-54. doi:10.1177/1948550616662129
459. Bazarko D, Cate RA, Azocar F, Kreitzer MJ. The impact of an innovative mindfulness-based stress reduction program on the health and well-being of nurses employed in a corporate setting. *J Workplace Behav Health.* 2013;28(2):107-133. doi:10.1080/15555240.2013.779518
460. Hecht FM, Moskowitz JT, Moran P, et al. A randomized, controlled trial of mindfulness-based stress reduction in HIV infection. *Brain Behav Immun.* 2018;73:331-339. doi:10.1016/j.bbi.2018.05.017
461. Vidic Z, St. Martin M, Oxhandler R. Mindfulness intervention with a U.S. women's NCAA division I basketball team: impact on stress, athletic coping skills and perceptions of intervention. *Sport Psychol.* 2017;31(2):147-159. doi:10.1123/tsp.2016-0077
462. Longshore K, Sachs M. Mindfulness training for coaches: a mixed-method exploratory study. *J Clin Sport Psychol.* 2015;9(2):116-137. doi:10.1123/jcsp.2014-0038
463. Shankland R, Kotsou I, Cuny C, Strub L, Brown N. Reducing current limitations in order to enhance the quality of subjective well-being research: the example of mindfulness. In: ; 2017:107-132. doi:10.1007/978-3-319-61810-4\_6
464. Barbry A, Annie C, Ovigneur H, Coquart J. Effects of an 8-week of brief mindfulness meditation combined with a running programme on physical performances and health in runners: a randomized controlled study. Congress presented at: 28th annual congress of the european college of sport science; July 6, 2023; Paris, France. doi:10.13140/RG.2.2.13680.84484
465. Breniaux R, Sondt N, Fournier J, Levillain G, Vacher P, Bernier M. Validation interne et analyse du fonctionnement différentiel des items du Mindfulness Inventory for Sport version française. 20th ACAPS international congress presented at: November 30, 2023; Reims, France.
466. Di Corrado D, Quartiroli A, Coco M. Editorial: psychological and motor associations in sports performance: a mental approach to sports. *Front Psychol.* 2021;12:629944. doi:10.3389/fpsyg.2021.629944
467. Carton A, Barbry A, Bernier M, Ovigneur H, Coquart J. Effects of a brief mindfulness and running programs on mindfulness skills and well-being among trained runners. International congress presented at: 28th annual congress of the european college of sport science; July 8, 2023; Paris, France. doi:10.13140/RG.2.2.28769.89449

468. Djernis D, Lerstrup I, Poulsen D, Stigsdotter U, Dahlgard J, O'Toole M. A systematic review and meta-analysis of nature-based mindfulness: effects of moving mindfulness training into an outdoor natural setting. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(17):3202. doi:10.3390/ijerph16173202
469. Richter N, Hunecke M. Mindfulness, connectedness to nature, personal ecological norm and pro-environmental behavior: A daily diary study. *Curr Res Ecol Soc Psychol*. 2022;3:100038. doi:10.1016/j.cresp.2022.100038
470. Soriano-Ayala E, Amutio A, Franco C, Mañas I. Promoting a healthy lifestyle through mindfulness in university students: a randomized controlled trial. *Nutrients*. 2020;12(8):2450. doi:10.3390/nu12082450
471. Guoin J, Wenzel K, Deschenes S, Dang-Vu T. Heart rate variability predicts sleep efficiency. *Sleep Med*. 2013;14:e142. doi:10.1016/j.sleep.2013.11.321
472. Moore IS. Is there an economical running technique? A review of modifiable biomechanical factors affecting running economy. *Sports Med Auckl Nz*. 2016;46:793-807. doi:10.1007/s40279-016-0474-4
473. Matko K, Sedlmeier P. What is meditation? Proposing an empirically derived classification system. *Front Psychol*. 2019;10:2276. doi:10.3389/fpsyg.2019.02276
474. Colzato LS, Kibebe A. How different types of meditation can enhance athletic performance depending on the specific sport skills. *J Cogn Enhanc*. 2017;1(2):122-126. doi:10.1007/s41465-017-0018-3
475. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie Rev*. 2015;15(157):39-44. doi:10.1016/j.kine.2014.11.004

# ANNEXES

**Annexe 1.** Article 1: *Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. The journal of sports medicine and physical fitness*

Version word avant publication.

**Relationships between sports club participation  
and physical fitness and body mass index in childhood**

Alexis BARBRY<sup>1-2</sup>, Annie CARTON<sup>3</sup>, Hervé OVIGNEUR<sup>2</sup>, Jérémy COQUART<sup>1-4</sup>

<sup>1</sup>Université de Rouen-Normandie, Centre des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Rouen, France

<sup>2</sup>L'Institut des Rencontres de la Forme, Wattignies, France

<sup>3</sup>Université d'Artois, Laboratoire "Sociologie, Histoire, Education, Représentations des Pratiques et Activités Sportives", Liévin, France

<sup>4</sup>Université de Lille, Université d'Artois, Université de Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS-Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Lille, France.

No conflict of interest

No funding

## **Corresponding Author:**

Alexis Barbry, Institut des Rencontres de la Forme, 11 rue de l'Yser (CREPS de Wattignies), 59 139 Wattignies, France. Phone: (+33)646389628. E-mail: [a.barbry@irfo.fr](mailto:a.barbry@irfo.fr)

## **Abstract**

**Background:** Physical fitness (PF) is a powerful determinant of health. The aim of this study was to examine the relationships between sports club (SC) participation and PF, and body mass index (BMI) in children.

**Methods:** The population included 15,625 children (8,029 boys and 7,596 girls) 5 to 10 years old divided into three aged groups. PF was assessed with the Diagnoform<sup>®</sup> Kid from 5 tests measuring different components: cardiorespiratory endurance, muscular strength, speed, coordination, agility and flexibility. BMI was calculated. SC participation was documented. The sports were classified into four categories based on the educational goal (C1, C2, C3, C4). The relationships between sex, age, BMI class and SC participation were tested.

**Results:** The children who practiced in SC had better PF than those who did not. C1 (track and field, swimming, triathlon and cycling) and C4 (team, combat and racket sports) sports seemed to be associated with a better PF.

**Conclusion:** This study showed that SC participation may be an element for building health. Preventive healthcare projects for SC dropouts (obese children and girls) are needed.

**Keywords:** Physical fitness; Sports club participation; BMI class; Sex; Physical activity; Children.

## Introduction

Physical fitness (PF), which is assessed by cardiorespiratory endurance, muscular strength, speed, coordination, agility, flexibility and body composition, is a major determinant of health in children and adolescents.<sup>1</sup> Since 1980, numerous authors<sup>2</sup> have observed a decrease in children's PF.

Authors have shown that PF increases as children grow older.<sup>3</sup> Maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ), an indicator of cardiorespiratory endurance and health in humans, remains relatively stable during the male growth period and decreases slightly during female growth when expressed in relative value ( $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).<sup>4</sup> Muscular strength, improves with children's growth,<sup>3,5</sup> as do speed, coordination and agility, although flexibility does not.<sup>3,5</sup> Indeed, older boys and girls are not more flexible than younger children.<sup>5,6</sup> Differences in PF have also been observed between boys and girls, with boys usually having better PF.<sup>3,5</sup> The cardiorespiratory endurance of boys between 6 and 12 years old seems to be better than that of girls of the same age.<sup>3,6</sup> Sex also affects muscular strength, speed and coordination, with higher values in boys than girls.<sup>5</sup> However, girls between 6 and 12 years seem to perform better than boys of the same age in tests of flexibility.<sup>3</sup> Indeed, girls participate more often than boys in sports that develop flexibility in training sessions (*e.g.*, gymnastics and dance).<sup>7</sup>

Other feature that impact PF is body mass index (BMI).<sup>8</sup> Indeed, children classified as overweight or obese have lower PF than normal-weight children with a normal BMI.<sup>8</sup> This may be associated with higher levels of SB and lower levels of regular PA.<sup>8,9</sup>

Sports clubs (SC) are settings that have a notable impact on the PF of participating children.<sup>10</sup> Indeed, SC participation appears to generally affect the development of children's cardiorespiratory endurance, muscular strength, speed and coordination.<sup>10</sup> But, flexibility does not seem to differ much between children and adolescents who participate in SC and those who do not.<sup>10</sup> However, to our knowledge, no study has evaluated the effect of a specific sports on PF and few studies have evaluated the relationships between PF, BMI class in a large sample of children under 11 years old.

The main aim of this study was to measure the relationships between of out-of-school sports practice (*i.e.*, in a SC), BMI class and PF in girls and boys between 5 and 10 years old.

## Materials and Methods

### *Experimental approach*

This study was based on data from the “Observatory of French physical fitness<sup>®</sup>” using the Diagnoform<sup>®</sup> program, which has been used in numerous studies.<sup>3,11</sup> Data were collected in several regions of France between 2007 and 2019. All data obtained for the “Observatory of French physical fitness<sup>®</sup>”. This study was approved by the National Ethics Committee for Research in Sports Sciences (IRB00012476-2021-28-05-109). Written informed consent was obtained from legal guardians thanks to a note written in the children's school follow-up booklet, prior to the study commencement (the study aims were explained to both children and parents). An audit of the complete dataset was performed and aberrant data were excluded. The population included 15,625 children (8,029 boys and 7,596 girls). The data were categorized into three groups: children aged of 5-6 years, 7-8 years, and 9-10 years.

### *Individual characteristics*

Height and body mass were measured, with participants wearing no shoes and only light clothing. BMI was calculated by dividing the mass (in kg) by the height (in m) squared. Then the BMI status (*e.g.*, underweight, normal range, overweight and obese) was assessed using the International Obesity Task Force (IOTF) scale.<sup>12</sup>

The children were then asked which sport they practiced in a SC. The sports were classified into categories according to the official bulletin of France’s national physical education program.<sup>13</sup> The four categories are as follows: C1 (goal: achieve a maximal motor performance measurable on a given day), which includes track and field, swimming, triathlon and cycling; C2 (goal: move by adapting movements in a varied and uncertain environment), which includes canoeing-kayaking, horse riding, ice sports and sailing; C3 (goal: achieve a physical performance that is artistic or acrobatic), which includes dance and gymnastics; and C4 (goal: lead and manage an individual or collective confrontation), which includes team sports (soccer, basketball, handball, hockey, etc.), combat sports (boxing, martial arts, fencing and wrestling) and racket sports (badminton, tennis and table tennis).

### *Tests of the Diagnoform® Kid*

The validity and reliability of the tests included in the Diagnoform® program were previously detailed<sup>11</sup> and the program has been used in several studies to measure PF in children.<sup>3,14,15</sup> It is composed of five tests that measure five physical capacities: cardiorespiratory endurance, muscular strength, speed, coordination and flexibility.

#### *Cardiorespiratory endurance*

Cardiorespiratory endurance was measured by an adapted and validated version of the shuttle run-walk test for 6 min.<sup>11</sup> Children were instructed to run or walk as far as possible in 6 min between two cones located 20 m apart. The distance covered by the child was recorded (m).

#### *Muscular strength*

Muscular strength in the lower limbs was assessed by the standing broad jump test. This test was validated for children by Fernandez Santos et al.<sup>16</sup> Standing in the starting position immediately behind a line with the feet approximately shoulder-width apart, the children jumped as far as possible with their feet together. The result was recorded in cm.

#### *Speed*

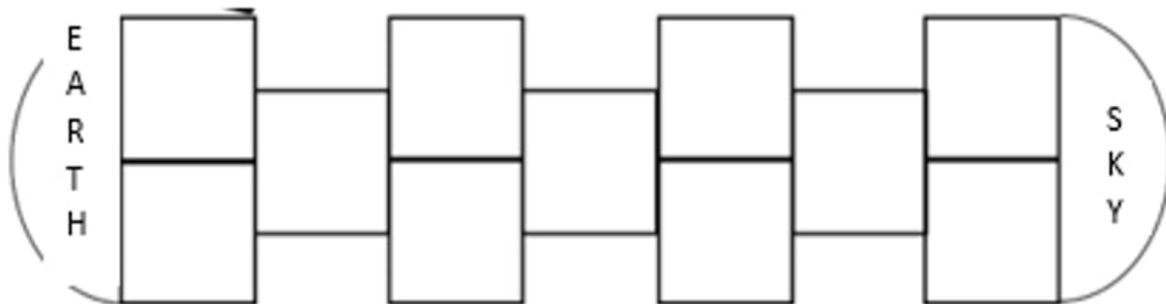
Speed was assessed as the children ran as fast as possible for 5 seconds. This test has been used in other studies.<sup>3,11</sup> The children stood still in a comfortable position, feet behind the starting line, with no rocking movement. The test began on the whistle and was concluded when the countdown reached zero and a noise sounded. The distance covered by the runner was expressed in m.

#### *Coordination*

According to Mouraby et al.<sup>11</sup> and Vanhelst et al.<sup>3</sup> coordination was assessed using the hopscotch test (Figure 1: Representation of the hopscotch test). The children stood still in a comfortable position, with their feet on the “earth” half-circle with no rocking movements. They then performed the hopscotch test as quickly as possible by hopping on one foot into each box. When they arrived on the “sky” half-circle, they turned as quickly as possible and returned to the “earth.” The stopwatch was stopped when the children touched “earth” with their second foot. The time it took to complete the test was recorded to the nearest tenth of a

second and any mistakes were also recorded. Each child performed the test twice. The better performance was retained for each child. Each side of the squares was 45 cm. The hopscotch length was 3.65 m.

**Figure 1:** Representation of the hopscotch test



#### *Flexibility*

Flexibility was assessed by measuring the children's ability to bend forward from a standing position and touch the floor. This test was validated by Perret et al.<sup>17</sup> From a standing position and with both legs straight, the children progressively flexed their trunk and reached down as far as possible with their hands. They maintained the position for 3 seconds. The test results were indexed as follows: a score of 5 for placing the hands entirely flat on the ground; 4 for three fingers on each hand touching the ground; 3 for fingers reaching the ankle (on the talus); 2 for fingers reaching the tibia (midway between the astragal and the tibial tuberosity); and 1 for fingers/hands reaching the knees (patella).

#### *Quotient of physical fitness*

The PF quotient considered the results of all the Diagnoform® tests, except flexibility. Each Diagnoform® test was scored out of 20 and his percentile value.<sup>3</sup> After the test, the software calculated the score of each test (cardiorespiratory endurance fitness, muscular strength, speed, coordination, and flexibility). We then added the scores, divided the sum by 4 and multiplied it by 5 to have the PF quotient out of 100.

#### *Statistical analysis*

Data are expressed as the mean  $\pm$  standard deviation for continuous variables. For categorical data, the sample size and frequencies are presented. For continuous variables, the normality

of the distribution was verified with a Shapiro-Wilk test, and the equality of variances was assessed with Levene's test.

To analyse the differences between age group and sex on these variables, two-way ANOVA (analysis of variance) was executed with sex (girls vs boys) and age group (5-6 years vs 7-8 years vs 9-10 years) as the between-subject factors. When significant differences were obtained, a Bonferroni *post-hoc* test determined where the differences lay. For categorical data, the frequencies were compared using Pearson's Chi-square test.

To analyse the differences according to BMI class (underweight vs normal weight vs overweight vs obesity) on the PF quotient, a one-way ANOVA was executed. A Bonferroni *post-hoc* test was conducted when significant differences were noted. The performances for each PF test were also compared according to the sports classification (C1 vs C2 vs C3 vs C4) in the children practicing in a SC (one-way ANOVA and Bonferroni *post-hoc* test when significant differences were noted).

The proportion of children in each BMI class was determined with Pearson's Chi-square test. Statistical significance was set at  $p < 0.05$  and all analyses were performed with Statistical Package for the Social Sciences (release 18.0, Chicago, IL, USA).

ResultsThe table 1 presents the socio-demographic characteristics and sport license according to age and sex. The table 2 presents the performances during the tests. Figure 2 shows the PF quotient according to the BMI class. These BMI classes differed from each other ( $p < 0.001$ ), except for underweight and overweight ( $p = 0.319$ ).

Regardless of age group, a higher percentage of boys than girls practiced their sport in a SC ( $p < 0.001$ ). In all age groups, girls practiced sports classed C2 and C3 more frequently than boys ( $p < 0.05$ ), whereas boys practiced more C4 sports ( $p < 0.001$ , Table 1).

Cardiorespiratory endurance was better for children practicing sports in C1 and C4 ( $p < 0.001$ , Table 3) compared to C2 and C3. Muscular strength and speed were better for children in C4 compared to C1, C2 and C3 ( $p < 0.001$ ), but coordination was poorer for C4 compared to C1 and C3 ( $p < 0.01$ ). Flexibility was higher for children in C3 than in C1 and C2, and lower for those in C4 ( $p < 0.001$ ). Children in C1 and C4 had higher PF quotients than those in C2 and C3 ( $p < 0.05$ ).

Children without SC practice were more often obese ( $p < 0.001$ ) and had a normal BMI range less often ( $p < 0.001$ ; Table 4). Significantly more children were obese and fewer were normal weight in C4 compared to C3 ( $p < 0.05$ ; Table 4).

## Discussion

The current study showed that only 48.2% of the children classified as obese practiced in a SC, whereas 55 to 58% of the children in the other BMI classes (underweight, normal weight and overweight) did so (Table 4). Ebenegger et al.<sup>18</sup> found that SC participation was associated with lower body fat percentage. Moreover, children in a SC were more physically active and practiced more moderate-to-vigorous PA than those who were not.<sup>19</sup> Children classified as obese were less physically active than normal-weight children and therefore obesity seemed to be associated with physical inactivity and SB.<sup>8</sup>

The complementary analysis also suggested that the difference in general PF between obese and normal-weight boys and girls increases during childhood. Indeed, the variation in PF between obese and normal-weight children expressed in percentage was greater at 9-10 years (17.7%) than 5-6 years (14.2%), suggesting the importance of promoting a physically active lifestyle and PA from an early age.

In line with other studies,<sup>7</sup> the present study also suggested that boys more often practice their sport in a club (Table 1). This result can be explained by the observations that the possibility of working in the sports field is more attractive to men than women<sup>20</sup> and that male athletes are more often celebrated in the press,<sup>21</sup> thus encouraging more boys to hope for careers in sport. Moreover, girls seem to be less apt to engage in sports than boys because they might feel less competent, and thus sports seem to be less important to them.<sup>22</sup> As they may think they have fewer physical resources than boys and they might feel weaker, they could invest in areas that are more important for their social success (*e.g.* homework, painting, etc.), tacitly acknowledging the strong masculine tradition in sport.<sup>20</sup>

Boys also practiced C4 sports more often than girls (Table 1), which also could underline the strong masculine tradition in team sports (C4).<sup>23</sup> Indeed, competition and confrontation have long been associated with masculinity as opposed to femininity and are strongly emphasized in team sports.<sup>22</sup> Inversely, girls more frequently practiced C2 and C3 sports. The "Ministère de la Jeunesse des Sports et de la Vie associative"<sup>7</sup> found the same results, noting that girls make up 98% of the "Fédération Française de danse" and 78% in the "Fédération Française de

Gymnastique,” both of which are C3 sports. Our results thus show the impact of sex in the choice of sport. In line with the literature<sup>10,19</sup> and independently of age and sex, the children who practiced a sport in a club had a better general level of PF than the others. However, our results are more detailed than those of other studies as they show the differences in PF according to the four categories of sports from the official bulletin of France’s national physical education program.<sup>13</sup> Children practicing C1 (track and field, swimming, triathlon and cycling) and C4 (team, combat, and racket sports) sports had better PF than children practicing C2 (canoeing-kayaking, horse riding, ice sports and sailing) and C3 (dance and gymnastics; Table 3) sports. Indeed, the cardiorespiratory system is more solicited by sports in C1 and C4 than C2 and C3, which impacts PF. A factor that would explain the lower PF in children practicing C3 sports is the non-inclusion of flexibility in the calculation of the PF quotient.

More especially, children in C1 and C4 SC had better cardiorespiratory endurance than children in C2 and C3 clubs (Table 3). This could be explained among others by the sports that compose C1 and C4. For example, physiologically, soccer (the main sport in C4: 42.7%) is essentially composed of intermittent aerobic exercises that impact the PF level, especially cardiorespiratory endurance.<sup>24</sup> Moreover, the C1 sports (track and field, swimming, triathlon and cycling) in the youngest age groups rely heavily on circuit training with short recoveries between repetitions, and this also positively impacts cardiorespiratory endurance.<sup>24</sup>

The C4 children had greater muscular strength and speed than the others (Table 3), likely due to the critical role of strength in C4 sports. For example, for soccer and combat sports (respectively, 42.7 and 25.2% for C4), muscular strength is an important component of performance.<sup>25</sup> The speed result is probably associated to the greater muscular strength in the C4 children. Improving strength can be used to develop speed capacity.<sup>26</sup> Thus, the relationship between strength and speed might explain the similar results for these two components of PF. Our study also showed that C4 children were less coordinated than C1 and C3 children. This result is startling because C4 sports require many directional changes, which was tested by the hopscotch test. However, it might also be explained by the particularly high percentage of boys in C4 (79.5%) compared to girls (Table 1). Indeed, we showed that girls are more coordinated than boys, and the low percentage of girls in C4 may have impacted this result.

The study indicated that C3 children showed the greatest flexibility and C4 children showed the least. The repetition of stretching in C3 training sessions would explain this result. For example, the “Fédération Française de Gymnastique” (gymnastics accounted for 44.5% of the C3

children) recommends that children practicing club gymnastics have two stretching sessions per workout (Livret de presentation Access Gym Général, Fédération Française de Gymnastique). Similarly, several authors<sup>27</sup> have suggested that flexibility is a major component of performance in dance (55.5% for C3). We can therefore assume that the C3 children were more flexible because they stretched a lot, given that flexibility is a major component of performance in these sports. The lower result for C4 sports would be explained by the low percentage of girls in this group (20.5%).

Our study also suggests that more children in C4 sports were obese and fewer were normal weight than in C3 sports. One explanation would be that too little body fat in contact sports like team sports does not offer enough protection from injury. Indeed, this probably explains why more than 50% of young French rugby players are overweight or obese.<sup>28</sup> Moreover, the dancer's morphology (55.5% for C3) is different from that of the mainstream population: dancers are often thinner, with lower BMIs and a lower body fat percentage.<sup>29</sup> In terms of aesthetics, dance is often associated with lightness. Therefore, more C4 children were obese and fewer were normal-weight compared with C3 children. Inversely, an excess of body fat negatively impacts performance in C1 sports because performance requires carrying the body forward without contact with an opponent.<sup>30</sup>

Our study has both strengths and limitations. The main strength is the large sample of children from France who have followed the Diagnoform<sup>®</sup> program. One of the limitations is the number of sports practiced by the children. Indeed, for the children who practiced club sports, we selected those most popular with the children and did not consider the other sports. Moreover, we could only determine whether or not the children practiced in a club but did not assess the frequency or practice level.

## **Conclusion**

Our study suggested that, among 5- to 10-year-old children, fewer girls practiced in SC than boys and SC participation was lowest for children classified as obese. The difference in PF level between normal-weight and children classified as obese was greater at 9-10 years than at 5-6 years. For both PF and cardiorespiratory endurance, C1 (track and field, swimming, triathlon and cycling) and C4 (team, combat, and racket sports) sports seem to increase PF level. However, flexibility was best in C3 sports (dance and gymnastics). For muscular strength and speed, C4 sports seem to be the best for developing these two components of PF.

The promotion of preventive health projects for primary school children is crucial to improve PF, PA levels and SC participation, to combat the burden of overweight and obesity and to improve the health status of children. The SC dropouts (children classified as obese and girls) need to be targeted for future projects. To attract these SC dropouts in the sports club, we suggest developing a sport-health offer within sports club for children (as a continuation of school physical education) by proposing a more playful sports practice in order to get away from this essentially competitive logic. Our results also suggested the importance of acting as soon as possible to build positive attitudes about sport to ensure children's future health. Subsequently, it would be interesting to better identify a sport rather than to consider a group of sports.

### **Authors' contribution section**

Alexis Barbry, Annie Carton, Hervé Ovigneur and Jérémy Coquart contributed to the study design, literature review, data gathering, manuscript writing, and to the data analyses and interpretation. All authors read the final version, approved the publication of the manuscript, and agreed to be accountable for all aspects of the work.

### **References**

1. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes* 2005. 2008;32(1):1-11. doi:10.1038/sj.ijo.0803774
2. Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 Studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med*. 2003;33(4):285-300. doi:10.2165/00007256-200333040-00003
3. Vanhelst J, Ternynck H, Ovigneur H, Deschamps T. Normative health-related fitness values for French children: The Diagnoform Programme. *Scandinavian Journal Medicine Science*. 2019:1-10.
4. Wilmore JH, Costill DL, Kenney L. *Physiologie du sport et de l'exercice*. De Boeck Supérieur; 2017.
5. Emeljanovas A, Mieziene B, Cesnaitiene VJ, Fjortoft I, Kjønniksen L. Physical fitness and anthropometric values among Lithuanian primary school children: population-based cross-sectional study. *J Strength Cond Res*. 2020;34(2):414-421. doi:10.1519/JSC.0000000000003387
6. De Miguel-Etayo P, Gracia-Marco L, Ortega FB, et al. Physical fitness reference standards in European children: the IDEFICS study. *Int J Obes* 2005. 2014;38 Suppl 2:S57-66. doi:10.1038/ijo.2014.136

7. Ministère de la Jeunesse des Sports et de la Vie associative, Institut national du sport et de l'éducation physique, Mignon P, Truchot G, eds. Les jeunes. In: *Les Pratiques Sportives En France : Enquête 2000*. Statistiques, Repères, Analyses. INSEP-Éditions; 2018:35-40. Accessed July 6, 2020. <http://books.openedition.org/insep/837>
8. Raistenskis J, Sidlauskiene A, Strukcinskiene B, Uğur Baysal S, Buckus R. Physical activity and physical fitness in obese, overweight, and normal-weight children. *Turk J Med Sci*. 2016;46(2):443-450. doi:10.3906/sag-1411-119
9. Tremblay MS, LeBlanc AG, Kho ME, et al. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2011;8(1):1-22. doi:10.1186/1479-5868-8-98
10. Drenowatz C, Greier K, Ruedl G, Kopp M. Association between Club Sports Participation and Physical Fitness across 6- to 14-Year-Old Austrian Youth. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(18). doi:10.3390/ijerph16183392
11. Mouraby R, Tafflet M, Nassif H, Toussaint J-F, Desgorces F-D. Fiabilité et validation de la batterie de tests physiques Diagnoform. *Sci Sports*. 2012;27(1):50-53. doi:10.1016/j.scispo.2011.01.011
12. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*. 2000;320(7244):1240-1243. doi:10.1136/bmj.320.7244.1240
13. Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. Programme d'enseignement commun et d'enseignement optionnel d'éducation physique et sportive pour la classe de seconde générale et technologique et pour les classes de première et terminale des voies générale et technologique. Published online 2019. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901574A.htm>
14. Duclos M, Lacomme P, Lambert C, et al. Is physical fitness associated with the type of attended school? A cross-sectional analysis among 20.000 adolescents. *J Sports Med Phys Fitness*. Published online March 9, 2021. doi:10.23736/S0022-4707.21.12203-0
15. Nassif H, Sedeaud A, Abidh E, et al. Monitoring fitness levels and detecting implications for health in a French population: an observational study. *BMJ Open*. 2012;2(5):e001022. doi:10.1136/bmjopen-2012-001022
16. Fernandez-Santos J, Ruiz J, Cohen D, González-Montesinos J, Castro-Piñero J. Reliability and validity of tests to assess lower-body muscular power in children. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc*. 2015; Publish Ahead of Print. doi:10.1519/JSC.0000000000000864
17. Perret C, Poiraudreau S, Fermanian J, Benhamou M, Revel M. Validity, reliability, and responsiveness of the Fingertip-to-floor Test. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82:1566-1570. doi:10.1053/apmr.2001.26064

18. Ebenegger V, Marques-Vidal P, Kriemler S, et al. Differences in aerobic fitness and lifestyle characteristics in preschoolers according to their weight status and sports club participation. *Obes Facts*. 2012;5(1):23-33. doi:10.1159/000336603
19. Larsen MN, Nielsen CM, Ørntoft CØ, et al. Physical fitness and body composition in 8-10-Year-Old Danish children are associated with sports club participation. *J Strength Cond Res*. 2017;31(12):3425-3434. doi:10.1519/JSC.0000000000001952
20. Ayral S, Raibaud Y, eds. *Pour en finir avec la fabrique des garçons. Volume 2 : Loisirs, Sport, Culture*. Maison des Sciences de l'Homme d'Aquitaine; 2019. Accessed July 6, 2020. <http://books.openedition.org/msha/1146>
21. Héas S, Bodin D, Robène L, Meunier D, Blumrod J. Sports et publicités imprimées dans les magazines en France : une communication masculine dominante et stéréotypée ? *Études Commun Lang Inf Médiations*. 2006;(29):131-156. doi:10.4000/edc.391
22. Fredricks JA, Eccles JS. Family socialization, gender, and sport motivation and involvement. *J Sport Exerc Psychol*. 2005;27(1):3-31. doi:10.1123/jsep.27.1.3
23. Lentillon V. Les stéréotypes sexués relatifs à la pratique des activités physiques et sportives chez les adolescents français et leurs conséquences discriminatoires. *Bull Psychol*. 2009;Numéro 499(1):15-28.
24. Fernandes L, Oliveira J, Soares-Miranda L, Rebelo A, Brito J. Regular football practice improves autonomic cardiac function in male children. *Asian J Sports Med*. 2015;6(3). doi:10.5812/asjms.24037
25. James LP, Beckman EM, Kelly VG, Haff GG. The neuromuscular qualities of higher- and lower-level mixed-martial-arts competitors. *Int J Sports Physiol Perform*. 2017;12(5):612-620. doi:10.1123/ijsp.2016-0373
26. Reiss D, Prevost P. *La Bible de la préparation physique le Guide scientifique et pratique pour tous*. Amphora; 2017.
27. Yin AX, Geminiani E, Quinn B, et al. The evaluation of strength, flexibility, and functional performance in the adolescent ballet dancer during intensive dance training. *PM R*. 2019;11(7):722-730. doi:10.1002/pmrj.12011
28. Gavarry O, Lentin G, Pezery P, et al. A cross-sectional study assessing the contributions of body fat mass and fat-free mass to body mass index scores in male youth rugby players. *Sports Med - Open*. 2018;4(1):17. doi:10.1186/s40798-018-0130-7
29. Edita S, Srdic Galic B, Barak O. Body mass index, body fat mass and the occurrence of amenorrhea in ballet dancers. *Gynecol Endocrinol Off J Int Soc Gynecol Endocrinol*. 2005;20:195-199. doi:10.1080/09513590400027224
30. Genton L, Mareschal J, Karsegard VL, et al. An increase in fat mass index predicts a deterioration of running speed. *Nutrients*. 2019;11(3). doi:10.3390/nu11030701

**Table 1.** Socio-demographic characteristics and sport license according to age and sex.

	5-6 years		7-8 years		9-10 years	
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls
Sample size (n)	1223 (7.8%)	1167 (7.5%)	4267 (27.3%)	4013 (25.7%)	2539 (16.2%)	2416 (15.5%)
Body mass (kg)	23.4 ± 4.5 <sup>c,d</sup>	23.2 ± 5.0 <sup>c,d</sup>	27.3 ± 5.9 <sup>a,b,d</sup>	27.0 ± 6.2 <sup>b,d</sup>	35.8 ± 8.9 <sup>b,c</sup>	36.2 ± 9.3 <sup>b,c</sup>
Height (cm)	121 ± 6 <sup>a,c,d</sup>	120 ± 6 <sup>c,d</sup>	128 ± 6 <sup>a,b,d</sup>	127 ± 6 <sup>b,d</sup>	140 ± 7 <sup>b,c</sup>	140 ± 8 <sup>b,c</sup>
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	16.0 ± 2.3 <sup>c,d</sup>	16.1 ± 2.7 <sup>c,d</sup>	16.5 ± 2.6 <sup>b,d</sup>	16.6 ± 2.8 <sup>b,d</sup>	18.1 ± 3.4 <sup>b,c</sup>	18.2 ± 3.6 <sup>b,c</sup>
<i>Underweight (n)</i>	84 (6.9%) <sup>c,d</sup>	60 (5.1%) <sup>d</sup>	209 (4.9%) <sup>b,d</sup>	163 (4.1%) <sup>d</sup>	60 (2.4%) <sup>b,c</sup>	55 (2.3%) <sup>b,c</sup>
<i>Normal range (n)</i>	904 (73.9%)	823 (70.5%)	3258 (76.4%) <sup>a,d</sup>	2919 (72.7%) <sup>d</sup>	1832 (72.2%) <sup>a,c</sup>	1665 (68.9%) <sup>c</sup>
<i>Overweight (n)</i>	154 (12.6%) <sup>a,d</sup>	186 (15.9%) <sup>d</sup>	540 (12.7%) <sup>a,d</sup>	621 (15.5%) <sup>d</sup>	467 (18.4%) <sup>b,c</sup>	492 (20.4%) <sup>b,c</sup>
<i>Obesity (n)</i>	81 (6.6%)	98 (8.4%)	260 (6.1%) <sup>a</sup>	310 (7.7%)	180 (7.1%)	204 (8.4%)
Non-sport license (n)	570 (46.6%) <sup>a,c,d</sup>	690 (59.1%) <sup>c,d</sup>	1502 (35.2%) <sup>a,b</sup>	1873 (46.7%) <sup>b,d</sup>	885 (34.9%) <sup>a,b</sup>	1256 (52.0%) <sup>b,c</sup>
Sport license (n)	653 (53.4%) <sup>a,c,d</sup>	477 (40.9%) <sup>c,d</sup>	2765 (64.8%) <sup>a,b</sup>	2140 (53.3%) <sup>b,d</sup>	1654 (65.1%) <sup>a,b</sup>	1160 (48.0%) <sup>b,c</sup>
<i>C1 (n)</i>	101 (15.5%) <sup>a</sup>	71 (14.9%) <sup>c,d</sup>	370 (13.4%) <sup>a</sup>	432 (20.2%) <sup>b</sup>	241 (14.6%)	253 (21.8%) <sup>b</sup>
<i>C2 (n)</i>	8 (1.2%) <sup>a</sup>	21 (4.4%) <sup>c,d</sup>	22 (0.8%) <sup>a</sup>	148 (6.9%) <sup>b</sup>	11 (0.7%) <sup>a</sup>	83 (7.2%) <sup>b</sup>
<i>C3 (n)</i>	25 (3.8%) <sup>a</sup>	240 (50.3%) <sup>c</sup>	106 (3.8%) <sup>a</sup>	1015 (47.4%) <sup>b,d</sup>	45 (2.7%) <sup>a</sup>	447 (38.5%) <sup>c</sup>
<i>C4 (n)</i>	519 (79.5%) <sup>a,c,d</sup>	145 (30.4%) <sup>d</sup>	2267 (82.0%) <sup>a,b</sup>	545 (25.5%) <sup>d</sup>	1357 (82.0%) <sup>a,b</sup>	377 (32.5%) <sup>b,c</sup>

**Legend:** BMI: body mass index; C1: track and field, swimming, triathlon and cycling; C2: canoe-kayak, horse riding, ice sports and sail; C3: dance, gymnastic; C4: soccer, basket-ball, handball, hockey, volleyball, boxing, fencing, martial arts, wrestling, tennis and badminton, table tennis; <sup>a</sup>Significantly different from girls ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup>Significantly different from 5-6 years ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup>Significantly different from 7-8 years ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup>Significantly different from 9-10 years ( $p < 0.05$ ).

**Table 2.** Performances during the tests according to age and sex.

	5-6 years		7-8 years		9-10 years	
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls
Endurance cardiorespiratory (m)	742 ± 92 <sup>a,c,d</sup>	714 ± 84 <sup>c,d</sup>	790 ± 94 <sup>a,b,d</sup>	757 ± 84 <sup>b,d</sup>	817 ± 102 <sup>a,b,c</sup>	781 ± 97 <sup>b,c</sup>
Strength (cm)	109 ± 21 <sup>a,c,d</sup>	100 ± 19 <sup>c,d</sup>	123 ± 21 <sup>a,b,d</sup>	113 ± 20 <sup>b,d</sup>	138 ± 23 <sup>a,b,c</sup>	125 ± 22 <sup>b,c</sup>
Speed (m)	22.1 ± 2.3 <sup>a,c,d</sup>	21.2 ± 2.3 <sup>c,d</sup>	23.5 ± 2.6 <sup>a,b,d</sup>	22.4 ± 2.5 <sup>b,d</sup>	25.5 ± 2.9 <sup>a,b,c</sup>	24.2 ± 2.8 <sup>b,c</sup>
Coordination (s)	9.6 ± 2.6 <sup>a,c,d</sup>	9.1 ± 2.4 <sup>c,d</sup>	8.1 ± 1.9 <sup>a,b,d</sup>	7.6 ± 1.7 <sup>b,d</sup>	6.9 ± 1.5 <sup>a,b,c</sup>	6.6 ± 1.3 <sup>b,c</sup>
Flexibility (score)	3.4 ± 0.9 <sup>a,c,d</sup>	3.8 ± 0.8 <sup>c,d</sup>	3.4 ± 0.9 <sup>a,b,d</sup>	3.7 ± 0.9 <sup>b,d</sup>	3.3 ± 0.9 <sup>a,b,c</sup>	3.6 ± 0.9 <sup>b,c</sup>
Quotient of physical fitness (score)	46.0 ± 8.9 <sup>a,c,d</sup>	44.3 ± 8.4 <sup>c,d</sup>	54.1 ± 9.4 <sup>a,b,d</sup>	52.1 ± 8.7 <sup>b,d</sup>	62.8 ± 10.5 <sup>a,b,c</sup>	60.3 ± 9.4 <sup>b,c</sup>

**Legend:** <sup>a</sup>Significantly different from girls ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup>Significantly different from 5-6 years ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup>Significantly different from 7-8 years ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup>Significantly different from 9-10 years ( $p < 0.05$ )

**Table 3.** Performances during the tests of physical fitness according to sports classification in children with sport license.

	C1	C2	C3	C4
Endurance cardiorespiratory (m)	799 ± 99 <sup>b,c</sup>	767 ± 93 <sup>a,d</sup>	768 ± 82 <sup>a,d</sup>	798 ± 93 <sup>b,c</sup>
Strength (cm)	124 ± 25 <sup>b,c,d</sup>	118 ± 22 <sup>a,d</sup>	118 ± 22 <sup>a,d</sup>	127 ± 23 <sup>a,b,c</sup>
Speed (m)	23.8 ± 2.9 <sup>c,d</sup>	23.3 ± 2.6 <sup>d</sup>	23.1 ± 2.6 <sup>a,d</sup>	24.0 ± 2.8 <sup>a,b,c</sup>
Coordination (s)	7.3 ± 1.8 <sup>d</sup>	7.5 ± 2.1	7.4 ± 1.9 <sup>d</sup>	7.6 ± 1.9 <sup>a,c</sup>
Flexibility (score)	3.5 ± 0.9 <sup>c,d</sup>	3.7 ± 0.9 <sup>c,d</sup>	3.9 ± 0.9 <sup>a,b,d</sup>	3.4 ± 0.9 <sup>a,b,c</sup>
Quotient of physical fitness (score)	57.5 ± 11.4 <sup>b,c</sup>	55.2 ± 10.5 <sup>a,d</sup>	54.8 ± 10.0 <sup>a,d</sup>	57.1 ± 10.6 <sup>b,c</sup>

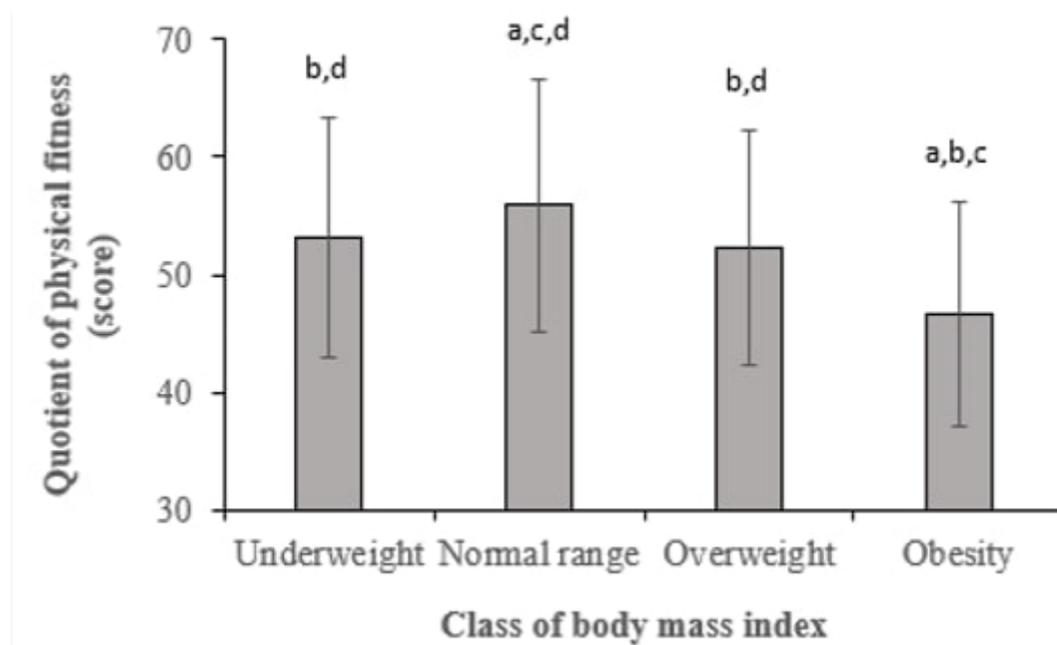
**Legend:** C1: track and field, swimming, triathlon and cycling; C2: canoe-kayak, horse riding, ice sports and sail; C3: dance, gymnastic; C4: soccer, basket-ball, handball, hockey, volleyball, boxing, fencing, martial arts, wrestling, tennis and badminton, table tennis; <sup>a</sup>Significantly different from C1 ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup>Significantly different from C2 ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup>Significantly different from C3 ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup>Significantly different from C4 ( $p < 0.05$ ).

**Table 4.** Prevalence in each class of body mass index according to sports classification.

	Underweight	Normal range	Overweight	Obesity
Non-sport license (n)	278 (44.1%)	4802 (42.1%) <sup>a</sup>	1109 (45.1%)	587 (51.8%) <sup>a</sup>
Sport license (n)	353 (55.9%)	6599 (57.9%)	1351 (54.9%)	546 (48.2%)
<i>C1 (n)</i>	56 (3.8%)	1112 (75.8%)	215 (14.6%)	85 (5.8%)
<i>C2 (n)</i>	8 (2.7%)	229 (78.2%)	42 (14.3%)	14 (4.8%)
<i>C3 (n)</i>	80 (4.3%)	1437 (76.5%) <sup>c</sup>	271 (14.4%)	90 (4.8%) <sup>c</sup>
<i>C4 (n)</i>	209 (4.0%)	3821 (73.3%) <sup>b</sup>	823 (15.8%)	357 (6.9%) <sup>b</sup>

**Legend:** C1: track and field, swimming, triathlon and cycling; C2: canoe-kayak, horse riding, ice sports and sail; C3: dance, gymnastic; C4: soccer, basket-ball, handball, hockey, volleyball, boxing, fencing, martial arts, wrestling, tennis and badminton, table tennis; <sup>a</sup>Significantly different from sport license ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup>Significantly different from C3 ( $p < 0.05$ ).<sup>c</sup>Significantly different from C4 ( $p < 0.05$ ).

Figure 2. Quotient of physical fitness according to the class of body mass index



**Legend:** <sup>a</sup>Significantly different from underweight ( $p < 0.05$ ); <sup>b</sup>Significantly different from normal body mass index range ( $p < 0.05$ ); <sup>c</sup>Significantly different from overweight ( $p < 0.05$ ); <sup>d</sup>Significantly different from obesity ( $p < 0.05$ ).



# Relationships Between Sports Club Participation and Health Determinants in Adolescents and Young Adults

Alexis Barbry<sup>1,2,3\*</sup>, Annie Carton<sup>4†</sup>, Hervé Ovigneur<sup>3</sup> and Jérémy Coquart<sup>1,2†</sup>

<sup>1</sup> Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULRI 7369 - UFRSPSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Lille, France, <sup>2</sup> Université de Rouen-Normandie, Centre des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Rouen, France, <sup>3</sup> L'Institut des Rencontres de la Forme, Wallignies, France, <sup>4</sup> Univ. Artois, Univ. Lille, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULRI 7369 - UFRSPSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Liévin, France

## OPEN ACCESS

### Edited by:

Eugenia Murawska-Ciałowicz,  
University School of Physical  
Education in Wrocław, Poland

### Reviewed by:

Grzegorz Zurek,  
University School of Physical  
Education in Wrocław, Poland  
Pedro Alexandre Duarte-Mendes,  
Instituto Politécnico de Castelo  
Branco, Portugal

### \*Correspondence:

Alexis Barbry  
alexis.barbry@univ-lille.fr

### †ORCID:

Alexis Barbry  
orcid.org/0000-0003-3991-9420  
Annie Carton  
orcid.org/0000-0002-6457-3348  
Jérémy Coquart  
orcid.org/0000-0001-6515-7736

### Specialty section:

This article was submitted to  
Exercise Physiology,  
a section of the journal  
*Frontiers in Sports and Active Living*

Received: 12 April 2022

Accepted: 24 May 2022

Published: 15 June 2022

### Citation:

Barbry A, Carton A, Ovigneur H and  
Coquart J (2022) Relationships  
Between Sports Club Participation  
and Health Determinants in  
Adolescents and Young Adults.  
*Front. Sports Act. Living* 4:918716.  
doi: 10.3389/fspor.2022.918716

Physical fitness is a powerful marker of health in adolescents and young adults. The purpose of this study was to measure the relationships between age, sex, body mass index, and sports club participation on physical fitness. The population included 49,988 participants (23,721 girls and 26,267 boys) who were divided into five age groups (11–12, 13–14, 15–16, 17–18, and 19–21 years). Body mass index was calculated. Physical fitness was assessed with the Diagonorm<sup>®</sup> Tonic battery. Sports club participation was also documented. The practiced sport was collected. The effects of age, sex, body mass index class, and sports club participation were tested. Boys' PF increased with age at a faster rate and was better than that of girls, except for flexibility ( $p < 0.001$ ). For girls, a decrease was observed in endurance, speed and flexibility at 17–18 years. Sports club participation was greater for boys at every age. Obese participants had the lowest physical fitness and sports club participation. Sports club participation increased physical fitness. Team sports seemed best for improving physical fitness, except flexibility. The study shows that sports club participation may be a key element for building health in adolescents. Preventive healthcare projects that promote sports club are needed to target sports club dropouts (obese adolescents and girls). Bridges should be built between physical education classes and sports clubs in adolescence to improve the health status of young people.

**Keywords:** physical activity, body weight, gender, adolescence, BMI class

## INTRODUCTION

Body composition and physical fitness (PF), which includes cardiorespiratory endurance, coordination, muscular strength, speed and flexibility, are powerful markers of health in adolescents and young adults (Ortega et al., 2008).

PF increases as adolescents grow older (Tambalis et al., 2016), but overall boys seem to have better PF than girls during adolescence (Tambalis et al., 2016; Tomkinson et al., 2018). For example, the maximal oxygen uptake ( $\dot{V}O_2\text{max}$  expressed in  $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ), which is an indicator

of cardiorespiratory endurance, is known to slightly decrease during girls' growth and to stagnate or slightly increase during boy's growth (Wilmore et al., 2017). Regarding the other PF components, coordination, power and speed generally improve (Barnett et al., 2016; Tambalis et al., 2016) with age, but the improvements are greater in boys (Tomkinson et al., 2018). Flexibility seems to improve during adolescence in both sexes with a slower increase after 15–16 years (Lee et al., 2017), but girls seem to be more flexible than boys during adolescence (Tambalis et al., 2016; Tomkinson et al., 2018). Therefore, it seems important to consider age and sex when measuring overall PF and its components (i.e., cardiorespiratory endurance, coordination, muscular strength, speed, and flexibility).

Although a stabilizing trend has been noted worldwide in adolescents (Olds et al., 2011), the prevalence of overweight and obesity remains at particularly high levels. These high levels of prevalence can be explained by the increase in sedentary behaviors and the decrease in physical activities (PA) in adolescents (Booth et al., 2019). Low sports club participation (SCP) may also be a factor. Indeed, given that overweight and obesity have been negatively linked with health and PF (Lopes et al., 2019), SCP might protect against the development of overweight and obesity and poor PF. Notably, adolescents (regardless of corpulence) with SCP show on average 20–27% better PF compared to those without SCP (Telford et al., 2016). However, the links between the type of sport practiced, overweight/obesity and PF are not well known.

The main aim of the current study was therefore to evaluate the relationships between age, sex, body mass index (BMI) class and SCP (in 5 sports) on PF in young girls and boys between 11 and 21 years old. We assumed that (i) PF would increase with age in both sexes, (ii) boys would have higher PF than girls, (iii) normal-weight subjects would be those with the best PF, (iv) SCP would be more frequent in boys and normal-weight participants, and (v) some sports (rather than others) would be better for preventing overweight and obesity and/or improving PF.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental Approach

This retrospective study was based on data from the "Observatory of French physical fitness<sup>®</sup>" using the physical tests included in the Diagnoform Tonic<sup>®</sup> battery, which was previously validated (Mouraby et al., 2012). Data were collected in 13 regions of France (mostly in cities) between 2011 and 2019 in schools and universities. All data obtained for the "Observatory of French physical fitness<sup>®</sup>" were anonymized, declared, and approved by the National Commission on Informatics and Liberty (n° 1232206). The aims were carefully explained to the study participants. Written informed consent was obtained from all volunteers and their parents prior to study commencement in accordance with international ethical standards and the Declaration of Helsinki. This study was approved by the National Ethics Committee for Research in Sports Sciences Institutional Review Board 00012476-2021-28-05-109. Data were recorded in an electronic data system. They were categorized in five age groups: 11–12 years ( $11.4 \pm 0.5$ ), 13–14 years ( $13.5 \pm 0.5$ ), 15–16

years ( $15.3 \pm 0.5$ ), 17–18 years ( $17.4 \pm 0.5$ ), and 19–21 years ( $19.6 \pm 0.8$ ). These age groups were chosen because they represent grade levels in schools and universities in France.

### Individual Characteristics

Height and body mass were self-reported by the participants. BMI was calculated. The corpulence was assessed using the International Obesity Task Force scale (Cole et al., 2000). This scale was created from a large database of children and adolescents (i.e., from birth to 18 years old) from six different countries. Centiles curves have been created with the BMI to create specific cut off points according to age and sex (e.g., for more information, see Cole et al.). Moreover, information on SCP and the sport practiced were collected. Before the Diagnoform<sup>®</sup> Tonic tests, the sports educator asked the participants the following question: "Are you a member of a sports club?". If the answer was yes, the sports educator asked them: "What sport do you practice the most?" Only one sport can be given to the instructor. The sport most represented in each of the four categories of the Official Bulletin of French Physical Education (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse., 2019) was separately identified for girls and boys. As recommended and suggested by Barbry et al. (2021), we identified one sport rather than a group of sports. These four categories were: C1 for sports where the goal is to achieve a maximal physical performance measurable on a given day (e.g., athletics, swimming, cycling...), C2 for sports where the goal is to move by adapting movements in a varied and uncertain environment (e.g., rock climbing, horseback riding, sailing...), C3 for sports where the goal is to achieve a physical performance that is artistic or acrobatic (e.g., dance, gymnastics, figure skating...), and C4 for sports where the goal is to lead and manage an individual or collective confrontation (e.g., soccer, basketball, tennis...).

### Tests of the Diagnoform<sup>®</sup> Tonic

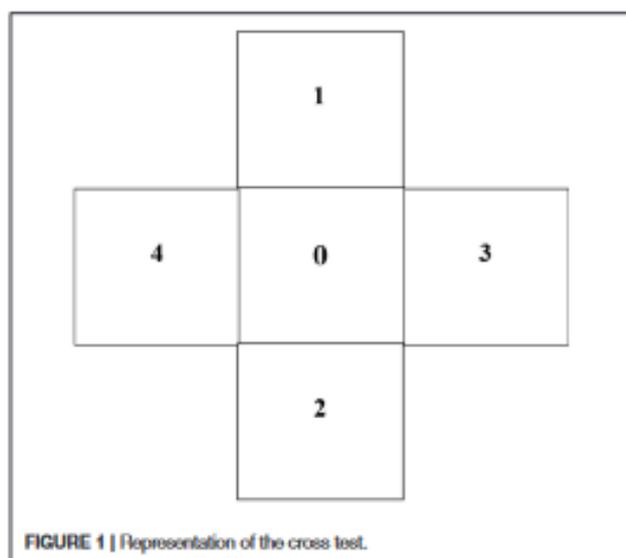
The validity and reliability of the tests included in the Diagnoform Tonic<sup>®</sup> to evaluate the PF components have been previously shown (Mouraby et al., 2012) and recently used by Duclos et al. (2021). The tests were supervised by a sports educator and administered in the following order:

#### Cardiorespiratory Endurance

Cardiorespiratory endurance was assessed by a 3-min shuttle run. The aim was to cover the maximum distance (in meters) during a 3-min run by running back and forth with the obligation to put one foot on a line at each changeover. This test was validated against the 20-m shuttle run reference test (Mouraby et al., 2012).

#### Coordination

Coordination was assessed by the cross test (Figure 1). The cross is composed of five numbers, each in a square with 50-cm sides (0 in the center square, 1 above the center, 2 below the center, 3 to the right of center, and 4 to the left). The participants were asked to jump with feet together as quickly as possible into the squares of the cross for 30 s. They had to do so following the strict number order while jumping into the central square (square 0) between each square. The feet had to be within the square separation lines.



Each jump on a number (except 0) earned 1 point if the order was respected. Each successful cycle earned 4 points. If a mistake was made, the participants had to start a new cycle. This test was previously used by Mouraby et al. (2012).

#### Power

Lower limb power was assessed by the standing broad jump test. From a starting position immediately behind a line, standing with the feet approximately shoulder-width apart, participants jumped as far as possible with their feet together. The result was recorded in cm. A nonslip hard surface was used to perform the test. This test was validated by Fernandez-Santos et al. (2015).

#### Speed

Speed was measured from a 30-m run performed as fast as possible (in seconds). The participants stood still in a comfortable position, feet behind the starting line, with no rocking movement. The test began on a whistle and was concluded when they crossed the finish line. The performance was recorded to the nearest tenth of a second. This test was validated by Vicente-Rodríguez et al. (2011).

#### Arm Strength

Muscular strength for the upper limbs was assessed by the bent-knee push-up test. Participants lay on the ground with hands on both sides of the shoulders. They lifted the feet but kept the knees on the ground. The back was straight and the hips were maintained. They descended slowly by bending the elbows so that the humerus and radius made a right-angle corner (90°). They then had to rise to the initial position by using arm strength. They were asked to repeat this movement as many times as they could. The result was the maximum number of push-up repetitions completed. A supervisor monitored to ensure that the position was correct and counted the number of repetitions.

#### Flexibility

Flexibility was assessed by assessing the participant's ability to bend forward from a standing position and touch the floor. From a standing position and with both legs straight, the participants progressively flexed their trunk and reached down as far as possible with their hands. They maintained the position for 3 s. The test results were indexed as follows: a score of 5 for placing the hands entirely flat on the ground, 4 for three fingers on each hand touching the ground, 3 for fingers reaching the ankle (on the talus), 2 for fingers reaching the tibia (midway between the astragal and the tibial tuberosity), and 1 for fingers/hands reaching the knees (patella). This field test was validated by Perret et al. (2001).

#### Statistical Analysis

Data are expressed as the mean  $\pm$  standard deviation for continuous variables. For categorical data, the sample size and frequencies are presented. For continuous variables, the normality of the distribution was verified with a Kolmogorov-Smirnov test, and equality of variances was analyzed with Levene's test.

For the continuous variables, a one-way ANOVA (analysis of variance) was executed to test the effect of age class for each sex (girls and boys), with the age (11–12 vs. 13–14 vs. 15–16 vs. 17–18 vs. 19–21 years) conditions as the between-subject factors. When significant differences were obtained, a Bonferroni *post-hoc* test was conducted to determine where the differences lay. For categorical data, the frequencies were compared using Pearson's chi-square test.

To test the effects of BMI class (underweight vs. normal weight vs. overweight vs. obesity), SCP and practiced sport on the performances during the PF tests, one-way ANOVAs were executed. A Bonferroni *post-hoc* test was conducted when significant differences were noted. Last, the proportion of participants in each BMI class by sport was analyzed with Pearson's chi-square test.

Statistical significance was set at  $p < 0.05$  and all analyses were performed with the Statistical Package for the Social Sciences (release 18.0, Chicago, IL, USA).

## RESULTS

### Age and Sex

For boys, significant differences were found for endurance between each age group ( $p < 0.001$ , Table 1) in contrast to girls, for whom no significant difference was found between 13–14 and 15–16 years. Girls in the 11–12 age group had better endurance than girls in the 17–18 group ( $p = 0.043$ , Table 1). Regardless of group, boys always had better endurance than girls ( $p < 0.001$ ).

Regarding coordination, a significant increase was found between all age groups ( $p < 0.001$ , Table 1) for both sexes. Coordination was significantly higher in the 11- to 12-year-old girls compared to their male counterparts ( $p = 0.001$ ). On the other hand, for the 15–16 age group and older, boys had higher coordination than girls ( $p < 0.001$ ).

For both boys and girls, significant differences were found between each age group regarding power ( $p < 0.05$ , Table 1)

**TABLE 1 |** Socio-demographic characteristics, sport licenses and performances according to age and gender.

	Girls					Boys				
	11–12 years 7403 (14.8%)	13–14 years 3685 (7.4%)	15–16 years 9422 (18.8%)	17–18 years 1955 (3.9%)	19–21 years 1256 (2.5%)	11–12 years 8011 (16.0%)	13–14 years 4049 (8.1%)	15–16 years 9643 (19.3%)	17–18 years 2745 (5.5%)	19–21 years 1819 (3.6%)
Sport licenses (n)	5183 (70.0%) <sup>bcdef</sup>	2292 (62.2%) <sup>acdf</sup>	5434 (57.7%) <sup>abcd</sup>	1032 (52.8%) <sup>abcd</sup>	755 (60.1%) <sup>cd</sup>	6172 (77.0%) <sup>bcdef</sup>	2908 (71.8%) <sup>acd</sup>	6781 (70.3%) <sup>acd</sup>	1930 (70.3%) <sup>acd</sup>	1544 (84.9%) <sup>abcd</sup>
Body mass (kg)	42.4 ± 9.7 <sup>bcdef</sup>	51.7 ± 9.9 <sup>acdef</sup>	54.6 ± 8.9 <sup>abdef</sup>	56.9 ± 9.8 <sup>abdef</sup>	58.7 ± 9.3 <sup>abdef</sup>	41.8 ± 9.5 <sup>bcdef</sup>	54.9 ± 12.0 <sup>acdef</sup>	62.7 ± 11.4 <sup>abdef</sup>	68.1 ± 11.0 <sup>abdef</sup>	71.1 ± 10.3 <sup>abdef</sup>
Height (cm)	152 ± 8 <sup>bcdef</sup>	161 ± 7 <sup>acdef</sup>	164 ± 8 <sup>abdef</sup>	164 ± 7 <sup>abdef</sup>	165 ± 8 <sup>abdef</sup>	151 ± 8 <sup>bcdef</sup>	166 ± 10 <sup>acdef</sup>	174 ± 7 <sup>abdef</sup>	177 ± 7 <sup>abdef</sup>	178 ± 7 <sup>abdef</sup>
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	18.3 ± 3.3 <sup>bcdef</sup>	19.8 ± 3.4 <sup>bcdef</sup>	20.4 ± 3.0 <sup>abdef</sup>	21.3 ± 3.5 <sup>abdef</sup>	21.6 ± 3.1 <sup>abdef</sup>	18.3 ± 3.2 <sup>bcdef</sup>	19.9 ± 3.4 <sup>bcdef</sup>	20.7 ± 3.2 <sup>abdef</sup>	21.8 ± 3.1 <sup>abdef</sup>	22.4 ± 2.7 <sup>abdef</sup>
Underweight (n Normal weighted)	301 (4.1%) <sup>bcdef</sup> 5952 (80.4%) <sup>bc</sup>	99 (2.7%) <sup>bcde</sup> 3082 (83.6%) <sup>acdef</sup>	267 (2.8%) <sup>bcde</sup> 8299 (88.1%) <sup>abdef</sup>	145 (7.4%) <sup>abcd</sup> 1603 (82.0%) <sup>bc</sup>	137 (10.9%) <sup>abcd</sup> 989 (78.7%) <sup>bcdef</sup>	280 (3.5%) <sup>c</sup> 6411 (80.0%) <sup>bcdef</sup>	134 (3.3%) 3160 (78.0%) <sup>acdef</sup>	270 (2.8%) <sup>bcde</sup> 8025 (83.2%) <sup>ab</sup>	108 (3.9%) <sup>cd</sup> 2251 (82.0%) <sup>ab</sup>	70 (3.8%) <sup>cd</sup> 1506 (82.8%) <sup>ab</sup>
Overweight (n)	953 (12.9%) <sup>bcdef</sup>	409 (11.1%) <sup>bcdef</sup>	709 (7.5%) <sup>ab</sup>	158 (8.1%) <sup>ab</sup>	96 (7.6%) <sup>ab</sup>	1063 (13.3%) <sup>bcdef</sup>	605 (14.9%) <sup>acdef</sup>	1097 (11.4%) <sup>ab</sup>	324 (11.8%) <sup>ab</sup>	213 (11.7%) <sup>ab</sup>
Obesity (n)	197 (2.7%) <sup>cd</sup>	95 (2.6%) <sup>cd</sup>	147 (1.6%) <sup>abdef</sup>	49 (2.5%) <sup>bc</sup>	34 (2.7%) <sup>cd</sup>	257 (3.2%) <sup>bcdef</sup>	150 (3.7%) <sup>bcdef</sup>	251 (2.6%) <sup>abdef</sup>	62 (2.3%) <sup>ab</sup>	30 (2.1%) <sup>abdef</sup>
Endurance (m)	505 ± 64 <sup>bcdef</sup>	511 ± 74 <sup>bcdef</sup>	510 ± 75 <sup>bcdef</sup>	500 ± 89 <sup>bcdef</sup>	524 ± 79 <sup>abdef</sup>	538 ± 71 <sup>bcdef</sup>	571 ± 81 <sup>acdef</sup>	605 ± 78 <sup>abdef</sup>	623 ± 81 <sup>abdef</sup>	646 ± 71 <sup>abdef</sup>
Coordination	26.9 ± 7.8 <sup>bcdef</sup>	27.9 ± 8.9 <sup>bcdef</sup>	29.4 ± 8.3 <sup>abdef</sup>	29.4 ± 9.1 <sup>abdef</sup>	32.6 ± 8.9 <sup>abdef</sup>	26.5 ± 8.3 <sup>bcdef</sup>	27.8 ± 9.3 <sup>bcdef</sup>	30.5 ± 9.2 <sup>abdef</sup>	32.5 ± 9.8 <sup>abdef</sup>	36.3 ± 9.2 <sup>abdef</sup>
Power	139 ± 27 <sup>bcdef</sup>	146 ± 29 <sup>acdef</sup>	150 ± 30 <sup>abdef</sup>	152 ± 33 <sup>abdef</sup>	160 ± 29 <sup>abdef</sup>	153 ± 28 <sup>bcdef</sup>	176 ± 33 <sup>acdef</sup>	195 ± 32 <sup>abdef</sup>	209 ± 34 <sup>abdef</sup>	220 ± 28 <sup>abdef</sup>
Speed (m) (cm)	6.03 ± 0.75 <sup>bcdef</sup>	5.67 ± 0.80 <sup>bcdef</sup>	5.42 ± 0.78 <sup>abdef</sup>	5.52 ± 0.83 <sup>abdef</sup>	5.32 ± 0.77 <sup>abdef</sup>	5.74 ± 0.72 <sup>bcdef</sup>	5.19 ± 0.80 <sup>acdef</sup>	4.71 ± 0.73 <sup>abdef</sup>	4.58 ± 0.62 <sup>abdef</sup>	4.31 ± 0.64 <sup>abdef</sup>
Arm strength (n)	20.5 ± 14.3 <sup>bcdef</sup>	21.4 ± 13.0 <sup>bcdef</sup>	21.2 ± 13.1 <sup>bcdef</sup>	23.0 ± 15.5 <sup>abdef</sup>	29.1 ± 16.7 <sup>abdef</sup>	30.1 ± 18.1 <sup>bcdef</sup>	35.5 ± 18.9 <sup>acdef</sup>	41.6 ± 20.0 <sup>abdef</sup>	47.1 ± 23.2 <sup>abdef</sup>	55.2 ± 23.2 <sup>abdef</sup>
Flexibility (score/5)	3.80 ± 0.91 <sup>bcdef</sup>	3.96 ± 0.89 <sup>bcf</sup>	4.05 ± 0.90 <sup>abdef</sup>	3.97 ± 0.92 <sup>bcf</sup>	4.04 ± 0.94 <sup>bcf</sup>	3.25 ± 0.88 <sup>bcdef</sup>	3.41 ± 0.91 <sup>acdef</sup>	3.54 ± 0.90 <sup>abdef</sup>	3.61 ± 0.92 <sup>abdef</sup>	3.75 ± 0.93 <sup>abdef</sup>

Legend: BMI, body mass index.

<sup>a</sup>Significantly different from 11–12 years ( $p < 0.05$ ).

<sup>b</sup>Significantly different from 13–14 years ( $p < 0.05$ ).

<sup>c</sup>Significantly different from 15–16 years ( $p < 0.05$ ).

<sup>d</sup>Significantly different from 17–18 years ( $p < 0.05$ ).

<sup>e</sup>Significantly different from 19–21 years ( $p < 0.05$ ).

<sup>f</sup>Significantly different between girls and boys ( $p < 0.05$ ).

**TABLE 2 |** Performances during the tests of physical fitness according to class of body mass index.

	Underweight	Normal weighted	Overweight	Obesity
Endurance (m)	543 ± 82 <sup>b,c,d</sup>	556 ± 84 <sup>b,c,d</sup>	514 ± 89 <sup>a,b,d</sup>	460 ± 89 <sup>a,b,c</sup>
Coordination	28.3 ± 8.5 <sup>b,c,d</sup>	29.5 ± 9.0 <sup>a,c,d</sup>	26.8 ± 8.7 <sup>a,b,d</sup>	24.2 ± 8.1 <sup>a,b,c</sup>
Power (cm)	163 ± 33 <sup>b,c,d</sup>	168 ± 38 <sup>b,c,d</sup>	153 ± 39 <sup>a,b,d</sup>	135 ± 37 <sup>a,b,c</sup>
Speed (s)	5.40 ± 0.80 <sup>b,c,d</sup>	5.27 ± 0.86 <sup>a,c,d</sup>	5.65 ± 1.00 <sup>a,b,d</sup>	6.15 ± 1.07 <sup>a,b,c</sup>
Arm strength (n)	27.6 ± 17.2 <sup>b,d</sup>	31.6 ± 20.3 <sup>a,c,d</sup>	26.3 ± 19.1 <sup>b,d</sup>	20.4 ± 14.1 <sup>a,b,c</sup>
Flexibility (score/5)	3.51 ± 0.97 <sup>b,c</sup>	3.71 ± 0.94 <sup>a,c,d</sup>	3.62 ± 0.95 <sup>a,b</sup>	3.55 ± 0.91 <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Significantly different from underweight ( $p < 0.05$ ).

<sup>b</sup>Significantly different from normal weighted ( $p < 0.05$ ).

<sup>c</sup>Significantly different from overweight ( $p < 0.05$ ).

<sup>d</sup>Significantly different from obesity ( $p < 0.05$ ).

**TABLE 3 |** Performances during the tests of physical fitness according to sport license.

	Sport license ( $n = 34,031$ )	Non-sport license ( $n = 15,957$ )
Endurance (m)	563 ± 84 <sup>a</sup>	516 ± 88 <sup>a</sup>
Coordination	30.1 ± 9.1 <sup>a</sup>	26.8 ± 8.3 <sup>a</sup>
Power (cm)	171 ± 38 <sup>a</sup>	154 ± 37 <sup>a</sup>
Speed (s)	5.22 ± 0.87 <sup>a</sup>	5.59 ± 0.93 <sup>a</sup>
Arm strength (n)	33.7 ± 20.1 <sup>a</sup>	23.8 ± 16.2 <sup>a</sup>
Flexibility (score/5)	3.74 ± 0.94 <sup>a</sup>	3.59 ± 0.94 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Significantly different from between the participants with sport license and non-sport license ( $p < 0.05$ ).

and speed ( $p < 0.001$ ). For both PF components, boys were significantly better than girls (regardless of age group,  $p < 0.001$ ).

For both sexes, arm strength increased significantly with age ( $p < 0.05$ , Table 1) except for girls in the 13–14 group, whose arm strength was not significantly different from that of the 15–16 group. Arm strength was significantly higher in boys than girls (regardless of age group,  $p < 0.001$ ).

For flexibility, significant differences were found between all age groups for boys and girls ( $p < 0.01$ , Table 1), except between the 13–14 group and the two highest age groups for girls ( $p > 0.05$ ), and between the 17–18 and 19–21 age groups ( $p = 0.296$ ). Flexibility was significantly higher in girls than boys (regardless of age group,  $p < 0.001$ ).

### BMI Class

Endurance, coordination, power, and speed were significantly higher in normal-weight participants, followed in descending order by those who were underweight, then overweight, and then obese ( $p < 0.001$ , Table 2).

The normal-weight participants had greater arm strength than the other groups ( $p < 0.001$ , Table 2). They were also significantly more flexible than their underweight, overweight and obese counterparts ( $p < 0.001$ , Table 2). There were significantly more underweight, overweight and obese individuals among those without sports club membership ( $p < 0.001$ , Table 5).

### SCP

For girls, SCP decreased at 13–14 compared to their counterparts aged 11–12 ( $p < 0.001$ , Table 1), 13–14 and 15–16 ( $p < 0.001$ , Table 1), and 15–16 and 17–18 ( $p < 0.001$ , Table 1). However, it increased between 17–18 and 19–21 ( $p < 0.001$ , Table 1). For boys, SCP also decreased between 11–12 and 13–14 ( $p < 0.001$ , Table 1) and also increased between 17–18 and 19–21 ( $p < 0.001$ , Table 1). At each age, boys were more often in a sports club than girls ( $p < 0.001$ , Table 1).

The performances of participants without sports club membership were always lower than that of participants with membership, regardless of the PF component ( $p < 0.001$ , Table 3).

Girls and boys in a soccer or basketball club had significantly better endurance than those in other sports clubs ( $p < 0.001$ , Table 4). Dancers (and boys riding horses) had the lowest endurance ( $p < 0.05$ ).

Coordination was significantly higher in girls playing the two team sports (soccer and basketball, Table 4), but for boys it was significantly higher only for those playing basketball ( $p < 0.05$ , Table 4).

Girls playing soccer had significantly more power than other girls ( $p < 0.05$ , Table 4), whereas boys playing basketball were significantly more powerful than other boys ( $p < 0.05$ , Table 4). Soccer was the sport where the highest speed was observed, for both girls and boys.

In girls, significantly greater arm strength was found in soccer players, basketball players and swimmers ( $p < 0.05$ , Table 4). In boys, the greatest arm strength was found in basketball players and swimmers (Table 4).

Dancers had significantly higher flexibility than athletes in all other sports ( $p < 0.001$ , Table 4), with the exception of boys riding horses ( $p = 0.071$ , Table 4).

Moreover, there were significantly more underweight and normal-weight individuals among dancers and riders compared to those in other sports ( $p < 0.05$ , Table 5). Inversely, significantly fewer dancers and horseback riders were overweight ( $p < 0.001$ ). Obesity was significantly more prevalent among basketball players compared to dancers ( $p = 0.014$ ), horseback riders ( $p = 0.024$ ), and soccer players ( $p = 0.024$ ).

TABLE 4 | Performances during the tests of physical fitness according to sport in girls and boys.

Girls	Dance (n = 3,465)	Horseback riding (n = 1,633)	Swimming (n = 946)	Soccer (n = 538)	Basket-ball (n = 986)
Endurance (m)	508 ± 64 <sup>b,c,d,e,f</sup>	516 ± 69 <sup>a,d,e</sup>	520 ± 63 <sup>a,d,e</sup>	539 ± 67 <sup>a,b,c</sup>	540 ± 73 <sup>a,b,c</sup>
Coordination	29.2 ± 8.3 <sup>a,d,e</sup>	28.1 ± 8.2 <sup>a,d,e</sup>	28.9 ± 8.0 <sup>a,e</sup>	30.3 ± 9.7 <sup>a,b,c</sup>	31.0 ± 9.2 <sup>a,b,c</sup>
Power (cm)	145 ± 26 <sup>a</sup>	147 ± 26 <sup>a</sup>	147 ± 29 <sup>a</sup>	161 ± 31 <sup>a,b,c,d</sup>	156 ± 30 <sup>a,b,c,d</sup>
Speed (s)	5.67 ± 0.75 <sup>b,d,e</sup>	5.54 ± 0.72 <sup>a,c,d,e</sup>	5.67 ± 0.79 <sup>b,d,e</sup>	5.30 ± 0.76 <sup>a,b,c</sup>	5.37 ± 0.73 <sup>a,b,c</sup>
Arm strength (n)	21.0 ± 12.9 <sup>a,d,e</sup>	21.1 ± 12.8 <sup>a,d,e</sup>	26.4 ± 17.9 <sup>a,b</sup>	25.6 ± 15.5 <sup>a,b</sup>	24.7 ± 14.5 <sup>a,b</sup>
Flexibility (score/5)	4.20 ± 0.86 <sup>b,c,d,e</sup>	3.90 ± 0.87 <sup>a,c</sup>	4.02 ± 0.88 <sup>a,b,d,e</sup>	3.82 ± 0.88 <sup>a,c</sup>	3.84 ± 0.89 <sup>a,c</sup>
Boys	Dance (n = 237)	Horseback riding (n = 1,243)	Swimming (n = 739)	Soccer (n = 6,270)	Basket-ball (n = 1,504)
Endurance (m)	561 ± 80 <sup>c,d,e</sup>	558 ± 93 <sup>c,d,e</sup>	580 ± 78 <sup>a,b,d,e</sup>	604 ± 79 <sup>a,b,c</sup>	603 ± 79 <sup>a,b,c</sup>
Coordination	30.8 ± 9.8 <sup>b</sup>	27.5 ± 8.9 <sup>a,d,e</sup>	29.2 ± 8.9 <sup>a,d</sup>	30.3 ± 9.4 <sup>b,c,d</sup>	31.2 ± 9.7 <sup>b,c,d</sup>
Power (cm)	180 ± 42 <sup>a</sup>	180 ± 37 <sup>a</sup>	178 ± 39 <sup>a</sup>	185 ± 36 <sup>a</sup>	191 ± 37 <sup>a,b,c,d</sup>
Speed (s)	5.22 ± 0.79 <sup>d,e</sup>	5.15 ± 0.68 <sup>d</sup>	5.22 ± 0.93 <sup>d,e</sup>	4.92 ± 0.84 <sup>a,b,c</sup>	4.94 ± 0.84 <sup>a,c</sup>
Arm strength (n)	36.2 ± 20.6 <sup>c,e</sup>	32.2 ± 17.5 <sup>c,d,e</sup>	40.6 ± 25.5 <sup>a,b</sup>	39.8 ± 19.8 <sup>b</sup>	40.8 ± 20.0 <sup>a,b</sup>
Flexibility (score/5)	3.76 ± 0.92 <sup>c,d,e</sup>	3.49 ± 0.80	3.52 ± 0.91 <sup>a</sup>	3.47 ± 0.89 <sup>a</sup>	3.42 ± 0.92 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Significantly different from dance ( $p < 0.05$ ).

<sup>b</sup>Significantly different from horseback riding ( $p < 0.05$ ).

<sup>c</sup>Significantly different from swimming ( $p < 0.05$ ).

<sup>d</sup>Significantly different from soccer ( $p < 0.05$ ).

<sup>e</sup>Significantly different from basketball ( $p < 0.05$ ).

TABLE 5 | Prevalence in each class of body mass index according to sports.

	Underweight	Normal weighted	Overweight	Obesity
Non-sport license (n = 15,957)	695 (4.4%) <sup>f</sup>	12,690 (79.5%) <sup>f</sup>	1,990 (12.4%) <sup>f</sup>	582 (3.7%) <sup>f</sup>
Sport license (n = 34,031)	1,116 (3.3%) <sup>f</sup>	28,588 (84.0%) <sup>f</sup>	3,647 (10.7%) <sup>f</sup>	680 (2.0%) <sup>f</sup>
Dance (n = 3,702)	156 (4.2%) <sup>c,d,e</sup>	3,184 (86.0%) <sup>c,d,e</sup>	306 (8.2%) <sup>c,d,e</sup>	57 (1.5%) <sup>e</sup>
Horseback riding (n = 1,757)	77 (4.4%) <sup>c,d,e</sup>	1,527 (86.9%) <sup>c,d,e</sup>	128 (7.3%) <sup>c,d,e</sup>	25 (1.4%) <sup>e</sup>
Swimming (n = 1,685)	49 (2.9%) <sup>a,b</sup>	1,418 (84.2%) <sup>a,b</sup>	187 (11.1%) <sup>a,b</sup>	31 (1.8%)
Soccer (n = 6,808)	195 (2.9%) <sup>a,b</sup>	5,752 (84.5%) <sup>a,b</sup>	746 (11.0%) <sup>a,b</sup>	115 (1.7%) <sup>e</sup>
Basket-ball (n = 2,490)	72 (2.9%) <sup>a,b</sup>	2,085 (83.7%) <sup>a,b</sup>	273 (11.0%) <sup>a,b</sup>	60 (2.4%) <sup>a,b,d</sup>

<sup>a</sup>Significantly different from dance ( $p < 0.05$ ).

<sup>b</sup>Significantly different from horseback riding ( $p < 0.05$ ).

<sup>c</sup>Significantly different from swimming ( $p < 0.05$ ).

<sup>d</sup>Significantly different from soccer ( $p < 0.05$ ).

<sup>e</sup>Significantly different from basketball ( $p < 0.05$ ).

<sup>f</sup>Significantly different between non-sport license and sport license ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSSION

The aim of the study was to measure the influence of age, sex, corpulence and SCP on PF in girls and boys between 11 and 21 years old. Differences in the evolution of PF components with age were observed (Table 1). Cardiorespiratory endurance increased with age in boys, who always had higher cardiorespiratory endurance than girls (Table 1). For boys, this increase could be explained by enhanced running economy with growth (Ratel, 2018) despite the stagnation of  $\dot{V}O_2\text{max}$  expressed in relative value (Wilmore et al., 2017). For girls, this result might be explained by the decline in  $\dot{V}O_2\text{max}$  expressed in relative value with growth (Wilmore et al., 2017), possibly due to the increase in percent body fat and the smaller increase in muscular mass

(kg) compared to boys after 14 years (Malina et al., 2004). This sex difference might also be explained by the progressive increase with age in the hematocrit level for boys, which implies a greater capacity to transport oxygen (Van Praagh, 2007). Our results for coordination suggested an increase with age for both sexes (Table 1). Barnett et al. (2016) reported similar results and suggested the explanation might be the opportunities offered to adolescents in schools to practice PA that develop motor skills. However, our results also showed a greater increase in coordination in boys compared to girls after 15 years. The slower increase in girls might be due to lower engagement in PA (Jaakkola and Washington, 2012). According to Tomkinson et al. (2018), the anaerobic PF components (i.e., power, speed, and arm strength) globally increased with age (Table 1). Increases

in body size, changes in body composition and neuromuscular maturation are the main hypotheses (Malina et al., 2004). For example, fat-free mass is a key determinant of anaerobic performance (Vardar et al., 2007) and is known to increase with age, especially in boys (Malina et al., 2004), and this would explain the better results compared to girls. Flexibility increased with age in boys but tended to decrease in girls after 16 years before increasing again at 19–21 years. Lee et al. (2017) found similar results with an increase in flexibility with age in both sexes but a slight progression observed for girls after 15 years. According to other author (Ratel, 2018), the drop that we observed after 16 years could be explained by lengthening of the diaphysis, which always precedes muscular lengthening, causing muscular stiffness. Our results also showed that girls always had better flexibility than boys, regardless of age. The difference in tissue density (which was less for girls) might help them to be more flexible (Beunen and Malina, 1988; Malina et al., 2004). Furthermore, girls practiced more sports (i.e., gymnastics and dance) (Ministère des Sports., 2002) that specifically develop flexibility during training sessions.

In line with the findings of other studies (Mak et al., 2010; Lopes et al., 2019), our results suggested that the obese participants had the lowest PF and the normal-weight participants had the higher performances for each PF component (Table 2). A couple of explanations should be noted. First, the obese participants had to carry their excess body mass, which increased their energy cost and therefore reduced their performances (Deforche et al., 2003). Second, they were less engaged in PA than their normal-weight counterparts, and PA is known to improve PF (Raistenskis et al., 2016). A further interesting finding was that the participants who were not in a sports club were more often overweight or obese (Table 5). An earlier study pointed out that SCP is a way to combat obesity (Telford et al., 2016), but obese individuals are generally not interested in this type of participation, possibly because training sessions are not adapted to their needs. Indeed, sports clubs for adolescents and young adults tend to focus on competition and not on the playful and leisure sides of sports.

Our results showed that in each age group, boys were more often involved in SCP than girls (Table 1). The girls might have thought that they had less potential for sports activity than boys (Vigneron, 2006) and thus they preferred to invest in other leisure activities. In line with another study (Ministère des Sports., 2002), we also found that the older the teenagers were, the less they practiced in sports clubs, although with a gender difference (Table 1). Indeed, the difference expressed in percentage between boys and girls also increased with age (10% difference at 11–12 years vs. 35% at 17–18 years) (Table 1). In general, the sports dropout rate is higher in girls than boys during adolescence, and some adolescents have indicated that a lack of time, loss of pleasure, and even too much homework would explain this outcome (Ministère des Sports., 2002). Moreover, the sports that are most abandoned during adolescence are artistic sports like gymnastics and dance (Ministère des Sports., 2002), which are more frequently practiced by girls.

In line with other authors (Telford et al., 2016), we found that the participants with SCP had higher PF than the

others (Table 3). Our study went further by comparing PF for those sports most practiced in each of the categories of the Official Bulletin of French Physical Education (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse., 2019) (Table 4). Participants of both sexes who practiced a team sport (i.e., soccer or basketball) had the best cardiorespiratory endurance, whereas dancers and horseback riders had the lowest endurance. These results are not surprising because soccer and basketball are essentially composed of intermittent aerobic effort, which positively impacts cardiorespiratory endurance (Ben Abdelkrim et al., 2007; Fernandes et al., 2015). In contrast, dance and riding horses are less demanding for the cardiorespiratory system. The boys and girls who played basketball had higher coordination. The cross test, which was used to evaluate coordination, also requires numerous changes in direction, which occur often in basketball. Moreover, basketball is well known to develop motor coordination (DiFiori et al., 2018). The athletes in team sports also had higher power and speed, which is unsurprising given that these PF components are determinants of performance in team sports (Ardern et al., 2015). Furthermore, the test used for speed may have been an advantage for the soccer players because in the other selected sports running for 30 m at an extremely high intensity is rare. For arm strength, boys and girls who practiced swimming, and basketball for boys, had higher performances, which could be explained by the importance of muscular strength in these sports (Aspenes et al., 2009; Kariyawasam et al., 2019). Indeed, Aspenes et al. (2009) found that muscular strength is correlated with swim velocity, and for basketball, arm strength is required in various movements like shooting (Kariyawasam et al., 2019). Dancers had higher flexibility. Indeed, flexibility is a major determinant of performance for dancers, as without good flexibility movements are restrained. We can assume that the dancers worked on it during training sessions.

Our study also suggested that dancers and horseback riders were more often underweight and normal-weight and thus less often overweight and obese than the other athletes. For dance, this result can be explained by the dancer's morphology, which is generally thinner with less body fat and a lower BMI (Edita et al., 2005). On the other hand, horseback riders often have weight restrictions because the horse's speed is a key determinant of performance (Jeon et al., 2018). Notably, basketball players were more often obese than the participants in other sports. Silva et al. (2013) found that adolescent basketball players had the greatest BMI compared to players of other team sports, which might be explained by their greater muscle mass.

Our study had both strengths and limitations. The main strength was the large sample of participants ( $n = 49,988$ ). Concerning the study limitations, we did not know the number of sports practiced by the participants. The participants only had to indicate whether they were in a sports club and, in that case, the sport they practiced the most. We also did not know the practice frequency or level. Another limitation was the percentage of participation in the different schools and universities. Indeed, a higher percentage of high school students did not give their consent to carry out the tests (about 30–40%) compared to middle school students (about 15–20%). We

can assume that those who did not participate were those who disliked sports and PA or who had difficulties with them (overweight and obese participants). Finally, despite our large amount of data, we are aware that we are not perfectly representative of all French regions. Other studies could look at the relationships between SCP and the same health determinants as ours in some specific territories (e.g., in the countryside or in priority neighbourhoods).

## CONCLUSION

Our results suggest that PF generally increased at a faster rate for boys, who had better PF except in flexibility. For girls, cardiorespiratory endurance slowly increased until 15–16 years and decreased at 17–18 years. Girls had higher coordination until 15 years old. Decreases in speed and flexibility were also observed at 17–18 years for girls. The prevalence of overweight and obesity was higher for boys than girls. The normal-weight participants had the best PF and the obese participants had the worst. Boys were more often in a sports club than girls. As the participants grew older, they engaged less in these clubs. The sports club participants had better PF and were more often normal-weight, whereas those not in clubs were more often overweight or obese. Team sports seemed to be the best way to develop cardiorespiratory endurance, coordination, power and speed. For arm strength, both team sports and swimming seemed to be the best. Dance seemed to be the best to develop flexibility. The promotion of SCP is essential for French youth because it may be a way to combat the burden of overweight and obesity and increase health. Adolescents who do not practice in sports clubs may become more physiologically frail adults. Future research could be conducted to understand more precisely the way to engage the dropouts of SCP in a sports club. Research could be realized to explain the high level of PF of adolescents playing team sports compared to adolescents practiced other sports. This

original research should be of interest to public health, education and sport policies to jointly reflect on a federal sports offer that is more fun and not just competitive as a continuation of physical education classes in order to improve the health of young French people. Finally, it could be interesting to develop a network between the city (e.g., sports and health departments), the local sports club and the physical education teachers to work together and build bridges for promoting physical activity for adolescents and young adults.

## DATA AVAILABILITY STATEMENT

The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

## ETHICS STATEMENT

The current study was reviewed and approved by the Institutional Review Board of 00012476-2021-28-05-109. Written informed consent to participate in this study was provided by the participants' legal guardian/next of kin.

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

AB, AC, HO, and JC contributed to the study design, literature review, data gathering, manuscript writing, and data analyses and interpretation. All authors commented on the draft and contributed to the final version, approved the publication of the manuscript, and agreed to be accountable for all aspects of the work.

## FUNDING

This publication has been supported by Lille University in the context of its open science support policy.

## REFERENCES

- Ardern, C. L., Pizzari, T., Wollin, M. R., and Webster, K. E. (2015). Hamstrings strength imbalance in professional football (soccer) players in Australia. *J. Strength Cond. Res.* 29, 997–1002. doi: 10.1519/JSC.0000000000000747
- Aspenes, S., Kjendlie, P.-L., Hoff, J., and Helgerud, J. (2009). Combined strength and endurance training in competitive swimmers. *J. Sci. Med. Sport* 8, 357–365.
- Barbry, A., Carton, A., Ovigneur, H., and Coquart, J. (2021). Relationships between sports club participation and physical fitness and body mass index in childhood. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. [Preprint]. doi: 10.23736/S0022-4707.21.12643-X. [Epub ahead of print].
- Barnett, L. M., Lai, S. K., Veldman, S. L. C., Hardy, L. L., Cliff, D. P., Morgan, P. J., et al. (2016). Correlates of gross motor competence in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 46, 1663–1688. doi: 10.1007/s40279-016-0495-z
- Ben Abdelkrim, N., El Fazza, S., and El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under 19 year old basketball players during competition. *Br. J. Sports Med.* 41, 69–75. discussion 75. doi: 10.1136/bjism.2006.032318
- Beunen, G., and Malina, R. M. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 16, 503–540.
- Booth, V., Rowlands, A., and Dollman, J. (2019). Physical activity trends in separate contexts among south Australian older children (10–12 Y) and early adolescents (13–15 Y) From 1985 to 2013. *Pediatr. Exerc. Sci.* 31, 341–347. doi: 10.1123/pes.2018-0082
- Cole, T. J., Bellizzi, M. C., Flegal, K. M., and Dietz, W. H. (2000). Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ* 320, 1240–1243. doi: 10.1136/bmj.320.7244.1240
- Deforche, B., Lefevre, J., De Bourdeaudhuij, I., Hills, A. P., Duquet, W., and Bouckaert, J. (2003). Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obes. Res.* 11, 434–441. doi: 10.1038/oby.2003.59
- DiFiori, J. P., Güllich, A., Brenner, J. S., Côté, J., Hainline, B., Ryan, E., et al. (2018). The NBA and youth Basketball: Recommendations for promoting a healthy and positive experience. *Sports Med.* 48, 2053–2065. doi: 10.1007/s40279-018-0950-0
- Duclos, M., Lacomme, P., Lambert, C., Pereira, B., Ren, L., Fleury, G., et al. (2021). Is physical fitness associated with the type of attended school? A cross-sectional analysis among 20,000 adolescents. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 62:404–411. doi: 10.23736/S0022-4707.21.12203-0
- Edita, S., Srdic Galic, B., and Barak, O. (2005). Body mass index, body fat mass and the occurrence of amenorrhoea in ballet dancers. *Gynecol. Endocrinol.* 20, 195–199. doi: 10.1080/09513590400027224

- Fernandes, L., Oliveira, J., Soares-Miranda, L., Rebelo, A., and Brito, J. (2015). Regular football practice improves autonomic cardiac function in male children. *Asian J. Sports Med.* 6, e24037. doi: 10.5812/asjms.24037
- Fernandez-Santos, J., Ruiz, J., Cohen, D., González-Montesinos, J., and Castro-Piñero, J. (2015). Reliability and validity of tests to assess lower body muscular power in children. *J. Strength Cond. Res.* 29, 2277–2285. Publish Ahead of Print. doi: 10.1519/JSC.0000000000000864
- Jaakkola, T., and Washington, T. (2012). The relationship between fundamental movement skills and self-reported physical activity during Finnish junior high school. *Phys. Educ. Sport Pedagogy* 18, 1–14. doi: 10.1080/17408989.2012.690386
- Jeon, S., Cho, K., Ok, G., Lee, S., and Park, H. (2018). Weight loss practice, nutritional status, bone health, and injury history: A profile of professional jockeys in Korea. *J. Exerc. Nutrition Biochem.* 22, 27–34. doi: 10.20463/jenb.2018.0021
- Kariyawasam, A., Ariyasinghe, A., Rajaratnam, A., and Subasinghe, P. (2019). Comparative study on skill and health related physical fitness characteristics between national basketball and football players in Sri Lanka. *BMC Res. Notes* 12, 397. doi: 10.1186/s13104-019-4434-6
- Lee, S., Ko, B.-G., and Park, S. (2017). Physical fitness levels in Korean adolescents: the national fitness award project. *J. Obes. Metab. Syndr.* 26, 61–70. doi: 10.7570/jomes.2017.26.1.61
- Lopes, V. P., Malina, R. M., Gomez-Campos, R., Cossio-Bolaños, M., Arruda, M., and de, Hobold, E. (2019). Body mass index and physical fitness in Brazilian adolescents. *J. Pediatr.* 95, 358–365. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.04.003
- Mak, K. K., Ho, S. Y., Lo, W. S., Thomas, G. N., McManus, A. M., Day, J. R., et al. (2010). Health-related physical fitness and weight status in Hong Kong adolescents. *BMC Public Health* 10, 88. doi: 10.1186/1471-2458-10-88
- Malina, R. M., Bouchard, C., and Bar-Or, O. (2004). *Growth, Maturation, and Physical Activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2019). *Programme d'enseignement commun et d'enseignement optionnel d'éducation physique et sportive pour la classe de seconde générale et technologique et pour les classes de première et terminale des voies générale et technologique*. Available online at: <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special1/MENE1901574A.htm> (accessed May 2, 2022).
- Ministère des Sports. (2002). *Le Sport chez les jeunes de 12 à 17 ans. Bulletin de statistique et d'étude*. Available online at: <https://www.sports.gouv.fr/IMG/archives/pdf/Stat-jeunes.pdf> (accessed May 2, 2022).
- Mouraby, R., Tafflet, M., Nassif, H., Toussaint, J.-F., and Desgorces, F.-D. (2012). Fiabilité et validation de la batterie de tests physiques Diagonorm. *Sci. Sports* 27, 50–53. doi: 10.1016/j.scispo.2011.01.011
- Olds, T., Maher, C., Zumin, S., Péneau, S., Lioret, S., Castetbon, K., et al. (2011). Evidence that the prevalence of childhood overweight is plateauing: data from nine countries. *Int. J. Pediatr. Obes.* 6, 342–360. doi: 10.3109/17477166.2011.605895
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., and Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int. J. Obes.* 32, 1–11. doi: 10.1038/sj.ijo.0803774
- Perret, C., Poiradeau, S., Fermanian, J., Benhamou, M., and Revel, M. (2001). Validity, reliability, and responsiveness of the fingertip-to-floor test. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 82, 1566–1570. doi: 10.1053/apmr.2001.26064
- Raistenskis, J., Sidlanskiene, A., Strukcinskiene, B., Ugur Baysal, S., and Buckus, R. (2016). Physical activity and physical fitness in obese, overweight, and normal-weight children. *Turk. J. Med. Sci.* 46, 443–450. doi: 10.3906/sag-1411-119
- Ratel, S. (2018). *Préparation physique du jeune sportif - Le guide scientifique et pratique*. Le guide scientifique et pratique. Paris: Amphora.
- Silva, D. A. S., Petroski, E. L., and Gaya, A. C. A. (2013). Anthropometric and physical fitness differences among Brazilian adolescents who practise different team court sports. *J. Hum. Kin.* 36, 77–86. doi: 10.2478/hukin-2013-0008
- Tambalis, K. D., Panagiotakos, D. B., Psarra, G., Daskalakis, S., Kavouras, S. A., Geladas, N., et al. (2016). Physical fitness normative values for 6-18-year-old Greek boys and girls, using the empirical distribution and the lambda, mu, and sigma statistical method. *Eur. J. Sport Sci.* 16, 736–746. doi: 10.1080/17461391.2015.1088577
- Telford, R. M., Telford, R. D., Cochrane, T., Cunningham, R. B., Olive, L. S., and Dawey, R. (2016). The influence of sport club participation on physical activity, fitness and body fat during childhood and adolescence: the LOOK Longitudinal Study. *J. Sci. Med. Sport* 19, 400–406. doi: 10.1016/j.jsams.2015.04.008
- Tomkinson, G. R., Carver, K. D., Atkinson, F., Daniell, N. D., Lewis, L. K., Fitzgerald, J. S., et al. (2018). European normative values for physical fitness in children and adolescents aged 9–17 years: Results from 2 779 165 Eurofit performances representing 30 countries. *Br. J. Sports Med.* 52, 1445–1456. doi: 10.1136/bjsports-2017-098253
- Van Praagh, E. (2007). *Physiologie du sport: Enfant et adolescent*. Bruxelles: De Boeck Supérieur.
- Vardaz, S. A., Tezel, S., and Öztürk, L., Kaya, O. (2007). The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *J. Sports Sci. Med.* 6, 34–38.
- Vicente Rodríguez, G., Rey López, J., Ruiz, J., Jiménez-Pravón, D., Bergman, P., Ciarpica, D., et al. (2011). Interrater reliability and time measurement validity of speed–agility field tests in adolescents. *J. Strength. Cond. Res.* 25, 2059–2063. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181e742fe
- Vigueron, C. (2006). Les inégalités de réussite en EPS entre filles et garçons : déterminisme biologique ou fabrication scolaire? *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation*, 154, 11–124. doi: 10.4000/rfp.146
- Wilmore, J. H., Costill, D. L., and Kenney, L. (2017). *Physiologie du sport et de l'exercice*. Louvain-la-neuve: De Boeck Supérieur.
- Wood, H. M., and Baumgartner, T. A. (2004). Objectivity, reliability, and validity of the bent knee push up for college age women. *Meas. Phys. Educ. Exerc. Sci.* 8, 203–212. doi: 10.1207/s15327841mpeec0804\_2

**Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2022 Barbry, Carton, Ovigneur and Coquart. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.



OPEN ACCESS

**Edited by:**

Daniela Popa,  
Transilvania University of Braşov,  
Romania

**Reviewed by:**

Raphael Flepp,  
University of Zurich, Switzerland  
Ruut Veenhoven,  
Erasmus University Rotterdam,  
Netherlands

**\*Correspondence:**

Gabor Orosz  
gabor.orosz@univ-artois.fr

<sup>†</sup>These authors have contributed  
equally to this work

**\*ORCID:**

Alexis Barbry  
orcid.org/0000-0003-3991-9420  
Annie Carton  
orcid.org/0000-0002-6457-3348  
Jérémy Coquart  
orcid.org/0000-0001-6515-7736  
William Nuytens  
orcid.org/0000-0002-6390-4376  
Camille Amoura  
orcid.org/0000-0001-9639-1461  
Gabor Orosz  
orcid.org/0000-0001-5883-6861

**Specialty section:**

This article was submitted to  
Positive Psychology,  
a section of the journal  
Frontiers in Psychology

**Received:** 02 July 2021

**Accepted:** 11 November 2021

**Published:** 17 December 2021

**Citation:**

Barbry A, Carton A, Coquart J,  
Ovigneur H, Amoura C,  
Nuytens W and Orosz G (2021) Is  
Football or Badminton Associated  
With More Positive Affect? The Links  
Between Affects and Sports Club  
Membership Among French  
Adolescents.  
Front. Psychol. 12:735189.  
doi: 10.3389/fpsyg.2021.735189

# Is Football or Badminton Associated With More Positive Affect? The Links Between Affects and Sports Club Membership Among French Adolescents

Alexis Barbry<sup>1,2,3†</sup>, Annie Carton<sup>4†</sup>, Jérémy Coquart<sup>1,3†</sup>, Hervé Ovigneur<sup>2</sup>,  
Camille Amoura<sup>4†</sup>, Williams Nuytens<sup>4†</sup> and Gabor Orosz<sup>4†</sup>

<sup>1</sup>Université de Rouen-Normandie, Centre des Transformations des Activités Physiques et Sportives, Rouen, France,

<sup>2</sup>L'Institut des Rencontres de la Forme, Wattignies, France, <sup>3</sup>Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR

7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Lille, France, <sup>4</sup>Univ. Artois, Univ. Lille,  
Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Liévin, France

Prior studies extensively examined the way sports club membership can lead to beneficial affective outcomes. Prior experiments also found that team sports, intensive sports, and sports that are frequently pursued can lead to even more affective benefits. However, no prior studies examined the differences between the affective benefits of specific sports. Based on prior results, we supposed that certain sports that meet all the previously set criteria—will provide the greatest affective benefits. The present large-scale investigation examined the data of adolescents ( $N = 12,849$ , female = 5,812, aged between 10 and 18,  $M_{age} = 12.56$  years, and  $SD_{age} = 2.00$ ) and aimed to fill this gap. Firstly, the results showed that—although differences in affect can be found between the lack of club membership and most of the sports club memberships—the differences between the specific sports are less striking. Secondly, the sports that are associated with the highest level of positive and the lowest level of negative affectivity are not necessarily the ones expected. Finally, adolescents who practice athletics, reported the lowest means of negative, and the highest means of positive affect. However, it did not differ significantly from the results regarding the most practiced sport in France: soccer. Our results suggest that soccer as the most practice sport among French adolescents was associated with more positive affects than the majority of the 10 most licensed members French sports practiced by teens between 2008 and 2019. All in all, being a member of a sports club is associated with affective benefits, and some specific sports clubs can have some extra benefits.

**Keywords:** adolescents, negative affect, positive, sports club membership, affective benefits

## INTRODUCTION

As a parent or as an adolescent, the question might arise as: what specific sports club membership might be related to the most positive affect? Surprisingly, we have had limited information to give clear answers to this question. The present work uses a large French database and aims to provide some tips to answer them.

The positive effect of physical activity on the mental health of adolescents is unquestionable (Biddle and Asare, 2011; Donnelly et al., 2016). For example, a recent meta-analysis (Donnelly et al., 2016) found that physical activity has a positive impact on children's cognitive functioning and it also has a positive effect on the development of some areas of the brain, such as the hippocampus (Gomez-Pinilla and Hillman, 2013), the prefrontal cortices (Kopp, 2012), or the even more specific regions of the basal ganglia (Chaddock et al., 2010, 2012) which can boost complex cognitive processes. Moreover, physical activity can not only have an immediate positive effect on the brain; if it is practiced in adolescence, it can have long-lasting positive consequences. For example, it can serve as a predictor for the level of physical activity later in adulthood (Telama et al., 2005), a metric associated with better wellbeing (Abdin et al., 2018). All in all, promoting physical activity in adolescence can have cognitive benefits and can boost practicing health-enhancing behaviors in adulthood.

In the present paper, the term affective benefit is based on Bratman et al.'s (2021) work and refers to (a) more positive affect and (b) a less negative affect as the consequence of belonging to a sports club. Besides the long-lasting cognitive benefits, meta-analyses robustly demonstrate the affective benefits of physical activities among adults and adolescents (Janssen and Leblanc, 2010; Biddle and Asare, 2011; Wiese et al., 2017; Rodriguez-Ayllon et al., 2019; Marquez et al., 2020; Bourke et al., 2021). These recent works show that engaging in physical activities or doing sports can lead to elevated positive affectivity, such as positive subjective experiences or positive mood, e.g., joy, interest, and alertness (Miller, 2011). It can also reduce negative affectivity (Zhang et al., 2020).

## Characteristics of Physical Activities and Affective Benefits

Both physical and *sports activities* (referring to physical effort guided by specific rules, very often pursued competitively) appear to be associated with physical and mental health benefits. These benefits include affective consequences, better wellbeing, and better quality of life compared to other forms of leisure-time physical activities in adolescence (Eime et al., 2013). Moreover, participation in *organized sports* can have further benefits as it supports social belonging and bonding between members (Eime et al., 2013). For example, Brettschneider (2001) found that participating in organized sport (as a member of a sports club) did not only have a positive effect on adolescents' self-esteem but it also contributed to the development of their social competence (Howie et al., 2010). Sports activities are not an encapsulated in all adolescents' life. Gisladottir et al. (2013) found that those adolescents who were members of a sports club had stronger beliefs in performing well at school compared to their peers who did not practice sports in a club.

Organized sports have various subcategories, and prior scientific investigations focused on their different affective benefits. Pluhar et al. (2019) found that people practicing *team sports* (soccer, football, and hockey) reported less anxiety and depression compared to those who practiced *individual sports*

(running, gymnastics, and diving). Robust results (Guddal et al., 2019) suggest that the mental health benefits of team sports are related to the social aspects, such as social belonging and being part of a team (e.g., Eime et al., 2013).

Another categorization of organized sports is related to the *esthetic characteristics* of the different sports. Davison et al. (2002) compared the esthetic sports (swimming, dance, gymnastics, aerobics, cheerleading, baton twirling, and figure skating) vs. the non-esthetic sports (team sport, athletics, tennis, and martial arts) and found that practitioners of esthetic sports are more at risk to have concerns about their weight, which is associated with negative emotions (Augestad and Flanders, 2002; Espeset et al., 2012; Tan et al., 2016).

A third classification of organized sports is related to the *place of practice* (Thompson Coon et al., 2011). Solid evidence suggests that practicing physical activity in an outdoor environment was associated with a decrease in anger, anxiety, and depression and with an increase of energy, revitalization, and positive engagement (Thompson Coon et al., 2011; Lawton et al., 2017; Pasanen et al., 2018). Thus, team and non-esthetic sports and also practicing physical activity in a natural environment seem to be associated with less negative and more positive ones. However, the information about the impact of a specific sport on negative and positive affects throughout adolescence is lacking.

A fourth classification is related to the *intensity* of organized sports that can impact both negative and positive affectivity (Costigan et al., 2019; Howie et al., 2020).<sup>1</sup> In their definition of physical activity, the World Health Organization defines three levels of intensity activities can be pursued at: low, moderate, and vigorous. Earlier studies showed that all intensity levels had certain affective benefits (Ekkekakis et al., 2000; Ekkekakis, 2003). However, more recent studies (Costigan et al., 2019; Howie et al., 2020; Qin et al., 2020) suggested that vigorous physical activity is associated with more robust psychological benefits compared to low physical activity. For example, Howie et al. (2020) found that participating at moderate or vigorous physical activities was associated with a more favorable mental health profile. Costigan et al. (2019) found that only vigorous physical activity was associated with wellbeing among adolescents. Besides intensity, two-related aspects can also have positive consequences: higher *frequency of practice* (Hassmén et al., 2000; Jiang et al., 2021) and the higher *volume of physical activity* (Sagatun et al., 2007; Bell et al., 2019) both lead to better affective benefits.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>We have to mention that it is not only related to organized sports, but also any sort of physical activities.

<sup>2</sup>Hassmén et al. (2000) found that practicing regular physical activity (two to three times a week) decreased negative affect (depression, anger, and stress) but also increased wellbeing compared to practicing less frequently. Moreover, in a recent study, Jiang et al. (2021) found that children and adolescents who practiced training sessions three to five times per week have a better mental health compared to those who practice only once a week. A strongly-related element to take into account to impact the adolescents' affect is the *volume of physical activity* (Sagatun et al., 2007; Bell et al., 2019). Indeed, increasing the volume of physical activity might be a key element of protection against emotional problems during adolescence (Bell et al., 2019).

## The Present Study

One can suppose that if adolescents can harvest the affective benefits of doing sports, they will be motivated to engage more in sports to enjoy the life-long positive consequences. Therefore, it is important to know what type of sports might be associated with the strongest positive affects and least frequently with negative ones. Based on the above-mentioned studies, we expected that sports club membership in general will have a robust affective benefit compared to the lack of membership. However, we also expected that membership of a club for a collective, non-esthetic, outdoor, and vigorous sport will lead to the most salient affective benefits. It seems unlikely that a single sport will fulfill all of these criteria. However, some sports could meet most of them, e.g., soccer, athletics, and basketball. In contrast, gymnastics, dance, or horse riding meet the least of these criteria.

## MATERIALS AND METHODS

### Procedure and Participants

This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and with the approval of the National Ethics Committee Board (n°00012476-2021-28-05-109). Participants for this study were recruited through the project of the so-called "French Physical and Mental Health Inventory" program. Besides the National Ethics Committee permission, the data gathering, and its further use was approved by the National Commission on Informatics and Liberty (RF 1232206). As the respondents were minors, written and signed informed consents were obtained from their parents. Potential respondents of the survey were informed about the content of the research and they were requested to indicate their intention to participate (they provided an assent).

The dataset was part of an extensive multi-year, cross-sectional data gathering. For the present paper, we only focus on the data of adolescents between 10 and 18 years of age. Adolescents needed to state whether they are members of a sports club or not. We have selected the adolescents who are not involved in a sports club and those who are members of a club for the most practiced sport (i.e., at least 240 adolescents per sport). We found this step important for avoiding extreme means as the result of a few biased respondents. Although the present sample is comprehensive, it was not representative for French adolescents. It was recruited between 2008 and 2019, consisted of 12,849 adolescents (5,812 females, 45.23%) who were aged between 10 and 18 years ( $M=12.56$ ,  $SD=2.00$ ). Most of them, 78.53% reported that they belong to a sports club, and approximately one fifth of the participants did not belong to a one.

### Measures

#### Positive and Negative Affects

The survey was administered approximately 30 min after a physical fitness evaluation in school, in a classroom environment. Among other measures, participants were requested to describe the extent they experienced a set of positive and negative

emotions in the past three or four days. Seven adjectives described negative affects (angry, sad, anxious, ashamed, guilty, annoyed, and worried), and five described positive ones (joyful, enthusiastic, proud, full-of-energy, and happy). Responses were provided on a five-point Likert-scale ranging from 1 (not at all) to 5 (very much). This questionnaire has been recently used by Carton et al. (2021). We supposed that the 12 items belong to two factors. A confirmatory factor analysis (performed with R, package lavaan) was conducted with two first-ordered factors, with robust maximum likelihood estimator (MLR) supported this notion with acceptable model fit indices (CFI=0.941, TLI=0.927, RMSEA=0.064,  $CI_{95\%} = 0.062-0.066$ , SRMR=0.039). Although these values are not perfect, they are acceptable based on the seminal work of Hu and Bentler (1999) and Marsh et al. (2005). Both the positive ( $\alpha=0.85$ ) and negative scales ( $\alpha=0.79$ ) have excellent internal consistency values.

#### Sports Club Membership

Before the measurements of physical fitness level and after the measurements of height and body mass, the participants responded to the following question: "Are you a member of a sports club?" The participants who answered positively to this question were asked to report the sport they practiced most regularly.

## RESULTS

### Analytic Strategy

The normality of the distribution was verified with a Shapiro-Wilk test, and equality of variances was analyzed with Levene's test. One-way ANOVA with Benjamini-Hochberg post-hoc test was conducted to determine differences in positive and negative affects related to the different sports. This method uses a modified version of the Bonferroni correction for a high number of hypothesis testing. As in the present case controlling for the false discovery rate was more important than the conservative control of familywise error rate, this post-hoc approach appeared adequate (Benjamini and Hochberg, 1995). Based on the recommendations and prior studies, this post-hoc method is strongly recommended if the number of tests is high and it is broadly used in numerous recent studies that conducted similar, large-scale multiple comparisons (Nakajima et al., 2019; Hopkins et al., 2020; Maroun et al., 2021).

### Negative Affect Differences Along Sport Club Membership

ANOVA post-hoc analyses demonstrated differences between 44.9% of the comparisons of the sport club memberships that French teens frequently mentioned. Teens practicing martial arts, athletics, basketball, soccer, gymnastics, swimming, and volleyball reported significantly lower levels of negative affects compared to their peers without a sports club membership. We would like to highlight only a few examples of the inter-sport differences. For example, teens who practice boxing

reported more negative affect compared to those who practice athletics, volleyball, gymnastics, martial arts, soccer, basketball, swimming, dance, horse riding, and handball. Badminton club members and those teens who do not belong to any sports club reported more negative affect compared to those who practice athletics, martial arts, basketball, soccer, gymnastics, and volleyball. However, teens who practice athletics, gymnastics, soccer, and volleyball reported less negative affect compared to those who practice badminton, boxing, handball, or to those who did not practice in a sports club. See **Table 1** and **Figure 1** for details about differences in negative affects.

### Positive Affect Differences Along Sport Club Membership

ANOVA post-hoc analyses demonstrated differences between 47.4% of the comparisons of the sports club memberships French teens frequently mentioned. Teens without a sports club membership reported significantly lower levels of positive affects compared to teens with the following ten sports club memberships: martial arts, athletics, basketball, boxing, dance, soccer, gymnastics, handball, swimming, and volleyball. We would like to highlight only a few examples of the inter-sport differences. For example, teens who practice athletics reported more positive affect compared to those who practice badminton, basketball, boxing, dance, horse riding, handball, swimming, or to those teens who do not belong to any sports club. Soccer club members reported more positive affect compared to those who practice badminton, boxing, dance, horse riding, handball, swimming, and to those who do not belong to any sports club. However, teens who practice badminton, dance, horse riding, and those who do not belong to any sports club reported less positive affect compared to those who practice athletics, soccer, volleyball, and martial arts. See **Table 2** and **Figure 1** for details of differences in positive affects.

## DISCUSSION

What specific sport might be associated with the highest level of positive and the lowest level of negative affects? First of all, in line with robust prior findings, most of the sports appear to have affective benefits. Secondly, the differences between these benefits are not huge and they are mostly consistent with prior findings that focused on sport characteristics as team vs. individual, esthetic vs. non-esthetic, indoors vs. outdoors, and low vs. high intensity. However, there are some nuances, limitations, and questions that might be worth discussing.

### Sports Club Participation

In a recent article, Carton et al. (2021) found that adolescents who are members of sports clubs reported more positive affects and less negative ones compared to their peers who do not belong to a sports club. The utilized affect measure is described in details in Carton et al. (2021). Practicing sports has two direct effects on the individual's mood: (a) a general improvement in the mood right after a training session and (b) a decrease in negative emotional states, such as anxiety, irritability, and guilt (Iacolino

et al., 2017). However, there are potential indirect effects, as well. For example, Putnam (2000) used a sociological perspective to point out the reasons why bowling alone is much less beneficial than doing it in the company of acquaintances. Being part of sports clubs can provide not only great opportunities to build weak links (i.e., less intimate and less in-depth relationships with the opportunity of networking), but it can also build strong links as the result of years-long friendships strengthened under stressful and exciting situations (e.g., Granovetter, 1973). These clubs can provide opportunities for adolescents to build, extend, and reinforce their social network (Howie et al., 2010); satisfy their need to belong (Baumeister and Leary, 1995; Walton and Brady, 2020), raise their self-esteem, and strengthen their social skills (Brettschneider, 2001). All of these factors can play a role in the well-known fact that adolescents who belong to a sports club experience more positive and less negative emotions (Brettschneider, 2001; Howie et al., 2010; Gisladdottir et al., 2013). One might think that it does not matter what kind of sports club a teen belongs to. The present study demonstrated that it is not the case, and there are some small, but measurable differences between the benefits of pursuing different sports.

### Sports With More Affective Benefits Than Others: Athletics

All in all, the differences between the benefits of different sports were not large (never reaching  $d=0.5$ ), but some of them appeared to be more beneficial than others. In the following, we will examine one sport in detail that appears to have one of the greatest affective benefits: athletics. It is often considered as one of the oldest sports, tracking back to ancient Greece (776 BC). At that time, athletes were considered idols who master the harmony of body and mind (Jaeger, 1988). Adolescents belonging to an athletics club reported the highest positive and lowest negative affects among the examined groups. Although, the mean affects did not differ from other sports significantly. Athletics (also called Track and Field) are a comprehensive collection of specific sports offering a repertoire of different practices (e.g., races, jumps, and throws). The current affective results are somewhat surprising as it is an individual sport, and prior studies suggest that team sports lead to more psychological benefits compared to individual sports (Guddal et al., 2019; Pluhar et al., 2019). Despite athletic sports being individual *per se*, the value of collectivity and the team is especially important at a club level.

In line with the literature, athletics are practiced outdoors and have the extra affective benefits compared to indoors sports (Thompson Coon et al., 2011; Lawton et al., 2017; Pasanen et al., 2018). They are also often considered sports requiring vigorous physical activity that has an additional affective benefit (Costigan et al., 2019; Howie et al., 2020; Qin et al., 2020). Teens in athletics clubs participate in competitions which reflect a high level of motivation (Gernigon, 1998), contributing to positive affects (Pekrun et al., 2002). To perform well in athletics, frequent and regular practice (at least three training sessions per week) are required, also adding a tremendous amount of wellbeing benefits (Hassmén et al., 2000). Athletics appear to accumulate multiple sources of affective benefits, such as the

TABLE 1 | Post-Hoc differences concerning negative affects along each sport.

	Athletics	Badminton	Basketball	Boxing	Dance	Gymnastics	Handball	Horse Riding	Martial Arts	Soccer	Swimming	Volleyball
Badminton	0.002*											
Basketball	0.113	0.049*										
Boxing	<0.001*	0.228	<0.001*									
Dance	0.006*	0.318	0.151	0.010*								
Gymnastics	0.384	0.016*	0.518	<0.001*	0.037*							
Handball	0.003*	0.599	0.060	0.049*	0.599	0.022*						
Horse riding	0.010*	0.366	0.211	0.021*	0.970	0.069						
Martial Arts	0.282	0.018*	0.599	<0.001*	0.395	0.870	0.023*	0.073				
Soccer	0.105	0.018*	0.823	<0.001*	0.028*	0.588	0.021*	0.076	0.682			
Swimming	0.122	0.054	0.392	<0.001*	0.180	0.518	0.096	0.221	0.599	0.823		
Volleyball	0.002	0.010*	0.216	<0.001*	0.025*	0.466	0.016*	0.034*	0.366	0.221	0.220	
Non-Sport club	<0.001*	0.906	0.002*	0.076	0.100	<0.001*	0.516	0.223	<0.001*	<0.001*	0.004*	0.001*

The table depicts the values of  $p$ . We considered significant differences between sports in the case of  $p < 0.05$ . \*Significantly different.

possibility to autonomously choose achievement goals; regular, frequent, and intense practice; and an outdoor environment. We can hardly find this constellation with other types of sports.

### Sports With More Affective Benefits Than Others: Soccer

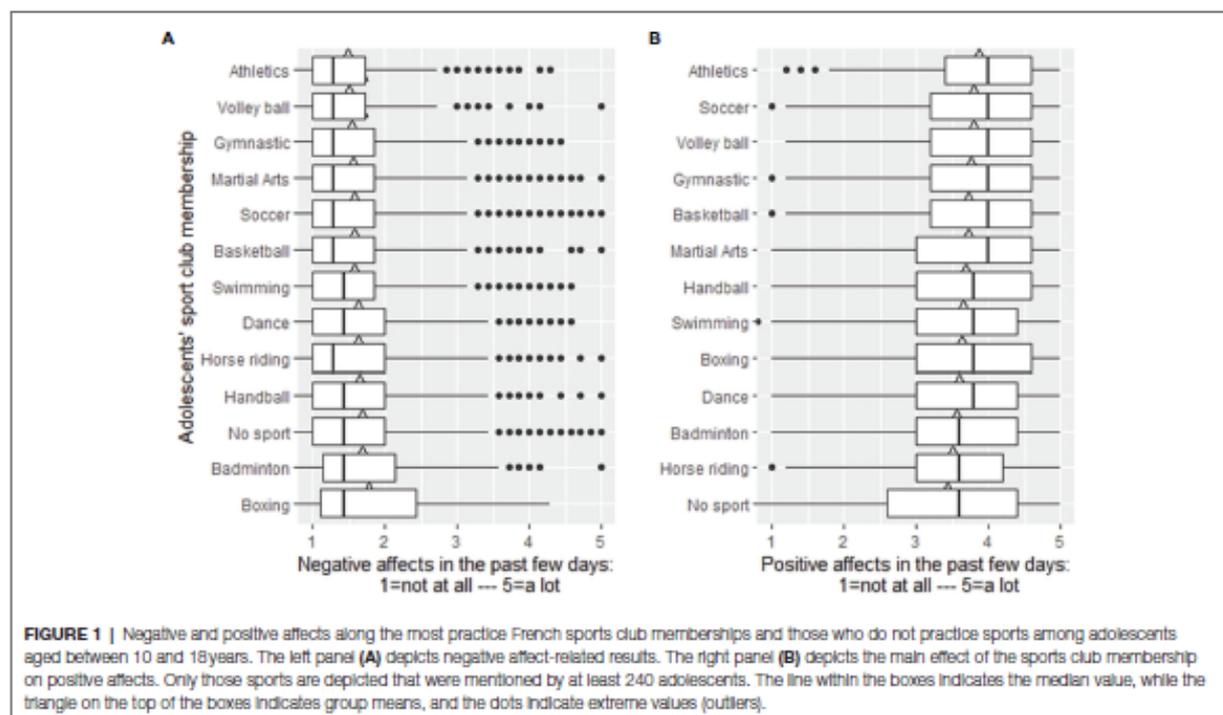
Our results also suggested that adolescents who practice soccer also experience greater affective benefits compared to other sports. This result is in line with prior studies that found team sports lead to extra affective benefits compared to individual sports (Guddal et al., 2019; Pluhar et al., 2019). Moreover, soccer is very often considered as a vigorous physical activity with a frequent aerobic intermittent exercises (Fernandes et al., 2015). Soccer is very practice among teen boys in France (Ministère de la Jeunesse des Sports et de la Vie associative, Institut national du sport et de l'éducation physique, et al., 2018). Furthermore, during adolescence, boys might have more positive affects and less negative ones compared to girls (Pascual et al., 2012). The popularity of soccer is unquestionable in France with its 2 million soccer club players today. There are one million matches played each year and tens of thousands of clubs (Ministère de la ville de la jeunesse et des sports, 2015). For these millions of players, playing soccer can provide a great opportunity to experience both positive and negative emotions, gather collective and individual experiences, and be part of just and unjust processes that can serve as a basis of recognition and disregard (Nuytens, 2011). The soccer club can strengthen the sense of social belonging in the local community and can provide various social resources (Retière, 2003). Finally, we might acknowledge that soccer can also provide room for strong identification with the famous French national team and with the very popular local teams. Soccer is also an outdoor sport which is a predictor of beneficial affective outcomes (Thompson Coon et al., 2011; Lawton et al., 2017; Pasanen et al., 2018).

To a certain extent, the present results might also contribute to the explanation of why soccer is the most popular sport in France (Ministère de la Jeunesse des Sports et de la Vie associative, Institut national du sport et de l'éducation physique, et al., 2018). Soccer could be considered a mass sport (Ohl, 2004), and based on the present results, being a member of a soccer club is associated with positive affects. All in all, it appears that for an adolescent being part of a soccer club in France does not only provide some odds to reach the highest performance in this sport (France is very often among the best teams in the world), but it could also be related to a great deal of positive affective benefits.

Our results concerning the sports with more affective benefits (i.e., athletics and soccer) can be explained by including various factors from several theoretical fields with particular emphasis on psycho-social aspects, developmental, and physiological approaches but more studies are needed to confirm and fully explain our results.

### Sports With Less Affective Benefits

Every sports club membership is associated with some level of affective benefits, as previously established. However, according to the present results, some sports seem to present somewhat



less affective benefits. Our results suggest that adolescents, who practice badminton, boxing, horse riding, or dance as members of a sports club reported the least positive and the most negative affects. Prior studies can provide some hints why these sports might be associated with less affective benefits. Badminton, boxing, and dance are indoor sports which might lead to less affective benefits (Lawton et al., 2017). Badminton is a zero sum, open-skill sports in which players need to adapt their actions to quickly changing and relatively unpredictable conditions (Di Russo et al., 2010). Boxing requires inter-individual confrontation (Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse, 2019) involving punches that lead to not only physical pain, but also negative emotions, such as anger or fear (Lecroisey, 2017). Boxers often experience intense negative mood the results of harsh dietary strategies to lose weight before competition (Lane and Terry, 1996; Hall and Lane, 2001). Martial arts are different from boxing as they are rooted in the local culture roots and most of them put emphasis on serenity and calm (Fournier, 2000). Dance as an esthetic sport might be linked with an increase level of weight concern (Davison et al., 2002), and this weight concern might be associated with the more negative emotions (Augestad and Flanders, 2002; Espeset et al., 2012; Tan et al., 2016). Furthermore, three-quarter of the adolescent members of dance clubs are girls, who tend to report more negative emotions and less positive ones compared to their boy peers (Ministère des Sports, 2002; Pascual et al., 2012). Although these guesses are based on prior literature, further research is required to explain these sports club-related differences among adolescents.

## Limitations

This study has some limitations. First, regarding every single student, affects were surveyed 30 min after a physical fitness assessment that could possibly—although homogeneously—influence the retrieval of respondents' affects regarding the previous few days. Adolescents could only indicate one sports club membership. If they belonged to multiple clubs simultaneously, they were requested to indicate the one they spent more time practicing with. Next time, we might provide room to indicate multiple memberships to have a deeper understanding of the cumulative effects of sports club membership. Furthermore, as the goal was keeping the survey as short as possible, we did not have an opportunity to assess the perceived intensity, frequency, and volume of the practiced sport. Although our affect measure showed consistent factor structure and great internal consistency. Other, more broadly validated tools could have been used in the current study, such as the PANAS (Watson et al., 1988). Future work might either use a more commonly utilized measure or it is also possible to validate this measure. It is also possible that future studies might try to use ecological momentary assessment (Trull and Ebner-Priemer, 2013) if they are interested in short term and less pervasive benefits. As it was a cross-sectional survey study, we do not know anything about causality. Therefore, it is entirely possible that the findings are due to self-selective bias namely, that teens with a more positive disposition tend to choose athletics or soccer and that it is not necessarily athletics or soccer that will lead to an increase in positive affects and a decrease in negative affects. Causality can only be investigated through longitudinal studies and future experimental work. Despite we aimed to choose only those sports that were practiced by many adolescents,

**TABLE 2 |** Post-Hoc differences concerning positive affect according to each sport.

	Athletics	Badminton	Basketball	Boxing	Dance	Gymnastics	Handball	Horse Riding	Martial Arts	Soccer	Swimming	Volleyball
Badminton	<0.001*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Basketball	0.049	0.040*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boxing	0.006*	0.474	0.236	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dance	<0.001*	0.704	0.013*	0.593	-	-	-	-	-	-	-	-
Gymnastic	0.126	0.0247	0.710	0.154	0.006*	-	-	-	-	-	-	-
Handball	0.010*	0.192	0.427	0.606	0.173	0.266	-	-	-	-	-	-
Horse riding	<0.001*	0.403	<0.001*	0.067	0.100	<0.001*	0.007*	-	-	-	-	-
Martial Arts	0.039*	0.049*	0.300	0.266	0.018*	0.855	0.496	<0.001*	-	-	-	-
Soccer	0.288	<0.001*	0.128	0.012*	<0.001*	0.341	0.018*	<0.001*	0.093	-	-	-
Swimming	0.002*	0.313	0.219	0.837	0.3412	0.137	0.890	0.018*	0.259	0.002*	-	-
Volleyball	0.403	0.033*	0.517	0.141	0.025*	0.700	0.251	0.001*	0.474	0.637	0.141	-
Non-Sport club	<0.001*	0.061	<0.001*	0.002*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	0.259	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*

The table depicts the values of *p*. We considered significant differences between groups in the case of *p*<0.05. \*Significantly different.

we can mention another limit of this study regarding the unequal number of adolescents in the different groups.

### CONCLUSION

Our study suggests that being a member of a sports club is associated with affective benefits for teenagers. However, it appears that athletics and soccer club membership might be associated with the highest levels of affective benefits, whereas boxing, badminton, dance, or horse riding club memberships are associated with less benefits. The present one is a pioneering, large-scale study that might provide broader guidelines for future scientific investigations in this field. However, it is without establishing a unidirectional causal link stating that certain sports club membership lead to more affective benefits than others.

### DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets presented in this article are not readily available because the data is the intellectual property of a private association (Institut des Rencontres de la Forme, IRFO) and permission has to be requested from the IRFO before access can be granted. Requests to access the datasets should be directed to Alexis Barbry (a.barbry@irfo.fr) and should indicate the reason for which you wish to use them.

### ETHICS STATEMENT

The studies involving human participants were reviewed and approved by Institutional Review Board of 00012476-2021-28-05-109. Written informed consent to participate in this study was provided by the participants' legal guardian/next of kin. Informed consent was obtained from all participants included in the study.

### AUTHOR CONTRIBUTIONS

CA, AB, AC, JC, HO, WN, and GO contributed to the study design, literature review, data gathering, manuscript writing, and to the data analyses and interpretation. CA, AB, AC, JC, WN, and GO contributed to the manuscript writing. All authors commented on the draft and contributed to the final version, approved the publication of the manuscript, and agreed to be accountable for all aspects of the work.

### FUNDING

GO was supported by the Young Researcher STARS grant from Conseil Régional Hauts de France. AB was supported by the CIFRE n°2020/0331 grant from "Association Nationale Recherche Technologie" (ANRT).

### ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to the Institut des Rencontres de la Forme (IRFO) for making the data available.

## REFERENCES

- Abdin, S., Welch, R. K., Byron-Daniel, J., and Meyrick, J. (2018). The effectiveness of physical activity interventions in improving well-being across office-based workplace settings: A systematic review. *Public Health* 160, 70–76. doi: 10.1016/j.puhe.2018.03.029
- Augestad, L. B., and Flanders, W. D. (2002). Eating disorder behavior in physically active Norwegian women. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 12, 248–255. doi: 10.1034/j.1600-0838.2002.00390.x
- Baumeister, R. E., and Leary, M. R. (1995). The need to belong: desire for interpersonal attachments as a fundamental human motivation. *Psychol. Bull.* 117, 497–529. doi: 10.1037/0033-2909.117.3.497
- Bell, S. L., Audrey, S., Gunnell, D., Cooper, A., and Campbell, R. (2019). The relationship between physical activity, mental wellbeing and symptoms of mental health disorder in adolescents: A cohort study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 16:138. doi: 10.1186/s12966-019-0901-7
- Benjamini, Y., and Hochberg, Y. (1995). Controlling the false discovery rate: A practical and powerful approach to multiple testing. *Journal of the Royal Statistical Society. Methodol.* 57, 289–300. doi: 10.1111/j.2517-6161.1995.tb02031.x
- Biddle, S. J. H., and Asare, M. (2011). Physical activity and mental health in children and adolescents: A review of reviews. *Br. J. Sports Med.* 45, 886–895. doi: 10.1136/bjsports-2011-090185
- Bourke, M., Hilland, T. A., and Craike, M. (2021). A systematic review of the within-person association between physical activity and affect in children's and adolescents' daily lives. *Psychol. Sport Exerc.* 52:101825. doi: 10.1016/j.psychsport.2020.101825
- Bratman, G. N., Olvera-Alvarez, H. A., and Gross, J. J. (2021). The affective benefits of nature exposure. *Soc. Personal Psychol. Compass* 15:e12630. doi: 10.1111/spc3.12630
- Bretschneider, W. (2001). Effects of sport club activities on adolescent development in Germany. *Eur. J. Sport Sci.* 1, 1–11. doi: 10.1080/17461390100071201
- Carton, A., Barbry, A., Coquart, J., Ovigneur, H., Amoura, C., and Orosz, G. (2021). Sport-related affective benefits for teenagers are getting greater as they approach adulthood: A large-scale French investigation. *Front. Psychol.* 12:4408. doi: 10.3389/fpsyg.2021.738343
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., VanPatter, M., Voss, M. W., Pontifex, M. B., et al. (2010). Basal ganglia volume is associated with aerobic fitness in preadolescent children. *Dev. Neurosci.* 32, 249–256. doi: 10.1159/000316648
- Chaddock, L., Erickson, K. I., Prakash, R. S., Voss, M. W., VanPatter, M., Pontifex, M. B., et al. (2012). A functional MRI investigation of the association between childhood aerobic fitness and neurocognitive control. *Biol. Psychol.* 89, 260–268. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.10.017
- Costigan, S. A., Lubans, D. R., Lonsdale, C., Sanders, T., and Del Pozo Cruz, B. (2019). Associations between physical activity intensity and well-being in adolescents. *Prev. Med.* 125, 55–61. doi: 10.1016/j.ypmed.2019.05.009
- Davison, K. K., Earnest, M. B., and Birch, L. L. (2002). Participation in aesthetic sports and girls' weight concerns at ages 5 and 7 years. *Int. J. Eat. Disord.* 31, 312–317. doi: 10.1002/eat.10043
- Di Russo, F., Bultrini, A., Brunelli, S., Delussu, A. S., Polidori, L., Taddei, F., et al. (2010). Benefits of Sports Participation for Executive Function in Disabled Athletes. *J. Neurotrauma* 27, 2309–2319. doi: 10.1089/neu.2010.1501
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P., et al. (2016). Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: A systematic review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48, 1197–1222. doi: 10.1249/MSS.0000000000000901
- Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., and Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* 10:98. doi: 10.1186/1479-5868-10-98
- Ekkekakis, P. (2003). Pleasure and displeasure from the body: perspectives from exercise. *Cognit. Emot.* 17, 213–239. doi: 10.1080/02699930302292
- Ekkekakis, P., Hall, E. E., Van Landuyt, L. M., and Petruzzello, S. J. (2000). Walking in (affective) circles: can short walks enhance affect? *J. Behav. Med.* 23, 245–275. doi: 10.1023/A:1005558025163
- Espeset, E., Gulliksen, K., Nordbo, R., Skårderud, F., and Holte, A. (2012). The link Between negative emotions and eating disorder behaviour in patients with anorexia nervosa. *Eur. Eat. Disord. Rev.* 20, 451–460. doi: 10.1002/erv.2183
- Fernandes, L., Oliveira, J., Soares-Miranda, L., Rebelo, A., and Brito, J. (2015). Regular football practice improves autonomic cardiac function in male children. *Asian J. Sports Med.* 6:e24037. doi: 10.5812/asjms.24037
- Fournier, F. (2000). Considérations sur l'Art Martial Centre d'étude et de perfectionnement d'arts martiaux du Dragon vert.
- Gernigon, C. (1998). Motivation et préparation à la performance sportive. *Les Cahiers de l'INSEP* 22, 121–163. doi: 10.3406/insep.1998.1401
- Gisladottir, T., Matthiassdóttir, Á., and Kristjansdóttir, H. (2013). The effect of adolescents' sports clubs participation on self-reported mental and physical conditions and future expectations. *J. Sports Sci.* 31, 1139–1145. doi: 10.1080/02640414.2013.773402
- Gomez-Pinilla, F., and Hillman, C. (2013). The influence of exercise on cognitive abilities. *Compr. Physiol.* 3, 403–428. doi: 10.1002/cphy.c110063
- Granovetter, M. S. (1973). The strength of weak ties. *Am. J. Sociol.* 78, 1360–1380. doi: 10.1086/225469
- Guddal, M. H., Stensland, S. Ø., Småstuen, M. C., Johnsen, M. B., Zwart, J.-A., and Storheim, K. (2019). Physical activity and sport participation among adolescents: associations with mental health in different age groups. Results from the Young-HUNT study: a cross-sectional survey. *BMJ Open* 9:e028555. doi: 10.1136/bmjopen-2018-028555
- Hall, C. J., and Lane, A. M. (2001). Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *Br. J. Sports Med.* 35, 390–395. doi: 10.1136/bjsem.35.6.390
- Hassmén, P., Koivula, N., and Uutela, A. (2000). Physical exercise and psychological well-being: A population study in Finland. *Prev. Med.* 30, 17–25. doi: 10.1006/pmed.1999.0597
- Hopkins, Z. H., Moreno, C., and Secrest, A. M. (2020). Influence of social media on cosmetic procedure interest. *J. Clin. Aesthet. Dermatol.* 13, 28–31. doi: 10.1016/j.JID.2018.03.339
- Howie, L. D., Lukacs, S. L., Pastor, P. N., Reuben, C. A., and Mendola, P. (2010). Participation in activities outside of school hours in relation to problem behavior and social skills in middle childhood. *J. Sch. Health* 80, 119–125. doi: 10.1111/j.1746-1561.2009.00475.x
- Howie, E., McVeigh, J., Smith, A. J., Zabatiere, J., Bucks, R., Mori, T., et al. (2020). Physical activity trajectories from childhood to late adolescence and their implications for health in young adulthood. *Prev. Med.* 139:106224. doi: 10.1016/j.ypmed.2020.106224
- Hu, L., and Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: conventional criteria versus new alternatives. *Struct. Equ. Model. Multidiscip. J.* 6, 1–55. doi: 10.1080/1070519909540118
- Iacolino, C., Pellerone, M., Formica, I., Lombardo, E., and Tolini, G. (2017). Alexithymia, body perception and dismorphism: A study conducted on sportive and non-sportive subjects. *Clin. Neuropsychiatry* 14, 400–406.
- Jaeger, W. (1988). Paideia la formation de l'homme grec. *Les Etudes Philosophiques*. (n° 127), Gallimard.
- Janssen, I., and Leblanc, A. G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *Inter. J. Behav. Nutr. Physical Act.* 7:40. doi: 10.1186/1479-5868-7-40
- Jiang, R., Xie, C., Shi, J., Mao, X., Huang, Q., Meng, E., et al. (2021). Comparison of physical fitness and mental health status among school-age children with different sport-specific training frequencies. *PeerJ* 9:e10842. doi: 10.7717/peerj.10842
- Kopp, B. (2012). A simple hypothesis of executive function. *Front. Hum. Neurosci.* 6:159. doi: 10.3389/fnhum.2012.00159
- Lane, A., and Terry, P. (1996). Predictors of self-efficacy in amateur boxing. *J. Sports Sci.* 14, 93–94.
- Lawton, E., Brymer, E., Clough, P., and Denovan, A. (2017). The relationship between the physical activity environment, nature relatedness, anxiety, and the psychological well-being benefits of regular exercisers. *Front. Psychol.* 8:1058. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01058
- Lecroisey, L. (2017). Les visages des sportifs: Analyse des expressions faciales et des sous-rôles sociomoteurs par des observateurs sélectionnés. dissertation/master's thesis. Paris (ILD): University of Paris Descartes.
- Maroun, C. A., Zhu, G., Fakhry, C., Gourin, C. G., Seiwert, T. Y., Vosler, P. S., et al. (2021). An Immunogenomic investigation of Oral cavity squamous

- cell carcinoma in patients aged 45 years and younger. *Laryngoscope* 131, 304–311. doi: 10.1002/lary.28674
- Marquez, D. X., Aguiñaga, S., Vásquez, P. M., Conroy, D. E., Erickson, K. L., Hillman, C. H., et al. (2020). A systematic review of physical activity and quality of life and well-being. *Transl. Behav. Med.* 10, 1098–1109. doi: 10.1093/tbm/ibz198
- Marsh, H. W., Hau, K.-T., and Grayson, D. (2005). "Goodness of fit in structural equation models," in *Contemporary Psychometrics: A Festschrift for Roderick P. McDonald* (USA: Lawrence Erlbaum Associates Publishers), 275–340.
- Miller, D. N. (2011). "Positive affect," in *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. eds. S. Goldstein and J. A. Naglieri (USA: Springer), 1121–1122.
- Ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. (2019). Programme d'enseignement commun et d'enseignement optionnel d'éducation physique et sportive pour la classe de seconde générale et technologique et pour les classes de première et terminale des voies générale et technologique. <https://www.education.gouv.fr/bo/19/Special/MENE1901574A.htm> (Accessed November 2021).
- Ministère de la Jeunesse des Sports et de la Vie associative, Institut national du sport et de l'éducation physique Mignon, P., and Truchot, G. (2018). "Le football et les sports collectifs," in *Les Pratiques Sportives en France*, 75–81.
- Ministère de la ville de la jeunesse et des sports. (2015). L'Atlas national des fédérations sportives. [sports.gouv.fr. https://www.sports.gouv.fr/organisation/publications/publications/L-Atlas-national-des-federations-sportives-2015](https://www.sports.gouv.fr/organisation/publications/publications/L-Atlas-national-des-federations-sportives-2015) (Accessed June 2021).
- Ministère des Sports. (2002). Le Sport chez les jeunes de 12 à 17 ans. Bulletin de statistique et d'étude. <https://www.sports.gouv.fr/IMG/archives/pdf/Stat-jeunes.pdf> (Accessed June 2021).
- Nakajima, R., Takao, K., Hattori, S., Shoji, H., Korniyama, N. H., Grant, S. G. N., et al. (2019). Comprehensive behavioral analysis of heterozygous Syngap1 knockout mice. *Neuropsychopharmacology Reports* 39, 223–237. doi: 10.1002/npr.212073
- Nuytens, W. (2011). L'épreuve du terrain. Violences des tribunes, violences des stades. Lectures. <http://journals.openedition.org/lectures/5587>
- Ohl, F. (2004). Goût et culture de masse: l'exemple du sport. *Sociologie et sociétés* 36, 209–228. doi: 10.7202/009589ar
- Pasanen, T. P., Ojala, A., Tyrväinen, L., and Korpela, K. M. (2018). Restoration, well-being, and everyday physical activity in indoor, built outdoor and natural outdoor settings. *J. Environ. Psychol.* 59, 85–93. doi: 10.1016/j.jenvp.2018.08.014
- Pascual, A., Etxebarria, I., Ortega, I., and Ripalda, A. (2012). Gender differences in adolescence in emotional variables relevant to eating disorders. *Int. J. Psychol.* 10, 59–68.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., and Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educ. Psychol.* 37, 91–105. doi: 10.1207/S15326985EP3702\_4
- Pluhar, E., McCracken, C., Griffith, K. L., Christino, M. A., Sagimoto, D., and Meehan, W. P. (2019). Team sport athletes may be less likely to suffer anxiety or depression than individual sport athletes. *J. Sports Science Med.* 18, 490–496
- Putnam, R. D. (2000). *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*. (New York: Simon and Schuster).
- Qin, F., Song, Y., Nassis, G. P., Zhao, L., Dong, Y., Zhao, C., et al. (2020). Physical activity, screen time, and emotional well-being during the 2019 novel coronavirus outbreak in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:5170. doi: 10.3390/ijerph17145170
- Retière, J.-N. (2003). Autour de l'autochtonie. Réflexions sur la notion de capital social populaire. *Politix. Revue des sciences sociales du politique* 16, 121–143. doi: 10.3406/polix.2003.1295
- Rodriguez-Ayllon, M., Cadenas-Sánchez, C., Estévez-López, E., Muñoz, N. E., Mora-Gonzalez, J., Migueles, J. H., et al. (2019). Role of physical activity and sedentary behavior in the mental health of preschoolers, Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 49, 1383–1410. doi: 10.1007/s40279-019-01099-5
- Sagatun, A., Søgaard, A. J., Bjertness, E., Selmer, R., and Heyerdahl, S. (2007). The association between weekly hours of physical activity and mental health: A three-year follow-up study of 15-16-year-old students in the city of Oslo. *BMC* 7:155. doi: 10.1186/1471-2458-7-155
- Tan, J. O. A., Calitri, R., Bloodworth, A., and McNamee, M. J. (2016). Understanding eating disorders in elite gymnastics: ethical and conceptual challenges. *Clin. Sports Med.* 35, 275–292. doi: 10.1016/j.csm.2015.10.002
- Telama, R., Yang, X., Viikari, J., Välimäki, I., Wanne, O., and Raitakari, O. (2005). Physical activity from childhood to adulthood: A 21-year tracking study. *Am. J. Prev. Med.* 28, 267–273. doi: 10.1016/j.amepre.2004.12.003
- Thompson Coon, J., Boddy, K., Stein, K., Whear, R., Barton, J., and Depledge, M. H. (2011). Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. *Environ. Sci. Technol.* 45, 1761–1772. doi: 10.1021/es102947t
- Trull, T. J., and Ebner-Priemer, U. (2013). Ambulatory assessment. *Annu. Rev. Clin. Psychol.* 9, 151–176. doi: 10.1146/annurev-clinpsy-050212-185510
- Walton, G. M., and Brady, S. T. (2020). *The Social-Belonging Intervention*. New York, NY: Guilford Press.
- Watson, D., Clark, L. A., and Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of positive and negative affect: The PANAS scales. *J. Pers. Soc. Psychol.* 54, 1063–1070. doi: 10.1037/0022-3514.54.6.1063
- Wiese, C., Kuykendall, L., and Tay, L. (2017). Get active? A meta-analysis of leisure-time physical activity and subjective well-being. *J. Posit. Psychol.* 13, 57–66. doi: 10.1080/17439760.2017.1374436
- Zhang, Y., Zhang, H., Ma, X., and Di, Q. (2020). Mental health problems during the COVID-19 pandemics and the mitigation effects of exercise: A longitudinal study of college students in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17:3722. doi: 10.3390/ijerph17103722

**Conflict of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.

Copyright © 2021 Barbry, Carton, Coquart, Ovigneur, Amourin, Nuytens and Oross. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Annexe 4.** Présentation du questionnaire de l'Institut des Rencontres de la Forme évaluant le bien-être affectif dans la vie quotidienne des adolescents

Au cours des 3-4 derniers jours, quelles sont les émotions que j'ai ressenties le plus souvent ?

	1 - Pas du tout	2 - Un peu	3 - Moyennement	4 - Beaucoup	5 - Enormément
Q01. J'ai eu honte de quelque chose					
Q02. Je me suis senti énervé					
Q03. Je me suis senti joyeux					
Q04. J'ai été fier de moi					
Q05. J'ai été parfois furieux					
Q06. J'ai été préoccupé					
Q07. J'ai eu envie de faire des choses et j'en étais très content					
Q08. Je me suis senti coupable de quelque chose					
Q09. Je me suis senti triste					
Q10. Je n'ai pas arrêté de penser à quelque chose qui me perturbe					
Q11. J'avais la pêche					
Q12. Je me suis senti heureux					

**Annexe 5.** Article 4: *Effect of brief mindfulness meditation interventions on heart rate variability in adults: a systematic review*. En cours d'examen dans *Applied psychophysiology and biofeedback* depuis le 12 juillet 2023

**Submission history**

Event	Date
Submission received	10 Jul 2023
Submission is under technical check	10 Jul 2023
Submission passed technical check	12 Jul 2023
Submission under peer review	12 Jul 2023

**Peer review**

**Technical check**

**Submission received**

**Effect of brief mindfulness meditation interventions  
on heart rate variability in adults: a systematic review**

Concise and informative title: Effect of brief mindfulness meditation on HRV

Alexis Barbry,<sup>1,2</sup> Éva Gál,<sup>3</sup> Annie Carton,<sup>4</sup> Jérémy Coquart<sup>1</sup>

Affiliations :

<sup>1</sup>Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, F-59000 Lille, France

<sup>2</sup>L'Institut des Rencontres de la Forme, Wattignies, France

<sup>3</sup>Department of Pedagogy and Applied Didactics, Faculty of Psychology and Educational Sciences Babeş- Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania.

<sup>4</sup>Univ. Artois, Univ. Lille, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, F-62800 Liévin, France

ORCID:

Alexis BARBRY - 0000-0003-3991-9420

Éva Gál - 0000-0002-7515-7024

Annie Carton - 0000-0002-6457-3348

Jérémy Coquart - 0000-0001-6515-7736

**Corresponding author :** Alexis Barbry, Institut des Rencontres de la Forme, 11 rue de l'Yser (CREPS de Wattignies), 59 139 Wattignies, France. Phone: (+33)646389628. E-mail: [alexis.barbry.etu@univ-lille.fr](mailto:alexis.barbry.etu@univ-lille.fr)

Registration name (and number): international Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) database (#CRD42022291907).

**Declarations:** None.

## Abstract

**Objectives:** Physiological stress, evaluated by Heart Rate Variability (HRV), affects a large part of the world's population. The influence of Brief Mindfulness Meditation (BMM) on HRV is not clear. This study aims to investigate the influence of BMM on HRV.

**Methods:** A systematic search was conducted in four databases (*i.e.*, PubMed NCBI, Cochrane Library, Scopus, and Web of Science) until 20 January 2022. To be included, these studies were required to evaluate HRV before and during or after a BMM intervention. The methodological quality of the included studies was evaluated with the revised Cochrane Risk-of-Bias and the quality of the evidence was assessed with the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation.

**Results:** Seven studies met the inclusion criteria, with a total initial sample size of 332 participants. Three studies had within subject design, two studies compared BMM with other relaxation techniques, one study was a controlled trial, and one study was an uncontrolled trial. Three studies, including 120 participants, found that BMM is associated with an increase of Root Mean Square of Successive R-R differences (RMSSD). Two studies, including 63 participants, reported an increase of the ratio Low-Frequency HRV to High-Frequency HRV (ratio LF/HF); however, the quality of the evidence was low.

**Conclusions:** The results seem to suggest that RMSSD might increase during or after BMM, suggesting that BMM might be a promising psychological intervention to reduce the physiological stress of the population. Future randomised controlled trials need to be conducted to confirm this result.

**Keywords:** Physiological stress, psychological interventions, RMSSD, ratio LF/HF, heart rate.

## Introduction

Stress is defined as a maladaptive state where the Sympathetic Nervous System (SNS) is overactivated, resulting in physiological or psychological disorders, and affects a large part of the world's population (Campkin, 2000; Kim et al., 2018; The American Institute of stress, 2022). To give an example, the American Institute of Stress has suggested that the prevalence of stress globally was 35% in 2022. Psychological interventions such as mindfulness meditation have been developed to reduce stress and are now recommended (Kabat-Zinn, 2003; Kabat-Zinn & Hanh, 2009; Qiu et al., 2020).

Mindfulness meditation could be defined as the awareness that results from intentionally paying attention to the present moment with a non-judgemental attitude (Brown et al., 2007; Kabat-Zinn, 2003). The two main mindfulness meditation based stress reduction programmes—the Mindfulness-Based-Stress-Reduction (MBSR) and the Mindfulness-Based-Cognitive Therapy (MBCT) (Kabat-Zinn, 2003; Kabat-Zinn & Hanh, 2009; Segal et al., 2018)—require a high level of commitment (Howarth et al., 2019) (i.e., eight-week interventions composed of 2 hour 30 minutes weekly group sessions with the presence of an instructor plus 45 minutes of daily practice). However, these long programmes (i.e., MBSR and MBCT) require time that is not necessarily available in today's society, and could be a barrier for engaging and maintaining people in mindfulness meditation programmes (Howarth et al., 2019; Huberty et al., 2019).

Brief Mindfulness Meditation (BMM) interventions may be able to surpass these time-related barriers (i.e., no mandatory instructor; e.g., meditation with the use of mobile applications) (Huberty et al., 2019). Although there is no consensual definition of BMM in the scientific literature, Howarth et al., recently defined BMM, in a systematic review using three criteria: a) the duration of a meditation session is 30 minutes or less, b) and no more than 100 minutes per week, while c) the length of the mindfulness meditation intervention is no more than four weeks. The authors justify their definition by explaining that these criteria were developed based on about half of the longer programmes mentioned earlier (e.g., MBSR and MBCT last for eight weeks whereas BMM are limited to four) (Howarth et al., 2019).

Physiologically, the stress response is modulated by the regulation of the Autonomic Nervous System (ANS) (Siciliano et al., 2022). The ANS (which is also called the involuntary nervous

system) functions without conscious and voluntary control (McCorry, 2007), and is composed of two branches: the SNS and the Parasympathetic Nervous System (PNS). The SNS has an accelerating effect on the body's physiological systems and controls the fight-or-flight response, while the PNS takes care of slowing down the body's physiological system by regulating the rest and digest functions (McCorry, 2007). Compared to subjective stress measures (i.e., questionnaires or scales), Heart Rate Variability (HRV) represents the reflection of ANS and is an objective physiological marker of the stress response (Hunt et al., 2021; Shaffer & Ginsberg, 2017). HRV is defined as the degree of fluctuation in the duration of R-R intervals between heartbeats (i.e., time in milliseconds between two R peaks of the QRS complex, which may be seen on a typical electrocardiogram) and seems to correspond to the balance between the SNS and the PNS (Besson et al., 2020; Hunt et al., 2021). Indeed, a decrease of HRV is often associated with an increase of the SNS activity, whereas an increase of HRV enhances an increase of the PNS activity (Kirk & Axelsen, 2020). Therefore, HRV is frequently measured to objectively study the physiological stress response (Kim et al., 2018).

HRV is measured using two different domains: the time-domain and the frequency-domain. The time-domain is mainly composed of the Standard Deviation of a Normal-to-Normal interval (SDNN) and the Root Mean of Successive R-R intervals Differences (RMSSD) (Shaffer & Ginsberg, 2017). SDNN reflects the contribution of both SNS and PNS activities, whereas RMSSD is more closely related to the PNS activity (Shaffer & Ginsberg, 2017). In general, lower SDNN and RMSSD (e.g., a very low RMSSD value for an adult is over 10 milliseconds, whereas a high RMSSD value is around 180 milliseconds) are associated with stress and health problems (e.g., increased risk of cardiovascular disease and mortality) (DeGiorgio et al., 2010; Dekker et al., 2000; Endukuru & Tripathi, 2016). In contrast to the HRV measurements in the time-domain, the frequency-domain measurements are calculated through spectral analysis (e.g., mathematical method, such as the Fourier transform, or auto-regressive modelling to detect the different oscillations of a rhythm). As with the time-domain measurements, the frequency-domain measurements are both influenced by SNS and PNS activities. For example, the Low-Frequency HRV (LF-HRV) might be influenced of both SNS and PNS activities, whereas High-Frequency HRV (HF-HRV) is only reflecting the PNS activity, and finally the ratio of LF-HRV to HF-HRV (LF/HF ratio) might correspond to the balance between SNS and PNS (Shaffer et al., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017). Indeed, a low ratio LF/HF indicates a PNS dominance, whereas a high ratio indicates a SNS dominance, which is associated with an increase in stress (Shaffer

& Ginsberg, 2017; Sloan et al., 1994). Although they are measured in two different ways, several measurements belonging to the time and the frequency-domains seem to be quite close (Shaffer et al., 2014). For example, RMSSD seems to be associated with HF-HRV (Bigger et al., 1989).

Some authors only use the time-domain, while others were more attracted by frequency-domain, and some authors have evaluated HRV using both domains (Hunt et al., 2021; Ooishi et al., 2021; Yin et al., 2004). This suggests that there is no consensus in the scientific literature: the measurements of both domains are useful and valid measures to objectively evaluate HRV, and thus physiological stress.

Because HRV is a non-invasive measurement, it is easy to implement, and can be measured over a short period of time, and it is often used to objectively measure the stress response during mindfulness meditation (Kirk & Axelsen, 2020; Nijjar et al., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017; Task force, 1996). Although mindfulness meditation interventions seem to be associated with a reduction of psychological stress, obtained from self-report measures (Bartlett et al., 2021; Kor et al., 2019), the effect of mindfulness meditation on physiological markers of stress, which could be objectively measured by HRV, is more controversial (Brown et al., 2007; Nijjar et al., 2014). Indeed, Brown et al., in a recent meta-analysis have highlighted that there is insufficient evidence to suggest that mindfulness meditation is associated with an increase in HRV. However, the studies that were included looked at the HRV responses employed long mindfulness meditation interventions (i.e., at least four hours of total duration intervention with a mean of 14 hours) and clinical populations (e.g., substance use disorders and fibromyalgia) (Brown et al., 2021). Meanwhile, regarding the shorter mindfulness meditation interventions (i.e., BMM), some authors have found an increase in HRV during the BMM intervention while others have reported no positive influence of BMM on the HRV response (Bortolla et al., 2022; Hunt et al., 2021). The differences in these results highlight that the HRV response on BMM intervention in a healthy population is lacking and remains unclear. Consequently, the main aim of this systematic review is to investigate the influence of BMM interventions on HRV in adult beginners in mindfulness meditation to test if BMM can be a useful psychological intervention to reduce stress in this population.

## Materials and Methods

This systematic review was realised in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 statement guidelines (see supporting information for the PRISMA checklist) (Page et al., 2021).

### Identification

A systematic search was conducted to find studies that evaluated the influence of BMM on HRV among healthy adults. The search was done in four databases: PubMed-NCBI, Cochrane Library, Scopus, and Web of Science. Two authors (AB and JC) independently conducted the searches on 20 January 2022 (all research published to that date were included) with keywords identified by the five researchers. The keywords were searched from two key concepts: mindfulness and heart rate, which are both MeSH terms (Medical Subject Headings in the National Library of Medicine's controlled vocabulary thesaurus, used for indexing articles for most databases). All of the terms (i.e., synonyms) that were associated with the MeSH and linked to each key concept were selected. Then, all identified terms/synonyms in a MeSH and keywords were combined with Boolean operators ("AND" and "OR"): [{"Mindful\*" OR "Meditat\*"}] AND [{"heart rate\*" OR "rate heart" OR "cardiac rate\*" OR "rate cardiac" OR "pulse rate\*" OR "rate pulse" OR "Heartbeat\*" OR "cardiac chronotropy" OR ("Chronotropy" AND "Cardiac") OR ("Chronotropic" OR "Chronotropically" OR "Chronotropism" AND "Cardiac") OR "cardiac chronotropism" OR "heart rate control" OR "control heart rate" OR "Heart rate variability" OR "HRV" OR "Vagal" OR "autonomic nervous system" OR "respiratory sinus arrhythmia"}]. The character string benefited from the Boolean "AND" for combining the two concepts, whereas the Boolean "OR" was used to provide a comprehensive set of terms for each concept. The search covered titles, abstracts, and keywords in citations in each database.

### Screening

After the initial search, two researchers (AB and EG) independently assessed the eligibility of each manuscript by screening the titles and abstracts. Disagreements were resolved with the help of a third author (JC). To be included in the systematic review, these studies had to be published in English only and had to be published in a peer-reviewed journal. These studies had

to evaluate the influence of a BMM intervention on HRV in a healthy human population. According to the criteria developed by Howarth et al., a mindfulness meditation intervention was considered as a BMM intervention when the duration of a mindfulness meditation session was 30 minutes or less, the mindfulness practice was less than 100 minutes per week, with a maximum duration of four weeks (Howarth et al., 2019). Longer programmes (e.g., MBSR, MBCT) were excluded. Only mindfulness meditation was included in the systematic review, and other types of meditations (e.g., Transcendental, Chan, Vipassana, and Zen) or other relaxation techniques (e.g., heart coherence, Schultz autogenic training, paced breathing, and metronomic breathing) were excluded. The BMM could be conducted with or without the presence of an instructor (i.e., if BMM was conducted by an instructor or by mobile apps, then it did not affect the inclusion of the studies). All outcomes relating to HRV measured in temporal and frequency-domains were included (e.g., RMSSD, SDNN, LF-HRV, HF-HRV, and LF/HF ratio). Studies were included only if HRV measurements were performed before, during or after a BMM intervention. Regarding the study sample, studies was included only if the participants were adults aged between 18 and 65 years old (World Health Organisation, 2020) who had no prior experience in mindfulness meditation and were not diagnosed with a chronic illness or mental health disorder. Long-term meditators were excluded. Non-interventional studies (i.e., use of databases like Physionet) or studies combining other interventions with BMM (i.e., physical activity, relaxation) or encompassed mind-body exercises (e.g., yoga, Tai Chi, Qigong) were also excluded to reduce heterogeneity and limit the confounding factor of exercise, which is a known predictor of HRV (Brown et al., 2021; R. May et al., 2017; Sandercock et al., 2005; Soares-Miranda et al., 2014). To reduce the risk of inflating the study results in very small samples (Button et al., 2013), following a recent meta-analysis studies with a minimum of 10 participants were included (Brown et al., 2021). Finally, studies that included a stressor (e.g., trier social stress tests and visualisation of negative images) before the BMM interventions or the measurements of the HRV were also excluded due to the influence of stress on HRV results (Kim et al., 2018).

## Eligibility

Two authors (AB and EG) used a standardised form to select the manuscripts that were eligible for inclusion. This form was used independently during the reading of the entire paper. This

made it possible to verify if the information that was extracted from the title and abstract was in accordance with the full text manuscript and the inclusion criteria of the systematic review.

## Inclusion

For each included study the following data were extracted independently by two authors (AB and EG): the study's identity (i.e., authors and year of publication), the participants' characteristics (i.e., initial and final sample size, age, gender), the description of the BMM intervention (e.g., breath focused, open monitoring and focus attention), the type of control, the duration of the BMM interventions (i.e., total minutes practiced and number of sessions per week), the HRV measurements, the HRV results before and during or after intervention, and the effect of the BMM interventions (i.e., intragroup and/or intergroup analyses, if available). The change of HRV (i.e., means and standard deviations) before versus during or after BMM was considered as the primary outcome measure. The effect sizes, which represents the magnitude of the change before and during or after the BMM, were calculated when the data allowed it. If any information was missing, then the authors were directly contacted by the first author (AB).

## Risk of bias and quality appraisal

The methodological rigour of the studies was evaluated with the Revised Cochrane risk-of-Bias tool for randomised trials (RoB 2) (Sterne et al., 2019). The RoB 2 is composed of five domains: randomisation process, deviation from intended intervention, missing outcome data, measurement of the outcome and selection of the reported results. Once the risk-of-bias has been determined for the five domains, a global risk of bias judgement is made (i.e., low risk of bias, some concerns and high risk of bias). Two authors (AB and EG) independently appraised all of the included studies using RoB 2. If disagreements appeared, then a third reviewer (JC) provided the final judgement. Finally, the evaluation of the quality of the evidence using Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) was realised (Guyatt et al., 2011). The GRADE approach was supported by an electronic tool (<https://gradepro.org>) (Sicilia et al., 2020). The four levels of evidence are: high, moderate, low and very low (Table 2). These levels depend on five factors: risks of bias, inconsistency of results, indirectness of evidence, imprecision and publication bias. According to the results of the five

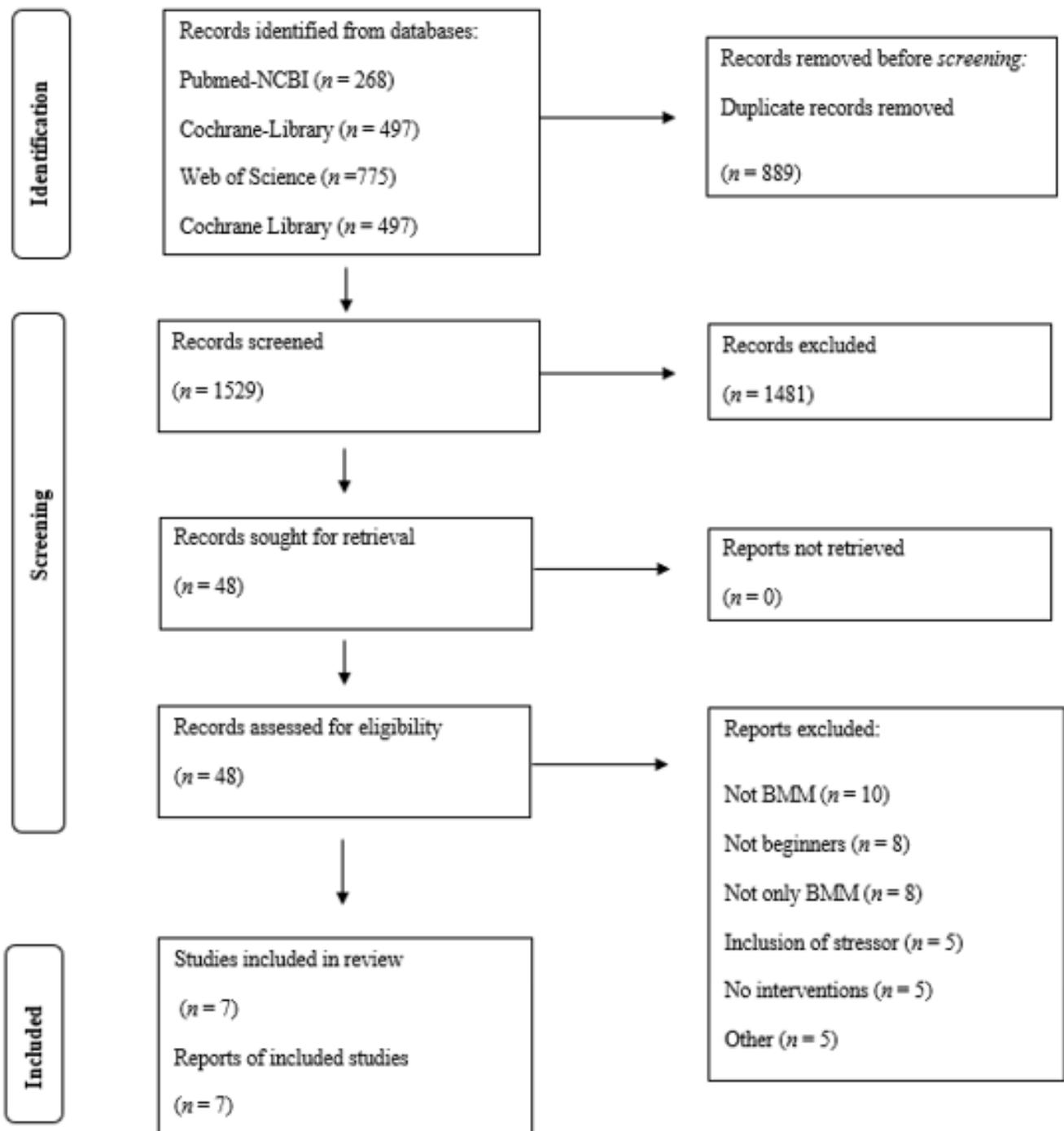
factors, the GRADEpro approach determines the level of the quality of the evidence. The risk of bias and the level of the evidence were used to evaluate the quality of the studies that were included.

## Results

### Study selection

The initial search revealed 2418 manuscripts (Figure 1). Once duplicate items were removed ( $n = 889$ ), 1529 articles were screened. After screening the study titles and abstracts, 1481 articles were further excluded. The full texts of the remaining 48 articles were evaluated for eligibility. In addition, 10 studies were excluded because their interventions did not meet the three criteria for BMM (e.g., MBSR, MBCT) (Balconi et al., 2019; D'Antoni, 2021; Davies et al., 2021; García-Magariño & Plaza, 2017; Hunt et al., 2018; Jung & Lee, 2021; Kirk & Axelsen, 2020; Solarikova et al., 2021; Tihanyi et al., 2017; Versluis et al., 2018). In eight studies, the participants were not beginners in mindfulness meditation (Burg et al., 2012; Goswami et al., 2011; Kodituwakku et al., 2012; Lazar et al., 2000; Linares Gutierrez et al., 2019; Nesvold et al., 2012; Telles et al., 2019; Wu et al., 2019). Eight studies were excluded because their interventions included other relaxation or meditation techniques that could not be considered as mindfulness intervention (e.g., heart coherence and Chan meditation) (Bernardi et al., 2017; Cheng et al., 2019; Fitzpatrick & Kuo, 2022; Melville et al., 2012; Park, 2021; Peper et al., 2019; Steinhubl et al., 2015; Tian & Song, 2019). Five studies were excluded because they included a stressor before the BMM intervention (Amira et al., 2019; Attar et al., 2021; Cayir et al., 2022; Fitzpatrick et al., 2022; Geisler et al., 2018). Five studies were not included because they were not interventions (e.g., data collected on Physionet database) (Esch et al., 2004; Goshvarpour & Goshvarpour, 2018; Kamath, 2013b, 2013a, 2019). Two studies did not assess HRV before and after the BMM intervention (Anderson & Farb, 2018; Woolfolk & Rooney, 1981). One study was excluded because the participants were older than 65 years old (Svetlov et al., 2019). Another study was also removed because the participants needed to take a drug (that could be considered as the stressor) before the mindfulness intervention (Thomas et al., 2021). Finally, one study was eliminated due to the low number of participants (i.e., under 10 participants) (Tsai et al., 2014). Consequently, seven articles were included with a total initial sample of 332 participants. A summary of the characteristics of these seven studies is available Table 1.

Fig.1. Study selection flow diagram



Tab.1. Summary of characteristics of the included studies

Reference	Participants			Control group	Duration	HRV measures	Results	Effect size
	Number (Initial/ Final)	Age (mean ± SD)	Gender (F/M)					
Bortolla et al. (2021)	31/28	24.4 ± 1.4	28/0	None	10 minutes	RSA	RSA between baseline and mindfulness phase ↗ ( $z = -2.57, p = 0.008$ ). Pretest ( $1.92 \pm 0.13$ ) / during meditation ( $2.01 \pm 0.20$ ) / at rest ( $1.95 \pm 0.14$ ).	$\hat{A} = 0.61$
						RMSSD	RMSSD between baseline and mindfulness phase ( $z = -3.24, p = 0.001$ ). Pretest ( $3.91 \pm 0.55$ ) / during meditation ( $4.16 \pm 0.58$ ) / at rest ( $4.03 \pm 0.53$ ).	$\hat{A} = 0.64$
						SDNN	SDNN between baseline and mindfulness phase ↗ ( $z = -4, p \leq 0.001$ ) and moderate recovery phase ( $z = -3.75, p < 0.001$ ). Pretest ( $3.94 \pm 0.41$ ) / during meditation ( $4.29 \pm 0.46$ ) / at rest ( $4.03 \pm 0.41$ ).	$\hat{A} = 0.73$ $\hat{A} = 0.68$

Ditto et al. (2006)	30	19.2 ± 2.1	15/15	BSM	WSD Listening to HP	20 minutes	RSA/HF- HRV	<p>for BSM compared to HP group (<math>F(1,26) = 11.42, p = 0.002</math>).</p> <p>More vagal activity for BSM compared to HP group (<math>F(1,24) = 4.38, p = 0.047</math>).</p> <p>for BSM compared to the HP (<math>F(1,26) = 8.28, p = 0.008</math>).</p>	Missin g <b>data</b>
Hunt et al. (2021)	48/41	Not mentione d	32/16	DB	MB*	1 week with practice between baseline and follow-up.	SDNN	<p>SDNN during the video [<math>t(26) = 6.29, p &lt; 0.001</math>] and at-follow up [<math>t(22) = 30.8, p &lt; 0.001</math>] for DB.</p> <p>No-statistical differences during the video [<math>t(19) = 1.69, p = 0.11</math>] and at-follow-up [<math>t(17) = 1.90, p = 0.07</math>] for MB.</p> <p>During the video: <math>DB \geq MB</math> [<math>F(1,46) = 6.83, p = 0.01</math>].</p> <p>At follow-up: No-statistical differences [<math>F(1,40) = 0.25, ns</math>].</p>	$d = 1.12$ $d = 0.79$ $d = 3.7$
May et al. (2016)	124	20.1 ± 1.4	109/15	MB and body sensations on <b>MindsApps</b>	Quietly sitting in a room	15 minutes	LF-HRV <sub>low</sub>	<p>LF-HRV<sub>low</sub> from baseline to intervention in MB [<math>F(1,60) = 10.88, p = 0.002</math>].</p> <p>No differences in the control group (<math>F(1,60) = 0.39, p = 0.53</math>).</p>	$d = 1.95$
Ootsubi et al. (2021)	53/41		21/20			30 minutes each exercise		Main effect of meditation: RMSDD ( $p = 0.018$ ).	$\eta^2 = 0.13$

				WSD	SDNN	↗ Main effect of time:	$\eta^2 =$
				FA and OM meditations	RMSSD	Ln LF-HRV during meditation ( $p = 0.036$ );	0.11
					SDNN/RM	Ln [LF/HF] during meditation ( $p = 0.026$ ).	$\eta^2 =$
					SSD		0.12
					Ln LF-		
				Women3	HRV	↗ Meditation time interaction:	$\eta^2 =$
				0.7 ± 2.0	Ln HF-	RMSSD ( $p = 0.048$ ) and SDNN/RMSSD ( $p = 0.035$ );	0.09
				Men	HRV	No statistical difference on Ln LF-HRV, SDNN and Ln HF-	$\eta^2 =$
				25.8 ±	Ln [LF/HF]	HRV.	0.11
				1.6			$d =$
						↗ FA meditation versus OM meditation:	0.74
						RMSSD during FA meditation ( $p = 0.030$ ). No differences for	
						OM ( $p = 0.67$ ). SDNN/RMSSD for OM meditation only ( $p =$	$d =$
						0.033).	0.31
						↗ SEE:	$d =$
				BFSM	RMSSD	RMSSD ( $p \leq 0.04$ ). Pretest (43.71 ± 20.64), <b>posttest</b> : (51.78 ± 0.34	0.34
				32.9 ±	%HF-	26.42).	
				12.1	BFSM*	20 minutes	
				SEE	SEE	36/0	
				36			
				Trivedi et al.		%LF-HRV <sub>low</sub> ( $p \leq 0.0002$ ). <b>Pretest</b> (28.37 ± 19.12), <b>posttest</b> $d =$	
				(2020)		(46.51 ± 24.68).	0.82

↗ between **preprandial** and postprandial for the 3 sessions ( $p < 0.05$ ).

$d = 2.15$

Intra-group comparison:

Control session ( $1.78 \pm 0.33$  vs  $2.57 \pm 0.40$ )

Meditation session ( $1.80 \pm 0.30$  vs  $2.52 \pm 0.32$ )

$d = 2.32$

LF/HF ratio

Stress session ( $1.89 \pm 0.67$  vs  $3.20 \pm 0.50$ )

$d = 2.21$

Inter-group comparison

Higher postprandial increase in the stress session

( $p < 0.02$ ). Stress session ( $1.31 \pm 0.80$ ) / Meditation session ( $0.72 \pm 0.40$ ) / Control session ( $0.79 \pm 0.40$ ).

$d = 0.85$

$d = 0.75$

Notes:

BFSM: Breath-Focused Silence Meditation. BSM: Body Scan Meditation. DB: Diaphragmatic Breathing. FA: Focused Attention. HF-HRV: High Frequency HRV. HP: Harry Potter. LF-HRV: Low Frequency HRV. MB: Mindfulness Breathing. OM: Open-Monitoring. RSA: Respiratory Sinus Arrhythmia. RMSSD: Root Mean Square of Successive RR intervals Differences. SEE: Society for Energy and Emotions. SDNN: Standard Deviation of Normal-to-Normal intervals. WSD: Within Subject Design. \*Mindfulness interventions used as a comparator. ↗ means increase or higher HRV. ↘ means decrease or lower HRV.

## Effect of BMM on HRV

It is important to mention here that several types of studies are present in this analysis (i.e., randomised controlled trial, within-subject design and open clinical trial). The HRV parameters evaluated in the seven selected studies differed. Some researchers have evaluated HRV only with the time-domain measurements (i.e., RMSSD, SDNN, SDNN/RMSSD) (Bortolla et al., 2022; Hunt et al., 2021) and others only with the frequency-domain measurements (i.e., LF-HRV, HF-HRV, ratio LF/HF) (Ditto et al., 2006; May et al., 2016; Yin et al., 2004) whereas other studies have reported HRV using both domains (Ooishi et al., 2021; Trivedi et al., 2020). Consequently, a measure-by-measure comparison in each domain is proposed.

### Time-domain measurements

According to RMSSD, three studies (two of which do not include control groups) have demonstrated an increase of this SNP indicator during or after a BMM intervention compared to baseline (Bortolla et al., 2022; Ooishi et al., 2021; Task force, 1996; Trivedi et al., 2020). Moreover, Trivedi et al. compared BMM with the Society for Energy and Emotions (SEE) protocol (i.e., relaxation technique including simple humming, heart coherence, invoking positive emotion and guided imagery), and found that both conditions were associated with an increase of RMSSD. Finally, Ooishi et al., suggested that only brief Focused Attention (FA) meditation (i.e., a type of BMM that focus your attention on a chosen anchor in the present moment) was associated with an increase of RMSSD, whereas brief Open-Monitoring (OM) meditation (i.e., a type of BMM that could be defined as a nonreactive monitoring of the content of experience from moment to moment) stagnated (Lutz et al., 2008). Therefore, a BMM intervention seems to be associated with an increase of this time-domain measurement.

In the case of SDNN, discrepancies between the different studies were observed, showing that BMM does not appear to be associated with an increase of SDNN. Indeed, although, an increase of SDNN, in comparison to baseline, was reported during the BMM phase by Bortolla et al., two others studies (Hunt et al., 2021; Ooishi et al., 2021) did not find any statistical differences in SDNN during or after a BMM intervention. Moreover, Hunt et al., showed that another relaxation technique, Diaphragmatic Breathing (DB), was more efficacious than BMM for

increasing SDNN during intervention. However, at follow-up (i.e., one week after having practiced and trained the DB or BMM procedures), intergroup differences disappeared.

According to the ratio of SDNN to RMSSD (SDNN/RMSSD ratio), which represents the influence of both SNS and PNS activities (Goldberger, 1999), only one study has evaluated the influence of a BMM intervention on this time-domain measurement, showing that the increase of this ratio is associated with one type of BMM practice (Ooishi et al., 2021). Indeed, Ooishi et al. explained that this ratio is increased only during a specific BMM form (OM meditation), whereas no statistical differences on the SDNN/RMSSD ratio were reported for another BMM form (FA meditation).

#### Frequency-domain measurements

Regarding LF-HRV and HF-HRV, differences between the included studies are reported, which suggests that BMM intervention does not seem to influence these two frequency-domain measurements.

For LF-HRV, two out of four studies demonstrated an increase in LF-HRV after a BMM intervention (Ditto et al., 2006; Ooishi et al., 2021), one study found a decrease of LF-HRV during the BMM intervention, although no differences were observed in the control group (May et al., 2016), and another study showed that LF-HRV stagnated after a BMM intervention (Yin et al., 2004).

Concerning HF-HRV, the results are also highly disparate. One study reported an increase of HF-HRV during a BMM intervention when compared to a control condition (Ditto et al., 2006). Another study (i.e., within-subject design), observed a decrease in HF-HRV after a BMM intervention, although similar results were reported in the other conditions (Yin et al., 2004). And finally, two studies did not report any difference in HF-HRV during or after a BMM intervention in comparison to baseline (Ooishi et al., 2021; Trivedi et al., 2020).

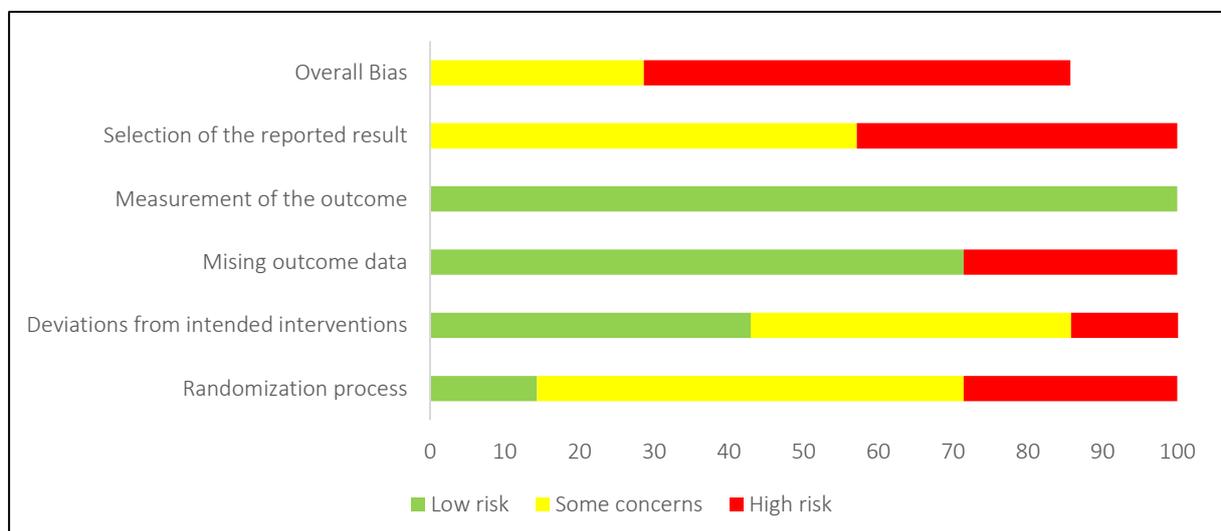
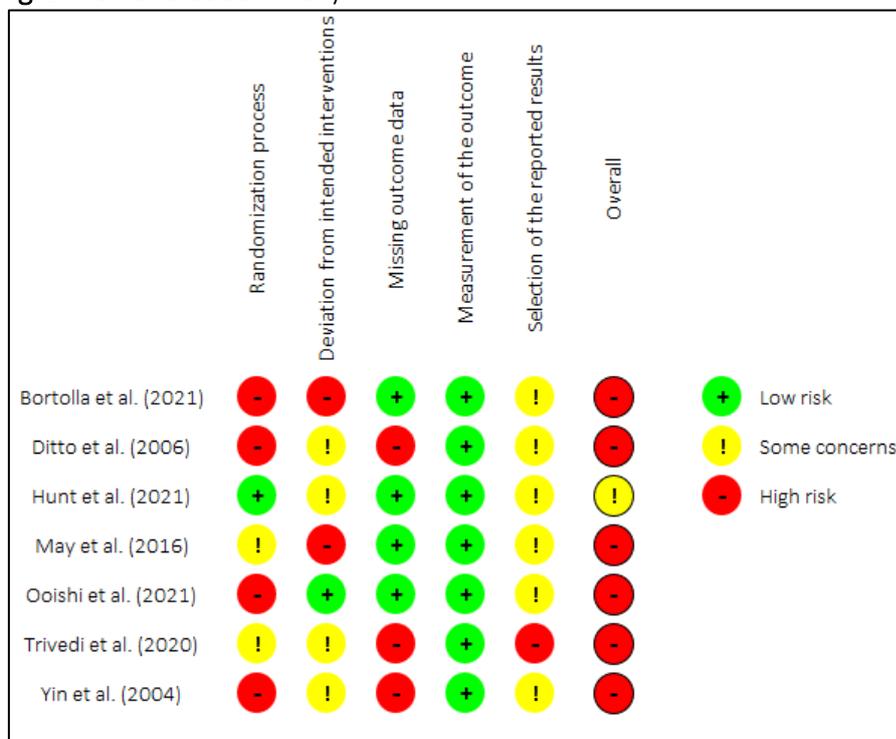
Concerning the LF/HF ratio, a BMM seems to be associated with an increase in this frequency-domain measurement. Indeed, two within-subject design (Ooishi et al., 2021; Yin et al., 2004)

reported an increase in this ratio during or after a BMM intervention compared to baseline, although an increase of this ratio was also noted in the other conditions (Yin et al., 2004). Finally based on the results of one study, BMM seems to be associated with an increase of Respiratory Sinus Arrhythmia (RSA), which specifically reflect parasympathetic modulation and can be measured by capturing HF power (Bortolla et al., 2022; Eckberg, 1983).

### Risks of bias

Risk of bias for each study and the summary of the risk of bias by domain is shown in Figure 2: 14.3% had an overall risk of bias judgement, which indicates some concern, while 85.7% of the included studies had an overall high risk of bias (Figure 2).

**Fig.2.** Risk of bias summary



## Discussion

To our knowledge, this is the first systematic review to have examined the influence of BMM interventions on HRV measurements among adult novice mindfulness meditators. According to the results of the seven included studies, BMM generally appears to influence HRV. Mainly, the RMSSD, an indicator of the SNS activity (Shaffer & Ginsberg, 2017), seems to increase during or after a BMM intervention in comparison to baseline (Bortolla et al., 2022; Ooishi et al., 2021; Trivedi et al., 2020). This enhancement of RMSSD could be partly explained by the development of cognitive control (e.g., increase of attention over time by teaching the participant to become aware of the mind wandering and to bring attention back to the present moment) that mindfulness meditation might positively influence (Bortolla et al., 2022; Incagli et al., 2020). The increase of the cognitive control appears to be associated with a better ability to regulate emotions (Sun et al., 2020), which seems to be directly correlated with RMSSD (i.e., Williams et al. suggested that a higher RMSSD was associated with an increase of emotion regulation, and consequently a reduction of physiological stress). Further studies should be conducted to better understand the underlying mechanisms that could explain how BMM could positively influence RMSSD. Moreover, among the three included studies that evaluated the RMSSD response to BMM one was a within-subject design (Ooishi et al., 2021), one was an uncontrolled study (Bortolla et al., 2022), and one study (Trivedi et al., 2020) used BMM as a comparator for another relaxation technique (i.e., SEE protocol that is also associated with an increase of RMSSD). This highlights the lack of randomised controlled trials in the scientific literature looking at the HRV's response to BMM.

The achievement of randomised controlled trials would also improve the quality of the evidence by notably reducing the risk of bias (Akobeng, 2005). Indeed, as presented in Table 2, the quality of the evidence is considered to be very low or low for almost all the HRV measurements. Moreover, regarding the risk of bias of the seven included studies (Figure 2), almost all of them had a high risk of bias, particularly due to the lack of randomisation, the missing outcome data, and the selection of the reported results. Indeed, according to the randomisation process, the absence of a control group or the lack of precision in the process of randomisation have seriously impacted the risk of bias level. For the missing outcome data, the differences in the number of participants between measured variables in the same study (e.g., a questionnaire and HRV measurements) or the lack of information on the missing outcome data had severely increased the risk of bias. Concerning the selection of the reported

results, the pre-specified intent to treat analysis should be available to better compare the final selected results with the originally planned outcomes. This would partially reduce the risk of bias of this domain. Consequently, future randomised controlled studies should better describe their methodology to increase the quality of the evidence. In this sense, the Consolidated Standards of Reporting Trials (CONSORT) criteria should be strictly monitored to ensure the quality of the study's methodology and results (Schulz et al., 2010).

Moreover, most of the included studies had a small sample size, which led the authors to suggest that this element could be considered as a limitation of their study (Bortolla et al., 2022; Ditto et al., 2006; Hunt et al., 2021; Trivedi et al., 2020). Consequently, and as recommended by Trivedi et al., future studies with a larger sample size should be conducted. A sample size calculation should also be realised and presented, at least in the intent to treat analysis, to make sure that the future results are statistically representative of the population.

Because of the various assessment methods of HRV (i.e., time and frequency-domains) and consequently HRV measurements (e.g., RMSSD, SDNN, HF-HRV) which seem to measure the same thing (Bigger et al., 1989; Shaffer et al., 2014), HRV was measured in six different ways in the seven included studies. In the future, to compare the influence of mindfulness meditation and more specifically BMM more easily, the use of the same HRV measurement could be judicious to facilitate interpretation, comparison, and generalisation of data. Although there is currently no consensus in the scientific literature, Brown et al., in a recent meta-analysis suggested the use of RMSSD, which appears to have a lot of benefits. First, it is considered as the gold standard over a short period of time (i.e., about 5 minutes) (Shaffer & Ginsberg, 2017; Task force, 1996). It should be noted that it is important to evaluate HRV over a period of at least 5 minutes (Shaffer & Ginsberg, 2017). Second, RMSSD might also be less influenced by respiration when compared to other HRV measurements (Hill & Siebenbrock, 2009). Since HRV is influenced by respiration (Quintana et al., 2016), this systematic review has excluded studies that included other relaxation techniques (e.g., heart coherence and paced respiration) in addition to a BMM intervention, which could influence respiration rate and therefore HRV results. Finally, RMSSD is also considered as the reflection of the PNS's activity (Shaffer & Ginsberg, 2017; Task force, 1996), which is a system that plays an important role in the stress regulation process by slowing down the body and governing the rest and digest functions

(McCorry, 2007). Consequently, PNS activity via the use of the RMSSD seems sensible to assess the physiological stress response to a BMM intervention.

**Tab.2.** Quality of the evidence

Comparison	Outcome	Number of studies	Total sample	Quality of the evidence	Comments
Mindfulness meditation versus control group	HF-HRV	1	30	Low	Very serious risk of bias due to the randomization process.
	LF-HRV	2	154	Very low	Very serious risk of bias and incoherence in the results.
Mindfulness meditation versus other relaxation techniques	RMSSD	1	36	Very low	Very serious risk of bias due to the missing outcome data. Different number of participants between outcomes.
	SDNN	1	41	Moderate	Serious risk of bias due to the selection of the reported results
	HF-HRV	1	36	Very low	Very serious risk of bias due to the missing outcome data. Different number of participants between outcomes
Focused attention meditation versus open monitoring meditation	Ln LF-HRV	1	41	Low	Very serious risk of bias due to the randomization process
	Ln HF-HRV				
	Ln [LF/HF]				
	SDNN				
	RMSSD SDNN/RMSSD				

GRADE: Working Group grades of evidence. High quality: Further research is very unlikely to change our confidence in the estimate effect. Moderate quality: Further research is likely to have an important impact on our confidence in the estimate of effect and may change the estimate. Low quality: Further research is very likely to have an important impact on our confidence in the estimate of effect and is likely to change the estimate. Very low quality: We are very uncertain about the estimate.

In contrast to the recent meta-analysis of Brown et al., this systematic review has included studies that used app-delivered mindfulness interventions. However, only one study (May et al., 2016) has used a mindfulness app and it was a one-time intervention. Moreover, almost all of the included studies, except one, a one-week intervention where participants were asked to practice the BMM daily (Hunt et al., 2021), were a one-time intervention with heterogeneous practice times ranging from 10 to 30 minutes. Although these one-time interventions are within the BMM definition (Howarth et al., 2019), other scientific questions might appear (i.e., could longitudinal studies with a total variation time of one to four weeks, using mobile apps, with practice time lesser than 100 minutes per week, impact HRV measurements to a greater extent in comparison to a one-time intervention). Consequently, to accurately assess the influence of BMM and to differentiate very short time mindfulness meditation intervention (i.e., one-time intervention) and BMM, a standard definition of these two terms (i.e., very short mindfulness meditation and BMM) should be developed by the scientific community.

Finally, mindfulness meditation is composed of various forms of practice (e.g., body scan, OM meditation and FA meditation). However, to date, few studies have explored the effects of these different forms of practice on HRV. More recently, Ooishi et al. have begun to address this issue by showing some interesting differences between OM and FA meditations on the HRV response. Consequently, it could be interesting to compare the influence of these different type of mindfulness meditation on HRV measurements. Therefore, future studies looking at

HRV's response to a BMM intervention should mention the form of mindfulness meditation practice that is realised in their study.

### **Conclusion**

Although the quality was low, the results from some of these studies seem to suggest that RMSSD might increase during or after a BMM intervention, suggesting that BMM might be an interesting psychological intervention for increasing the PNS activity, and thus reduce physiological stress. However, future randomised controlled trials need to be conducted to confirm this result.

Statement and declarations

### **PRISMA checklists**

[PRISMA 2020 Checklist](#)

[PRISMA 2020 for Abstracts Checklist](#)

Registration and information

This systematic review was registered on the international Prospective Register of Systematic Reviews (PROSPERO) database (#CRD42022291907). The review protocol can be accessed on the following link: [brief mindfulness and heart rate variability](#).

Competing interest

None

Data availability

All information about the data is available by contacting the first author directly ([alexis.barbry.etu@univ-lille.fr](mailto:alexis.barbry.etu@univ-lille.fr)).

Acknowledgments.

The authors are grateful to Raymond Barbry, Philippe Filliot, and Marjorie Bernier for their help throughout the systematic review.

Conflict of interest statement

The author declares that the author has no conflict of interest.



## PRISMA 2020 Checklist

### Annexe 6. Présentation des normes PRISMA 2020 des revues systématiques en Français inspiré de Gedda<sup>475</sup>

Section/sujet	Item	Critères de contrôle	Page N°
<b>TITRE</b>			
Titre	1	Identifier le rapport comme une revue systématique, une méta-analyse, ou les 2.	141
<b>RESUME</b>			
Résumé structuré	2	Voir PRISMA 2020 <i>abstracts checklist</i>	Annexe 5
<b>INTRODUCTION</b>			
Contexte	3	Justifier la pertinence de la revue par rapport à l'état actuel des connaissances présentes dans la littérature.	141-144
Objectifs	4	Déclarer explicitement les questions traitées en se référant aux participants, interventions, comparaisons, résultats, et à la conception de l'étude.	144
<b>METHODE</b>			
Critère d'éligibilité	5	Préciser les critères d'inclusion et d'exclusion de la revue systématique ainsi que la manière dont les études ont été regroupées pour les synthèses.	145
Sources d'informations	6	Décrire toutes les sources d'information ( <i>e.g.</i> , bases de données avec la période couverte, échange avec les auteurs pour identifier des études complémentaires) de recherche et la date de la dernière recherche.	145
Stratégie de recherche	7	Présenter la stratégie complète de recherche automatisée d'au moins une base de données, y compris les limites décidées, de sorte qu'elle puisse être reproduite.	145
Processus de sélection	8	Préciser les méthodes utilisées pour décider si une étude répond aux critères d'inclusion de la revue systématique, y compris le nombre d'auteurs qui ont examiné chaque enregistrement et chaque résultat récupéré, s'ils ont travaillé indépendamment et, le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	145-147
Processus de collecte des données	9	Précisez les méthodes utilisées pour collecter les données des rapports, y compris le nombre d'auteurs qui ont collecté les données de chaque rapport, s'ils ont travaillé de manière indépendante, les processus d'obtention ou de confirmation des données auprès des investigateurs de l'étude et, le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	145-147
Données	10a	Lister et définir toutes les mesures pour lesquels des données ont été recherchées. Précisez si toutes les mesures compatibles avec chaque domaine de résultats dans chaque étude ont été recherchés ( <i>e.g.</i> , pour toutes les mesures, tous les points dans le temps, toutes les analyses) et, si ce n'est pas le cas, les méthodes utilisées pour décider des résultats à collecter.	147
	10b	Énumérer et définir toutes les autres variables pour lesquelles des données ont été recherchées ( <i>e.g.</i> , les caractéristiques des participants et de l'intervention, les sources de financement). Décrire les hypothèses formulées à propos des informations manquantes ou imprécises.	145-147
Risque de biais des études	11	Préciser les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais dans les études incluses, y compris les détails de l'outil ou des outils utilisés, le nombre d'auteurs qui ont évalué chaque étude et s'ils ont travaillé indépendamment, et le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	148
Mesure de l'effet	12	Préciser pour chaque résultat la ou les mesures d'effet(s) ( <i>e.g.</i> , rapport de risque, différence moyenne) utilisées dans la synthèse ou la présentation des résultats.	148
Synthèse des résultats	13a	Décrire les processus utilisés pour décider quelles études étaient éligibles pour chaque synthèse ( <i>e.g.</i> , tabulation des caractéristiques de l'intervention de l'étude et comparaison avec les groupes prévus pour chaque synthèse (item #5))	NA
	13b	Décrire les méthodes nécessaires pour préparer les données en vue de la présentation ou de la synthèse, telles que le traitement des statistiques sommaires manquantes ou les conversions de données.	NA
	13c	Décrire les méthodes utilisées pour présenter sous forme de tableau ou de graphique les résultats des études individuelles et des synthèses.	NA



## PRISMA 2020 Checklist

Section/sujet	Item	Critères de contrôle	Page N°
	13d	Décrire les méthodes utilisées pour synthétiser les résultats et justifiez votre choix. Si une méta-analyse a été réalisée, décrivez le(s) modèle(s), la(les) méthode(s) permettant d'identifier la présence et l'étendue de l'hétérogénéité statistique, et le(s) logiciel(s) utilisé(s).	147
	13e	Décrire les méthodes utilisées pour explorer les causes possibles de l'hétérogénéité des résultats des études (par exemple, analyse des sous-groupes, méta-régression).	NA
	13f	Décrire les analyses de sensibilité effectuées pour évaluer la robustesse des résultats synthétisés.	NA
Évaluation du biais de déclaration	14	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais dû aux résultats manquants dans une synthèse (découlant de biais de déclaration).	148
Évaluation de la certitude	15	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer la certitude (ou la confiance) dans l'ensemble des données probantes relatives à un résultat.	148
<b>RESULTATS</b>			
Sélection des études	16a	Décrire les résultats du processus de recherche et de sélection, depuis le nombre d'enregistrements identifiés lors de la recherche jusqu'au nombre d'études incluses dans l'examen, de préférence à l'aide d'un diagramme de flux.	<b>Figure 18</b>
	16b	Citer les études qui pourraient sembler répondre aux critères d'inclusion, mais qui ont été exclues, et expliquer pourquoi elles ont été exclues.	159
Caractéristiques (études sélectionnées)	17	Citer chaque étude incluse et présentez ses caractéristiques.	<b>Tableau 14</b>
Risque de biais relatif aux études	18	Présenter les évaluations du risque de biais pour chaque étude incluse.	<b>Figure 19</b>
Résultats de chaque étude	19	Pour tous les résultats, présenter, pour chaque étude : a) des statistiques sommaires pour chaque groupe (le cas échéant), et b) une estimation de l'effet et sa précision (par exemple, intervalle de confiance/crédible), idéalement à l'aide de tableaux ou de graphiques structurés.	<b>Tableau 14</b>
Synthèse de résultat	20a	Pour chaque synthèse, résumer brièvement les caractéristiques et le risque de biais des études participantes.	<b>Tableau 15</b>
	20b	Présenter les résultats de toutes les synthèses statistiques réalisées. Si une méta-analyse a été réalisée, présentez pour chacune l'estimation sommaire et sa précision (par exemple, l'intervalle de confiance/crédible) et les mesures de l'hétérogénéité statistique. Si l'on compare des groupes, décrire la direction de l'effet.	<b>Tableau 14</b>
	20c	Présenter les résultats de toutes les recherches sur les causes possibles de l'hétérogénéité des résultats des études.	NA
	20d	Présenter les résultats de toutes les analyses de sensibilité effectuées pour évaluer la robustesse des résultats synthétisés.	NA
Risque de biais transversal aux études	21	Présenter les évaluations du risque de biais dû aux résultats manquants (découlant des biais de déclaration) pour chaque synthèse évaluée.	<b>Figure 20</b>
Certitude des preuves	22	Présenter les évaluations de la certitude (ou de la confiance) dans l'ensemble des preuves pour chaque résultat évalué.	<b>Tableau 15</b>
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	Fournir une interprétation générale des résultats dans le contexte d'autres preuves.	156-161
	23b	Discuter des limites éventuelles des données incluses dans l'analyse.	156-161



## PRISMA 2020 Checklist

Section/sujet	Item	Critères de contrôle	Page N°
	23c	Discuter des limites éventuelles des processus d'examen utilisés.	156-162
	23d	Discuter des implications des résultats pour la pratique, la politique et la recherche future.	161
<b>INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES</b>			
Enregistrement et protocole	24a	Fournir les informations relatives à l'enregistrement de l'examen, y compris le nom du registre et le numéro d'enregistrement, ou indiquer que l'examen n'a pas été enregistré.	145
	24b	Indiquer où le protocole d'examen peut être consulté ou préciser qu'aucun protocole n'a été préparé.	145
	24c	Décrire et expliquer toute modification apportée aux informations fournies lors de l'enregistrement ou dans le protocole.	NA
Support	25	Décrire les sources de soutien financier ou non financier pour l'examen et le rôle des financeurs ou des sponsors dans l'examen.	NA
Conflit d'intérêt	26	Déclarer les conflits d'intérêts des auteurs.	298
Disponibilité des données, du code et d'autres matériels	27	Indiquer quels sont les éléments suivants qui sont accessibles au public et où ils peuvent être trouvés : modèles de formulaires de collecte de données ; données extraites des études incluses ; données utilisées pour toutes les analyses ; code analytique ; tout autre matériel utilisé dans le cadre de l'examen.	298

La mise à jour des normes PRISMA est relativement récente.<sup>357</sup> Par conséquent, à ce jour, il n'existe pour le moment aucun article scientifique retraçant la traduction Française de l'outil(voir [available translations PRISMA 2020](#)). Une proposition de traduction a par conséquent été réalisée.

Annexe 7. Article 5: *Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial* soumis dans *Sport, exercise, and performance psychology*

**Sport, Exercise, and Performance Psychology**  
**Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial.**  
 --Manuscript Draft--

<b>Manuscript Number:</b>	SPY-2023-0311
<b>Full Title:</b>	Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomised controlled trial.
<b>Abstract:</b>	The effects of mindfulness-based interventions (MBI) combined with a physical activity (PA) programme on physical performance in runners need further investigation. Studies have often proposed a long MBI with a low-intensity PA. This randomised controlled study aims to investigate the effects on physical performance of a brief MBI with a high-intensity intermittent training (HIIT)-based running programme. Sixty-five trained runners were randomised in BMM or control groups. An intermittent maximum speed (IMS) test was performed at baseline (T0), at 4 weeks (T4) and at 8 weeks (T8) after T0. Heart rate variability (HRV) was measured. Ratings of perceived exertion (RPE) were documented. Fat mass (FM) and physical fitness (PF) were assessed at T0 and T8. An IMS stagnation was observed for the BMM group ( $p = 0.056$ ). The IMS decreased for the control group between T0 and T8 ( $p = 0.004$ ) and between T4 and T8 ( $p = 0.040$ ). The speed reached at RPE13, RPE15 and RPE17 decreased with time ( $p < 0.05$ ) for both groups. No differences were detected in HRV. FM and PF increased between T0 and T8 for both groups. Brief MBI combined with a HIIT-based PA seems to positively impact endurance performance. The IMS decrease for the control group could be partly explained by the high training load during this time of the season, whereas the IMS stagnation for the BMM group might be illustrated by the development of psychological skills allowing runners to regulate their training according to their own sensations.
<b>Article Type:</b>	Quantitative Article (30 pgs max)
<b>Keywords:</b>	Meditation, running, endurance, health, physical fitness
<b>Corresponding Author:</b>	Alexis BARBRY, Ph.D. student Université de Lille FSSEP: Université de Lille Faculte des sciences du Sport et de l'Education Physique FRANCE
<b>Corresponding Author E-Mail:</b>	alexis.barbry.etu@univ-lille.fr
<b>Corresponding Author Secondary Information:</b>	
<b>Corresponding Author's Institution:</b>	Université de Lille FSSEP: Université de Lille Faculte des sciences du Sport et de l'Education Physique
<b>Other Authors:</b>	Annie Carton Marjorie Bernier Hervé OVIGNEUR Jérémy Coquart
<b>Author Comments:</b>	Sample CRediT author statement  Alexis BARBRY: Conceptualization, methodology, formal analysis, investigation, data curation, writing – original draft Annie CARTON: Conceptualization, methodology, validation, investigation, writing – review and editing Marjorie BERNIER: Conceptualization, methodology, validation, writing review and editing Hervé OVIGNEUR: Validation, resources, writing- review and editing Jérémy COQUART: Conceptualization, methodology, validation, formal analysis, writing – review and editing
<b>Corresponding Author's Secondary Institution:</b>	

<b>First Author:</b>	Alexis BARBRY, Ph.D. student
<b>Order of Authors Secondary Information:</b>	
<b>Suggested Reviewers:</b>	<p>Anne E Cox Washington State University anne.cox@wsu.edu Word on the same topic !</p> <p>Sarah Ullrich-French Washington State University sullrich@wsu.edu Word on the same topic</p> <p>Amy N Cole Washington State University ancole@wsu.edu Work on the same topic.</p>
<b>Additional Information:</b>	
<b>Question</b>	<b>Response</b>
<p>In the space below, please include a paragraph detailing how your manuscript is compliant with the APA <a href="#">Transparency and Openness (TOP) Guidelines</a>. Please see the <a href="#">submission instructions</a> for an example paragraph and TOP compliance requirements, and ensure that a Transparency and Openness section appears in the Methods section of your submission.</p>	<p>Authors certified the compliance with the Transparency and Openness (TOP) guidelines (Nosek et al., 2015). Authors included proper citations as specified in the seventh edition of the American Psychological Association's (APA) manual. Data have been stored in a trusted repository and could be shared by directly contacting the first author. The data analysis and the research materials have also been stored in a trusted repository. Authors also mobilised the APA's journal article reporting standards (American Psychological Association, 2021). The main hypothesis is clearly mentioned in the main document. Ethical approval was obtained from the scientific committee of the university, which also certifies compliance with the general data protection regulation (GDPR) that aims to protect personal data. In this ethical approval, the authors certified that analysis plan was realised in accordance with the analysis plan mentioned in the Ethics committee (authors point out that the ethics committee can be fully provided for verification). In accordance with TOP guidelines, no deviation from the initial data analysis plan was realised.</p> <p>References of the ethics scientific committee: 2022-610-S107 Acronym: FeeltheRun Promotor: University of Lille Project scientific manager: Prof Jérémy Coquart</p> <p>The official approval of the ethics committee in French and English version is available in the cover letter with all the informations to contact the administrative manager of the ethics committee.</p> <p>References</p> <p>American College of Sports Medicine. (2021). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription (19e éd.). Wolters Kluwer. <a href="https://www.acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription">https://www.acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription</a></p> <p>Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., Borsboom, D., Bowman, S. D., Breckler, S. J., Buck, S., Chambers, C. D., Chin, G., Christensen, G., Contestabile, M., Dafoe, A., Eich, E., Freese, J., Glennerster, R., Goroff, D., Green, D. P., Hesse, B., Humphreys, M., ... Yarkoni, T. (2015). Promoting an open research culture: Author guidelines for journals could help to promote transparency, openness, and reproducibility. <i>Science</i>,</p>

# Does brief mindfulness intervention programme increase physical performance in runners? A randomized controlled trial.

Barbry, A.,<sup>1,2</sup> Carton, A.,<sup>3</sup> Bernier, M.,<sup>4</sup> Ovigneur, H.,<sup>2</sup> Coquart, J.<sup>1</sup>

Running head: Brief mindfulness intervention in runners

<sup>1</sup>Univ. Lille, Univ. Artois, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Lille, France.

<sup>2</sup>Institut des Rencontres de la Forme, Wattignies, France.

<sup>3</sup>Univ. Artois, Univ. Lille, Univ. Littoral Côte d'Opale, ULR 7369 - URePSSS - Unité de Recherche Pluridisciplinaire Sport Santé Société, Liévin, France.

<sup>4</sup>Univ. Brest, Centre de Recherche sur l'Éducation, l'Apprentissage et la Didactique, CREAD, EA 3875, Brest, France.

## Corresponding author :

Alexis Barbry, Institut des Rencontres de la Forme, 11 rue de l'Yser (CREPS de Wattignies), 59 139 Wattignies, France. Phone: (+33)646389628.

E-mail : [alexis.barbry.etu@univ-lille.fr](mailto:alexis.barbry.etu@univ-lille.fr)

Number of tables: 4

Number of figures: 1

Declarations of interest: none

Funding: None

ORCID number:

Alexis BARBRY: 0000-0003-3991-9420

Annie CARTON: 0000-0002-6457-3348

Marjorie BERNIER: 0000-0002-0195-2543

Jérémy COQUART: 0000-0001-6515-7736

## Abstract

The effects of mindfulness-based interventions (MBI) combined with a physical activity (PA) programme on physical performance in runners need further investigation. Studies have often proposed a long MBI with a low-intensity PA. This randomised controlled study aims to investigate the effects on physical performance of a brief MBI with a high-intensity intermittent training (HIIT)-based running programme. Sixty-five trained runners were randomised in BMM or control groups. An intermittent maximum speed (IMS) test was performed at baseline (T0), at 4 weeks (T4) and at 8 weeks (T8) after T0. Heart rate variability (HRV) was measured. Ratings of perceived exertion (RPE) were documented. Fat mass (FM) and physical fitness (PF) were assessed at T0 and T8. An IMS stagnation was observed for the BMM group ( $p = 0.056$ ). The IMS decreased for the control group between T0 and T8 ( $p = 0.004$ ) and between T4 and T8 ( $p = 0.040$ ). The speed reached at RPE<sub>13</sub>, RPE<sub>15</sub> and RPE<sub>17</sub> decreased with time ( $p < 0.05$ ) for both groups. No differences were detected in HRV. FM and PF increased between T0 and T8 for both groups. Brief MBI combined with a HIIT-based PA seems to positively impact endurance performance. The IMS decrease for the control group could be partly explained by the high training load during this time of the season, whereas the IMS stagnation for the BMM group might be illustrated by the development of psychological skills allowing runners to regulate their training according to their own sensations.

**Keywords:** Meditation, running, endurance, health, physical fitness.

## Introduction

Sports performance is a multifactorial phenomenon (Joyner & Coyle, 2008; Lanferdini et al., 2022). Indeed, improved sports performance in endurance sports seems to be determined by physiological factors (e.g. maximum oxygen uptake, lactate threshold, running economy) and also through the development of mental skills (e.g. awareness of internal sensations, acceptance, ability to refocus in the moment) (Joyner & Coyle, 2008; Thelwell & Greenlees, 2003). For enhancing mental skills, mindfulness-based interventions (MBI), which could be defined as the awareness that results from intentionally paying attention to the present moment with a non-judgmental attitude, has already shown promising results (Brown et al., 2007; Doron et al., 2020; Goisbault et al., 2022; Kabat-Zinn, 2017; Mohammed et al., 2018; Thompson et al., 2011). For example, Doron et al. recently demonstrated the positive effects of an 8-week MBI on some mental skills (i.e. awareness and refocusing). However, although the benefits of MBI on mental skills have been widely demonstrated (Doron et al., 2020; Goisbault et al., 2022; Mohammed et al., 2018; Thompson et al., 2011), the MBI effects on mediators of physical performance are more nuanced. For example, a review (Carraça et al., 2018) suggests that MBI appears to be associated with an increase in physical performance, whereas a recent systematic review (Corbally et al., 2020) did not find any physical performance enhancement in runners following MBI. Moreover, authors of both reviews emphasise the lack of evidence for determining MBI's effects on physical performance, particularly because of the low quality of most studies included in both reviews (e.g. non-randomised controlled trials or small sample size). Consequently, the implementation of randomised controlled trials studies with an active control group and a larger sample size is highly recommended (Carraça et al., 2018; Corbally et al., 2020) for deeper understanding the MBI effects on physical performance.

On the other hand, to observe the benefits of MBI on physical performance more easily, some mindfulness programmes have been specifically created to fit into a sports context. For example, based on long MBI programmes (i.e. mindfulness-based stress reduction and mindfulness-based cognitive

therapy, which are 8-week programmes with one weekly session of 2 hours 30 minutes plus 45 minutes of daily homework) (Kabat-Zinn, 2003; Segal et al., 2018), the mindful sport-performance enhancement (MSPE) is a 4-week programme with one weekly session of 2 hours 30 minutes plus approximately three individual sessions of 45 minutes (Kaufman et al., 2009). MSPE is essentially composed of mindfulness exercises present in long MBI (e.g. body scan meditation, mindful breathing, mindful walking) which are specifically adapted to fundamental physical movements (e.g. a mindful walking exercise is modified to fit into the sport being practised). Also adapted from long MBI, the mindfulness-acceptance-commitment (MAC) approach to athletic performance enhancement is an 8-week programme with one weekly session of 1 hour 30 minutes plus individual homework (Gardner & Moore, 2004). These two different programmes (i.e. MSPE and MAC) require a lot of time and commitment, both of which are not necessarily available in the lives of today's athletes (Burlot et al., 2018). One way to surpass the mentioned time-related barriers in athletes might be the shorter MBI, more commonly known as brief mindfulness meditation (BMM) interventions. There is no consensual definition of BMM in the scientific literature, but Howarth et al. in a recent systematic review, defined a BMM session as having a maximum duration of 30 minutes with a total duration of no more than 100 minutes per week. These BMM programmes that seem to have disposed of numerous benefits in today's society where time has accelerated (de Gaulejac, 2018) have not yet been introduced much into endurance physical activity (PA) programmes.

Nevertheless, endurance PA programmes including MBI have usually proposed low-intensity PA (e.g. walking) (Cox et al., 2020; Ullrich-French & Cox, 2021; Yang & Conroy, 2018), which does not seem to be the preferred intensity for enhancing physical performance in runners. Indeed, to obtain more benefits for progress, high-intensity intermittent training (HIIT), representing an important part of the runner's training, seems better for improving physical performance (García-Pinillos et al., 2017). However, as recently explained by Ullrich-French and Cox, it is not clear what happens when MBI is associated with an endurance PA programme that includes HIIT. This is a critical question because HIIT can be unpleasant and might result in a negative affective experience (Brand & Ekkekakis, 2018). In that

sense, Ullrich-French and Cox question whether becoming aware and bringing attention, even with a non-judgmental and accepting attitude to these unpleasant sensations that might be generated by HIIT (e.g. breathlessness, fatigue, muscle pain), will have a positive effect on athletes' experience and their physical performance. Therefore, it seems interesting to observe whether MBI (and more specifically BMM) can be a support for increasing physical performance by bringing new resources to help runners to train at high intensity. Surprisingly, to our knowledge, this question needs further investigation in the scientific literature.

Consequently, to address these deficits, the study aims to examine the effects on physical performance of an 8-week BMM intervention associated with a running programme based on HIIT, evaluated with an intermittent maximum speed (IMS) test (primary outcome) and other mediators of physical performance (i.e. heart rate variability, ratings of perceived exertion, body composition and physical fitness level) in trained runners. The main hypothesis is that trained runners who receive the BMM and the running programmes will enhance their physical performance measurements following the BMM programme compared to trained runners who receive the same running programme with an active control intervention.

## **Materials and Methods**

### *Transparency and Openness*

Authors certified the compliance with the Transparency and Openness (TOP) guidelines (Nosek et al., 2015). Authors included proper citations as specified in the seventh edition of the American Psychological Association's (APA) manual. Data have been stored in a trusted repository and could be shared by directly contacting the first author. The data analysis and the research materials have also been stored in a trusted repository. Authors also mobilised the APA's journal article reporting standards (American Psychological Association, 2021). Ethical approval was obtained from the scientific committee of the university, which also certifies compliance with the general data protection regulation

(GDPR) that aims to protect personal data. In this ethical approval, the authors certified that analysis plan was realised in accordance with the analysis plan mentioned in the Ethics committee (authors point out that the ethics committee can be fully provided for verification). In accordance with TOP guidelines, no deviation from the initial data analysis plan was realised.

### *Participants, recruitment and randomisation*

This parallel trial design is composed of 65 trained runner members of the Fédération Française d'Athlétisme (FFA) and licensed at a local athletic club. A sample size calculation (from GPOWER 3.1.9.7 software; Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany) selecting a two-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) including two groups and three time measurements, with a statistical power of 0.80, an effect size of 0.25 and a significance level of  $p < 0.05$ , resulted in 56 participants. To these 56 participants, an additional 15% for dropouts, planned for between the beginning and the end of the study, were added, resulting in 65 participants. If runners became ill, injured or failed to attend at least one outcome at baseline (T0), at 4 weeks (T4) or at 8 weeks (T8) after T0, they were automatically dropped from the study.

The population recruitment period began on 12 September 2022, and ended on 23 September 2022, inclusive. For recruiting participants, posters in the stadium locker rooms, communication from the coaches to their runners and the visit of an investigator to the stadium to explain the programme, were realised. The participants were all engaged in a competitive process. Prior to participation, trained runners needed to send an email of intent to an investigator, who forwarded an information letter stating that they had the option to leave the study at any time without consequences and that confidentiality and anonymity of data would be preserved. Before the tests began, a consent form was then signed by each athlete. To be included, athletes needed to be aged more than 18 years old and to have never experienced a mental preparation programme based on MBI before the intervention. This information was verified by an investigator before randomisation process.

A randomisation by matched blocks according to age and gender was performed randomly by an investigator using a coin toss to select participants belonging to either the BMM or control groups.

### *Development of the FeelTheRun programme*

The *FeelTheRun* (FTR) programme was designed by our research team. Two authors, both PhDs specialised in sport psychology, have solid experience with international athletes in MBI implementation. Sports psychologists and mental trainers of Olympic athletes accompanied the investigators in the creation of the programme content (e.g. key messages to be conveyed, practical tips for educating athletes about mental preparation).

The creation of the FTR programme was supported by two recent studies (Doron et al., 2020; Goisbault et al., 2022) whose theoretical frameworks were based on the mindfulness-and-acceptance-based interventions (MABI) (Röthlin & Birrer, 2019) that have implemented MBI among athletes (i.e. badminton and basketball) and which have been adapted to running. The FTR programme was composed of five modules (i.e. psychoeducation, setting goals, awareness, acceptance and refocusing) that began with a video presentation in which a high-level athlete and a runner who practised in a leisure context with some participation in competitions presented the module theme and the key messages (Table 1). The first two modules designed to introduce mindfulness and especially to engage participants in the programme by using engaging communication (i.e. combining a preparatory act with a persuasive message) (Girandola & Joule, 2012) lasted 1 week, while the last three modules lasted 2 weeks each. For each module, the face-to-face mindfulness meditation sessions took place three times a week (i.e. Tuesday, Thursday and Sunday in the local athletic club's stadium). These sessions were conducted before and after the running training. From module three (awareness), mindfulness meditation exercises were also integrated into the running training. In accordance with the BMM definition of Howarth et al., the mindfulness meditation sessions lasted between 5 (i.e. beginning of the FTR programme) and 12 minutes (i.e. end of the FTR programme). The runners also had the opportunity to

practise independently at home via audio files developed by our research team and sent on a mobile application where a group had been created to keep participants motivated (Gracia Gozalo et al., 2019).

During the entire programme, runners also had the option to be accompanied twice a week via videoconference by an investigator to answer their possible questions. Between the three mindfulness and running training sessions (i.e. Tuesday, Thursday and Sunday), participants were encouraged to practise independently via audios which were put on video platform and sent on the mobile application. Every week, new audios in accordance with the module theme were offered to avoid redundancy. A detailed description of the programme is available in Table 1.

Based on the recommendation of several authors (Nien et al., 2020; Tebourski et al., 2022) and to compare the effects of the FTR programme, a control active group was created. This group has experienced interventions via video conference on various themes related to running (e.g. influence of shoes with carbon blades, interest of data from connected watches) and relaxation (i.e. introduction to progressive muscle relaxation techniques) coordinated by an investigator.

### *Procedure*

The FTR programme was implemented by two investigators, starting at the end of September 2022, and it was finalised at the end of November 2022. The principal investigator has a master's degree in sport science, had recently completed a training course to facilitate MBI and had also been a high-level athlete in middle-distance running. Prior to interventions, several meetings were carried out with the club's leaders and coaches involved in the FTR project. To make the coaches actors of the project, they agreed to carry out the same running training programme for 8 weeks, based on HIIT (see Table 2), and a small booklet explaining the different modules (e.g. objectives, key messages) was provided to them.

### *Measures*

All data were collected in the stadium of the local athletic club by an investigator who has a professional sports educator's card, which is needed to perform physical performance measurements. The physical

performance measurements were an integral part of the running programme. These measurements were realised at three different times (i.e. T0, T4 and T8) and were carried out on 2 different days with a recovery time of at least 48 hours. Day 1's measurements were taken at T0, T4 and T8 during the same hours (i.e. between 8 and 11 a.m.) and included the assessment of heart rate variability (HRV), IMS and ratings of perceived exertion (RPE). Day 2 was a global evaluation of physical fitness (PF) components (e.g. body composition, cardiorespiratory endurance, coordination, power) (American College of Sports Medicine, 2021) and was realised at T0 and T8 during the same hours (i.e. between 6 p.m. and 8 p.m.). An intermediary measure of Day-2 measurements at T4 did not seem necessary because the 4-week period seemed too short to observe differences in these variables (Ojeda-Aravena et al., 2021). However, an intermediate measure at T4 for Day 1 was needed to adjust training paces based on the runners' IMS (Table 2). To avoid any confounding factors, 24 hours before the tests, the following instructions were given to the participants: (a) no intense training the day before the tests; (b) no physical exercise before the test; (c) finish usual meal 3 hours before beginning the test; (d) no alcohol 24 hours before beginning the test.

### **Heart Rate Variability**

As an indicator of HRV, the logarithm root mean square of successive R-R interval differences (Ln RMSSD) was measured using the Polar® V800 (Polar® Electro OY, Kempele, Finland). The RMSSD analysis was performed on a 5-minute measurement in the morning (i.e. between 8 a.m. and 11a.m.) during which the runners were in a supine position in a quiet place just before the IMS test (Buchheit, 2014). The Ln RMSSD was selected because it is an indicator of athletes' fatigue, and it represents the gold standard of measurements of HRV over short periods of time (i.e. 5 minutes) (Schmitt et al., 2015). The recovered file was inserted into the Kubios HRV App® (Kubios Oy, Kuopio, Finland). As recommended by Alcantara et al., the use of a very low filter was realised because our data were collected at rest.

### **Intermittent Maximum Speed**

An incremental intermittent (45-s run / 15-s rest) field test (45-15<sub>Fit</sub>) was used to evaluate the IMS. The validity of the 45-15<sub>Fit</sub> test has been verified (Assadi & Lepers, 2012). The test is performed around an athletic track, starting at 8 km.h<sup>-1</sup> and ends when the participant decides to stop it or is no longer able to maintain the imposed pace. The increment is of 0.5 km.h<sup>-1</sup> every minute. The runners must cover 6.25 metres more at each level. This test was selected because it includes recovery periods (15 seconds) allowing the possibility to easily collect the RPE.

### **Ratings of Perceived Exertion**

The RPE scale (Borg, 1970), used at each stage of the IMS test, is composed of 15 numerical ratings (i.e. from 6 to 20). Some ratings were associated with verbal cues (e.g. 7, very very light and 19, very very hard). Before the IMS test, the French instructions of RPE<sub>6-20</sub> were read to the runners (Coquart et al., 2012). The calculation of the regression line (i.e. starting from RPE<sub>11</sub> because the first stage of the IMS test, quoted at < RPE<sub>11</sub>, served as a familiarisation with the RPE scale for the runners) was realised for each participant at T0, T4 and T8. As this study wanted to investigate the effects of a BMM programme when PA intensity is considered high and as it appears that it is from RPE<sub>13</sub> that PA intensity becomes high (Scherr et al., 2013), the analysis was performed at three high-effort intensities (i.e. RPE<sub>13</sub>, RPE<sub>15</sub> and RPE<sub>17</sub>).

### **Body Composition**

Body composition using fat mass (FM) percentage was measured by the Biody Xpert® (Aminostats Bio-ZM II, Aminogram, La Ciotat, France) (Wekre et al., 2022). The FM percentage was the selected outcome because it represents an indicator of performance in runners (Tanda & Knechtle, 2013). Prior to measurement, runners were weighed (Seca 760, Hamburg, Germany) and measured (Leicester 10eight measure Mk II, Sutton Coldfield, UK).

## Physical Fitness Level

PF level was measured with the tests of the Diagnoform® Actif battery (IRFO, Wattignies, France), composed of nine tests that evaluate different PF components (American College of Sports Medicine, 2021). The validity and reliability of several tests included in the Diagnoform® Actif had been previously verified (Fernandez-Santos et al., 2015; Mouraby et al., 2012; Wood & Baumgartner, 2004). The nine tests were supervised by an investigator and administrated in the following order: (a) cardiorespiratory endurance (i.e. 3-min. shuttle run test – cover the maximum distance by running back and forth over 20 metres); (b) coordination (i.e. cross test – jump into as many squares of the cross as possible following a precise order in 30 seconds); (c) force endurance (i.e. hold a plank position for as long as possible, up to a maximum of 5 minutes 30 seconds); (d) power (i.e. standing broad jump – jump as far as possible in one jump with tight feet); (e) speed of lower limbs (i.e. 22 metre slats – complete 22 metres as fast as possible by putting a support between each slat spaced every 1.10 metres); (f) speed of upper limbs (i.e. plate-striking test – perform 25 back-and-forth movements as fast as possible between two discs spaced 0.6 metres apart, passing over the hand in the middle); (g) balance (i.e. unipedal stance test – hold five positions for 10 seconds; each successful position earns one point); (h) arm strength (i.e. bent-knee push-up test – realise as many push-ups as possible with knees on the ground); (i) flexibility (i.e. fingertips to floor test, standing with feet together, bend the trunk and lower the hands as low as possible). After the tests, the software counted the scores to obtain an overall average out of 20. Then, in agreement with other authors, the quotient of PF (QFP), a global fitness score (noted out of 100), was obtained (Barbry et al., 2022; Duclos et al., 2022).

### *Statistical analysis*

Data are presented as the mean  $\pm$  standard deviation, and  $p \leq 0.05$  was considered statistically significant. To check the normality of the distribution, the Shapiro-Wilk test was used. The equality of variances was assessed with Levene's test. Mauchly's test verified the hypothesis of sphericity, and when it was violated, the analyses were assessed using the correction of Greenhouse-Geisser. For each

outcome, a two-way repeated measures ANOVA was performed to test the effect of group (control and BMM) with time (T0, T4 and T8) conditions as the between-subject factors. If statistical differences were observed, a Bonferroni post hoc test was realised to identify where the differences lay. All analyses were performed using the Statistical Package for the Social Sciences (release 18.1, Chicago, IL, USA).

## Results

### *Participants*

Three runners in the BMM group and seven in the control group were excluded from the study mainly due to injury (Figure 1). The BMM group was finally composed of 30 runners (i.e. 15 females and 15 males) and the control group consisted of 25 runners (i.e. 11 females and 14 males). The socio-demographic and anthropometric characteristics (i.e. age, body mass, height and body mass index) for both groups are available in Table 3. None of these characteristics were significantly different between groups at T0 ( $p > 0.05$ ).

If one of the runners was not considered in an outcome (e.g. due to technical problem at a T8), the runner was removed from the whole analysis (T0, T4 and T8) for the outcome as the technical problem appeared.

### *Measures*

#### **Heart Rate Variability**

For Ln RMSSD, no effect of time ( $p = 0.724$ ), no effect of groups ( $p = 0.438$ ) and no interaction was detected ( $p = 0.730$ ; Table 4).

#### **Intermittent Maximum Speed**

An interaction was reported ( $p = 0.013$ ,  $\eta^2 = 0.087$ ). No statistical differences were detected for the BMM group ( $p = 0.056$ , Table 4), whereas a decrease in IMS was observed for the control group between T0 and T8 ( $p = 0.004$ ,  $d = 0.190$ ) and also between T4 and T8 ( $p = 0.040$ ,  $d = 0.091$ ).

#### **Ratings of Perceived Exertion**

A decrease in speed achieved at RPE<sub>13</sub> ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.670$ ) was reported for both groups. The decrease was detected between T0 and T4 ( $d = 1.279$  for BMM, and  $d = 0.792$  for control), T0 and T8 ( $d = 1.609$  for BMM, and  $d = 1.116$  for control) and T4 and T8 ( $d = 0.316$  for BMM, and  $d = 0.368$  for control).

Decrease in speed achieved at RPE<sub>15</sub> ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.621$ ) was also found for both groups. The decrease was established between T0 and T4 ( $d = 0.749$  for BMM, and  $d = 0.543$  for control), T0 and T8 ( $d = 1.025$  for BMM, and  $d = 0.833$  for control) and between T4 and T8 ( $d = 0.241$  for BMM, and  $d = 0.308$  for control).

Finally, decrease in speed achieved at RPE<sub>17</sub> ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.347$ ) was observed for both groups. These decreases were noted between T0 and T4 ( $d = 0.300$  for BMM, and  $d = 0.286$  for control), T0 and T8 ( $d = 0.502$  for BMM, and  $d = 0.517$  for control) and between T4 and T8 ( $d = 0.177$  for BMM, and  $d = 0.242$  for control).

### **Body Composition**

An increase in FM percentage between T0 and T8 ( $p = 0.003$ ,  $\eta^2 = 0.165$ ) was detected for the BMM group ( $d = 0.048$ ) and the control group ( $d = 0.168$ ).

### **Physical Fitness**

An increase in QFP was found between T0 and T8 ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.312$ ) for the BMM group ( $d = 0.434$ ) and control group ( $d = 0.284$ ). According to the cardiorespiratory endurance (i.e. shuttle run test) level, an interaction was detected ( $p \leq 0.05$ ,  $\eta^2 = 0.073$ ). A stagnation was observed for the BMM group ( $p = 0.886$ ), whereas a decrease in endurance level for the control group between T0 and T8 ( $p = 0.006$ ,  $d = 0.309$ ) was observed. Coordination increased between T0 and T8 ( $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.206$ ) for the BMM ( $d = 0.509$ ) and control ( $d = 0.516$ ) groups. Force endurance also increased between T0 and T8 ( $p = 0.014$ ,  $\eta^2 = 0.116$ ) for the BMM ( $d = 0.231$ ) and control ( $d = 0.206$ ) groups. Enhancement of speed of lower limbs (SLL) ( $p = 0.005$ ,  $\eta^2 = 0.145$ ) and speed of upper limbs (SUL) ( $p = 0.004$ ,  $\eta^2 = 0.156$ ) was observed between T0 and T8 for the BMM ( $d = 0.502$  for SLL, and  $d = 0.359$  for SUL) and control ( $d = 0.097$  for SLL, and  $d = 0.391$  for SUL) groups. With respect to power, balance, arm strength and flexibility, no statistical differences were detected for both groups (Table 4).

## Discussion

This randomised controlled trial study was the first, to our knowledge, to investigate the effects on the physical performance in trained runners of an 8-week BMM intervention associated with a running programme based on HIIT. The primary hypothesis was that the BMM group runners would experience a greater enhancement of cardiorespiratory endurance physical performances (evaluated with IMS and 3-min. shuttle run tests) following intervention in comparison to the control group runners. Based on the present study, the results showed an IMS stagnation for the BMM group runners at the three measurements times (T0, T4, T8), whereas an IMS decrease was observed for the control group runners at T8 compared to T0 and T4. These results are also highly confirmed by the other test also measuring cardiorespiratory endurance (Mouraby et al., 2012) (i.e. 3-min. shuttle run test where a stagnation for the BMM group runners was found, whereas a decrease was detected for the control group runners between T0 and T8). This stagnation (BMM group) or decrease (control group) might be explained by the progressive increase in the training load for the runners at the time at which the study was conducted (i.e. September to the end of November). For runners, September is generally characterised by a gradual resumption of training following the usual summer break (transition phase) to absorb the higher training loads in October–November, which serves as preparation (preparatory phase) for specific winter season objectives, such as cross-country and indoor track (competitive phase) running (Bompa & Buzzicheli, 2019). Indeed, most runners have a bi-cycle annual plan (i.e. 2 x 6 months), each composed of three different phases: (a) a preparatory phase (i.e. consisting of a general preparatory phase and a specific phase), (b) a competitive phase (i.e. consisting of a precompetitive phase and the main competition) and (c) a transition phase (Bompa & Buzzicheli, 2019). During October–November, the runners were in the middle of their preparatory phase (i.e. general preparatory) resulting in a high training load in comparison to the competitive phase (Bompa & Buzzicheli, 2019) (e.g. runners achieve a high weekly mileage during the general preparatory phase, while they will reduce this weekly mileage by approximately 50% or even less during the main competition phase). This typical increase in training

load related to the general preparatory phase might create fatigue and negatively affect physical performance, even though cardiorespiratory endurance tests were performed 2 days after the last training session to limit the potential impact of fatigue (Bompa & Buzzicheli, 2019; Meeusen et al., 2013). To reduce this possible bias, future studies should follow runners over a full season with regular cardiorespiratory endurance testing. Despite the probable fatigue linked to this high training load, the IMS of the BMM group runners stagnated, and a trend ( $p = 0.060$ ) would even seem to suggest an IMS increase for the BMM group between T0 and T4 (whereas a stagnation is observed between T0 and T4 for the control group). Similar results have been recently observed in other sports (i.e. basketball and table tennis) (Tebourski et al., 2022). Indeed, although the MBI developed by the authors was not a BMM (i.e. more than 100 minutes per week), Tebourski et al. explained the improvement in physical performance by the enhancement of mindfulness skills (i.e. awareness of internal sensations, acceptance, ability to refocus in the moment). To support this statement, a recent review (Gardner & Moore, 2017) indicated that optimal physical performance depends on athletes' ability to let go, to accept that they cannot control everything by focusing their attention on their internal sensations (e.g. breath). Along the same line, Gardner and Moore also suggested that focusing attention (a main goal of MBI) could be a way to develop in athletes this awareness of the present moment with a non-judgmental attitude and thus promote physical performance. Future studies should investigate the physiological and psychological markers of sports-performance measurements to observe whether correlations between these two theoretical fields could exist.

According to HRV, evaluated with RMSSD (considered an indicator of athletes' fatigue and recovery) (Dong, 2016; Schmitt et al., 2015), the results of the present study illustrate that a BMM programme does not seem to increase RMSSD (i.e. improve the athlete's recovery). This result does not seem so surprising because the MBI effects on HRV remain to date unclear in the scientific literature (Brown et al., 2021). Although this recommendation was not possible in this study, more frequent RMSSD measurements throughout the BMM programme could have been interesting. Indeed, for increasing HRV quality measurements, Schmitt et al. suggested measuring RMSSD at least three times a week and

including measures inside the training sessions. These different measurement modalities (i.e. more frequent HRV measurements and measurement inside the training session for evaluating the recovery capacity of runners during HIIT) deserve exploration in future studies to better understand the HRV response to a BMM programme in trained runners.

Concerning RPE, the results demonstrate a decrease over time in the speed ( $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ) reached at RPE<sub>13</sub>, RPE<sub>15</sub> and RPE<sub>17</sub> for both groups. This decrease can be also explained by the potential fatigue generated by the high training load in the general preparatory phase (i.e. October–November). In addition, runners likely may have underestimated the RPE scale at T0. Although the first stages of the IMS test served as a familiarisation with the RPE scale for runners (it is for this main reason that the calculation of the regression line starts at RPE<sub>11</sub>) and the French instructions of RPE scale were read before the IMS test (Coquart et al., 2012), runners were probably not familiar enough with the RPE scale. To further familiarise runners with the RPE scale, future studies should perform exercise-anchoring or memory-anchoring procedures, or, even better, a combined anchoring procedure (i.e. exercise anchoring before the programme and then using memory anchoring to reinforce perceptual anchors) (Coquart et al., 2012; Haile et al., 2015; Robertson, 2004). Although some authors (Gearhart et al., 2004) have already shown that the RPE scale can work without these anchoring process, several authors (Coquart et al., 2012; Haile et al., 2015; Robertson, 2004) highly recommend these procedures to optimise the accuracy of the RPE evaluation.

The results of the present study also indicate an increase in the FM percentage over time for both groups. Similar results have also recently been observed over an 8-week MBI (James et al., 2022), highlighting that an 8-week MBI may be too short to have a positive effect on this body composition parameter (Tanda & Knechtle, 2013). Moreover, FM seems to vary greatly among the athlete population depending on the season (Hyatt & Kavazis, 2019). And finally, the BMM programme did not include mindful eating (as already realised elsewhere), a mindfulness approach focusing on inner hunger and satiety signals (e.g. the grape exercise) that might positively affect body composition (Fuentes Artiles et

al., 2019; Kabat-Zinn, 2003). For measuring the effects of a BMM programme on FM percentage, a longitudinal follow-up over a full season including mindful-eating exercises with several FM measurements would be more appropriate for future randomised controlled trials studies.

According to the PF level, the QFP increased in each group at T8 compared to T0 (Table 4). Similar results were reported on the three tests of the Diagnoform® Actif involving motor coordination (i.e. cross test, SLL and SUL). These motor coordination tests are exercises that trained runners are not used to performing. And, as suggested by Mouraby et al., a rapid adaptation due to the learning effect (considered inherent to motor coordination tests) might explain the QFP increases. Although a trial (e.g. for the cross test, runners had to make a single lap of the cross without any measurement) was offered to the runners before these three tests were performed, a single trial does not seem sufficient to erase this learning-effect process (Nourrit et al., 2003). To minimise its influence, Delignières emphasises that learning by observation would allow the participant to build a cognitive representation of the movement that can be then transposed into motor action. Indeed, when a beginner observes other beginners engaging in a new task (e.g. a motor coordination test), it could help them to obtain more information about the problems that other inexperienced people encounter and especially to see how these problems can be solved (Bertsch & Le Scanff, 1995). Consequently, it could be judicious when evaluating motor coordination to propose two trials to the participants by including an observation time between these two trials (like the hopscotch test included in the Diagnoform Kid) (Barbry et al., 2022). However, in accordance with the creators' instructions of the Diagnoform® Actif, only one trial was realised to strictly respect the procedure even if two tests with an observation time could have been better.

This randomised controlled trial has several strengths and limitations. Participants' adherence to the BMM programme (i.e. a programme with face-to-face intervention coupled with the possibility of remote practice seems to be relevant to engage and retain runners in MBI) and the study design (i.e. the methodological rigor of randomised controlled trials) are the main strengths of this study. Despite the study's strengths, limitations should be investigated when interpreting the results. Although the

runners had the same running programme, it was not possible to verify (when runners were not present at the training sessions) whether runners performed the running trainings prescribed by the coaches at home. Future longitudinal studies over a whole season with laboratory measurements (e.g. maximum oxygen uptake, aerobic and anaerobic thresholds) associated with more frequent HRV measurements may be interesting to conduct for a deeper understanding of the effects of a BMM programme on physical performance and its mediators in a population of trained runners.

## Conclusion

An 8-week BMM intervention combined with a running programme based on HIIT might have a positive effect on cardiorespiratory endurance physical performance, suggesting that MBI using brief sessions will increase runners' performance. However, a BMM intervention does not seem to significantly affect HRV, RPE, FM and PF levels in trained runners. Longer randomised controlled trials studies over a whole season with laboratory and psychological measurements need to be conducted to confirm these promising results and to better understand the effects of BMM interventions on physical performance.

## Acknowledgement

### Other information

*CONSORT Checklist*

[CONSORT checklist](#)

[CONSORT checklist for abstract](#)

*Declarations of interests/funding*

None

*Author contribution roles using CReDIT*

In order to respect the confidentiality of the authors, this part has been submitted in the comment section of the submission.

*Data sharing and data availability statements*

All data are available by directly contacting the first author.

## References

- Alcantara, J. M. A., Plaza-Florido, A., Amaro-Gahete, F. J., Acosta, F. M., Migueles, J. H., Molina-Garcia, P., Sacha, J., Sanchez-Delgado, G., & Martinez-Tellez, B. (2020). Impact of Using Different Levels of Threshold-Based Artefact Correction on the Quantification of Heart Rate Variability in Three Independent Human Cohorts. *Journal of Clinical Medicine*, *9*(2), 325. <https://doi.org/10.3390/jcm9020325>
- American College of Sports Medicine. (2021). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (19<sup>e</sup> éd.). Wolters Kluwer. <https://www.acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription>
- American Psychological Association. (2021, novembre). *APA Style Journal Article Reporting Standards (APA Style JARS)* [Journal article reporting standards (JARS)]. <https://apastyle.apa.org>. <https://apastyle.apa.org/jars>
- Assadi, H., & Lepers, R. (2012). Comparison of the 45-second/15-second intermittent running field test and the continuous treadmill test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *7*(3), 277- 284. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.3.277>
- Barbry, A., Carton, A., Ovigneur, H., & Coquart, J. (2022). Relationships between sports club participation and physical fitness and Body Mass Index in childhood. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *62*(7), 931- 937. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12643-X>
- Bertsch, J., & Le Scanff, C. (1995). *Apprentissages moteurs et conditions d'apprentissages* (Bertsch et C. Le Scanff (éd.)). puf.
- Bompa, T., & Buzzicheli, C. (2019). *Periodization-6th Edition : Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *2*(2), 92- 98.
- Brand, R., & Ekkekakis, P. (2018). Affective–Reflective Theory of physical inactivity and exercise : Foundations and preliminary evidence. *German Journal of Exercise and Sport Research*, *48*(1), 48- 58. <https://doi.org/10.1007/s12662-017-0477-9>
- Brown, K. W., Ryan, R. M., & Creswell, J. D. (2007). Mindfulness : Theoretical Foundations and Evidence for its Salutary Effects. *Psychological Inquiry*, *18*(4), 211- 237. <https://doi.org/10.1080/10478400701598298>
- Brown, L., Rando, A. A., Eichel, K., Van Dam, N. T., Celano, C. M., Huffman, J. C., & Morris, M. E. (2021). The Effects of Mindfulness and Meditation on Vagally Mediated Heart Rate Variability : A Meta-

Analysis. *Psychosomatic Medicine*, 83(6), 631- 640.  
<https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000900>

- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures : Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Burlot, F., Richard, R., & Joncheray, H. (2018). The life of high-level athletes : The challenge of high performance against the time constraint. *International Review for the Sociology of Sport*, 53(2), 234- 249. <https://doi.org/10.1177/1012690216647196>
- Carraça, B., Serpa, S., Guerrero, J. P., & Rosado, A. (2018). Enhance Sport Performance of Elite Athletes : The Mindfulness-Based Interventions. *Cuadernos de Psicología Del Deporte*, 18(2), Article 2.
- Coquart, J.-B., Tourny-Chollet, C., Lemaître, F., Lemaire, C., Grosbois, J.-M., & Garcin, M. (2012). Relevance of the measure of perceived exertion for the rehabilitation of obese patients. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(9- 10), 623- 640. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2012.07.003>
- Corbally, L., Wilkinson, M., & Fothergill, M. A. (2020). Effects of Mindfulness Practice on Performance and Factors Related to Performance in Long-Distance Running : A Systematic Review. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 14(4), 376- 398. <https://doi.org/10.1123/jcsp.2019-0034>
- Cox, A. E., Ullrich-French, S., Hargreaves, E. A., & McMahon, A. K. (2020). The effects of mindfulness and music on affective responses to self-paced treadmill walking. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 9, 571- 584. <https://doi.org/10.1037/spy0000192>
- de Gaulejac, V. (2018). Plus on gagne du temps, moins on en a... Le rapport au temps dans la société paradoxante. In *@ la recherche du temps* (p. 39- 51). Éres. <https://doi.org/10.3917/eres.auber.2018.01.0039>
- Delignières, D. (2008). *L'apprentissage moteur* (Vol. 1- 2110, p. 80- 97). Presses Universitaires de France. <https://www.cairn.info/psychologie-du-sport--9782130565819-p-80.htm>
- Dong, J.-G. (2016). The role of heart rate variability in sports physiology. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 11(5), 1531- 1536. <https://doi.org/10.3892/etm.2016.3104>
- Doron, J., Rouault, Q., Jubeau, M., & Bernier, M. (2020). Integrated mindfulness-based intervention : Effects on mindfulness skills, cognitive interference and performance satisfaction of young elite badminton players. *Psychology of Sport and Exercise*, 47, 101638. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2019.101638>
- Duclos, M., Lacomme, P., Lambert, C., Pereira, B., Ren, L., Fleury, G., Ovigneur, H., Deschamps, T., Fearnbach, N., Vanhelst, J., Toussaint, J.-F., & Thivel, D. (2022). Is physical fitness associated with the type of attended school? A cross-sectional analysis among adolescents. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 62(3), 404- 411. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12203-0>

- Fernandez-Santos, J. R., Ruiz, J. R., Cohen, D. D., Gonzalez-Montesinos, J. L., & Castro-Piñero, J. (2015). Reliability and Validity of Tests to Assess Lower-Body Muscular Power in Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2277- 2285. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000864>
- Fuentes Artiles, R., Staub, K., Aldakak, L., Eppenberger, P., Rühli, F., & Bender, N. (2019). Mindful eating and common diet programs lower body weight similarly : Systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 20(11), 1619- 1627. <https://doi.org/10.1111/obr.12918>
- García-Pinillos, F., Cámara-Pérez, J. C., Soto-Hermoso, V. M., & Latorre-Román, P. Á. (2017). A High Intensity Interval Training (HIIT)-Based Running Plan Improves Athletic Performance by Improving Muscle Power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(1), 146. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001473>
- Gardner, F. L., & Moore, Z. E. (2004). A mindfulness-acceptance-commitment-based approach to athletic performance enhancement : Theoretical considerations. *Behavior Therapy*, 35(4), 707- 723. [https://doi.org/10.1016/S0005-7894\(04\)80016-9](https://doi.org/10.1016/S0005-7894(04)80016-9)
- Gardner, F. L., & Moore, Z. E. (2017). Mindfulness-based and acceptance-based interventions in sport and performance contexts. *Current Opinion in Psychology*, 16, 180- 184. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.06.001>
- Gearhart, R. F., Becque, M. D., Hutchins, M. D., & Palm, C. M. (2004). Comparison of memory and combined exercise and memory-anchoring procedures on ratings of perceived exertion during short duration, near-peak-intensity cycle ergometer exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 99(3 Pt 1), 775- 784. <https://doi.org/10.2466/pms.99.3.775-784>
- Girandola, F., & Joule, R.-V. (2012). La communication engageante : Aspects théoriques, résultats et perspectives. *L'Année psychologique*, 112(1), 115- 143. <https://doi.org/10.3917/anpsy.121.0115>
- Goisbault, M., Lienhart, N., Martinent, G., & Doron, J. (2022). An integrated mindfulness and acceptance-based program for young elite female basketball players : Exploratory study of how it works and for whom it works best. *Psychology of Sport and Exercise*, 60, 102157. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102157>
- Gracia Gozalo, R. M., Ferrer Tarrés, J. M., Ayora Ayora, A., Alonso Herrero, M., Amutio Kareaga, A., & Ferrer Roca, R. (2019). Application of a mindfulness program among healthcare professionals in an intensive care unit : Effect on burnout, empathy and self-compassion. *Medicina Intensiva*, 43(4), 207- 216. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2018.02.005>
- Haile, L., Gallagher Jr., M., & Robertson, R. J. (2015). *Perceived exertion laboratory manual : From standard practice to contemporary application* (p. xxii, 322). Springer Science + Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1917-8>

- Howarth, A., Smith, J. G., Perkins-Porras, L., & Ussher, M. (2019). Effects of Brief Mindfulness-Based Interventions on Health-Related Outcomes : A Systematic Review. *Mindfulness*, 10(10), 1957- 1968. <https://doi.org/10.1007/s12671-019-01163-1>
- Hyatt, H. W., & Kavazis, A. N. (2019). Body Composition and Perceived Stress through a Calendar Year in NCAA I Female Volleyball Players. *International Journal of Exercise Science*, 12(5), 433- 443.
- James, D., Larkey, L. K., Evans, B., Sebren, A., Goldsmith, K., & Smith, L. (2022). Pilot study of tai chi and qigong on body composition, sleep, and emotional eating in midlife/older women. *Journal of Women & Aging*, 34(4), 449- 459. <https://doi.org/10.1080/08952841.2021.2018924>
- Joyner, M. J., & Coyle, E. F. (2008). Endurance exercise performance : The physiology of champions. *The Journal of Physiology*, 586(Pt 1), 35- 44. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>
- Kabat-Zinn, J. (2003). Mindfulness-based stress reduction (MBSR). *Constructivism in the Human Sciences*, 8(2), 73- 82.
- Kabat-Zinn, J. (2017). Too Early to Tell : The Potential Impact and Challenges-Ethical and Otherwise-Inherent in the Mainstreaming of Dharma in an Increasingly Dystopian World. *Mindfulness*, 8(5), 1125- 1135. <https://doi.org/10.1007/s12671-017-0758-2>
- Kaufman, K. A., Glass, C. R., & Arnkoff, D. B. (2009). Evaluation of Mindful Sport Performance Enhancement (MSPE) : A New Approach to Promote Flow in Athletes. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 3(4), 334 - 356. <https://doi.org/10.1123/jcsp.3.4.334>
- Lanferdini, F. J., Diefenthaler, F., Ardigò, L. P., Peyré-Tartaruga, L. A., & Padulo, J. (2022). Editorial : Structural and mechanistic determinants of endurance performance. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.1035583>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome : Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186- 205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Mohammed, W. A., Pappous, A., & Sharma, D. (2018). Effect of Mindfulness Based Stress Reduction (MBSR) in Increasing Pain Tolerance and Improving the Mental Health of Injured Athletes. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.00722>
- Mouraby, R., Tafflet, M., Nassif, H., Toussaint, J.-F., & Desgorces, F.-D. (2012). Fiabilité et validation de la batterie de tests physiques Diagnoform. *Science & Sports*, 27(1), 50- 53. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2011.01.011>
- Nien, J.-T., Wu, C.-H., Yang, K.-T., Cho, Y.-M., Chu, C.-H., Chang, Y.-K., & Zhou, C. (2020). Mindfulness Training Enhances Endurance Performance and Executive Functions in Athletes : An Event-

- Related Potential Study. *Neural Plasticity*, 2020, 8213710.  
<https://doi.org/10.1155/2020/8213710>
- Nosek, B. A., Alter, G., Banks, G. C., Borsboom, D., Bowman, S. D., Breckler, S. J., Buck, S., Chambers, C. D., Chin, G., Christensen, G., Contestabile, M., Dafoe, A., Eich, E., Freese, J., Glennerster, R., Goroff, D., Green, D. P., Hesse, B., Humphreys, M., ... Yarkoni, T. (2015). Promoting an open research culture : Author guidelines for journals could help to promote transparency, openness, and reproducibility. *Science*, 348(6242), 1422- 1425. <https://doi.org/10.1126/science.aab2374>
- Nourrit, D., Delignières, D., Caillou, N., Deschamps, T., & Lauriot, B. (2003). On discontinuities in motor learning : A longitudinal study of complex skill acquisition on a ski-simulator. *Journal of Motor Behavior*, 35(2), 151- 170. <https://doi.org/10.1080/00222890309602130>
- Ojeda-Aravena, A., Herrera-Valenzuela, T., Valdés-Badilla, P., Cancino-López, J., Zapata-Bastias, J., & García-García, J. M. (2021). Effects of 4 Weeks of a Technique-Specific Protocol with High-Intensity Intervals on General and Specific Physical Fitness in Taekwondo Athletes : An Inter-Individual Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(7), 3643. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073643>
- Robertson, R. (2004, mai 22). *Perceived Exertion for Practitioners : Rating Effort With the OMNI Picture System*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Perceived-Exertion-for-Practitioners%3A-Rating-Effort-Robertson/c79ffb02a9c13945d7efdb1c1c84ff54505a47ef>
- Röthlin, P., & Birrer, D. (2019). Mental training in group settings : Intervention protocols of a mindfulness and acceptance-based and a psychological skills training program. *Journal of Sport Psychology in Action*. <https://doi.org/10.1080/21520704.2018.1557771>
- Scherr, J., Wolfarth, B., Christle, J. W., Pressler, A., Wagenpfeil, S., & Halle, M. (2013). Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 113(1), 147- 155. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2421-x>
- Schmitt, L., Regnard, J., & Millet, G. P. (2015). Monitoring Fatigue Status with HRV Measures in Elite Athletes : An Avenue Beyond RMSSD? *Frontiers in Physiology*, 6, 343. <https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00343>
- Segal, Z., Williams, M., & Teasdale, J. (2018). *Mindfulness-Based Cognitive Therapy for Depression, Second Edition*. Guilford Publications.
- Tanda, G., & Knechtle, B. (2013). Marathon performance in relation to body fat percentage and training indices in recreational male runners. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 4, 141- 149. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S44945>
- Tebourski, K., Bernier, M., Ben Salha, M., Souissi, N., & Fournier, J. F. (2022). Effects of Mindfulness for Performance Programme on Actual Performance in Ecological Sport Context : Two Studies in

- Basketball and Table Tennis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), Article 19. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912950>
- Thelwell, R., & Greenlees, I. (2003). Developing Competitive Endurance Performance Using Mental Skills Training. *Sport Psychologist*, 17, 318- 337. <https://doi.org/10.1123/tsp.17.3.318>
- Thompson, R. W., Kaufman, K. A., De Petrillo, L. A., Glass, C. R., & Arnkoff, D. B. (2011). One year follow-up of Mindful Sport Performance Enhancement (MSPE) with archers, golfers, and runners. *Journal of Clinical Sport Psychology*, 5, 99- 116. <https://doi.org/10.1123/jcsp.5.2.99>
- Ullrich-French, S., & Cox, A. E. (2021). Mindfulness in Exercise Psychology. In E. Filho & I. Basevitch (Éds.), *Sport, Exercise and Performance Psychology : Research Directions To Advance the Field* (p. 0). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780197512494.003.0016>
- Wekre, S. L., Landsverk, H. D., Lautridou, J., Hjelde, A., Imbert, J. P., Balestra, C., & Eftedal, I. (2022). Hydration status during commercial saturation diving measured by bioimpedance and urine specific gravity. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2022.971757>
- Wood, H. M., & Baumgartner, T. A. (2004). Objectivity, Reliability, and Validity of the Bent-Knee Push-Up for College-Age Women. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, 8(4), 203- 212. [https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0804\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327841mpee0804_2)
- Yang, C.-H., & Conroy, D. E. (2018). Feasibility of an Outdoor Mindful Walking Program for Reducing Negative Affect in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 1- 10. <https://doi.org/10.1123/japa.2017-0390>

**Tab.1. The FeeltheRun programme content**

Session themes	Goals	Mindfulness meditation sessions	HomeWorks	Key messages
1.6				
1.9				
<b>Module 1 Psychoeducation</b>				
2.1	Make runners aware of their own mental functioning. Enrolling runners in programme. Change the representations related to MP.	BE: Video presentation on the benefits of MP (S) or instructions for carrying out a PM session (S) or initiation at mindfulness breath (S). AI: Initiation at mindfulness breath (S) or body scan meditation (7).	AUDIO (6): MP in the daily life.	MP is not to be used only when problems appear. MP is for everyone (i.e., not only for high-level runners). There are many ways in our daily lives to practice MP simply. Just like running training, regular practice is necessary to progress on a mental level.
2.5	Promote engagement and support autonomy by taking ownership of goal setting.	BE: Video presentation on how set and break down goals (S) or mini conference to explain the SMART method in detail (10) or ME on awareness on his own sensations (S).	AUDIO (5): Initiation at mindfulness breath. Writing a SMART goal related to running.	No panic: if you don't reach the goal, the main thing is to readjust it. Having specific goals promotes commitment to our practice and keeps us motivated.
2.7	Become aware of the mind-wandering.	AI: Body scan meditation (7).	AUDIO (7): ME on awareness on his own sensations still and in motion.	Goal setting allow us to progress both physically mentally in short, medium, and long term.
<b>Module 3 Awareness</b>				
3.1	Become aware of one's sensations. Raise awareness of the distractions encountered.	BE: Video presentation on the awareness of thoughts, emotions, and sensations (S) or ME on awareness of thoughts and emotions (6). DI: Being aware of the thoughts, emotions, and sensations at several moments of the training (i.e., when the intensity of the exercise was low). AI: Exchanges and questioning on the difficulties encountered on DT exercise.	AUDIO (7): ME on awareness of the thoughts and emotions.	To feel good and to perform well: the present moment is an ally that allows you to live the experience fully in a benevolent manner. Recognizing your thoughts, emotions, sensations and not letting yourself dominated by them is a precious help to feel good in your physical activity practice and to regulate your effort if necessary.
3.3		AI: Exchanges and questioning on the difficulties encountered on DT exercise.		Fighting against your thoughts, emotions, sensations, is the best way to keep them active.
3.4		BE: ME on awareness of the thoughts and emotions (S).		
3.5		DI: Being aware of his thoughts, emotions, and emotions at several moments of the training (i.e., when the intensity of the exercise was high).		
3.6		AI: Body scan meditation (7).		
3.7	Become aware of the physical and mental states of the day, accept it, and adapt the speed according to the state.	BE: Video presentation explaining the importance of accepting one's sensations to regulate training according to them (S) or ME on acceptance of his own thoughts and emotions (6). DI: During the last repetitions on high intensity sessions, be aware and accept thoughts, emotions and sensations felt. AI: ME on acceptance of thoughts, emotions, and sensations (S) or exchanges and questioning on the difficulties encountered in DT exercise.	AUDIO (8): Acceptance of thoughts and emotions.	Thoughts and emotions are an integral part of sport. It's normal to have them. Enjoying positively in your practice and to achieve performance means accepting your thoughts, emotions, and sensations rather than fighting against them. Thoughts and emotions are transient. Thoughts do not reflect the truth. There is no point in fighting them. When the effort is unpleasant, 2 possibilities appear: tell myself that it's hard which is often associated of being afraid to not be able to maintain exercise or accept this state of discomfort linked to the training by telling myself that it is normal that I feel this way and that it will help me progress. To make a long-term commitment and enjoy my training, it is important to accept my current state of fitness and to adapt the session according to my feelings. Routines help bring attention back to the present moment when mind-wandering appears. An effective training routine helps to manage effort when it becomes difficult.
<b>Module 4 Acceptance</b>				
3.9				
4.0				
4.1				
4.2				
4.4				
4.5				
<b>Module 5 Refocusing</b>				
4.7	Taking ownership of one's own anchorage. Develop his own training routine.	BE: Video presentation based on anchoring and refocusing or ME on fractionated mindfulness with sound disturbance for 15" followed by 15" of recovery (8) or 30" of disturbance followed by 30" of recovery (9). Runners had to use their routine to bring their attention back to the present moment. DI: Set up their training routine (i.e., awareness, acceptance and refocusing) by using their own anchors. AI: Mini conference on anchoring and how to use it (S) or exchanges and questioning on the difficulties encountered in DT exercise.	AUDIO (10): ME on fractionated mindfulness with sound disturbance for 45" followed by 30" of recovery. Runners had to use their routine to bring their attention back to the present moment.	
4.8				
4.9				
5.0				
5.1				
5.2				
5.3				
5.4				
5.5				
5.6				
5.7				
5.8				
5.9				
6.0				
6.1				
6.2				
6.3				

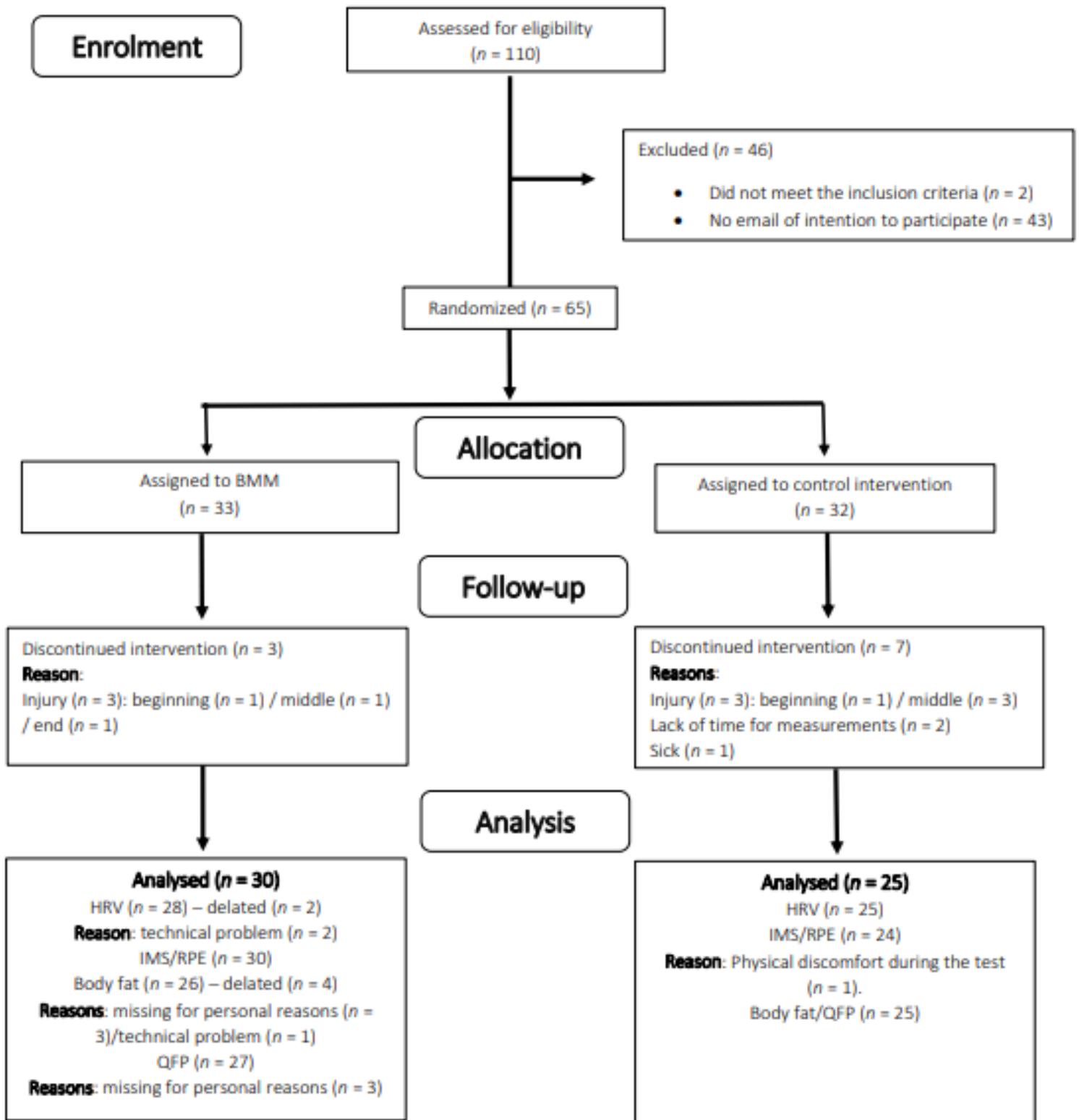
Note: BE = Before Training; DT = During Training; AT = After Training; ME = Mindfulness Exercise; MP = Mental Preparation. SMART = Specific, Measurable, Ambitious, Realistic, and delimited in Time.

**Tab.2.** The running training content

	Training 1	Training 2	Training 3
<b>week 0</b>	<b>Day 1 and day 2 measurements at T0</b>		
<b>week 1</b>	<b>HIIT</b> (i.e., 20min of 30s at 100% of IMS followed by 20s of active recovery)	<b>Long run</b> (i.e., 60min at 50% of IMS)	<b>10 km special session</b> (i.e., 12 x 3min at 10 km pace followed by 90s of active recovery)
<b>week 2</b>	<b>Long run</b> (i.e., 60min of IMS)	<b>HIIT</b> (i.e., 2 x 10min of 45s at 100% of IMS followed by 30s of active recovery)	<b>Tempo Run</b> (i.e., 4 x 5min at 80% of IMS followed by 150s of active recovery)
<b>week 3</b>	<b>HIIT</b> (i.e., 2 x 10min of 60s at 100% of IMS followed by 45s of active recovery)	<b>Tempo Run</b> (i.e., 12 x 2min at 80% of IMS followed by 30s of active recovery)	<b>Long run</b> (i.e., 70min at 50% of IMS included speed variation)
<b>week 4</b>	<b>Tempo Run</b> (i.e., 4 x 6min at 80% of IMS followed by 3min of active recovery)	<b>Long Run</b> (i.e., 60min of easy run)	<b>Day 1 measurements at T4</b>
<b>week 5</b>	<b>Long run</b> (i.e., 70min of easy run included 20min at 70% of IMS)	<b>HIIT</b> (i.e., 2 x 8min of 90s at 100% of IMS followed by 60s of active recovery)	<b>Tempo Run</b> (i.e., 4min - 6min - 8min - 10min at 80% of IMS followed by an active recovery of half the effort time)
<b>week 6</b>	<b>HIIT</b> (i.e., 20min of 120s at 100% of IMS followed by 90s of active recovery)	<b>Long Run</b> (i.e., 60min of easy run)	<b>Cross-country special session</b> (i.e., 4 x 6min at 12 km cross-country pace followed by 120s of active recovery)
<b>week 7</b>	<b>Long Run</b> (i.e., 60min 50% of IMS)	<b>HIIT</b> (i.e., 2 x 10min of 150s at 95% of IMS followed by 120s of active recovery)	<b>Tempo Run</b> (i.e., 10 x 3min at 80% of IMS followed of 90s of active recovery)
<b>week 8</b>	<b>HIIT</b> (i.e., 4 x 3min at 95% of IMS followed by 150s of active recovery)	<b>Long Run</b> (i.e., 60min at 50% of IMS)	<b>Day 1 measurements at T8</b>
<b>week 9</b>	<b>Day 2 measurements at T8</b>		
	End of the running training programme		

**Note.** **HIIT:** High-Intensity Intermittent Training. **Tempo Run:** HIIT consisting of slightly longer efforts at a slightly lower intensity compared to HIIT with shorter recovery times. Each HIIT and Tempo Run training sessions began with 25min of warm-up and ended with 10min of easy run (i.e., 50% of IMS). Day 1 measurements include heart rate variability, Intermittent maximum speed and ratings of perceived exertion, Day 2 measurements include body composition and physical fitness level.

**Fig.1.** CONSORT chart for the present study demonstrating group sizes for enrolment, allocation, follow-up, and analysis.



**Tab. 3.** Socio-demographic et anthropometric characteristics of the population.

	Mindfulness group	Control group
Sample size ( <i>n</i> )	30	25
Age (years)	41.1 ± 14.5	42.2 ± 14.8
Body mass (kg)	64.6 ± 10.4	65.5 ± 10.4
Height (cm)	171 ± 7	174 ± 10
BMI (kg.m <sup>-2</sup> )	22.0 ± 2.9	21.6 ± 2.1

Note. BMI: Body Mass Index.

17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

**Tab.4.** Results from physical performance measurements at different times according to groups.

	Mindfulness group				Control group			
	T0	T4	T8	T0	T4	T8	T0	T8
<b>Ln RMSSD</b>	3.62 ± 0.55	3.59 ± 0.67	3.65 ± 0.69	3.70 ± 0.86	3.79 ± 0.71	3.76 ± 0.77		
<b>Intermittent maximum speed (km.h<sup>-1</sup>)</b>	16.05 ± 2.93	16.35 ± 2.98	16.18 ± 2.82	16.75 ± 2.71 <sup>c</sup>	16.48 ± 2.85 <sup>c</sup>	16.23 ± 2.65 <sup>a,b</sup>		
<b>RPE<sub>0</sub> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	13.71 ± 1.92 <sup>b,c</sup>	11.45 ± 1.56 <sup>a,c</sup>	11.00 ± 1.23 <sup>a,b</sup>	13.13 ± 2.13 <sup>b,c</sup>	11.60 ± 1.64 <sup>a,c</sup>	11.03 ± 1.44 <sup>a,b</sup>		
<b>RPE<sub>33</sub> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	14.89 ± 2.01 <sup>b,c</sup>	13.40 ± 1.97 <sup>a,c</sup>	12.95 ± 1.75 <sup>a,b</sup>	14.55 ± 2.08 <sup>b,c</sup>	13.49 ± 1.79 <sup>a,c</sup>	12.95 ± 1.71 <sup>a,b</sup>		
<b>RPE<sub>67</sub> (km.h<sup>-1</sup>)</b>	16.06 ± 2.20 <sup>b,c</sup>	15.34 ± 2.56 <sup>a,c</sup>	14.90 ± 2.41 <sup>a,b</sup>	15.98 ± 2.14 <sup>b,c</sup>	15.38 ± 2.06 <sup>a,c</sup>	14.87 ± 2.15 <sup>a,b</sup>		
35								
36								
37								
	Mindfulness group				Control group			
	T0	T8	T0	T8				
<b>Body fat (%)</b>	19.77 ± 6.45 <sup>c</sup>	20.08 ± 6.24 <sup>a</sup>	19.98 ± 5.79 <sup>c</sup>	20.94 ± 5.63 <sup>a</sup>				
<b>Quotient of physical fitness (score)</b>	41.04 ± 10.68 <sup>c</sup>	45.74 ± 10.99 <sup>a</sup>	41.56 ± 10.16 <sup>c</sup>	44.46 ± 10.23 <sup>a</sup>				
<b>Cardiorespiratory endurance (m)</b>	596.89 ± 75.01	595.93 ± 64.87	601.00 ± 70.06 <sup>c</sup>	580.96 ± 57.87 <sup>a</sup>				
<b>Motor coordination (n)</b>	31.89 ± 10.35 <sup>c</sup>	36.89 ± 9.20 <sup>a</sup>	31.64 ± 9.96 <sup>c</sup>	36.56 ± 9.06 <sup>a</sup>				
<b>Force endurance (s)</b>	159.22 ± 73.72 <sup>c</sup>	177.89 ± 86.63 <sup>a</sup>	162.96 ± 73.10 <sup>c</sup>	178.24 ± 75.16 <sup>a</sup>				
<b>Power (cm)</b>	146.73 ± 31.89	146.04 ± 32.32	137.32 ± 29.53	143.80 ± 26.50				
<b>Speed lower limbs (s)</b>	4.91 ± 0.78 <sup>c</sup>	4.57 ± 0.43 <sup>a</sup>	4.96 ± 0.77 <sup>c</sup>	4.89 ± 0.67 <sup>a</sup>				
<b>Speed upper limbs (s)</b>	11.47 ± 1.89 <sup>c</sup>	10.64 ± 2.58 <sup>a</sup>	10.95 ± 1.82 <sup>c</sup>	10.25 ± 1.76 <sup>a</sup>				
<b>Balance (score)</b>	3.67 ± 1.07	4.07 ± 0.96	3.54 ± 0.78	3.71 ± 1.04				
<b>Ln Arm strenght (n)</b>	3.37 ± 0.65	3.51 ± 0.48	3.52 ± 0.47	3.50 ± 0.40				
<b>Flexibility (score/5)</b>	3.59 ± 0.97	3.59 ± 0.97	3.40 ± 0.91	3.44 ± 0.87				
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								

**Legend:** <sup>a</sup>Significantly different from T0 ( $p \leq 0.05$ ), <sup>b</sup>significantly different from T4 ( $p \leq 0.05$ ), <sup>c</sup>significantly different from T8 ( $p \leq 0.05$ ).

## Annexe 8. Présentation des normes CONSORT avec l'extension 2022 traduite en Français inspiré de Gedda<sup>422</sup>

Section/sujet	Item N°	Description	Page N°
<b>TITRE ET RESUME</b>			
	1a	Identification en tant qu'« essai randomisé » dans le titre.	Annexe 7
	1b	Résumé structuré du plan d'essai, méthodes, résultats et conclusions (pour une aide spécifique voir CONSORT pour <i>abstract</i> ).	Annexe 7
<b>INTRODUCTION</b>			
Contexte et objectif	2a	Contexte scientifique et explication du bien-fondé.	163-167
	2b	Objectifs spécifiques et hypothèses.	168
<b>METHODES</b>			
Plan de l'essai	3a	Description du plan de l'essai (tel que : groupes parallèles, plan factoriel) en incluant les ratios d'allocation.	168
	3b	Changements importants de méthode après le début de l'essai (tel que les critères d'éligibilité), en expliquer la raison.	NA
Participants	4a	Critères d'éligibilité des participants.	170
	4b	Structure et lieux de recueil des données.	176
Interventions	5	Interventions pour chaque groupe avec suffisamment de détails pour pouvoir reproduire l'étude, en incluant comment et quand elles ont été véritablement conduites.	<b>Tableau 16, Tableau 17, 173</b>
Critères de jugements	6a.1	Justifier le choix du domaine pour le critère de jugement principal de l'essai.	Annexe 7
	6a.2	Décrivez la variable de mesure spécifique ( <i>e.g.</i> , la tension artérielle systolique), la métrique d'analyse ( <i>e.g.</i> , le changement par rapport à la ligne de base, la valeur finale, le temps écoulé jusqu'à l'événement), la méthode d'agrégation ( <i>e.g.</i> , la moyenne, la proportion) et le point dans le temps pour chaque résultat.	176-180
	6a.3	Si la mesure d'analyse du critère de jugement principal représente un changement au sein des participants, définir et justifier le changement minimal important chez les individus.	180
	6a.4	Si les données relatives aux résultats étaient continues mais ont été analysées comme des données catégorielles (méthode d'agrégation), précisez les valeurs limites utilisées.	NA
	6a.5	Si les évaluations des résultats ont été effectuées à plusieurs moments après la randomisation, indiquez les moments utilisés pour l'analyse.	176
	6a.6	Si un résultat composite a été utilisé, définir toutes les composantes individuelles du résultat composite.	NA
	6a.7	Identifier les résultats qui n'ont pas été spécifiés dans un registre ou un protocole d'essai.	NA
	6a.8	Fournir une description des instruments d'étude utilisés pour évaluer le résultat ( <i>e.g.</i> , des questionnaires, des tests de laboratoire) ainsi que leur fiabilité, leur validité et leur sensibilité dans une population similaire à l'échantillon de l'étude.	177-180
	6a.9	Décrire la personne qui a évalué le résultat ( <i>e.g.</i> , l'infirmière ou les parents) et toute qualification ou formation spécifique à l'essai nécessaire pour administrer les instruments de l'étude afin d'évaluer le résultat.	176
	6a.10	Décrivez les processus utilisés pour promouvoir la qualité des données sur les résultats pendant la collecte des données ( <i>e.g.</i> , mesures en double) et après la collecte des données ( <i>e.g.</i> , vérification de l'étendue des valeurs des données sur les résultats), ou indiquez où ces détails peuvent être trouvés.	177
Taille de l'échantillon	6b	Changement quelconque de critères de jugement après le début de l'essai, en expliquer la raison.	NA
	7a	Comment la taille d'échantillon a-t-elle été déterminée ?	167
	7b	Quand cela est applicable, explication des analyses intermédiaires et des règles d'arrêt.	167
<b>RANDOMISATION</b>			
Production de la séquence	8a	Méthode utilisée pour générer la séquence d'allocation par tirage au sort.	169
	8b	Type de randomisation, en incluant les détails relatifs à une méthode de restriction ( <i>e.g.</i> , par blocs, avec la taille des blocs).	169
Mécanisme d'assignation secrète	9	Mécanisme utilisé pour mettre en œuvre la séquence d'allocation randomisée (comme par exemple : l'utilisation d'enveloppes numérotées séquentiellement), en décrivant chaque mesure prise pour masquer l'allocation jusqu'à l'assignation des interventions.	NA
Mise en oeuvre	10	Qui a généré la séquence d'allocation, qui a enrôlé les participants et qui a assigné les participants à leurs groupes ?	169
Aveugle	11a	Au cas où, décrire qui a été en aveugle après l'assignation des interventions (par exemple, les participants, les administrateurs de traitement, ceux qui évaluent les résultats) et comment ont-ils été empêchés de savoir.	NA

	11b	Si approprié, description de la similitude des interventions.	NA
Méthodes statistiques	12a.1	Décrire les méthodes utilisées pour tenir compte de la multiplicité dans l'analyse ou l'interprétation des résultats primaires et secondaires (e.g., les résultats coprimaires, le même résultat évalué à plusieurs moments ou les analyses de sous-groupes d'un résultat).	NA
	12a.2	Indiquer et justifier tout critère d'exclusion des données de résultats de l'analyse et du rapport, ou indiquer qu'aucune donnée de résultats n'a été exclue.	<b>Figure 23</b>
	12a.3	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer les modèles d'absence (e.g., absence non aléatoire) et décrire les méthodes utilisées pour traiter les éléments de résultats manquants ou les évaluations entières.	NA
	12a.4	Fournir une définition de la population de l'analyse des résultats concernant le non-respect du protocole de l'essai (e.g., en tant qu'analyse randomisée).	<b>Figure 23</b>
	12b	Méthodes utilisées pour des analyses supplémentaires, telles que des analyses de sous-groupes ou des analyses ajustées.	180
<b>RESULTATS</b>			
Flux des participants	13a	Pour chaque groupe, le nombre de participants qui ont été assignés par tirage au sort, qui ont reçu le traitement qui leur était destiné, et qui ont été analysés pour le critère de jugement principal	<b>Figure 23</b>
	13b	Pour chaque groupe, abandons et exclusions après la randomisation, en donner les raisons.	<b>Figure 23</b>
Recruitment	14a	Dates définissant les périodes de recrutement et de suivi.	167 / 176
	14b	Pourquoi l'essai a-t-il pris fin ou a été interrompu ?	<b>Figure 23</b>
Données initiales	15	Une table décrivant les caractéristiques initiales démographiques et cliniques de chaque groupe.	<b>Tableau 18</b>
Effectifs analysés	16	Nombre de participants (dénominateur) inclus dans chaque analyse en précisant si l'analyse a été faite avec les groupes d'origine	<b>Figure 23, 182</b>
Critères de jugement et estimations	17a	Pour chaque résultat primaire et secondaire, les résultats pour chaque groupe, ainsi que l'estimation de l'ampleur de l'effet et sa précision (comme l'IC à 95 %).	184-190
	17a1	Inclure les résultats de toutes les analyses de résultats préspecifiées ou indiquer où les résultats peuvent être trouvés s'ils ne figurent pas dans le présent rapport.	184-190
	17b	Pour les variables binaires, une présentation de la taille de l'effet en valeurs absolues et relatives est recommandée.	NA
Analyses accessoires	18	Résultats de toute analyse supplémentaire réalisée, en incluant les analyses en sous-groupes et les analyses ajustées, et en distinguant les analyses spécifiées a priori des analyses exploratoires	NA
	18.1	Si des analyses n'ont pas été préspecifiées, expliquez pourquoi elles ont été effectuées.	NA
Harms	19	Tous les risques importants ou effets secondaires inattendus dans chaque groupe (pour un conseil détaillé voir <i>CONSORT for harms</i> ).	NA
<b>DISCUSSION</b>			
Limitations	20	Limitations de l'essai, en tenant compte des sources de biais potentiels ou d'imprécision, et au cas où, en tenant compte de la multiplicité des analyses.	200-203
« Généralisabilité »	21	"Généralisabilité" (validité externe, applicabilité) des résultats de l'essai.	191-203
Interprétation	22	Interprétations/conclusions cohérentes avec les résultats, en tenant compte du ratio bénéfices/ risques et de possibles autres faits pertinents.	191-203
<b>INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES</b>			
Enregistrement	23	Numéro d'enregistrement de l'essai en précisant le registre utilisé	NA*
Protocole	24	Où le protocole complet de l'essai peut-il être consulté, si possible.	NA
Financement	25	Sources de financement et autres ressources (e.g., fourniture de médicaments), rôle des donateurs	NA

\*Numéro d'enregistrement : Nous n'avons pas pu enregistrer ce RCT. Cette réponse a été fournie par notre université : « La législation n'exige pas l'enregistrement des études non RIPH sur le site [clinicaltrials.gov](http://clinicaltrials.gov). En raison du manque de personnel spécialisé à l'heure actuelle, l'université a choisi de n'enregistrer que les RIPH ».

**Annexe 9.** Présentation de l'attestation de formation en méditation de pleine conscience, niveau 2 : mise en place et instruction d'un protocole de groupe

**SYMBIOFI**  
Innovations en psycho-santé

Parc Eurasanté - 30 avenue Pierre Mauroy - 59120 LOOS  
tél : 03 26 55 51 19 - courriel : contact@symbiofi.com  
www.symbiofi.com

**ATTESTATION DE  
FORMATION**

Nous soussignés,

Psychologue clinicien, psychothérapeute certifié en T.C.C.E. (AFTCC, Paris)  
Psychologue attaché au service ORL de l'hôpital Roger Salengro (CHRU de Lille) pour les patients acouphéniques, malentendants ou atteints de troubles vestibulaires ou d'hyperacousie  
Titulaire du Certificat d'Université Interventions psychologiques basées sur la pleine conscience  
Instructeur en pleine conscience au sein du CHU de Lille (hôpital Roger Salengro).  
Formé à la pleine conscience par Pierre Philippot - Université de Louvain  
Formateur de groupe de thérapeutes aux protocoles de pleine conscience MBSR et MBCT

Président de Symbiofi, organisme de formation enregistré  
sous le numéro 31 59 06883 59 auprès du préfet de région Hauts-de-France

Certifions que

**Alexis BARBRY**

a satisfait aux critères d'évaluation de la formation

*Méditation de pleine conscience, niveau 2 :  
mise en place et instruction d'un protocole de groupe*

délivrée les

**22, 23, 24 juin 2022  
pour une durée totale de 21 heures**

A l'adresse suivante :  
**SYMBIOFI - 30 avenue Pierre Mauroy - 59120 LOOS**

Fait à Lille, le 30 novembre 2022

Yvon MOUSTER



*Cette attestation ne vaut que dans le cadre de l'exercice de la profession avant cette formation*





# ETUDE TERRAIN DE DOCTORAT

Une intervention réalisée par Alexis Barbry,  
en partenariat avec le Racing Club d'Arras  
Athlétisme

**DU 19 SEPTEMBRE AU 04 DÉCEMBRE 2022**  
18H - 19H30  
STADE DEGOUVE

PERSONNE À CONTACTER : ALEXIS BARBRY  
TÉLÉPHONE : 0646389628  
MAIL : ALEXIS.BARBRY.ETU@UNIV-LILLE.FR

# Sommaire

Les membres scientifiques du projet.....	3
Le doctorant.....	4
Le partenariat.....	5
Les entraîneurs.....	6
La population d'étude.....	7
Les variables.....	9
Les outils.....	10
Organisation des prises de mesure.....	11
Le programme de <i>mindfulness</i> .....	13
Planning d'entraînement.....	17
Objectif SMART.....	29
Remerciements.....	30

# Les membres scientifiques du projet

## *Directeurs de la recherche*

---



**Annie Carton,**  
Docteure en psychologie,  
Maitresse de Conférence



**Jérémy Coquart**  
Professeur des Universités  
en physiologie de l'exercice

## *Aide au projet*

---



**Hervé Ovigneur**  
Directeur de  
l'IRFO



**Marjorie Bernier**  
Maitresse de  
Conférence  
Préparatrice Mentale



**Gabor Orosz**  
Chercheur en  
psychologie sociale

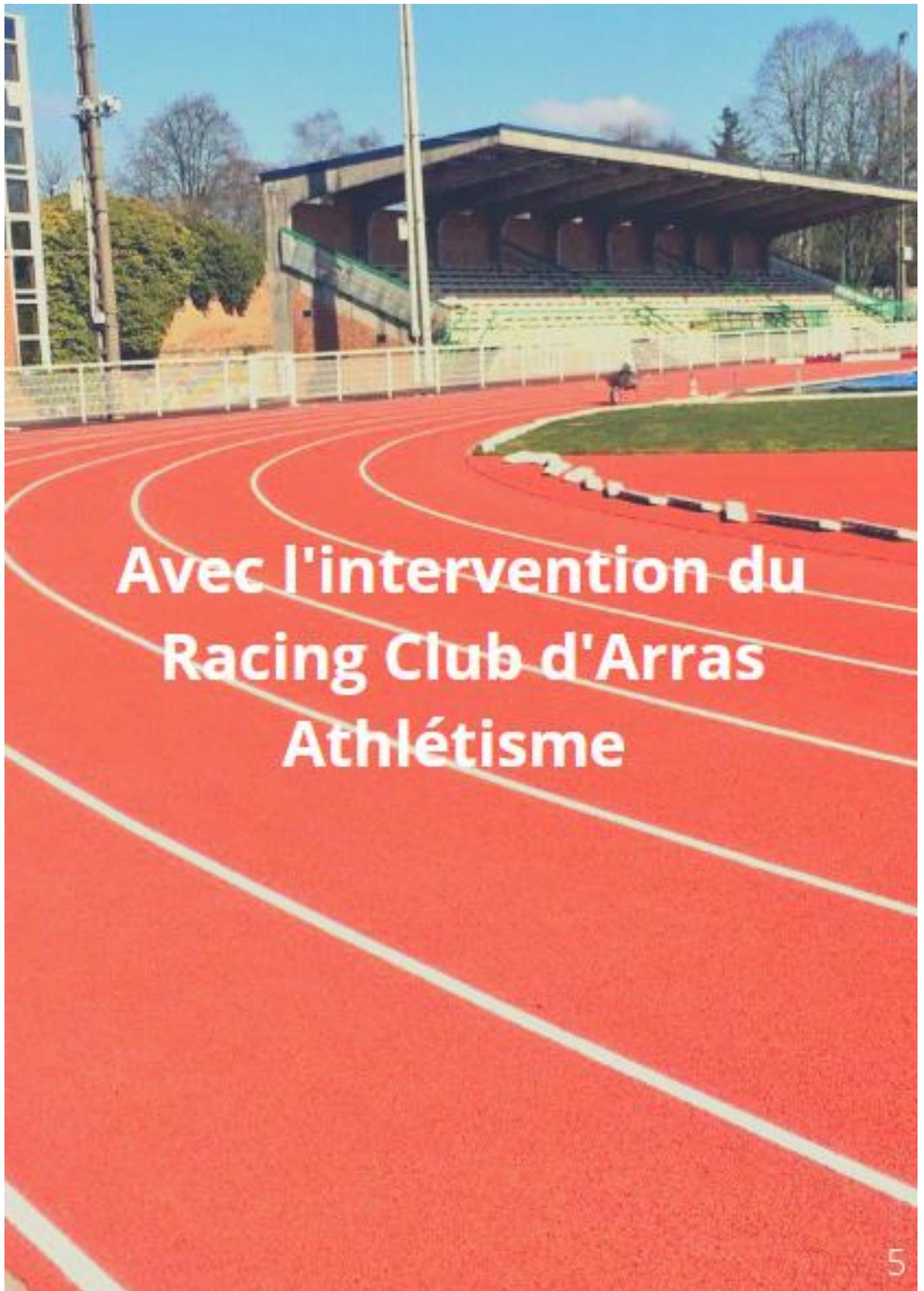
3

# ZOOM

Ancien athlète de haut niveau, médaillé aux championnats de France FFA sur 3000m *steeple* en 2017, Alexis Barbry poursuit sa quête athlétique sur les bancs universitaires.

Il est actuellement au cœur d'un projet doctoral alliant la course à pied et la pratique de la *mindfulness* au sein du RC Arras Athlétisme.





**Avec l'intervention du  
Racing Club d'Arras  
Athlétisme**

# Les entraineurs



1/2 fond

- 
- 
- 

Route

- 
- 
-

A photograph of a woman running on a dirt path during sunset. She is wearing a white tank top and dark leggings. The sun is low on the horizon, creating a strong lens flare and silhouetting her. The sky is a mix of blue and orange. The text 'Population d'étude' is written in a bold, black, sans-serif font in the upper right quadrant of the image.

# Population d'étude

## Qui sont les athlètes concernés ?

Les athlètes	Les groupes	Critères d'inclusion des 2 groupes
31 runners groupe demi-fond compétition	Groupe expérimental mindfulness	S'entraîner au minimum 3 fois par semaine Agé de 18 à 65 ans Absence de maladie chronique / mentale.
31 runners Sport-santé / compétiteurs	Groupe contrôle actif	Absence de pratique de mindfulness régulière

### Point d'informations

---

**110 athlètes répertoriés** dont 73 réguliers répartis selon les niveaux :

1. Groupe Elite, niveau IA à D8, moyenne 35' au 10K.
2. Groupe bon niveau, athlètes allant de 33' à 43' au 10K.
3. Groupe compétition, athlètes allant de 36' à 46' au 10K.
4. Groupe loisirs, athlètes aux alentours de 47' au 10K.
5. Groupe loisirs santé, athlètes aux alentours de 55' au 10K.
6. Débutants, athlète dans une logique loisirs.

**Seul 65 athlètes seront retenus pour participer à l'étude.**

# Les variables mesurées

## Physiologie de l'exercice

- Composition corporelle
- Variabilité de la fréquence cardiaque
- Condition physique
- Perception de l'effort
- Vitesse maximal aérobie



## Psychologie



- Manifestation et outils de régulation du bien-être
- Niveau de *mindfulness* dans l'activité physique
- Pensées à l'effort

# Les outils

*Quels supports seront investis ?*



## Biody Xpert BX2

Bioimpédancemètre , fournit les mesures de compositions corporelles.

## Diagnoform Actif, IRFO

Evalue les qualités physiques



## Montre cardio Eurasport, Polar

Suit l'état de forme et la fatigue

## Echelle de Borg (1970)

Evalue la perception de l'effort

Intensité	Perception de l'effort
Très facile	9.5 - 10.5
Facile	11 - 12
Moyenne	13 - 14
Difficile	15 - 16
Très difficile	17 - 18
Extrême	19 - 20



## Test VMI 45'15 de Gacon

Evalue la vitesse en fractionné

## Diagnofeel

Evalue le bien-être au quotidien



## MIS (Doron et al., 2020)

Calcule le niveau de *mindfulness* dans l'activité physique.

## Question ouverte

Evalue les pensées ressenties à l'effort.

10

# Organisation des prises de mesures

---

## *Durée et lieu du programme*

Durée de 8 semaines du 19/09 au 22/11.

Les temps de *mindfulness* auront lieu les mardis et jeudis au sein de la salle prestige, animé par le coordinateur scientifique

---

## Dates des prises de mesures

JOUR 1	JOUR 2	J3
<b>Samedi 24 sept</b> 8h à 12h <b>Dimanche 25 sept</b> 9h à 12h <b>Lundi 26 sept</b> 8h - 10h	<b>Mardi 27 sept</b> 12h15-14h15 18h-20h <b>Mercredi 28 sept</b> 10h à 14h15 18h-20h	<b>Jeudi 29 sept</b> 12h15 - 13h45 18h - 20h <b>Vendredi 30 sept</b> 12h15 - 15h30 17h30 - 20h
VFC / VMI / RPE / MIS / pensées à l'effort	Diagnofeel / Composition corporelle / diagnoform	Test de condition physique Endurance de force Agilité Equilibre

# Organisation

---

## *Messages pré-mesures à fournir aux athlètes*

### **Message n°1:**

Ne pas réaliser d'entraînement intense la veille de la passation des tests.

### **Message n°2:**

Avoir finalisé son repas habituel 3 heures avant le début des tests.

### **Message n°3:**

Ne pas boire d'alcool la veille des tests.

Le JOUR 1 des prises de mesure sera réalisé à 3 reprises  
Les JOUR 2 et 3 seulement à 2 reprises.



# Le programme de *mindfulness*



# Organisation

## Groupe expérimental

Les athlètes bénéficient de temps brefs de *mindfulness* avant, pendant et après chaque entraînement  
Des séances en autonomie seront envoyées aux athlètes.

## Groupe contrôle

Les athlètes bénéficient d'informations et d'interventions sur la diététique, le travail de pied et la relaxation, l'influence des nouvelles lames de carbonées, etc.

---

## Comment pratiquer ?

Temps de *mindfulness* inclus dans l'entraînement du coureur **3 fois par semaine**.

En dehors de l'entraînement, temps de pratique de 5 minutes tous les jours sont à envisager pour les plus motivés.

---

## Comment les engager dans la pratique ?

1. Création d'un groupe *Whatsapp* pour faire des rappels.
2. Toutes les semaines passation d'un petit questionnaire sur le nombre de séances réalisées.
3. Réunir les athlètes pour répondre à leurs problématiques une fois par semaine pour faire le point.



# Les modules du programme de *mindfulness*



## **Module 2 : Fixation à l'objectif**

Durée 1 semaine.

Objectifs : définir un objectif ; favoriser l'engagement et le soutien à l'autonomie dans leurs pratiques ; introduire la mindfulness.

## **Module 4 : Acceptance**

Durée 2 semaines.

Objectifs : prendre conscience de son état physique et mental du jour, de l'accepter et adapter la vitesse de la séance en fonction.

## **Module 1 : Psychoéducation**

Durée 1 semaine.

Objectifs : sensibiliser et faire adhérer les athlètes au programme et à leurs propres fonctionnements mentaux en faisant évoluer leurs représentations liées à la préparation mentale.

## **Module 3 : Awareness**

Durée 2 semaines.

Sensibiliser aux distractions rencontrées ; leur permettre de se reconcentrer en ramenant leur attention sur le moment présent.

## **Module 5 : Refocusing**

Durée 2 semaines.

Objectif : développer une routine de gestion de la douleur lorsque l'effort devient trop dur en mobilisant le refocusing.

# **Le planning d'entrainement Semaine 1 à 11**



17

# SEMAINE 1 : 19 SEPTEMBRE AU 25 SEPTEMBRE

---

LUNDI 19

MARDI  
20

MERCREDI  
21

A partir de mercredi

**Pas de séance intense**

## ENTRAINEURS

JEUDI 22

Messages pré-mesures à donner aux  
athlètes

VENDREDI  
23

**Pas de séance intense**

SAMEDI  
24

## Jour 1

*Prise de mesure*

**Variabilité de la fréquence cardiaque**

**Vitesse maximale intermittente**

**Niveau de pleine attention dans l'effort**

**Pensées et émotions à l'effort**

DIMANCHE  
25

# SEMAINE 2 : 26 SEPTEMBRE AU 2 OCTOBRE

---

LUNDI 26

Pas de séance intense

MARDI 27

**Jour 2**

*Prise de mesure*

**Composition corporelle**  
**Condition physique**  
**Bien-être**

MERCREDI  
28

JEUDI 29

**Jour 3**

*Prise de mesure*

**Agilité**  
**Endurance de force**  
**Equilibre**

VENDREDI  
30

SAMEDI 1

**Début du module 1**

*Psychoéducation*

DIMANCHE  
2

*Avant: vidéo 1 intérêt de la PM*

**SV1:** 10 mn end fond (50%) + 20 mn end active (60%) + 20 mn  
Tempo (70-75%) + 10 mn end fond

## **SEMAINE 3 :** **3 OCTOBRE AU 9 OCTOBRE**

---

**LUNDI 3**

Séance en autonomie: **Audio 9**

**MARDI 4**

Avant : **Audio 0**

**VMA:** 15 à 20 min de 30"20

Après : **Audio 1**

**MERCREDI  
5**

Séance en autonomie: **Audio 9**

Avant : **Audio 1 bis**

**SV1:** 20 min end fond + 20 min end  
actif + 5 accel + 20 min end fond

Après : **Audio 2**

**VENDREDI  
7**

Séance en autonomie: **Audio 9**

**Séance visio pour les athlètes**

**SAMEDI 8**

Séance en autonomie: **Audio 9**

**Séance visio pour les athlètes**

**DIMANCHE  
9**

**10km de Marchiennes /**

**10km en nature**

Après entraînement: **Audio 2**

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

# SEMAINE 4 : 10 OCTOBRE AU 16 OCTOBRE

---

LUNDI 10

## Début du module 2

Fixation à l'objectif

MARDI 11

Avant : Vidéo 2 Fixation à l'objectif

**SV1**: 20mn end fond + 30mn end actif ou fond + 10mn end fond

Après : Audio 2 bis

MERCREDI  
12

Séance en autonomie: Audio 1

JEUDI 13

Avant : Mini conférence sur la fixation à l'objectif

**VMA**: 2x8 à 10mn de 45''30''

Après : Audio 2

VENDREDI  
14

Séance en autonomie: Audio 10

**Séance visio pour les athlètes**

SAMEDI 15

Séance en autonomie: Audio 11

**Séance visio pour les athlètes**

DIMANCHE  
16

Avant : Objectifs (les athlètes devront nous écrire leur objectif)

**SV2** : 3 à 4 x 5mn (80-85%) Récup 2'30

Après : Audio 2

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

## **SEMAINE 5 :** **17 OCTOBRE AU 23 OCTOBRE**

---

**LUNDI 17**

### **Début module 3**

*Awareness (prise de conscience)*

**MARDI 18**

Avant : **Vidéo 3** - Prise de conscience

**VMA**: 2x8 à 10mn de 1mn/45s

Après : **Echanges**

**MERCREDI  
19**

Séance en autonomie: **Audio 12**

**JEUDI 20**

Avant : **Audio 3**

**SV2**: 20 à 30 mn de 2mn/30s

Après : **Echanges**

**VENDREDI  
21**

Séance en autonomie : **Audio 12**

**Séance visio pour les athlètes**

**SAMEDI 22**

Séance en autonomie : **Audio 12**

**Séance visio pour les athlètes**

**DIMANCHE  
23**

Avant : **Audio 3**

**SV1** avec variation d'allure: 20 end fond/20mn  
actif/20mn tempo/10mn end fond

Après : **Echanges**

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

# SEMAINE 7 : **31 OCTOBRE AU 6 NOVEMBRE**

---

**LUNDI 31**

## Début module 4

*Acceptance (acceptation)*

**MARDI 1**

Avant: Vidéo 4 - Acceptance

**SV1**: 10mn end fond + 30 mn actif + 20 mn tempo + 10mn actif

Après: Audio 5

**MERCREDI  
2**

Séance en autonomie: Audio 13

Avant : Audio 4

**VMA**: 2x8 à 10mn de 1'30/1'

**Travail d'acceptation sur l'inconfort dans les dernières répétitions**

Après : Audio 5

**JEUDI 3**

Séance en autonomie: Audio 13

**Séance visio pour les athlètes**

**VENDREDI  
4**

Séance en autonomie: Audio 13

**Séance visio pour les athlètes**

**SAMEDI 5**

Avant: AUDIO 4

**SV2**: 4 mn/6mn/8mn/10mn récup 1/2 temps d'effort /  
**5000m vétéran**

Après: Débat (stratégie d'évitement)

**DIMANCHE  
6**

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

# **SEMAINE 8 :** **7 NOVEMBRE AU 13 NOVEMBRE**

---

**LUNDI 7**

Séance en autonomie: **Audio 13**

**MARDI 8**

Avant: **AUDIO 4**

**VMA**: 15 à 20mn de 2mn/1'30

*Demander aux athlètes pendant la séance de travailler sur l'acceptation de l'inconfort.*

Après: **Débat**

**MERCREDI**

**9**

Séance en autonomie: **Audio 13**

Avant : **Audio 4**

**SV1**: 30mn end fond + 20mn actif + 10mn Tempo

*Demander aux athlètes pendant la séance de travailler sur l'acceptation de l'inconfort.*

Après : **Audio 5**

**VENDREDI**

**11**

Séance en autonomie: **Audio 13**

**Séance visio pour les athlètes**

**SAMEDI 12**

Séance en autonomie: **Audio 13**

**Séance visio pour les athlètes**

**DIMANCHE**

**13**

**Course Nature de la Citadelle d'Arras**

Après: **AUDIO 5**

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

# SEMAINE 9 : **14 NOVEMBRE AU 20 NOVEMBRE**

---

**LUNDI 14**

## Début module 5

*Refocusing (Reconcentration)*

**MARDI 15**

Avant: **Vidéo 5 - refocusing**

**SV1:** End fond 60 mn

Après: **Mini-conf sur l'ancrage**

**MERCREDI  
16**

Séance en autonomie: **Audio 14**

**JEUDI 17**

Avant: **AUDIO 6**

**VMA:** 2x9 à 13mn de 2'30/2'

Mise en place de leur routine lors de l'entraînement:

Après: **Débat**

**VENDREDI  
18**

Séance en autonomie: **Audio 14**

**Séance visio pour les athlètes**

**SAMEDI 19**

Séance en autonomie: **Audio 14**

**Séance visio pour les athlètes**

**DIMANCHE  
20**

Avant: **AUDIO 7**

**SV2:** 40mn (3mn-1mn) / **Marathon CDF**

Mise en place de leur routine lors de l'entraînement

Après: **Débat** sur les difficultés rencontrées

A noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

# SEMAINE 11 : 28 NOVEMBRE AU 4 DECEMBRE

---

LUNDI 28

Séance en autonomie: **Audio 14**

MARDI 29

Jour 2

*Prise de mesure*

**Composition corporelle**

**Condition physique**

**Bien-être**

MERCREDI  
30

JEUDI 1

# Fin de

VENDREDI  
2

# l'intervention

SAMEDI 3

DIMANCHE  
4

À noter que seulement les séances de préparation mentale du mardi, jeudi et dimanche sont obligatoires. Les autres séances faisant l'objet de la volonté de l'athlète.

28

# Quel est votre prochain objectif ?

**S**

**M**

**A**

**R**

**T**

Se fixer des objectifs SMART vous mettra vous et votre famille sur la voie de la réussite.

## SPÉCIFIQUE

Quel est votre objectif?

## MESURABLE

Comment suivrez-vous vos progrès à l'égard de votre objectif?

## ATTEIGNABLE

Comment atteindrez-vous votre objectif?

## RÉALISTE

Comment cet objectif vous aide-t-il?

## TEMPORELLEMENT

### DÉFINI

Quand aurez-vous atteint votre objectif?

**S** Mon objectif est: \_\_\_\_\_  
*E.g. Mon objectif est de boire six tasses d'eau chaque jour.*

**M** Je suivrai mon progrès en: \_\_\_\_\_  
*E.g. Je suivrai mon progrès en notant dans mon cellulaire ou mon agenda le nombre de verres d'eau que je bois chaque jour.*

**A** J'atteindrai cet objectif en: \_\_\_\_\_  
*E.g. Gardant avec moi une bouteille d'eau claire pour que je puisse évaluer quelle quantité d'eau j'ai bue et en programmant aussi des rappels au cours de la journée pour me rappeler de boire.*

**R** Cet objectif m'aidera parce que: \_\_\_\_\_  
*E.g. Cet objectif m'aidera à me sentir en meilleure santé et à avoir un meilleur niveau d'énergie et une plus belle peau.*

**T** J'atteindrai mon objectif d'ici: \_\_\_\_\_  
*E.g. Je boirai systématiquement huit tasses d'eau chaque jour d'ici le 15 février.*

# Remerciements

Je tiens sincèrement à remercier les entraîneurs du RCA Athlétisme (Alain, Raymond, Guillaume, Benoit, Didier et David) afin de m'aider à réaliser ce projet de recherche. Sans vous, ce projet n'est pas réalisable. Alors, encore une fois, un grand merci.

Merci également à la direction de ma thèse avec qui j'ai la chance de collaborer et d'apprendre chaque jour. Annie, Jérémy, je ne vous le dirais probablement jamais assez mais merci pour tout.

Merci également à l'Institut des Rencontres de la Forme, au laboratoire URePSSS pour l'accompagnement et le financement du projet.

Merci à Marjorie Bernier, que j'ai croisé par hasard à l'ACAPS pour ton aide sur la création du projet.

Et pour finir, un énorme merci à Amandine qui a réalisé un sacré travail dans le cadre de ce projet. Merci pour ton aide. Saches que je te rendrai la pareille lors de ta thèse.

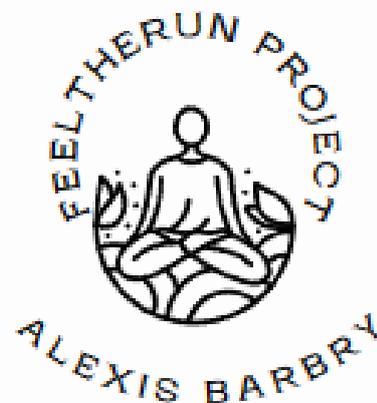
***"La sagesse et le sport de haut niveau ont une chose en commun. Il leur faut à tous les deux un temps de préparation mentale en amont sur un terrain propice"***

Wembo Jah Olela

**Merci au sport de nous faire vibrer et apprendre chaque jour.**



**Amandine Daubresse**  
**Psychologue clinicienne**  
*FeeltheRun*



**COMMENT PERCEVEZ-VOUS L'EFFORT EFFECTUÉ ?**

- 6**
- 7 TRÈS TRÈS LÉGER**
- 8**
- 9 TRÈS LÉGER**
- 10**
- 11 LÉGER**
- 12**
- 13 NI LÉGER NI DUR**
- 14**
- 15 DUR**
- 16**
- 17 TRÈS DUR**
- 18**
- 19 TRÈS TRÈS DUR**
- 20**

**Annexe 12.** Présentation de la version Française du *mindfulness inventory for sport* adaptée de Doron et al.<sup>18</sup> et mesurant les habiletés de la pleine conscience dans le sport

Les affirmations qui suivent décrivent ce que peut ressentir un ou une athlète avant ou pendant sa performance à l'entraînement. Choisissez la réponse qui correspond le mieux à votre expérience récente. Pensez à ce que vous ressentez habituellement juste avant ou pendant votre entraînement. Il n'y a pas de bonne ni de mauvaise réponse.

En général, juste avant ou pendant votre entraînement...

	PAS DU TOUT, 1	2	3	4	5	6, TOUT A FAIT
Q01: Je suis conscient(e) des pensées qui me passent par la tête.	<input type="radio"/>					
Q02: Lorsque je me rends compte que je suis en train de penser à un entraînement passé, je me reproche de ne pas être concentré(e) sur ma performance actuelle.	<input type="radio"/>					
Q03: Je suis capable d'évaluer le niveau de nervosité dans mon corps.	<input type="radio"/>					
Q04: Lorsque je me rends compte que je suis en colère à cause de mon entraînement, je me reproche d'avoir cette réaction.	<input type="radio"/>					
Q05: Je suis capable de reconnaître les signes d'impatience dans mon corps.	<input type="radio"/>					
Q06: Lorsque certains muscles sont douloureux, je me reconcentre rapidement sur ce que j'ai à faire.	<input type="radio"/>					
Q07: Lorsque je suis conscient(e) d'être très excité(e) parce que je suis en train de réaliser un très bon entraînement, je reste concentré(e) sur ce que j'ai à faire.	<input type="radio"/>					
Q08: Lorsque je me rends compte que je suis en train de penser à mon état de fatigue, je me reconcentre rapidement sur ce que j'ai à faire.	<input type="radio"/>					
Q09: Lorsque je me rends compte que je suis tendu(e), je suis capable de me reconcentrer rapidement sur ce que j'ai à faire.	<input type="radio"/>					
Q10: Lorsque je me rends compte que je ne suis pas assez concentré(e) sur ma propre performance, je me reproche d'être distrait(e).	<input type="radio"/>					
Q11: Lorsque je me rends compte que je ne suis pas concentré(e) sur ma propre performance, je suis capable de me reconcentrer rapidement sur des choses qui m'aident à performer.	<input type="radio"/>					
Q12: Je suis capable de noter les endroits où je ressens des gênes physiques, quand ça m'arrive.	<input type="radio"/>					
Q13: Lorsque je me rends compte que je pense au résultat final de mon entraînement, je me reproche de ne pas être concentré(e) sur mon entraînement.	<input type="radio"/>					
Q14: Je suis attentif(ve) aux différentes émotions que je ressens.	<input type="radio"/>					
Q15: Lorsque je suis en colère parce que je suis en train de réaliser un mauvais entraînement, je m'en veux de réagir comme ça.	<input type="radio"/>					

## Annexe 13. Présentation du questionnaire Diagonfeel® de l'Institut des Rencontres de la Forme évaluant les manifestations et des outils de régulation du bien-être

En ce moment dans mon quotidien...

- **Je dors bien.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **J'ai tendance à plaisanter avec les autres.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Je suis facilement joyeux(se).**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Je suis détendu(e).**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Je suis facilement enthousiaste.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Je me sens serein(e).**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en me sentant utile pour les autres.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en faisant quelque chose d'agréable pour ne plus penser.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en me vidant la tête par des activités physiques.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en dormant.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en me dépensant physiquement.**

Pas du tout d'accord

Tout à fait d'accord



- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en demandant conseils aux autres.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en m'isolant quelques instants.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en me confiant aux autres.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, pour aller mieux, je me calme.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en m'occupant de moi ?**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en prenant du recul par rapport aux choses.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être au contact des autres en allant pratiquer une activité physique.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en faisant quelque chose d'agréable pour ne plus penser.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien-être en me faisant plaisir.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en me mettant au calme.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien être en plaisantant avec les autres.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

- **Quand je ne vais pas bien, je retrouve du bien-être en relativisant.**

Pas du tout d'accord Tout à fait d'accord

# PLEINE CONSCIENCE, PERFORMANCE ET SANTE DANS LE SPORT

Manuscrit de thèse

Alexis Barbry

2024

## RESUMÉ

Cette thèse avait pour objectif d'appréhender les relations entre la pratique sportive en club, la performance et la santé, et d'étudier la place de la pleine conscience dans ces relations. Tout d'abord, nous avons observé les rapports entre la pratique sportive en club, la performance et la santé auprès d'un large échantillon de jeunes. Nos résultats montrent que : *a*) la pratique sportive fédérale s'associerait à un meilleur niveau de performance et de santé, et *b*) certaines pratiques sportives (plus que d'autres) présenteraient des avantages plus importants sur des médiateurs physiologiques et psychologiques influençant la performance et la santé. Puis, nous avons évalué (autour d'une revue systématique) les effets de temps brefs de pleine conscience sur un biomarqueur de la santé : la variabilité de la fréquence cardiaque. Nos résultats mettent en avant le manque d'essai contrôlé randomisé pour affirmer que la pleine conscience aurait des effets bénéfiques sur le système nerveux autonome. Pour finir, nous avons testé les effets combinés de temps brefs de pleine conscience associés à un entraînement de course à pied à haute intensité sur la performance et la santé. Notre essai contrôlé randomisé souligne que : *a*) la pleine conscience engendrerait des différences (comparés à la condition contrôle) sur l'endurance cardiorespiratoire, et *b*) la pleine conscience améliorerait certaines habiletés psychologiques dans le sport et le bien-être des athlètes. Nos résultats indiquent également que la pleine conscience n'impacterait pas la variabilité de la fréquence cardiaque, la perception de l'effort et les autres composantes de la condition physique.

**Mots clés** : Condition physique, préparation mentale, méditation, course à pied, clubs sportifs

## ABSTRACT

This thesis aimed at emphasizing the connections between sports club participation, performance, and health as well as studying the extent of mindfulness meditation inside these interrelations. At first, the interrelations between sports club participation, performance, and health have been observed among a large sample of young people. It is demonstrated that: *a*) sports club participation would lead to a better level of performance and health, and *b*) some sports practices (more than others) are associated with greater benefits to physiological and psychological factors that influence performance and health. Then, through a systematic review, the effects of mindfulness short periods on a health psychophysiological biomarker (heart rate variability) have been evaluated. Our results underline the lack of randomised controlled trials to be able to state that the autonomic nervous system would benefit from mindfulness. Finally, we have tested the effects of mindfulness short periods meditation combined with high intensity running training on performance and health. Our randomised controlled trial highlights that: *a*) mindfulness meditation would produce differences (compared in a control group) in cardiorespiratory endurance, and *b*) mindfulness meditation would improve certain psychological skills in sport and in athletes' well-being. Our results also show that mindfulness meditation would not affect heart rate variability, ratings of perceived exertion, and other components of physical fitness.

**Keywords** : Physical fitness, mental training, meditation, running, sports club