

**UNIVERSITE DES ANTILLES ET DE LA GUYANE**

UFR STAPS

Unité de Formation et de Recherche en  
Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Année 2017

Laboratoire ACTES

Adaptation au Climat Tropical, Exercice et Santé

UPRES EA n°3596

**CARACTERISTIQUES ANTHROPOMETRIQUES ET PHYSIOLOGIQUES**

**DES JEUNES KANAK :**

**INFLUENCE DU MODE DE VIE SUR LA SANTE**

**EN NOUVELLE-CALEDONIE**

**THESE**

Présentée le 8 Décembre 2017

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DES ANTILLES**

Par

**Paul Humuni ZONGO**

Jury :

M. Dominique BERGER – Professeur des Universités, Université de Lyon (Rapporteur)

Mme. Corinne CAILLAUD – Associate Professor, Université de Sydney (Présidente)

M. Olivier GALY – Maître de conférences, Université de la Nouvelle-Calédonie (Directeur)

M. Olivier HUE – Professeur des Universités, Université Antilles-Guyane (Co-directeur)

M. Vincent RICHARD – Directeur de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie (Examinateur)

M. David SIMAR - Senior Lecturer, Université du New South Wales (Rapporteur)

# Remerciements à Messieurs les Rapporteurs,

## **Mr Dominique Berger, rapporteur**

Veillez trouver ici ma sincère reconnaissance pour avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse. Votre présence au sein de ce jury est un grand honneur pour moi.

## **Mr David Simar, rapporteur**

Mes sincères remerciements pour ces échanges au détour de notre rencontre en Australie qui ont confirmé mon intérêt pour la recherche et l'envie de continuer dans cette voie. Je vous remercie d'avoir accepté d'être rapporteur de cette thèse.

# Remerciements à Madame, Messieurs les membres du

## Jury,

### **Mon directeur de thèse, Olivier Galy**

Tout avait commencé sur le parking du Stade de Magenta où tu m'as proposé un projet de thèse « chez moi, sur et pour les enfants du pays », un projet qui me tient à cœur avec des thématiques de travail qui continuent à me passionner. Pour ta patience, ta disponibilité et ta compréhension durant les situations les plus difficiles, tu m'as tendu la main. Je ne l'oublierai jamais. Je t'adresse ici mes sincères remerciements.

### **Mon co-directeur et directeur de laboratoire, Olivier Hue**

Je tiens à te remercier d'avoir accepté d'examiner mon travail et c'était avec intérêt que j'attendais ton jugement. Je tiens également à te remercier pour avoir facilité mes démarches au sein de l'Université des Antilles depuis mes débuts en thèse. Je t'en suis très reconnaissant.

### **Ma présidente de jury, Corinne Caillaud, associate professor de l'Université de Sydney**

Je vous remercie d'avoir accepté d'être présidente de jury de ma soutenance. C'est un honneur de vous avoir parmi mon jury. Merci beaucoup.

### **Mon examinateur, Vincent Richard, Directeur de l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie**

Je vous remercie d'avoir examiné mon travail et d'avoir accepté de faire partie de mon jury de thèse. Merci beaucoup.

## Je **REMERCIE** également,

✚ **Kalina Yacef**

Les mots d'encouragement n'ont pas manqué et sont toujours en tête. Merci également pour ton accueil et les échanges riches.

✚ **La Fédération Calédonienne de Football** pour leur contribution à ces travaux de thèse.

✚ **Le Vice-Rectorat de la Nouvelle-Calédonie**, aux chefs d'établissements, aux personnels de santé et aux enseignants de nous avoir permis de mener nos travaux de recherche sur différents sites des îles Loyautés et sur la Grande Terre .

✚ **Les joueurs de Futsal**, merci pour votre amabilité et votre disponibilité pour tous nos tests physiques.

✚ **Les élèves et leurs parents** des différents établissements solaires, un grand merci pour leur confiance en nos travaux qui j'espère porteront leurs fruits chez les jeunes Calédoniens.

# A

✚ **Mes parents** pour m'avoir laissé être le "libre arbitre" de mes choix et de me soutenir dans tous mes choix et orientations. Merci de m'avoir donné le goût du sport et de la santé, de m'avoir permis de rencontrer les bonnes personnes au bon moment, rien n'est fait au hasard. Je tiens également à vous remercier pour tout ce que vous avez fait, ce que vous faites et ce que vous ferez pour moi...

✚ **Mes sœurs**, des piliers qui me suivent de loin et sur qui je peux compter dans n'importe quelle épreuve.

✚ **Mes oncles** qui sont pour moi des modèles de rigueur, de sérieux dans le travail.

✚ **Ma famille, mon clan, mon district et mon pays**, pour votre soutien de près ou de loin. Je sais que vous êtes là, et pour ça merci à vous.

✚ Enfin à **Charly Zongo**, mon grand frère parti trop tôt, qui par sa simplicité et son acharnement au travail, m'a orienté et toujours encouragé dans cette voie. Un hommage particulier pour toi Charly qui a toujours occupé mes pensées lors de ces années de thèse. Tu y es pour beaucoup.

## Résumé

La société calédonienne a subi de profonds changements au cours de ces trente dernières années avec une rapide mutation de l'environnement et du mode de vie des populations. Ces changements ont un rôle déterminant dans l'évolution de la composition corporelle et de la condition physique des adultes mais aussi des adolescents et plus particulièrement des adolescents kanak. En effet, les jeunes Kanak vivent pour certains, dans un environnement rural en tribu et pour d'autres dans un environnement urbain. Ceci implique des comportements différents en fonction de leur lieu de vie. Ainsi, nous avons orienté nos travaux en direction de cette jeunesse (de 11 à 30 ans) en nous intéressant à la composition corporelle (données anthropométriques) et aux variables physiologiques (qualités physiques et activité physique) en milieu sportif et scolaire.

L'ensemble des travaux réalisés a permis de conclure que: 1) les jeunes sportifs kanak sont de plus petite taille, sont plus agiles et explosifs et ont une meilleure capacité à répéter des sprints avec et sans changement de direction en comparaison avec les jeunes sportifs non-kanak. 2) Ces jeunes sportifs kanak sont capables de produire des efforts à des intensités élevées avec une capacité importante de récupération sans incidence sur leur bien-être durant une compétition de haut niveau. 3) Concernant les adolescents de 11 à 16 ans, le milieu rural est propice à une activité physique élevée et une bonne condition physique, notamment chez les garçons. Toutefois, une accumulation importante de masse grasse chez les filles vivant en milieu rural et urbain, tout comme pour les garçons vivant en milieu urbain, a été observée suggérant un changement dans les comportements des adolescents. Les conclusions de ces travaux soulignent l'importance d'un développement d'une politique d'éducation à la santé visant les changements de comportements au sein du mode de vie (alimentation, activité physique et temps passé à être inactif) chez les jeunes kanak.

**Mots-clés: anthropométrie, physiologie de l'exercice, Océanie, Pacifique, mode de vie.**

## **Abstract**

The New Caledonian people have undergone profound changes over the last thirty years with a quick changing environment and population lifestyle. These changes have a determining role in the evolution of the body composition evolution and physical condition for adults but also for adolescents and especially kanak adolescents. Indeed, young Kanak live, for some, in a rural environment in tribes and, for others, in an urban environment. This implies different behaviours depending on their living place. Thus, we focused our work on this youth (aged 11 to 30) by studying the body composition (anthropometric data) and the physiological variables (physical fitness and physical activity) in federal sports and schools.

The studies led us to the conclusion that: 1) kanak athletes are shorter, more agile and explosive, and are better at repeating sprints with and without change of direction compared to young non-Kanak athletes. 2) These young kanak athletes are able to practice in high intensity efforts with a significant capacity for recovery, without affecting their well-being during a high level competition. 3) For adolescents aged 11 to 16, the rural environment is suitable for high physical activity and physical fitness, particularly among boys. However, a significant fat mass accumulation among girls living in rural and urban areas as well as urban boys has been observed. These data suggest a change in adolescent behaviors. The work findings highlight the importance in developing a health education policy aimed at behavioral changes in lifestyle (diet, physical activity and time spent inactive) among the kanak youth.

**Keywords: anthropometry, physiology exercise, Oceania, Pacific, lifestyle.**

## TABLE DES MATIERES

Résumé .....	6
Abstract .....	7
INTRODUCTION .....	14
CONTEXTUALISATION .....	19
I. Revue de la littérature .....	23
A. Facteurs associés à la santé dans le mode de vie chez les jeunes .....	23
1. L'alimentation .....	23
2. L'activité physique .....	30
a) Les caractéristiques de l'activité physique .....	30
b) Activité physique et santé .....	32
c) L'inactivité physique et la sédentarité .....	35
d) Les différentes recommandations .....	36
➤ Les recommandations de l'OMS .....	36
➤ Les recommandations du Programme National Nutrition Santé (PNNS) .....	37
➤ Recommandations en nombre de pas quotidiens .....	38
e) Effet du sexe sur l'AP .....	38
f) Effet de l'âge sur l'AP .....	42
3. Le sommeil .....	45
a) Les différentes étapes du sommeil .....	45
b) Le sommeil et la santé .....	46
4. L'image corporelle .....	47
5. L'environnement social: .....	53
a) Le statut socio-économique (SSE) et la santé .....	53



b) Professions et catégories socio-professionnelles (PCS) des familles et Activité physique .....	55
c) PCS et sédentarité.....	56
d) PCS en Nouvelle-Calédonie .....	57
e) Le Sexe .....	59
f) Influence des parents .....	60
➤ Sur l'AP des enfants .....	60
➤ Sur le comportement alimentaire des enfants .....	61
6. La vie spirituelle .....	64
7. Environnement éducatif et prévention .....	66
8. Environnement géographique et mode de vie .....	73
a) L'Océanie .....	73
b) Industrialisation et modernisation de l'Océanie.....	74
c) La Nouvelle-Calédonie .....	75
d) La tribu en Nouvelle-Calédonie .....	77
➤ Organisation sociale d'une tribu .....	77
➤ Mode de vie .....	78
9. La génétique .....	79
Mini synthèse 1 .....	81
B. L'évaluation anthropométrique .....	82
1. Les différentes références utilisées.....	82
a) Centers of Disease Control (CDC) .....	83
b) Organisation Mondiale de la Santé (OMS).....	83
c) International Obesity Task Force (IOTF).....	83
d) Cachera.....	83

2.	Les différentes méthodes de mesures .....	84
a)	Z-score .....	84
b)	La méthode des plis .....	85
c)	L'Indice de masse corporelle (IMC) .....	86
d)	Tour de taille .....	89
e)	Impédancemétrie .....	90
f)	L'absorptiométrie biphotonique .....	91
g)	La tomодensitométrie computerisée .....	92
h)	Les limites des données subjectives chez les jeunes .....	92
	Mini synthèse 2 .....	93
C.	Condition physique et les qualités physiques .....	94
1.	La condition physique .....	94
2.	Les qualités physiques .....	98
a)	La vitesse .....	98
b)	L'endurance .....	98
➤	L'endurance aérobie .....	98
➤	La résistance .....	101
c)	La force .....	102
d)	La souplesse .....	103
e)	L'agilité .....	104
	Mini synthèse 3 .....	105
D.	La réponse cardiaque à l'exercice .....	106
1.	La fréquence cardiaque de repos .....	107
2.	La fréquence cardiaque maximale .....	108
3.	Le volume d'éjection systolique .....	109

4. Le débit cardiaque .....	110
5. La pression artérielle .....	111
6. Le débit sanguin .....	112
7. La fréquence cardiaque de réserve .....	112
8. Réponse cardiaque post exercice : cinétique de récupération .....	113
Mini synthèse 4 .....	115
Synthèse générale .....	116
II. CONTRIBUTION PERSONNELLE .....	117
A. Objectif des travaux .....	117
B. Liste des publications .....	121
1. 1 <sup>ère</sup> publication .....	121
2. 2 <sup>ème</sup> publication .....	121
3. 3 <sup>ème</sup> publication .....	121
C. Méthodologie générale .....	122
1. Les sujets .....	122
2. Mesures anthropométriques .....	126
3. Test de détente verticale (DV).....	127
4. Les tests de sprint sur 5 m, 10 m, 15 m, 30 m.....	128
5. Evaluation de la capacité à répéter des sprints (CRS) sans et avec changement de direction (CRS-CD).....	129
6. Le T-Test pour l'agilité .....	130
7. Les tests de la capacité aérobie : La vitesse maximale aérobie intermittente (VIFT) et la vitesse maximale aérobie (VMA).....	131
a) Test du 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT).....	131
b) Le test de VMA continu.....	133

8.	Réponse cardiaque à l'exercice .....	133
a)	Les indicateurs d'intensité issus de la fréquence cardiaque (FC) .....	133
b)	La cinétique de récupération .....	134
9.	Mesure du Bien-être et de l'effort perçu .....	135
a)	L'indice de Hooper.....	135
b)	Perception de l'effort post match .....	135
D.	Les travaux .....	136
1.	Etude 1 .....	136
a)	Résultats .....	136
b)	Discussion .....	138
2.	Etude 2.....	144
a)	Résultats .....	144
➤	Caractéristiques des matchs .....	144
➤	RPE et indice de Hooper .....	146
➤	La fréquence cardiaque .....	147
➤	Indices de récupération .....	148
➤	Corrélations .....	148
b)	Discussion .....	149
3.	Etude 3.....	158
a)	Résultats .....	158
b)	Discussion .....	162
c)	Limites.....	166
4.	Conclusions et perspectives.....	168
III.	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	170
	PREMIER ARTICLE DE LA THESE.....	209

DEUXIEME ARTICLE DE LA THESE .....	217
TROISIEME ARTICLE DE LA THESE.....	228
IV. Lexique.....	239

## INTRODUCTION

Depuis plusieurs décennies, les modes de vie des pays développés ou en voie de développement ont considérablement changé. Les progrès de l'industrialisation, les moyens de locomotion ou de transports mécanisés, l'accès à une offre alimentaire industrielle abondante et l'importance des médias ont modifié les habitudes de vie (Maduka de Lanerolle-Dias et al., 2015) permettant par la même occasion le développement des maladies non-transmissibles (MNT) tels que le surpoids, le diabète, le cancer ou encore l'hypertension artérielle (OMS, 2017).

Dans la région du Pacifique, la mondialisation, l'essor du commerce et l'urbanisation croissante ont tous contribué au changement du comportement alimentaire et de l'activité physique des habitants (Hughes et al., 2005). Les habitudes alimentaires traditionnelles, la culture des tubercules, de légumes, de fruits, de poissons et de viandes ont été remplacées par des produits alimentaires importés et transformés à hautes valeurs énergétiques et à faibles teneurs en nutriments. Depuis 2005, ces changements environnementaux ont eu un impact de plus en plus fort sur les jeunes générations (Statistiques sanitaires mondiales, Rapport OMS 2014), avec des résultats montrant une prévalence élevée du surpoids et d'obésité chez les adolescents aujourd'hui (Kessaram et al., 2015). Du point de vue de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le rapport de la mission sur l'amélioration de la santé de l'enfant et de l'adolescent (2006) insiste sur le fait d'apprécier la santé perçue, la morbidité et le recours aux soins (curatifs et préventifs), l'étude des comportements et des facteurs environnementaux conditionnant la santé physique, l'équilibre familiale, le vécu scolaire et la santé mentale.

En Nouvelle-Calédonie, la plupart de la population vit dans un modèle et un rythme de vie urbain comparable à celui des pays occidentaux, plus particulièrement en province Sud. Néanmoins la moitié de la population, celle des Kanak, suit un mode de vie tribal traditionnel,

semblable à celui des autres Mélanésiens du Pacifique, notamment la Papouasie Nouvelle Guinée. En effet, la plupart des Kanak vivant en milieu rural vivent en tribu et exercent des activités quotidiennes de pêche, d'agriculture et de chasse qui définit le mode de vie tribal. La consommation alimentaire est généralement composée de tubercules comme le manioc ou l'igname, mais aussi de fruits et de poissons. Même si depuis plus de quinze ans, les scientifiques se sont intéressés aux effets du mode de vie sur le surpoids et l'obésité chez des populations d'origine ethniques et communautaires bien différentes, peu d'études se sont intéressées aux caractéristiques physiologiques et/ou anatomiques des populations Océaniques. En Nouvelle-Calédonie, le baromètre Santé est une enquête transversale multithématique réalisée auprès de la population générale de 18 à 67 ans en 2010 et 2015 (adulte) et de 10 à 18 ans en 2014 (jeunes) sur toute la Grande-Terre et dans les Iles Loyautés dont l'agence sanitaire et sociale de la Nouvelle-Calédonie (ASSNC) est l'initiateur. Les résultats relevés chez les adultes en 2015 ont montré que 30% sont en surpoids et 38% sont obèses. Ces prévalences sont du même ordre de grandeur que celles obtenues en 2010 sur les données mesurées physiquement (ASSNC, 2010). En terme d'activité physique, plus des trois quarts des 18-60 ans déclarent consacrer plus de 30 minutes par jour à une activité physique modérée. Près d'un quart de la population pratique une activité physique intense plus de 3 heures par semaine et près d'un tiers moins de 3 heures par semaine. Chez les plus jeunes, le baromètre Santé de 2014 montre que 55% des jeunes déclarent une activité physique soutenue (plus de trois jours dans la semaine avec au moins une heure d'activité physique), 36% ont une activité modérée (entre un et deux jours dans la semaine avec au moins une heure d'activité physique) et 6% ne déclarent aucune ou une faible activité physique.

Dans une revue de la littérature, Okihiro et al. (2005) souligne l'importance de considérer chacune des communautés Océaniques comme étant un ensemble de populations singulières et non comme étant une population globale du Pacifique appelée « the Pacific

Islanders ». Ces auteurs, (Okihiro et al. 2005) recensent des études de références anthropométriques sur les Polynésiens, les Australiens, les Maoris Néozélandais, mais aucune donnée scientifique ne permet de caractériser les populations Mélanésiennes ou de Papouasie Nouvelle-Guinée alors que l'évolution de l'obésité et de ses conséquences s'accélère d'année en année.

Par ailleurs il a été observé des habitudes de vie de plus en plus sédentaires diminuant l'activité physique (AP) quotidienne des populations impactées qui sont souvent accompagnées d'une alimentation anarchique. Les effets sur la santé sont considérables (Berthouze-Aranda et Reynes, 2011) d'un point de vue anthropométrique et de la condition physique (CP) chez les enfants et les adolescents d'origine européenne et canadienne (Peplies et al. 2016 ; Tremblay et al., 2011).

La littérature a depuis longtemps montré qu'une pratique régulière d'activité physique est bénéfique pour la santé chez les adultes mais aussi chez les enfants et les adolescents (U.S Department of Health and Human Services., 2008 ; Warburton et al., 2006 ; Hallal et al., 2006) contribuant ainsi à « un état de bien être physique, mental et social » (OMS, 1946). Ainsi, un style de vie actif pendant l'enfance et l'adolescence peut diminuer les risques et les problèmes en matière de santé (Van de Laar et al., 2010). De plus, les jeunes étant les plus actifs au jeune âge le sont également plus tard dans leur vie adulte (Twisk et al., 2001 ; Fernandes et al., 2015).

L'activité physique est l'un des déterminants de la condition physique (Chillon et al., 2011 ; Tan Chee Hian et al., 2013). Le niveau de condition physique dans l'enfance et l'adolescence est positivement associé à la santé présente mais aussi future des concernés (Ruiz et al., 2016). Dans un souci d'amélioration de la santé publique par la pratique de l'AP, l'école apparaît comme une opportunité pour développer des compétences liées à l'exercice physique, d'autant qu'elle est le passage obligé de tous les enfants quel que soit leur milieu



socio-économique et culturel et qu'elle occupe la majeure partie du temps de la semaine de l'enfant (Swaminathan et al., 2011 ; Farias et al., 2009). La plupart des interventions en milieu scolaire se sont avérées être positives dans l'augmentation du niveau d'activité physique à court et à long terme ce qui renforce l'importance du développement des compétences permettant à l'adolescent de prendre en charge sa vie physique (Malina, 2001 ; Fairclough et al., 2005 ; Ridgers et al., 2007)

Ainsi, dans le contexte de développement singulier et en pleine mutation que vit la Nouvelle-Calédonie depuis plus de 50 ans, nous pensons qu'il est nécessaire d'avoir une réflexion scientifique sur les effets du mode de vie sur les variables physiologiques et anthropométriques de la jeunesse kanak. En effet, dans une société où un mode de vie urbain côtoie et s'entre-lasse avec un mode de vie ancestral, une réflexion sur les effets de la modernisation (au sens global du terme ; « westernization » en anglais) prend tout son sens. Cette thèse orientera son analyse sur la condition physique et ses relations avec les données anthropométriques dans des contextes de vie différents (associatifs et scolaires) chez des jeunes Mélanésien Calédoniens.

Ce travail a été réalisé pour une grande partie en milieu scolaire dans les 3 provinces de la Nouvelle-Calédonie chez des collégiens de 11 à 16 ans. Pour la partie concernant les jeunes sportifs de 18 à 28 ans, elle a été réalisée en partenariat avec la Fédération Calédonienne de Football et sa sélection nationale de futsal.

Notre travail orienté sur les questions précédentes comprendra quatre parties:

- La première partie présentera une revue de la littérature relevant les problématiques de santé liées à l'activité physique et du mode de vie des populations dans le monde puis plus précisément dans la région Pacifique puis chez les Kanak en Nouvelle Calédonie.

Nous analyserons les différents paramètres qui définissent le mode de vie d'un jeune Kanak qui influencent les différents aspects de sa santé physique, notamment physiologique et anthropométrique.

- La deuxième partie comprendra notre contribution personnelle, avec notamment les hypothèses des travaux, les résultats, les discussions et les perspectives qui en découlent.
- La troisième partie exposera les références bibliographiques et les articles de thèse.
- La quatrième et dernière partie présentera le lexique utilisé dans le manuscrit.

## CONTEXTUALISATION

La Nouvelle-Calédonie (NC) est un Pays d'Outremer (POM) situé à 17 000km de la France métropolitaine, à 1 500km à l'Est de l'Australie et à 1 700km au nord de la Nouvelle-Zélande. C'est un ensemble d'îles et d'archipels de l'Océan Pacifique Sud (Maison de la Nouvelle-Calédonie, 2013). Elle appartient à la Mélanésie qui constitue l'Océanie avec la Polynésie et la Micronésie. La NC compte 269 000 habitants (Institut de la statistique et des études économiques de la Nouvelle-Calédonie, 2014) répartis sur les trois provinces du territoire. La province Sud où se situe la capitale, Nouméa, regroupe 74% de la population, contre 19% en Province Nord et 7% en Province des îles.



**Carte 1 :** Carte géographique de la Nouvelle-Calédonie et ses 3 provinces (Nord, Sud et Îles)

Historiquement, c'est en 1774 que le capitaine James Cook découvrit la NC déjà habitée par la population kanak. En 1853, l'archipel devint, sur ordre de Napoléon III, possession française. Puis, en 1946, la NC cessa d'être une colonie et devint un Territoire d'outre-mer, statut qui fut confirmé à l'avènement de la V<sup>ème</sup> République. Au fil du temps, le Pays d'Outremer (POM), statut acquis depuis le traité de Lisbonne en 2009, s'est grandement développé autour du Nickel, de sa capitale, ses commerces et ses industries. La modernisation et le développement économique de la Nouvelle-Calédonie appelée le « caillou » a entraîné une immigration importante des pays voisins et lointains pour une main d'œuvre rentable. S'ajoute depuis ses 30 dernières années une migration urbaine de la population qui influence inéluctablement les habitudes de vie et la santé des habitants, particulièrement celle de la population des jeunes Kanak. Les Kanak, tout comme la majorité des Océaniens, sont les descendants d'un lointain peuple de navigateurs, les Austronésiens. Ils peuplent la NC vers 1100 av. J.-C. et y développent, jusqu'au début du premier millénaire de notre ère, une culture principalement littorale. Elle est caractérisée par des poteries décorées dites «Lapita» et la construction de murs de pierres comme dans l'île de Maré.

De 1000 à 1774, la société traditionnelle kanak s'élabore progressivement. En dépit d'une très grande diversité linguistique, des réseaux de relations ou « chemins coutumiers » complexes se tissent tant entre les clans de la Grande Terre que ceux des îles Loyauté mais aussi entre les clans de la mer et les clans de la terre d'une même aire coutumière. Ces aires coutumières sont au nombre de 8 en NC. Ainsi les produits de la terre et de la mer conditionnent la vie et les échanges au sein de la société traditionnelle kanak. Les billons d'ignames et les tarodières fossiles, dont on retrouve encore de nombreux exemples, témoignent d'une horticulture sophistiquée gérée par un système social fédéré autour de chefferies. En 1774, James Cook, apercevant cette terre à l'horizon de son bateau à Ballade, à l'extrémité nord-est de la NC, la baptise New Caledonia en l'honneur de l'Ecosse, son pays natal. Vers la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la

NC commence à devenir une colonie pénitentiaire Française pour des anciens communards condamnés. Plusieurs d'entre eux sont repartis vers la France après l'amnistie de 1880. Mais beaucoup de forçats restent sur place car l'état Français leur cède des terres appartenant aux Kanak. En conséquence, les tensions entre Kanak et Européens sont permanentes, débouchant parfois sur des révoltes violentes et réprimées. Ce n'est qu'à partir de 1946 que la France abandonne le terme de colonie et abolit le code de l'indigénat. Les autochtones purent à nouveau circuler librement, de jour comme de nuit, et récupérer le droit de résider où ils voulaient et de travailler librement. La NC devient alors un territoire d'Outre-mer. La participation des Kanak aux institutions du territoire est désormais plus importante.

Le peuplement de la NC, tant pénal, avec la présence d'un bague de 1864 à 1924, que libre, est à l'origine de la population d'origine Européenne. Le développement économique s'est principalement effectué à travers l'exploitation minière du nickel et les secteurs liés comme la métallurgie mais aussi le bâtiment et l'énergie. Il a entraîné l'apport de main-d'œuvre Asiatique d'abord notamment d'origine indonésienne, vietnamienne et japonaise à partir de la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et pendant la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. Leurs descendants représentant 2,8 % de la population locale en 2014. S'en est suivie une immigration de main d'œuvre d'origines Polynésiennes mais aussi Wallisienne et Futunienne depuis les années 1950. Ils représentent 10,3 % des habitants en 2014. L'accord de Nouméa reconnaît dans son préambule une double légitimité reconnue d'une part à la population kanak, celle du « premier occupant », et d'autre part aux autres communautés au titre de leur participation à la construction de la NC contemporaine. Ils devront « poser les bases d'une citoyenneté de la NC, permettant au peuple d'origine de constituer avec les hommes et les femmes qui y vivent une communauté humaine affirmant son destin commun » (Préambule de l'accord de Nouméa, paragraphe 4), et ce quelle que soit la solution institutionnelle finalement adoptée.

Au regard des pratiques traditionnelles ancestrales de la société kanak qui perdurent encore de nos jours en tribu telles que l'horticulture ou encore les activités de pêche de subsistance, les Kanak ont du faire face à une occidentalisation croissante qui a certainement modifié leurs comportements et leur état de santé en conséquence. Il nous a donc paru pertinent d'étudier d'une part la composition corporelle (anthropométrie) des jeunes kanak de 11 à 30 ans et leurs possibilités physiologiques du corps à travers leurs qualités physiques. D'autre part, nous étudierons ces paramètres (anthropométrie et physiologie) en lien avec le mode de vie traditionnel rural en tribu et le mode de vie urbain.

Tout d'abord, la revue de littérature permettra de faire un état des lieux de la recherche au niveau mondial, national, régional voire territorial sur 4 chapitres qui orienteront mes travaux de thèse. Dans une première partie nous analyserons différents facteurs associés à la santé dans le mode de vie chez les jeunes. Dans une seconde partie, nous étudierons les différentes méthodes anthropométriques qui nous aideront dans nos travaux. Dans une troisième partie nous définirons la condition physique et les qualités qui la composent. Enfin, dans une quatrième et dernière partie, nous nous pencherons sur les différentes méthodes anthropométriques les plus utilisées.

## **I. Revue de la littérature**

### **A. Facteurs associés à la santé dans le mode de vie chez les jeunes**

Devant une industrialisation croissante et globale de la société occidentale et des habitudes de vie qui subissent des changements profonds, plusieurs paramètres liés à la santé seront à prendre en compte afin de mieux appréhender la santé des jeunes. Nous étudierons ces facteurs tout d'abord à un niveau mondial ou Européen pour ensuite les analyser d'un point de vue plus régional et local quand la littérature le permet.

#### **1. L'alimentation**

Une bonne alimentation peut être définie comme une alimentation variée et équilibrée pour apporter les nutriments essentiels, de manière régulière, afin de couvrir les besoins de l'organisme. Cela consiste à privilégier les aliments bénéfiques à notre santé (fruits, légumes, féculents, poissons, viande...), et à limiter la consommation de produits sucrés (confiseries, boissons sucrées...), salés (gâteaux apéritifs, chips...) et gras (charcuterie, beurre, crème...) (PNNS, 2011). Particulièrement pendant l'enfance et l'adolescence est essentielle à la croissance, au développement, à la santé et au bien-être (Story et al., 2002). Le comportement alimentaire adopté pendant l'enfance se poursuit généralement à l'âge adulte. Il contribue à la bonne santé et prévient des risques de maladies chroniques (Centers for Disease Control and Prevention, 1996 ; Perry et al., 1997).

L'alimentation, en plus de couvrir les besoins de base et l'activité physique, doit s'adapter à l'augmentation du coût de la croissance à des âges différents selon le sexe (Northstone et al., 2012). L'appétit se majore notablement à la période adolescente, ce qui peut être mal vécu par certains adolescents (Grignolon et al., 2017). Dans le même temps les variations

interindividuelles d'activité physique s'accroissent, ce dont il faut tenir compte dans la définition de la ration alimentaire (Saunders et al., 2014).

L'acquisition progressive de l'autonomie, l'opposition aux parents, l'envie d'expérimenter, mais aussi la publicité et surtout l'importance de l'environnement socioculturel, influencent considérablement le comportement alimentaire des adolescents sud-américains (Banna et al., 2016).

La dimension sociale de l'acte alimentaire s'avère particulièrement importante à l'adolescence, entre autre parce que l'alimentation constitue une activité privilégiée pour faire des expériences nouvelles, affirmer son autorité et partager avec autrui, à une période qui correspond également à une extension du réseau relationnel (Lachance, 2012)

L'engouement des adolescents pour les lieux de restauration rapide n'est pas seulement dû au fait qu'ils apprécient tous globalement la restauration rapide (pizzas, sandwiches, frites, etc.), mais aussi au fait que ce sont des endroits où ils peuvent se réunir car elle est souvent proche des établissements scolaires (Niemeier et al., 2006 ; Chiang et al., 2011).

De nombreuses études ont montré que les habitudes alimentaires des enfants et des adolescents américains ont changé depuis plus d'une cinquantaine d'années. Elles ont montré des diminutions en terme de portion par jour mais aussi une augmentation de la consommation de plats riches en matières grasses tels que les pizzas, les macaronis ou encore le fromage (Cavadini et al., 2000 ). Par conséquent l'apport nutritionnel de ces adolescents ne répond pas aux recommandations alimentaires américaines. (Munoz et al., 1997). En outre, les données sur la consommation alimentaire des États-Unis montrent un changement au cours des dernières décennies. Les enfants et les adolescents mangent plus de nourriture hors de la maison, buvant plus de boissons gazeuses et grignotant plus fréquemment (Jahns et al., 2001 ; Lin et al., 2002). Les enfants américains obtiennent maintenant plus de 50% de leurs calories à partir de matières grasses ou de sucre ajouté (32% et 20%, respectivement).



En France, les jeunes ont une alimentation plus ou moins saine par rapport à celle de leurs aînés, au regard des groupes d'aliments qui font l'objet des recommandations du Programme national nutrition santé (PNNS). La fréquence de consommation de fruits et légumes, faible pour l'ensemble de la population française, l'est encore davantage parmi les jeunes. La consommation de poisson, autre aliment marqueur d'une alimentation favorable à la santé, est également moins fréquemment consommé par les jeunes que par leurs aînés. Les produits laitiers, source de calcium particulièrement nécessaire en période de croissance, sont au contraire davantage consommés par les jeunes que par les adultes à la fréquence recommandée. La consommation de féculents des préadolescents s'avère assez proche de la recommandation d'en manger à chaque repas et selon l'appétit. La consommation de boissons sucrées, facteur de risque d'obésité, s'avère nettement plus fréquente chez les jeunes que chez les adultes (INPES, 2010).

Parmi les nombreux facteurs influençant les habitudes alimentaires des adolescents américains, le plus important est la publicité alimentaire (Story et al., 2002). Les adolescents de nos jours vivent dans un milieu très médiatisé. Au cours des 20 dernières années, les enfants et les adolescents américains sont de plus en plus ciblés par les actions intensives, agressives de commercialisation et de publicité de produits alimentaires (Kraak et al., 1998 ; American Academy of Pediatrics Children, 1995). Les spécialistes du marketing savent que les enfants de bas-âges et les enfants d'âge préscolaire ont une influence considérable sur l'achat d'un produit et peuvent négocier avec succès ses achats par l'intermédiaire de ce que les spécialistes du marketing qualifient de «facteur de harcèlement» ou de «pouvoir de harceler» (McNeal, 1999). La première demande d'un enfant pour un produit a lieu à environ 24 mois, 75% du temps cette demande se produit dans un supermarché. La première demande en magasin est le céréale pour le petit déjeuner (47%), suivie des collations et des boissons (30%) et enfin des jouets (21%). Les demandes sont souvent pour les produits de marque.

(McNeal, 1999). Une étude a examiné l'emplacement, les types et la fréquence des produits que les enfants âgés de 3 à 11 ans ont demandés à leur mère pendant plus de 30 jours. Les aliments représentaient plus de la moitié (54%) du total des demandes faites par les enfants, y compris les collations et les desserts (24%), les bonbons (17%), les céréales (7%), les fast foods (4%) et les fruits et légumes (3%) (Isler et al., 1987). Près des deux tiers (65%) de toutes les demandes de céréales concernaient des céréales pré-sucrées. Les enfants d'âge préscolaire ont fait plus de demandes que les enfants d'âge scolaire plus âgés. Les parents ont cédé aux demandes de nourriture des enfants à environ 50% du temps concernant les boissons gazeuses (60%), les biscuits (50%) et les bonbons (45%) (McNeal, 1999). Ces résultats montrent que les publicités alimentaires ciblent essentiellement les enfants, dans une tentative de les fidéliser à la marque et de les persuader de consommer un produit alimentaire particulier, et ce depuis le plus bas-âge.

Dans le Pacifique, autrefois, les populations côtières et des atolls se nourrissaient principalement de fruits locaux comme la noix de coco, les bananes ou les ananas. On trouvait également des tubercules comme les taros d'eau, les ignames qu'elles cuisinaient sagement (en les faisant bouillir, cuire au four, en purée ou encore sécher). La principale source de protéines était constituée des produits de la mer. Le poisson était souvent consommé cru ou enveloppé de feuilles et cuit avec de la crème de coco.

<b>Produits alimentaires</b>	<b>Quantités</b>
noix de coco à boire	2
noix de coco bien mûres à manger	2
noix de coco germée	1/2
taros riches en fibre	675 g
fruits de l'arbre à pain, riches en vitamines et minéraux	225 g
poisson, riches en protéine	675 g
vin de palme	115 g
mélasse, riches en sucre	341 g

**Tableau 1 :** exemple d'une alimentation quotidienne traditionnelle à Kiribati (Turbott, 1949)

Avec l'occidentalisation, depuis les années 60, les tubercules ont peu à peu été remplacés par des aliments beaucoup moins riches en fibres comme le pain blanc ou le riz blanc. Le poisson frais a vu les poissons en conserve arriver. La consommation de viandes grasses comme le porc et le mouton a augmenté. La consommation de sel, de boisson sucrée type soda a explosé. Finalement, l'alimentation de base plutôt saine a été remplacée par une alimentation de moins bonne qualité nutritionnelle et trop transformée. La consommation d'huile et de graisse par jour et par personne a augmenté alors que celle des fibres a diminué (Coyne., 2000). Il est vrai qu'il est plus facile de nos jours d'acheter des aliments tout préparés que de cultiver la terre ou de pêcher pour obtenir des aliments bruts qu'il faudra ensuite cuisiner. Ce changement d'approvisionnement alimentaire déjà remarqué au Vanuatu (Walter et al., 1999) engendrerait en plus une diminution de l'activité physique.

En Nouvelle-Calédonie, les Polynésiens sont les plus touchés par l'obésité suivis par les Mélanésiens puis les Européens nés en Calédonie (Corsenac et al., 2017). Dans les années

1980, une étude sur les Wallisiens ayant migrés en NC, notamment pour aller travailler dans les mines, a montré que la prévalence de l'obésité chez les femmes et les hommes était plus importante chez les migrants que chez les populations restées sur place. En NC, l'occidentalisation étant plus présente qu'à Wallis, l'accès aux produits manufacturés est plus facile et se fait de manière plus abondante (Taylor et al., 1985). Cette susceptibilité à la prise de poids s'explique donc par une accumulation de facteurs comme une prédisposition génétique et des habitudes alimentaires inadaptées au nouveau mode de vie sédentaire (McDermott, 1998). Dans la culture Polynésienne, « bien manger, c'est manger beaucoup » (Serra-Mallol., 2008), comportement hérité des pratiques ancestrales causées par les périodes de disette, qui consistait à se nourrir tant qu'il y avait de la nourriture. Mais aujourd'hui les périodes de disette n'existent plus et la nourriture est plus calorique.

Concernant les Mélanésiens, deuxième population la plus touchée par la surcharge pondérale en NC, une attention particulière leur est apportée du fait de la forte prévalence de l'obésité dans ce groupe (Tassié et al., 1997 ; Frayon et al., 2017 ; Corsenac et al., 2017). Ils sont aussi très sensibles à la prise de poids qui est facilitée par une augmentation de la disponibilité et donc de la consommation des denrées alimentaires ultra-caloriques ainsi que par de mauvaises habitudes alimentaires et sportives qui contribuent à augmenter ce problème. Ils sont aussi vulnérables face aux complications et maladies associées à la surcharge pondérale comme le diabète (Defay et al., 1998).

Il y a en plus, un aspect culturel et organisationnel de la population kanak qui en fait une population particulière à aborder. Dans la culture kanak il y a un rapport à la terre et au corps différent de ce que l'on rencontre dans la population Caucasienne. Par exemple, des aliments tels que l'igname ou le taro, servent lors d'échanges entre clans pour marquer le respect, ils peuvent être aussi des symboles. De plus, le Kanak « ignore son propre corps » et s'identifie au niveau de sa communauté (Rognon, 2007). L'identité individuelle, et donc l'apparence du

corps, étant secondaire, cela contribue à favoriser l'obésité dans cette population. D'ailleurs, une publication récente sur la perception du statut pondéral chez les adolescents Calédoniens a révélé que les adolescents Mélanésiens de poids normal étaient moins susceptibles que leurs homologues Européens de se considérer comme trop lourds alors que la moitié des adolescents en surpoids ou obèses, toutes communautés confondues, ont sous-estimé leur poids (53% de garçons et 48% de filles) (Frayon et al., 2017)

Concernant les enfants Mélanésiens, peu de données sont disponibles. On sait cependant qu'ils ont bien souvent les mêmes habitudes (bonnes ou mauvaises) que leurs parents puisqu'ils agissent par mimétisme dans les classes d'âge jeune. Cela entraîne des problèmes d'hyperphagie, c'est-à-dire à une prise importante et compulsive de nourriture, qui sont aussi encouragés par les représentations des parents de l'enfant maigre et malade, et des pratiques alimentaires Polynésiens d'antan «Bien manger c'est manger beaucoup» (Serra-Mallol, 2008). La consommation de boisson sucrée est aussi excessive. Selon l'enquête sur la santé orale des enfants de 6, 9 et 12 ans (ASSNC, 2013), un enfant sur trois déclarait boire habituellement une boisson sucrée quand il a soif. Toujours dans cette étude, plus de la moitié des enfants interrogés déclaraient regarder la télé tous les jours. Parmi eux, 28% des enfants déclaraient manger devant la télévision en dehors des repas. De plus un article plus récent a montré que le jeune Mélanésien en zone rurale était en surpoids et que cela était positivement lié au fait de ne pas prendre le petit déjeuner (Frayon et al., 2017). Ces comportements sont des indicateurs importants de l'obésité infantile alors même qu'en milieu rural, le comportement alimentaire peut influencer le statut pondéral du jeune Kanak en NC.

## 2. L'activité physique

### a) *Les caractéristiques de l'activité physique*

L'AP est définie comme tout mouvement corporel produit par les muscles squelettiques se traduisant par une dépense énergétique (Caspersen et al., 1985). Les différents types d'activités sont les suivants : les activités de loisir (structurées ou non), les activités domestiques, les activités de transport et les activités professionnelles (l'école ou le travail).

L'AP se caractérise par sa fréquence, sa durée et son intensité.

- la fréquence se réfère au nombre d'évènements d'AP pendant une période spécifique de temps.
- la durée se réfère au temps, secondes, minutes ou heures, passé lors d'une seule période d'AP.
- l'intensité se réfère à l'effort physiologique associé à la participation dans un type particulier d'AP (Caspersen et al., 1985).
- ✓ L'intensité absolue représente le niveau réel de la dépense énergétique pendant une durée spécifique de temps. Elle s'exprime en  $\text{LO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $\text{mLO}_2 \cdot \text{min}^{-1}$ , ou par multiple du métabolisme de base en MET (Metabolic Equivalent of Task), défini par le rapport entre le coût de l'activité métabolique et le niveau métabolique de base ( $1 \text{ MET} = 3,5 \text{mLO}_2 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Chez l'adulte, plus de 600 AP ont été classées en termes de METs (Ainsworth et al., 2000).
- ✓ L'intensité relative représente le niveau d'intensité exprimé en relation avec la consommation maximale aérobie ( $\text{VO}_2 \text{max}$ ), la fréquence cardiaque maximale ( $\text{FC}_{\text{max}}$ ), la réserve de  $\text{VO}_2$  ( $\text{RVO}_2$ ) ou la réserve de FC ( $\text{FC}_{\text{réser}}$ ), pour une activité

spécifique. Elle prend en compte les différences interindividuelles pour la composition corporelle, le sexe et l'aptitude aérobie.

L'intensité peut se quantifier de différentes manières :

- METs = le coût de l'activité métabolique divisée par le niveau métabolique de base (1MET =  $3,5 \text{ mL O}_2 \cdot \text{min}^{-1}$  ou  $1 \text{ cal} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  ou  $4,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ )
- MET minutes = le niveau d'activité en METs \* minutes d'activité
- Dépense énergétique totale (DET) ou liée à l'AP ( $\text{kcal} \cdot \text{min}^{-1}$ )
- Niveaux d'AP : l'AP se classe selon différentes intensités (sédentaire, légère, modérée, intense et très intense) sur la base du METs. Cette classification faite chez les adultes est généralement reprise chez les enfants et les adolescents, bien qu'elle ait certaines limitations. La dépense énergétique par unité de masse corporelle est plus élevée chez l'enfant et l'adolescent. Une classification adaptée pour les enfants et adolescents est présentée dans le Tableau 2 suivant les différentes limites présentées dans la littérature (Bailey et al., 1995 ; Stratton 1996 ; Freedson et al., 1998 ; Ekelund et al., 2004). Dans la majorité des articles, les auteurs parlent aussi d'activité physique de modérée à intense (APMI, intensité comprise entre 3 et 6 METs). Les valeurs présentées sont celles les plus utilisées dans la littérature.
- % de consommation maximale d'O<sub>2</sub> (VO<sub>2</sub>max, bpm)
- % de FC<sub>max</sub> ou % Réserve de Fréquence Cardiaque (FC<sub>max</sub> – FC<sub>repos</sub>, bpm)
- Temps passé dans une AP (min.j<sup>-1</sup>) à un certain niveau d'intensité
- Nombre total de « counts » = unité arbitraire utilisée en accélérométrie pour convertir les accélérations enregistrées en un signal quantifiable.

Intensité de l'activité physique (AP)	METs	FC (bpm)	"counts" .min <sup>-1</sup>	%RFC	Multiple FC repos	% pic VO <sub>2</sub>	Exemple
Sédentaire	1	80	<500				Station assise
Légère (APL)	≤3	<140	>500	<50	1,5		Stretching
Modérée (APM)	>3	>140	>1950	50	1,50	50	Marche
Intense (API)	>6	>160	>5280	60	1,75	70	Course à 5km.h <sup>-1</sup>
Très intense (APTI)	>9	>175	>9480	75			Course à 7-8km.h <sup>-1</sup>

Notes : METs = rapport entre le coût de l'activité métabolique et le niveau métabolique de base ;  
FC = Fréquence Cardiaque ;  
"Counts" = unité arbitraire utilisée pour l'accéléromètre dans la mesure de l'activité physique;  
FC<sub>réser</sub> = Réserve de Fréquence Cardiaque ;  
% pic VO<sub>2</sub> = pourcentage de la réserve de consommation d'O<sub>2</sub>.

**Tableau 2:** Classification des activités physiques chez les enfants et les adolescents suivant

leur intensité, d'après Bailey et al. (1995), Stratton (1996), Freedson et al. (1998) et Ekelund et al. (2004).

### *b) Activité physique et santé*

Les habitudes de vie sont de plus en plus sédentaires et diminuent donc l'activité physique (AP) des populations. Les effets sur la santé sont considérables (Berthouze-Aranda et Reynes, 2011) et plus précisément sur les données anthropométriques et la condition physique (CP) chez les enfants et les adolescents (Peplies et al., 2016 ; Chillon et al., 2011).

La littérature montre qu'une pratique régulière d'activité physique est bénéfique pour la santé chez les adultes mais aussi chez les enfants et les adolescents (Duclos et al., 2010 ; Danish et al. 2005) contribuant ainsi à « un état de bien être physique, mental et social et ne consiste pas seulement en une absence de maladie ou d'infirmité » (OMS, 1946). L'AP régulière contribue également à la prévention de maladies comme le diabète, les accidents cardiovasculaires, l'hypertension, le stress, l'anxiété, l'ostéoporose, certains cancers ou encore l'obésité (Biddle



et al. 2004 ; Hallal et al. 2006). Plusieurs études ont montré les effets de l'activité physique sur les indicateurs de la santé chez les adultes puis par la suite chez les enfants et les adolescents (Biddle et al., 1994). De plus, il a été démontré qu'un style de vie actif pendant l'enfance et l'adolescence pouvait diminuer les risques et les problèmes en matière de santé (Janssen, 2007) alors même qu'une inactivité physique et une obésité infantile pouvaient se retrouver à l'âge adulte sans pour autant développer des maladies chroniques (Reily et al., 2003 ; Strong et al., 2005). La littérature décrit un lien faible ou modéré entre l'activité physique dans l'enfance et celui de l'adolescence ou encore à l'âge adulte (Malina, 2001 ; Telama, 2009). Cependant le lien peut s'avérer modéré à fort entre l'indice de masse corporelle dans l'enfance et l'âge adulte (Herman et al., 2009). Il apparaît donc pertinent de renforcer ou d'améliorer les dispositifs interventionnels visant une implication précoce des enfants dans une activités physique régulière afin de renforcer le lien et le suivi d'une activité physique régulière de l'enfance à l'âge adulte.

L'activité physique est l'un des déterminants de la condition physique (Chillón et al., 2011 ; Gutin et al., 2005 ; Ruiz et al., 2006). » La condition physique est en partie déterminée génétiquement, mais elle peut aussi être fortement influencée par des facteurs environnementaux, et bien sûr par le niveau d'activité physique qui est l'un des principaux déterminants. La condition physique est la capacité à accomplir une activité physique, et fait référence à des qualités physiologiques et psychologiques (Fournier et al., 2012). La condition physique réfère à un ensemble de capacités qui permettent de répondre favorablement à l'effort physique telles que l'endurance, l'agilité, la puissance et bien d'autres qui ont une visée en matière de santé ou de performance (Caspersen, 1985). Nous explorerons ces différentes capacités plus tard dans le document. Le niveau de condition physique dans l'enfance et l'adolescence est positivement associé à la santé présente mais aussi future des concernés (Ortega et al., 2008 ; Ruiz et al., 2009).

De plus, face à l'augmentation des comportements sédentaires, la nouvelle génération d'enfants et d'adolescents est grandement exposée aux risques de développement de maladies. Des revues ont démontré les relations significatives entre les indicateurs de la santé et les comportements sédentaires comme le temps passé devant un écran (Thasanasuwan et al., 2016 ; Marshall et al. 2004 ; Tremblay et al., 2011). Dans un souci d'amélioration de la santé à l'aide de l'AP, l'école apparaissait comme une opportunité pour s'imprégner d'un mode de vie sain et d'une culture sportive, d'autant qu'elle est le passage obligé de tous les enfants quel que soit leur milieu socio-économique et culturel et qu'elle occupe la majeure partie du temps au cours de la semaine (Stratton 2000). La plupart des interventions en milieu scolaire se sont avérées être positives dans l'augmentation du niveau d'AP à court et à long terme (Malina 2001). Les cours d'éducation physique et sportive ont montré que la coordination motrice pouvait être améliorée et les qualités physiques développées mais cela n'apparaît pas suffisant pour que les enfants atteignent les recommandations internationales en termes d'AP pour la santé (Fairclough et al., 2005). Lors des périodes de récréation, ils peuvent choisir de s'engager dans des activités physiques complètement libres (Sarkin et al., 1997). Stratton et al. (2000) ont montré que les heures de récréation offrent un total de temps où les enfants peuvent être physiquement actifs. D'autres études ont également montré que les enfants étaient davantage actifs les jours d'école (Falgairette et al., 1996 ; Gavarry et al., 2003 ; Ridgers et al., 2007) plutôt que les jours fériés pendant lesquels ils tendent à s'adonner à des activités plus sédentaires (regarder la télévision, jouer à des jeux vidéo) (Pate et al., 1994). Pour encourager les enfants à bouger davantage et leur donner le goût de l'activité physique, les temps de récréation ont été structurés en aménageant les cours de récréation à l'aide de marquages au sol (Stratton et Leonard 2002 ; Scruggs et al., 2003 ; Stratton et Mullan). Cette méthode s'est d'ailleurs avérée être un élément positif pour contribuer aux recommandations en matière d'AP chez les jeunes (Stratton et Mullan 2005).

### *c) L'inactivité physique et la sédentarité*

Si l'activité physique permet d'influencer positivement la dépense énergétique et la santé, son antonyme a des effets bien plus délétères. La sédentarité se caractérise par des temps assis ou allongés lors de période d'éveil entre le lever et le coucher (inférieure ou égale à 1,5 MET). Entre ces deux notions se trouve l'inactivité physique, entre 1,5 et 3 MET qui ne permet pas d'atteindre les recommandations minimales en termes d'activités physiques (Chevance, 2016). La dégradation des paramètres de santé est très rapide en cas d'alitement prolongé (Preiser et al., 2010). A contrario rétablir ces paramètres de santé demande du temps, des efforts physiques et psychologiques qui ne sont pas anodins (Berthouze-Aranda et Reynes, 2011). Il y a un cercle vertueux de l'activité physique comme il y a un cercle vicieux de la sédentarité, car en effet, nous ne sommes pas faits biologiquement pour demeurer inactifs (Antoine et al., 2015). Lorsque les personnes vivent de manière sédentaire ou inactive et se nourrissent de manière déséquilibrée, l'adaptation corporelle peut entraîner une surcharge pondérale voire l'obésité. L'excès de masse grasse impacte négativement la santé (Esser et al., 2010), permet de le développement de syndrome métabolique de plus en plus, notamment chez les adolescents américains (Grelot, 2016). Or selon l'OMS, les 10 premiers pays où sévit le plus l'épidémie d'obésité se trouvent dans les îles du Pacifique, voisines de l'archipel calédonien (Ng et al., 2013). Cela peut poser un problème en matière de santé publique car selon Jackson (2015), 39% des adolescents en surpoids se voient d'un poids normal, constat corroboré largement par les premiers résultats de l'étude du Laboratoire LIRE sur le surpoids et la perception corporelle des jeunes calédoniens (Frayon et al., 2015) où l'on s'aperçoit que 59% des adolescents en surpoids présentent une « altération » de la perception de leur poids. Nous pouvons supposer la difficulté de leur faire prendre conscience de la nécessité de s'adonner quotidiennement à la pratique d'une activité physique.

#### *d) Les différentes recommandations*

##### ➤ Les recommandations de l'OMS

L'OMS propose des recommandations pour l'AP par tranche d'âge. D'abord les enfants et les adolescents de 5 à 17 ans, ces derniers devraient accumuler au moins 60 minutes par jour d'activité physique d'intensité modérée à soutenue. Le fait de pratiquer une activité physique pendant plus de 60 minutes apporte un bénéfice supplémentaire pour la santé. L'activité physique quotidienne devrait être essentiellement une activité d'endurance. Les activités d'intensité soutenue, notamment celles qui renforcent le système musculaire et l'état osseux, devraient être incorporées au moins trois fois par semaine. S'ensuit des adultes âgés de 18 à 64 ans qui devraient pratiquer au moins, au cours de la semaine, 150 minutes d'activité d'endurance d'intensité modérée ou au moins 75 minutes d'activité d'endurance d'intensité soutenue, ou une combinaison équivalente d'activité d'intensité modérée et soutenue. Pour cela, l'activité d'endurance devrait être pratiquée par périodes d'au moins 10 minutes. Pour pouvoir en retirer des bénéfices supplémentaires sur le plan de la santé, les adultes devraient augmenter la durée de leur activité d'endurance d'intensité modérée de façon à atteindre 300 minutes par semaine ou pratiquer 150 minutes par semaine d'activité d'endurance d'intensité soutenue, ou une combinaison équivalente d'activité d'intensité modérée et soutenue. Des exercices de renforcement musculaire faisant intervenir les principaux groupes musculaires devraient être pratiqués au moins deux jours par semaine. Enfin pour les personnes de plus de 65 ans, les recommandations sont identiques à celles des adultes de 18 à 64 ans avec une précision pour les personnes dont la mobilité est réduite : il leur est recommandé de pratiquer au moins trois fois par semaine une activité physique visant à améliorer l'équilibre et à prévenir les chutes. (OMS, 2017) Même si aucune étude n'ait été menée sur l'atteinte de ces recommandations de la population des jeunes Kanak, il semblerait intéressant d'objectiver les

durées et les intensités de leurs activités physiques quotidiennes afin d'une part de les informer mais aussi de les prévenir des risques de développement des MNT.

➤ Les recommandations du Programme National Nutrition Santé (PNNS)

En France, dans le PNNS a publié des recommandations différentes notamment pour les enfants, les adolescents, les adultes, les séniors mais également pour les femmes enceintes les personnes handicapées et les femmes à la ménopause. Nous exposerons ici les recommandations pour les adultes et les adolescents.

Pour les adultes, il est recommandé de réaliser au moins 30 min d'activité physique d'endurance d'intensité modérée et élevée, au moins 5 jours par semaine. Ces 30 minutes peuvent facilement s'intégrer dans la vie quotidienne comme la marche, le vélo ou encore la montée d'escalier, ou être pratiquées dans le cadre d'activités sportives de loisirs.

En complément, il est également recommandé de pratiquer :

- Des activités de renforcement musculaire 1 à 2 jours par semaine. Ces activités peuvent être effectuées dans la vie de tous les jours (jardiner, porter des courses, monter ou descendre des escaliers, etc.) ou dans le cadre d'exercices spécifiques.
- Des exercices pour développer la souplesse au moins 2 à 3 jours par semaine. Ils peuvent être réalisés lors d'activités du quotidien ou lors de séances dédiées.

Ces recommandations représentent un idéal vers lequel l'adulte doit tendre. Néanmoins, toute activité physique, quelle qu'en soit la durée, procure un bénéfice pour la santé. Le dépassement des recommandations entraînent des bénéfices supplémentaires.

Les recommandations du PNNS aiguillent également les adolescents pour qui il est recommandé que les adolescents de 12 à 17 ans fassent au moins 1 heure par jour d'activité physique d'intensité modérée et élevée. Parmi les activités pratiquées, des activités qui

renforcent les muscles, les os et améliorent la souplesse telles que le saut à la corde les jeux de ballon, la gymnastique ou encore la danse, sont à pratiquer un jour sur deux.

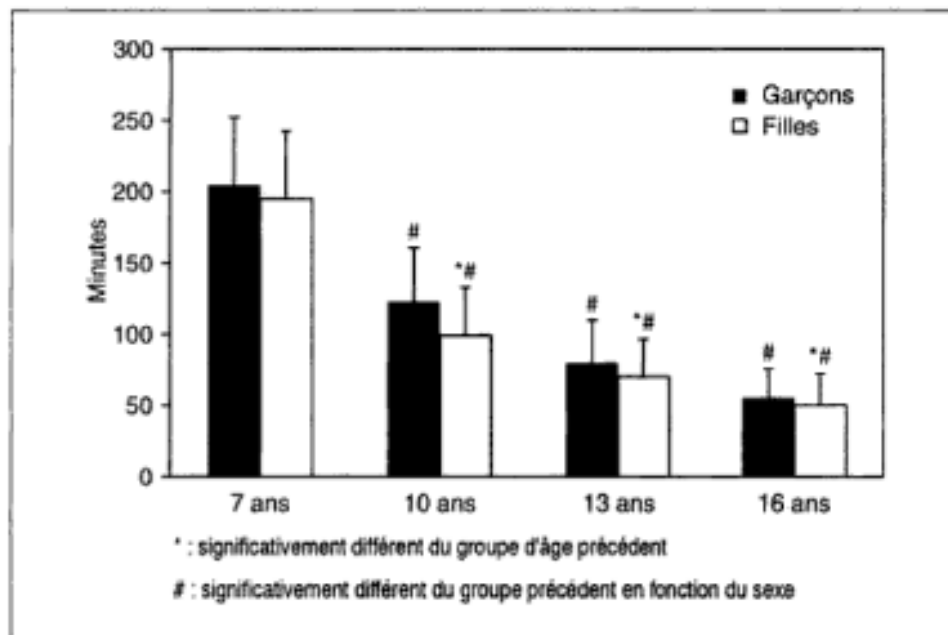
➤ **Recommandations en nombre de pas quotidiens**

Dans le but de fournir des repères clairs et facilement mesurables par les participants, certains auteurs ont proposé un seuil en nombre de pas par jour. L'avantage de ce repère c'est qu'il est vérifiable à faible coût, soit par des podomètres dédiés, soit par des applications ou options largement répandues sur les cardio-fréquence-mètres et depuis peu, sur de nombreux dispositifs électroniques personnel, les consoles de jeu portables, Smartphones et autres assistants électroniques personnels. L'inconvénient de cette mesure est la non-prise en compte de l'intensité de l'activité réalisée. Tudor-Locke et al. (2008), pour prévenir les adultes du surpoids et de l'obésité, ont estimé nécessaires 11000 à 12000 pas/jour pour les hommes et 8000 à 12000 pas/jour pour les femmes. Ces mêmes auteurs ont défini des seuils en nombre de pas chez les adultes. En deçà de 1499 pas/jour, l'individu est quasi-immobile. Jusqu'à 4999 pas en moyenne, le mode de vie est dit sédentaire, entre 5000 et 7499 pas en moyenne, le mode de vie est peu actif et devient assez actif à partir de 7500 pas jusqu'à 9999. Le mode de vie est actif à partir de 10000 pas et est très actifs pour toutes les valeurs supérieures à 12500 pas quotidiens (Tudor-Locke et al., 2011). Chez les adolescents filles et garçons, 60 minutes d'activité physique modérée à vigoureuse a été associées à un nombre de pas allant de 10000 à 11700 pas quotidien (Tudor-Locke et al., 2011).

***e) Effet du sexe sur l'AP***

Trost et al. (2002), dans une étude australienne, ont montré qu'il existait une différence significative entre les garçons et les filles à partir de 9 ans sur le temps passé dans une activité modérée à intense. Ils ont rapporté que les garçons de 10 ans passaient environ 120 minutes

par jour dans une AP modérée alors que les filles y consacraient 100 minutes par jour ( $P < 0,05$ ). Cette différence entre les sexes se retrouvait à l'adolescence. Les auteurs observaient que les garçons âgés de 15 ans passaient environ 55 minutes par jour dans une AP modérée alors que les filles de même âge passaient environ 50 minutes par jour à cette intensité.



**Figure 1:** Temps passés dans une AP modérée chez des garçons et des filles âgées de 7, 10, 13 et 16 ans, chaque jour (Trost et al., 2002)

L'étude Australienne « Australian Health Survey » (figure 2, Global Observatory for Physical Activity, 2012), a montré que le déclin de l'AP était plus précoce chez les filles que chez les garçons. En effet, le pourcentage de filles qui participaient à une AP était significativement inférieur à celui des garçons soit respectivement 42% et 45%.



**Figure 2 :** Prévalence d'activité physique chez les adolescents de 15 ans et plus (Australia Health Survey ; 2011-2012)

Une revue de littérature, analysant les résultats de 9 études par questionnaire, dans différents états, chez les jeunes âgés de 6 à 18 ans, concluait que les garçons étaient 14% plus actifs que les filles (Sallis et al. 1993). Cette différence augmentait de 23% lorsque les mesures objectives à l'aide d'accéléromètre étaient réalisées. La diminution de l'AP était en moyenne de 2,6% à 7,4% par an chez les filles et de 1,8% à 2,7% chez les garçons. Les conclusions d'une autre étude Américaine menée auprès de 8800 jeunes âgés de 7 à 15 ans (Pate et al., 1994) confirmaient une plus grande sédentarité chez les filles, de l'ordre de 5% à 15% suivant l'âge.

En Europe, Amstrong et al. (1998) ont montré que le pourcentage d'enfants ayant accumulé au moins 30 minutes d'activité physique par jour à une fréquence cardiaque supérieurs à 140 bpm (soit une intensité modérée) est d'environ 10% supérieure chez les garçons et ce tout au long de la croissance (5 à 15 ans). Riddoch et al. (2004) ont montré que le temps passé chaque jour dans une activité modérée à intense était significativement supérieur ( $p < 0,001$ ) chez les garçons, pour des enfants et adolescents âgés de 9 à 15 ans dans 4 pays Européens. Les garçons de 9 ans passaient en moyenne 192 minutes par jour dans une activité modérée à intense alors que les filles y passaient en moyenne 160 minutes par jour ; les garçons âgés de 15 ans passaient en moyenne 99 minutes par jour dans une activité modérée alors que les filles y consacraient en moyenne 73 minutes par jour.



Santos et al. (2003) ont mesuré l'AP habituelle de 157 enfants âgés de 8 à 15 ans au Portugal afin de relever les différences selon l'âge et le sexe. Les garçons se sont révélés être plus actifs que les filles s'engageant surtout dans une activité modérée à intense. La différence s'avérait être significative surtout pour les jeunes entre 11 et 13 ans et entre 14 et 16 ans. De l'enfance à l'adolescence, le temps passé dans une activité modérée à intense diminuait. Les garçons tendaient à participer davantage à des périodes d'activité continue que les filles mais les différences n'étaient pas significatives.

Au niveau de l'Océanie, Kessaram et al. (2015), ont étudié la prévalence d'activité physique des adolescents dans les pays et territoires des îles du Pacifique. Les résultats ont montré que moins de la moitié des étudiants âgés de 13 à 15 ans dans neuf pays ou territoires ont participé à soixante minutes d'activité physique pendant cinq jours ou plus de la semaine passée. La prévalence d'activité physique variait largement entre les îles. Pour les deux sexes, environ 45% des étudiants étaient physiquement actifs au Vanuatu. En revanche, 18% des hommes et 13% des femmes étaient physiquement actifs à Nauru.

En NC, une enquête récente a montré que les garçons ont déclaré pratiquer une activité physique plus importante que les filles. Entre 60% et 70% des garçons déclarent pratiquer plus de trois jours par semaine avec au moins une heure d'activité physique, contre 45% des filles. Et ils ne sont que 4% à ne déclarer aucun jour d'activité physique contre 8% des filles. Concernant le comportement sédentaire, les filles sont légèrement plus nombreuses que les garçons à déclarer passer trois heures par jour ou plus à des activités en position assise (45% des filles et entre 32% et 43% des garçons, sans différence statistiquement significative (ASSNC, 2014).

### *f) Effet de l'âge sur l'AP*

L'ensemble des études de la littérature note un effet de l'âge sur le niveau de l'AP des enfants et des adolescents. Ainsi, Armstrong et al. (1998) ont montré que le pourcentage d'enfants ayant accumulé au moins 30 minutes d'activité par jour à une fréquence cardiaque supérieure à 140 bpm diminuait entre 6 et 15 ans, de 95% à 29% chez les garçons, et de 86% à 18% chez les filles. C'est vers 10 ans que ces auteurs ont noté une forte diminution de l'AP pour les 2 sexes. Trost et al. (2002) ont montré que le temps passé dans une activité de modérée à intense diminuait entre 7 et 15 ans, de nouveau avec une inflexion à la puberté. Ce dernier était en moyenne de 200 minutes par jour chez les enfants âgés de 7 ans, 78 minutes par jour à l'âge de 13 ans et de 52 minutes par jour à l'âge de 15 ans.

Riddoch et al. (2004) ont mesuré le temps passé dans une activité modérée à intense chez des garçons et des filles âgées de 9 à 15 ans dans 4 pays (Danemark, Portugal, Estonie, Norvège). Ces auteurs ont montré qu'il y avait une baisse significative du niveau de l'AP avec l'âge. Ils ont relevé une moyenne de 177 minutes par jour passé à une activité modérée à intense, pour l'ensemble des enfants âgés de 9 ans et de 86 minutes par jour pour les enfants âgés de 15 ans. Avec l'âge, le temps passé dans une activité physique intense diminue également (Trost et al., 2002 ; Gavarry et al., 2003). Gavarry et al. (2003) ont mesuré le niveau d'AP habituelle chez 182 enfants et adolescent français (6-20 ans) de l'école primaire au Lycée (jours scolaire et jours fériés). Le total d'activité physique (TPA), les temps passés dans une activité physique légère, modérée et intense ont été mesurés. Pendant les jours scolaires, le TPA était inférieur de 69% chez les garçons ( $P < 0,05$ ) et de 36% chez les filles entre l'école primaire et le lycée. A l'inverse, le TPA ne variait pas significativement pendant les jours fériés ( $62 \pm 37$  vs  $63 \pm 67$  min et  $75 \pm 59$  vs  $62 \pm 44$  min, respectivement pour les garçons et les filles).

En NC, dans l'enquête du baromètre santé jeunes (ASSNC, 2016), la proportion de jeunes ne déclarant qu'une faible voire aucune activité physique est similaire sur les trois classes d'âges

(10 à 12 ans, 13 à 15 ans, 16 à 18 ans) et concerne entre 5% et 6% des jeunes. En revanche, la répartition entre activité soutenue et modérée diffère selon l'âge : l'activité soutenue augmente légèrement entre les 10-12 ans et les 13-15 ans, et elle diminue chez les 16-18 ans au profit de l'activité modérée, sans différence statistiquement significative. En rapport au comportement sédentaire notamment le temps passé à des activités en position assise, ce dernier augmente également avec l'âge. La proportion de ceux déclarant passer trois heures par jour ou plus à des activités en position assise est estimée:

- Entre 24% et 38% chez les 10-12 ans
- Entre 36% et 43% chez les 13-15 ans
- Entre 45% et 59% chez les 16-18 ans

Dans leurs réponses les enfants de 10 à 15 ans sont 36% à déclarer passer trois heures par jour ou plus à des activités sédentaires en semaine et 43% le week-end. En France métropolitaine, les collégiens sont 92% à passer plus de deux heures par jour sur des écrans, seules activités sédentaires recueillies dans l'étude (Godeau et al., 2012).

Selon le baromètre santé de 2015 (ASSNC, 2015), huit adultes sur dix déclarent consacrer un temps à une activité physique modérée et intense supérieure aux recommandations de l'OMS. Ils consacrent au moins 210 minutes d'activité physique modérée ou au moins 120 minutes d'activité physique intense par semaine quand l'OMS recommande de pratiquer au moins de 150 minutes d'activité physique modérée par semaine ou plus de 75 minutes d'activité physique intense ou une combinaison des deux. C'est en province des îles Loyauté que la proportion de personnes déclarant au moins 30 minutes par jour d'activité physique modérée ou au moins 2 heures par semaines d'activité physique intense est la plus importante (90%, contre 81 % dans les deux autres provinces).

Selon le Baromètre Santé de 2010, l'activité physique et son intensité pouvaient être auto-déclarées en fonction de l'appartenance communautaire pour la population Calédonienne de 18 à 67 ans (ASSNC, 2010). Ainsi les résultats nous montraient que :

- 57 % des Européens déclarent pratiquer un sport de loisir (pêche, chasse) contre 37 % de Polynésiens.
- Les Mélanésiens et les Métis, issus de parents d'origines ethniques différentes, sont plus nombreux à déclarer les activités de la vie quotidienne (travail, maison), respectivement 79 % et 72 % contre 64 % chez les Européens et 69 % chez les Calédoniens.
- Les Mélanésiens sont les plus nombreux à déclarer des déplacements réguliers à pied ou à vélo (69 %).

Enfin, ce sont les Européens qui ont le niveau d'activité le plus intense et les Polynésiens sont les moins actifs. Cependant, l'activité physique reste globalement insuffisante. Autrefois, les populations se dépensaient beaucoup en cultivant les terres, en chassant, en pêchant pour subvenir à leurs besoins et avaient des métiers souvent très physiques. Aujourd'hui la motorisation permet aux hommes de parcourir de grandes distances sans se fatiguer, et la position assise est la plus employée au quotidien. De nos jours, la balance énergétique est déséquilibrée avec des dépenses plus faibles que les apports (Blair et al., 2004) et ce dès le plus jeune âge. Des travaux sur la quantification de la dépense énergétique liée à l'activité physique des jeunes Calédoniens seraient intéressants à mener, plus particulièrement chez une population kanak ayant connu un mode de vie de « chasseurs-cueilleurs » selon (Chakravarthy et Booth, 2004) que cette communauté fait perdurer en tribu malgré l'essor d'une urbanisation grandissante.

### **3. Le sommeil**

Il semble de bon sens d'admettre que l'activité physique influence le sommeil, et des revues de synthèse récentes s'en font l'écho (Postolache et coll., 2005). De même, au plan clinique, de nombreuses personnes décrivent le fait qu'elles dorment mieux en ayant effectué une marche dans la journée ou après s'être dépensées physiquement lors d'une activité sportive (INSERM, 2008).

Le sommeil s'oppose à l'éveil. Il fait intervenir différents mécanismes cérébraux qui régulent le rythme jour / nuit, la durée quotidienne de sommeil et sa qualité. L'adolescence est une période de transition marquée par d'importants remaniements affectant le corps, la pensée, la vie sociale et représentation de soi. Le sommeil, de par ses dimensions à la fois psychologiques et relationnelles, n'échappe pas à ces transformations. Les rythmes veilles-sommeil de l'adolescent sont soumis à de nombreuses contraintes, scolaire et environnementales (Crowley, Acebo, & Carsadon, 2007). Il existe plusieurs stades qui se caractérisent chacun par un niveau d'activité cérébrale et musculaire qui seront plus ou moins affectés durant la période pubertaire.

#### ***a) Les différentes étapes du sommeil***

La structure du sommeil est connue depuis une cinquantaine d'années. Il en existe deux types notamment le sommeil lent (activité cérébrale ralentie) et le sommeil paradoxal (activité cérébrale intense). La nuit est composée d'une succession de 4 à 5 cycles d'environ 90 minutes de ces deux types de sommeil. Le stade 1 correspond à l'endormissement, la respiration devient plus lente, les muscles se relâchent, la conscience diminue. Durant ce stade de demi-sommeil, les muscles peuvent montrer de petites contractions, souvent avec l'impression de tomber dans le vide. Selon une enquête de l'INSERM (1994), sur des

adolescents de 11 à 19 ans, 41,5% disent avoir des difficultés d'endormissement. (Choquet et Ledoux, 1994) À l'adolescence, les heures de coucher surviennent une à trois heures plus tard qu'à la préadolescence, avec une difficulté à se lever tôt le matin (Laberge et al., 2001). S'ensuit du stade 2, le sommeil lent léger, comme son nom l'indique, n'est pas très profond et il représente en principe 50% du temps de sommeil total. Au stade 3, le sommeil est long et profond (SLP). Le dormeur est isolé du monde extérieur par le sommeil. Il est difficile de le réveiller durant cette phase. C'est le moment du cycle où l'on récupère de la fatigue physique accumulée. Il s'agit d'une phase très importante car tout l'organisme est au repos et récupère. Le cerveau émet des ondes lentes et amples. Il représente environ 20% du sommeil total. Enfin au stade 4, lors du sommeil paradoxal (REM, de l'anglais Rapid Eye Movement), l'individu présente simultanément des signes de sommeil très profond et des signes d'éveil (la respiration est irrégulière et l'activité cardiaque est élevée). Ces signes d'éveil sont la conséquence d'une parasomnie ou le plus souvent d'un phénomène nocturne mystérieux : le rêve. Le rêve peut se produire également, dans une moindre mesure, pendant la phase de sommeil profond mais il sera moins élaboré et on ne s'en souviendra pas. Cette phase représente environ 25% du temps de sommeil total.

#### ***b) Le sommeil et la santé***

Le cerveau est programmé pour nous imposer le sommeil régulièrement pour plusieurs heures par jour. Cela permet à l'organisme d'assurer des fonctions nécessaires au développement et à la santé. Le sommeil est indispensable au développement et à la maturité cérébrale. Il permet la mise en place de certains circuits neuronaux (Born et Wilhelm, 2012). En outre, il contribue à l'apprentissage et à la gestion des émotions (Gais et Born, 2004 ; Sterpenich et al., 2007). Une donnée associée à une émotion négative sera mémorisée et expurgée de son émotion négative au cours d'une nuit de sommeil.

Un certain nombre d'études épidémiologiques ont fait ressortir un risque accru de surpoids chez le petit dormeur (Hasler et al., 2004 ; Taheri et al., 2004 ; Chaput et al., 2007). De plus, le sommeil assure des fonctions métaboliques et de développement en régulant la production de plusieurs hormones. En effet, Spiegel et al. (2004) ont rapporté une baisse de la concentration plasmatique de leptine (hormone favorisant une réduction de la prise alimentaire) et une augmentation de la concentration de ghreline (hormone favorisant une augmentation de la prise alimentaire) chez des sujets dont on avait écourté la nuit de sommeil. En conformité avec ces résultats, les sujets ont également déclaré ressentir une augmentation de la sensation de faim et du désir de manger suite à la privation de sommeil.

Dans une étude Québécoise, les « petits » dormeurs ayant une durée de sommeil inférieure à 7h, hommes et femmes, étaient caractérisés par une adiposité substantiellement plus élevée que celle mesurée chez des dormeurs moyens ayant 7-8 heures de sommeil par nuit (Chaput et al., 2007). De plus, chez les enfants, il a été observé une accumulation corporelle de graisse plus prononcée (Chaput et al., 2006a) et préférentiellement localisée au niveau abdominal (Chaput et Trembay, 2007a). Or cette localisation adipeuse au niveau abdominale les expose d'autant plus à des risques pour leur santé cardiovasculaire (Lang, 2013).

En Océanie et particulièrement en NC, il existe peu de travaux de recherche sur le sommeil et l'apprentissage ou la performance scolaire. Il serait intéressant de travailler sur ces deux aspects notamment chez les jeunes dont les rythmes scolaires et biologiques sont importants et qui pourraient impacter leur réussite scolaire.

#### **4. L'image corporelle**

La perception de son propre corps joue un rôle primordial dans la décision de pratiquer une activité physique. La continuité d'une pratique résulte notamment d'un niveau de compétence jugé suffisant. A partir de 12 ans, les jeunes sont capables d'évaluer leur compétence et de

faire la distinction entre cette dernière et l'effort déployé dans la performance réalisée (Nicholls, 1984).

L'identification des facteurs de risques qui influencent la prise de poids corporel peut aider à réduire l'épidémie d'obésité dans une population. Parmi ces facteurs, la perception de son propre corps est cruciale. L'image corporelle est un concept multidimensionnel, intégrant des aspects psychologiques et socioculturels (Pruzinsky et Cash, 2004). Deux types de perturbation de l'image corporelle sont couramment décrits : les troubles perceptifs et les troubles attitudinaux. Les troubles perceptifs sont ceux liés à une sur- ou une sous-estimation du corps, tandis que les perturbations attitudinales révèlent une insatisfaction avec son propre corps, quelque soit son aspect (Gardner, 2004). L'insatisfaction corporelle à l'adolescence a été corrélée à un gain de poids excessif dans les années suivantes (Van den Berg et Neumark-Sztainer, 2007 ; Haines et al., 2007), mais aussi avec des comportements nocifs tels que des crises de boulimie, des régimes alimentaires, la diminution de l'activité physique et des comportements de contrôle du poids (Neumark-Sztainer et al., 2006).

Le degré d'insatisfaction corporelle dépend de l'image du corps idéal qui est une construction socio-culturelle, principalement influencée par la culture occidentale où la minceur est omniprésente, notamment dans les médias. Plusieurs études indiquent que l'image du corps perçue et du corps idéal corporel sont influencés par l'origine ethnique. Il a longtemps été suggéré que les populations non occidentales avaient un corps idéal plus gros que les populations occidentales. Avoir une corpulence « massive » ou « grosse » représentait une corpulence normale pour les non occidentaux, ce qui suggérait une différence culturelle dans la taille du corps idéal (voir par exemple Brewis & McGarvey , 2000; Furnham & Baguma , 1994) . Cependant, Lee et Lee (2000) ont suggéré que la pression socio-culturelle des médias favorisait l'adoption d'un idéal de corps mince pour les femmes vivant dans des sociétés non occidentales ayant un développement socio-économique rapide (Lee and Lee, 2000). D'autres



études indiquent que la taille du corps idéal n'est pas vraiment différente entre les sociétés occidentales et non-occidentales, mais plutôt entre les populations qui diffèrent par leur statut socio-économique (SES), avec les populations de SES faible idéalisant des corps plus gros que leurs homologues de SES élevé (Swami et Tovée, 2005a, 2005b; Swami et al., 2007).

L'adolescence étant associée à de nombreux changements physiques, il n'est donc pas étonnant qu'elle soit décrite comme une période où l'image corporelle se modifie et est susceptible de devenir préoccupante pour plusieurs adolescent(e)s (Abbott & Barber, 2011). Bien que la définition globale de l'image corporelle varie parfois à travers les écrits, plusieurs auteurs la conceptualisent comme la représentation interne et subjective que l'individu peut avoir de son corps et de son apparence extérieure (Abbott & Barber 2010; Thompson, Heinberg, Altabe & Tantleff-Dunn, 1999). Une notion largement utilisée dans le domaine de l'image corporelle est l'insatisfaction de l'image corporelle (IIC) (Thompson & van den Berg, 2002; Thompson et al., 1999). L'IIC est définie comme l'évaluation subjective négative d'un individu par rapport à l'aspect, la forme ou la taille de son corps (ou de certaines de ses parties), mais aussi par rapport à son poids (Stice & Shaw, 2002; Wertheim, Paxton & Blaney, 2009). Elle est décrite dans les écrits scientifiques comme étant probablement la plus importante mesure de détresse liée à l'image corporelle (Thompson et al., 1999).

Chez les adolescents, l'insatisfaction corporelle dépend du sexe et du statut pondéral (Smolak, 2004). L'insatisfaction corporelle et le désir d'être plus mince sont présentes de la même manière chez les garçons que les filles en surpoids. Cependant les garçons souffrant d'insuffisance pondérale attachent de l'importance à la masse musculaire (Carlson Jones et Crawford, 2005; Ricciardelli et al, 2006) et sont donc plus susceptibles de vouloir une corpulence plus importante et prendre du poids que les filles en insuffisance pondérale (Kotanski et al., 2004).

Une étude récente dans 26 pays montre que l'insatisfaction corporelle est différente entre les femmes vivant en zone urbaine comparées aux femmes de milieu rural dans les pays non occidentaux (Malaisie et Afrique du Sud) (Swami et al., 2010). Cependant, dans un contexte occidental (Autriche), il n'y a pas de différence significative dans l'insatisfaction corporelle selon l'urbanisation (Swami et al., 2010). Ces résultats sont en accord avec des travaux antérieurs suggérant que les adolescents en milieu rural dans les pays occidentaux montrent des niveaux similaires d'insatisfaction corporelle que leurs homologues urbains (Jones et al., 2007; Mellor et al., 2004). En résumé, il semblerait que l'insatisfaction corporelle diffère selon le lieu de résidence uniquement dans les sociétés non occidentales (Swami et al., 2010).

La perception de soi de la masse corporelle est un facteur important. Elle est définie comme l'évaluation subjective de son propre statut pondéral, et est considérée comme un paramètre crucial pour la réussite des programmes de prévention d'Obésité. Par exemple, les adolescents de poids normal qui se perçoivent comme étant en surpoids peuvent faire des efforts inutiles pour perdre du poids, ce qui, dans des cas extrêmes, peut entraîner des troubles de l'alimentation (Talamayan et al., 2006 ; Field et al., 1999). D'autre part, les adolescents en surpoids qui ne reconnaissent pas leur excès de poids peuvent sous-estimer la nécessité d'un régime alimentaire et d'une activité physique plus sains (Yang et al., 2014 ; Edwards et al., 2010). Les perceptions erronées sont fréquentes dans les populations du monde, particulièrement aux États-Unis, où 38% des personnes en surpoids et 8% des personnes obèses se considèrent comme un poids normal (Dorsey et al., 2009). Plusieurs facteurs contribuent à cette perception erronée : le niveau d'éducation, l'appartenance ethnique et le statut socioéconomique (Worthy et al., 2010). Par exemple, les niveaux socioéconomiques et d'éducation faibles sont associés à des écarts plus importants entre le poids réel et le poids corporel perçu (Dorsey et al., 2009 ; Metcalf et al., 2000 ; Viner et al., 2006). Dans une étude de la Nouvelle-Zélande, les personnes en surpoids ou obèses d'origine Pacifique étaient plus

susceptibles que les personnes d'origine Européenne (Metcalf et al., 2000) de penser que leur corpulence était normale. Ces résultats suggèrent que les interventions de gestion du poids devraient prendre en considération l'appartenance ethnique, ce qui peut être particulièrement important en NC, qui a une population culturellement et ethniquement diversifiée, y compris des personnes de nombreuses communautés ethniques présentes dans le Pacifique (principalement Mélanésien, polynésien, Asiatique et Européen). Les études sur les populations d'adolescents qui ont examiné la fréquence de la surestimation et la sous-estimation de la taille du corps ont révélé que jusqu'à 25% des filles de poids normal et environ 5% des garçons de poids normal se considéraient comme en surpoids (Viner et al., 2006). En outre, jusqu'à 48% des filles en surpoids et 61% des garçons en surpoids se considéraient ayant un statut de poids normaux (Edwards et al., 2010 ; Viner et al., 2006 ; Hayward et al., 2014). Cependant, la plupart de ces études étaient basées sur des données recueillies aux États-Unis ou en Europe et ne peuvent être généralisées à d'autres populations, en particulier aux insulaires du Pacifique. D'autres études ont montré une différence dans la prévalence de surpoids et d'obésité dans les zones rurales par rapport aux zones urbaines (Bruner et al., 2008), bien que le lieu de résidence (rural ou urbain) influençant sur la perception de la corpulence est toujours en discussion. Alors que certaines études n'aient révélé aucune différence dans la perception de la taille du corps selon le lieu de résidence (Czajka et al., 2013), d'autres ont montré une corrélation entre le lieu de résidence (rural ou urbain) et la perception erronée du poids. Par exemple, un travail récent a montré que les filles coréennes vivant dans une zone rurale étaient moins susceptibles de surestimer leur poids que ceux vivant dans une zone urbaine (Shin et al., 2015).

La forte prévalence du surpoids chez les adolescents du Pacifique (Kessaram et al., 2015) peut s'expliquer sous un angle psychologique par rapport à l'image de soi qu'ont ces jeunes. En effet une plus grande corpulence pourrait être considérée comme normale dans cette région.

Avec un taux de surpoids plus élevé que dans d'autres parties du monde, les enfants et les adolescents vivent dans des environnements dans lesquels leurs proches (les parents, les membres de la famille et les camarades d'école) sont en surpoids ou obèses, ce qui peut développer des perceptions erronées par rapport à ce qui constitue un statut pondéral approprié (Maximova et al., 2008). Des études contradictoires existent au sujet de l'image corporelle des populations insulaires. Certaines études indiquent des différences entre les Polynésiens et les populations Caucasiennes concernant le corps idéal (Wang et al, 2002). D'autres études indiquent que l'image du corps idéal est identique dans les différents groupes ethniques, notamment entre les populations d'origine Européenne et les Polynésiens (Williams et al, 2006; Yates et al, 2004). Teevale a constaté que les adolescents Polynésiens et leurs parents ne souhaitent pas avoir un corps plus gros que les occidentaux, mais souhaitent un corps de taille moyenne qui réponde à leur vision d'une bonne santé (Teevale, 2011). D'autre part, parce que l'obésité est un problème majeur de santé publique dans la région du Pacifique, les informations sur la santé sur ce sujet sont fréquemment et largement communiquées par les médias et les organismes de santé publique. Ces messages visent à améliorer la littératie générale en matière de santé des adolescents, en particulier en ce qui concerne l'obésité, et à sensibiliser aux dangers de l'excès de poids chez ceux qui souffrent de surpoids ou d'obésité.

On peut noter que, ces études ne concernent que les populations d'origine Polynésiennes et aucune étude ne s'est intéressée à l'image corporelle des adolescents Mélanésiens qui constituent une population d'origine distincte. À notre connaissance, la perception de soi du poids corporel chez les adolescents néo-calédoniens est encore peu voire non explorée. Récemment, les résultats d'une étude menée sur 737 adolescents néo-calédoniens de 11 à 16 ans ont montré que seulement 8,5% des adolescents de poids normal (7% garçons et 10% de filles) s'identifient comme «trop lourds». Les adolescents Mélanésiens de poids normal étaient

moins susceptibles que leurs homologues Européens de se juger trop lourds. Cependant, la moitié des adolescents en surpoids / obèses ont sous-estimé leur poids (53% de garçons et 48% de filles). La perception erronée du poids était associée à l'appartenance ethnique, au statut socioéconomique et à la zone de vie, avec des différences spécifiques entre les sexes (Frayon et al., 2017).

## **5. L'environnement social:**

### *a) Le statut socio-économique (SSE) et la santé.*

Le statut socioéconomique (SSE) désigne la position qu'occupe une personne dans la société. On ne peut mesurer ce statut directement, mais il existe un certain nombre d'indicateurs possibles. Le SSE peut s'exprimer, par exemple, en termes de revenu, de niveau de scolarité, de genre de travail, de capitaux acquis, de la valeur de la maison de la personne. Quel que soit l'indicateur utilisé, il y a une tendance presque universelle pour les personnes des groupes socioéconomiques moins élevés de mourir plus jeunes et d'être plus malades au cours de leur vie (Blanpain, 2011). Le SSE est en effet l'une des causes les plus importantes de maladies et de décès prématurés dans le monde et devrait en tant que tel être considéré comme un véritable facteur de risque. Une étude a cherché à comparer la contribution du statut socioéconomique à la mortalité et aux années de vie perdues reposant sur des données de 48 études comprenant en tout 1,7 million de personnes vivant au Royaume-Uni, en France, en Suisse, au Portugal, en Italie, aux États-Unis et en Australie (Stringhini et al., 2017). Les résultats ont montré que, comparativement à leurs homologues les plus riches, les personnes ayant un statut socio-économique faible étaient près de 1,5 fois plus nombreuses (46%) à mourir avant d'avoir atteint l'âge de 85 ans. Plus précisément, parmi les personnes à faible statut socioéconomique, 55.600 d'entre elles sont décédées avant l'âge de 85 ans, par rapport à

25.452 des personnes avec un statut socio-économique élevé. De plus cette même étude a également montré que les femmes et les hommes avec un faible statut socio-économique vivaient en moyenne 2,1 ans de moins que les personnes aisées. Un facteur de risque dont l'incidence est semblable à la sédentarité (2,4 ans) mais plus élevée que l'hypertension artérielle, l'obésité et la consommation élevée d'alcool dont les réductions de l'espérance de vie ont été respectivement associées à 1,6 an, 0,7 an et 0,5 an. Enfin parmi les facteurs de risque qui ont enregistré les plus fortes réductions d'espérance de vie, le SSE se place après le tabagisme et le diabète (respectivement 4,8 ans et 3,9 ans).

Les facteurs environnementaux, tels que le statut socioéconomique (SSE) des familles, ont des répercussions importantes sur le niveau d'activité physique. Les niveaux d'activité plus élevés chez les enfants au SSE faible sont associés à des exigences plus élevées d'activités informelles ou de survie telles que les tâches ménagères et la marche d'un endroit à l'autre (transport actif) plutôt que les activités sportives formelles ou organisées engagées par leurs pairs plus privilégiés (Dinsa et al., 2012 ; Aandstad et al., 2006). Les enfants issus de SSE élevés et les enfants vivants en milieu urbain passent plus de temps dans les activités sédentaires que ceux issus de SSE faible et les enfants vivant en milieu rural (Micklesfield et al., 2012). D'autres études montrent que les enfants au SSE faible étaient plus actifs. Cette constatation est probablement due à un accès moins facile aux transports motorisés et à une plus grande nécessité de leur contribution aux tâches domestiques (Larsen et al., 2004). Enfin, ces mêmes enfants ont également été plus performants dans les tests de la capacité aérobie par rapport à leurs pairs au SSE plus élevés. Les performances supérieures en capacité physique aérobie dans les SSE faibles et les enfants ruraux peuvent en effet être le résultat direct de leur participation accrue au transport actif habituel (ex : marche, course) par rapport à des SSE plus élevés et des enfants urbains (Muthuri et al., 2014). Cependant une étude a montré chez les adolescents que le surpoids et la prévalence d'obésité peuvent augmenter notamment chez

les garçons issus de famille de statut socioéconomique élevé à moyen-faible (Moreno et al., 2005). Cela pourrait s'expliquer par des comportements sédentaires, en terme de temps quotidien passé devant un écran télé ou jeux vidéo, plus importants à un niveau de SSE élevé (Esmailzadeh, 2014).

### *b) Professions et catégories socio-professionnelles (PCS) des familles et Activité physique*

La nomenclature (c'est-à-dire la liste) des PCS a changé en 1982. Jusqu'à cette date, on ne parlait que de catégories socio-professionnelles (CSP). En 1982, l'institut national de la statistique et des études économique (INSEE) pour notifier qu'il s'agissait d'un vrai changement, a modifié l'appellation : on est passé aux PCS, mais comme les deux noms sont très proches, l'habitude de parler des CSP est restée. Les PCS correspondent à une répartition des actifs français dans des catégories dont les membres présentent une certaine homogénéité sociale, c'est-à-dire le même genre de comportements (par exemple vis-à-vis de la santé, des opinions politiques, des pratiques de loisirs, etc.). Pour constituer ces groupes, l'INSEE prend en compte un certain nombre de critères socio-professionnels : le statut des actifs (salarié / travailleur indépendant / employeur), leur métier, leur qualification, leur place dans la hiérarchie professionnelle (avoir ou non des personnes sous ses ordres), l'activité de l'entreprise où travaille la personne. Il y a 6 PCS : les exploitants agricoles, les artisans, commerçants et chefs d'entreprise, les cadres et professions intellectuelles supérieures, les professions intermédiaires, les employés et les ouvriers. Remarquons que le revenu n'est pas un des critères retenus par l'I.N.S.E.E pour constituer les PCS, même si, indirectement, on va sans doute retrouver des individus ayant des revenus comparables dans la même PCS. L'impact des PCS sur la santé est encore mal connu, mais les inégalités de santé observées

chez l'adulte semblent en partie déterminées par les comportements et la santé à un âge précoce, et plus particulièrement pendant l'adolescence.

Les données françaises de l'enquête internationale « Health Behaviour in School-aged Children » réalisée à partir d'un échantillon représentatif d'adolescents âgés de 13 et 15 ans en 1998 ont montré que les adolescents issus de familles d'ouvriers étaient plus nombreux à déclarer être en « assez bonne santé » ou « pas très bonne santé » et en surpoids ou obèse que ceux issus de familles de cadres. Ils étaient également plus nombreux à adopter des comportements néfastes à la santé (hygiène alimentaire, pas de pratique sportive) par rapport à ceux issus de familles de cadres.

### *c) PCS et sédentarité*

Au cours de la dernière décennie, le concept d'être «sédentaire» a changé. Alors qu'il était autrefois compris comme ne respectant pas les lignes directrices pour une activité physique modérée à vigoureuse (Brown et al., 2009), le terme «comportement sédentaire» est maintenant utilisé pour décrire les comportements de veille impliquant les position « assis » ou « couché » (Appl Physiol Nutr Metab, 2012). Une étude récente a montré que l'association entre SSE et les comportements sédentaires est différente dans les pays à haut, moyen ou faible revenu selon le type du comportement sédentaire. Les résultats ont montré que dans les pays à revenu élevé, le SSE était inversement associé au comportement sédentaire, alors que dans les pays à revenu faible, il y avait une association positive entre SSE et comportement sédentaire. Dans les pays à revenu élevé, l'association entre SSE et les comportements sédentaires a été plus forte pour le temps passé devant des écrans et la télévision. Alors que dans les pays à revenu faible, l'association a été la plus forte pour le temps passé devant des écrans tels que l'ordinateur, les jeux vidéo, le temps d'étude, mais pas devant la télévision (Mielke et al., 2017).



#### *d) PCS en Nouvelle-Calédonie*

La NC se caractérise dans l'ensemble de l'outre-mer français par un niveau de PIB par habitant élevé et une croissance forte. Le PIB est comparable à celui de la grande majorité des régions françaises et est supérieur à celui de la Nouvelle-Zélande. Les dix dernières années ont été marquées par un progrès économique et social important, notamment grâce aux effets induits des investissements réalisés dans l'exploitation du nickel, ressource naturelle constituant la principale richesse de l'île.

Cependant, dans ce pays « riche », les inégalités sont patentes. Le développement industriel du pays a conduit à de fortes disparités géographiques qui se superposent aux inégalités ethniques. A titre illustratif, les 10 % les plus modestes ont un niveau de vie 7,9 fois plus faible que celui des 10 % les plus aisés (Hadj, 2010). Les auteurs montrent que, bien que le niveau de qualification de la population calédonienne ait fortement progressé en 20 ans pour toutes les communautés, les inégalités demeurent importantes : en 2009, les non-Kanak ont presque dix fois plus de chances d'obtenir un diplôme de l'enseignement supérieur que les Kanak. Ainsi, les caractéristiques socio-économiques des Kanak, peuple autochtone, diffèrent significativement de celles des non-Kanak. Dans ce contexte, des politiques de réduction des inégalités ont été mises en place il y a plus de 20 ans. C'est au regard de cette période de rééquilibrage qu'est ici analysée l'évolution des inégalités liées à l'insertion sur le marché du travail. En utilisant les données des quatre derniers recensements de la population (1989, 1996, 2004 et 2009), cette étude montre que, en 20 ans, le niveau d'éducation de la population calédonienne a fortement progressé. Cette évolution a été plus rapide pour les Kanak que pour les non-Kanak, conduisant à une réduction de l'impact de la communauté d'appartenance sur l'accès aux diplômes. Cependant, les inégalités d'accès aux diplômes restent préoccupantes : en 2009, un jeune non-Kanak a sept fois plus de chances d'obtenir un diplôme de

l'enseignement supérieur qu'un jeune Kanak. Parallèlement à cette forte réduction des inégalités dans l'accès aux diplômes, les rapports de chances relatives non-Kanak / Kanak d'accès à l'emploi ne diminuent que faiblement entre 1996 et 2009. Les inégalités dans l'acquisition de qualifications ont un impact sur l'insertion sur le marché du travail et en particulier sur la constitution des élites de la société (Thélot et Vallet, 2000). Réussir à l'école est devenu une condition quasi nécessaire à l'accès à l'emploi en NC. Ce sont les provinces Nord et des Îles Loyauté, qui comptent une population majoritairement kanak, qui sont les moins riches et bénéficient d'infrastructures moins développées ; le revenu médian en province Sud est 2 fois supérieur à celui de la province Nord et 2,5 fois supérieur à celui de la province des Îles Loyauté. La province Sud concentre les trois quarts des Calédoniens.

Selon leur ethnie, les calédoniens sont inégalement répartis au sein des catégories socioprofessionnelles. Les Kanak occupent le plus souvent des emplois peu qualifiés. En effet, la structure de l'emploi des Kanak reste très fortement marquée par leur surreprésentation parmi les employés et les ouvriers (trois quarts d'entre eux sont ouvriers ou employés, contre moins de la moitié pour les non-Kanak). À l'inverse, leur accession aux postes d'encadrement demeure limitée. En 2009, on dénombre à peine un millier de cadres Kanak. Les emplois de cadres concernent quatre fois plus souvent les non-Kanak (13 %) que les Kanak (3 %). Les professions intermédiaires sont occupées à 30 % par les Kanak. La distribution au sein des CSP a peu évolué entre 1996 et 2009. Chez les Kanak, la part des employés et ouvriers a augmenté alors qu'elle baissait chez les non-Kanak à la faveur des professions intermédiaires et supérieures. Néanmoins, dans ce domaine également, la situation évolue favorablement : le nombre de Kanak occupant des fonctions d'encadrement a été multiplié par 7 en vingt ans (Insee, 2011).

### *e) Le Sexe*

L'adolescence est une étape importante de la vie dans l'apprentissage de comportements sains pour un mode de vie sain. Plus tôt ce dernier sera inculqué chez le jeune plus il aura d'importantes influences sur la santé et le bien-être dans sa vie adulte. De plus, l'implication dans l'exercice physique et le comportement alimentaire des adolescents ont tendance à différer selon le sexe (Sallis et al., 1996). Une étude récente nous a rapporté que, chez les garçons, l'activité physique a une influence plus importante sur l'indice de masse corporelle que les habitudes alimentaires, et inversement chez les filles (Al-Haifi et al., 2013).

En outre, d'une part au niveau du statut pondéral la proportion de surpoids était plus élevée chez les filles que chez les garçons (Bodzsar et al., 2006); d'autre part au niveau de la composition corporelle, les filles ont plus de graisse corporelle que les garçons et que l'accumulation de graisse corporelle féminine est supérieure à l'accumulation masculine. Il est probable qu'une augmentation donnée de l'IMC reflète plus sévèrement le dépôt de graisse chez les femmes que chez les hommes. (Gültekin et al., 2014). Ces différences entre les sexes ont également été démontrées chez d'autres populations, comme les enfants Afro-américains, Asiatiques, Caucasiens (He et al., 2002) et Européens (Rebato et al., 1998 ; Webster-Gandy et al., 2003)

En France, des études ont montré que la proportion d'enfants entre 5 et 12 ans en situation de surcharge pondérale (au-delà du 97<sup>e</sup> percentile des références françaises), est passée de 6 %, à la fin des années 70, à 10 % au début des années 1990 et à 13 % en 1996 (Haute Autorité de Santé, 2011). Les études menées ont été réalisées à un niveau régional et sur des populations d'âge variable. Il faut attendre 2000 pour avoir la première étude nationale et une stabilisation de la prévalence du surpoids (Lioret et al., 2009)

En NC, le Baromètre Santé est une enquête transversale multithématique réalisée auprès de la population générale de 18 à 67 ans sur toute la Grande-Terre et dans les Iles Loyautés dont

l'ASSNC est l'initiateur. Ce type d'enquête permet d'obtenir à un « instant t » un arrêt sur image d'une situation sanitaire donnée. Elle a montré que la prévalence de surpoids est plus importante chez les hommes (31,2%) versus 24,1% chez les femmes tandis que la tendance s'inverse pour l'obésité avec une prévalence féminine plus importante (28,8 % versus 24,3 % pour les hommes).

#### *f) Influence des parents*

##### ➤ Sur l'AP des enfants

Le soutien parental tient une place importante dans l'engagement des enfants dans une activité physique. Une méta-analyse récente a démontré une corrélation moyenne entre le soutien parental et l'AP d'un enfant montrant même précisément que le lien « père-fils » était significativement plus important que celui « mère-fils » dans l'engagement d'une activité physique de l'enfant (Yao et Rhodes., 2015). Par ailleurs une autre étude a montré pour les filles que le soutien parental était associé positivement à l'activité physique totale et à une activité physique modérée à vigoureuse après l'école mais également une association négative avec le temps sédentaire postscolaire (Lau et al., 2015). L'influence des parents sur leurs enfants peuvent se faire sous différentes formes notamment par l'encouragement, le soutien social, la participation, la restriction comme la facilitation d'accès à l'AP, l'aide au transport, l'organisation sportive, ou encore l'aide financière. Plusieurs revues de la littérature ont évalué l'influence des parents sur les niveaux d'activité chez les jeunes (Sallis et al., 2000 ; Hinkley et al., 2008 ; Ferreira et al., 2006 ; Mitchell et al., 2011). Ces études fournissent des preuves sur le rôle clé que jouent les parents dans la promotion ou la dissuasion dans l'engagement dans les niveaux d'activité de leurs enfants. En général, on a constaté que le soutien parental était positivement lié à l'AP et les parents actifs (en particulier les pères actifs) étaient plus susceptibles d'avoir des enfants actifs (Biddle et al. 2011). Au regard des

différentes type d'influence parentale, il apparaît intéressant de les évaluer afin d'améliorer l'intervention parentale sur leur pouvoir de dissuasion pour une vie plus active de leur progéniture.

➤ Sur le comportement alimentaire des enfants

Dans le contexte du surpoids et de l'obésité de l'enfant et l'adolescent, la cellule familiale est un des noyaux clés essentiels à explorer pour essayer de mieux comprendre les choix et comportements alimentaires des enfants et adolescents. Au cours de son enfance, l'enfant doit intégrer de multiples apprentissages et construire sa propre identité. Les parents sont alors les premiers responsables de leurs enfants et de leur éducation. En effet, les apprentissages se réalisent en observant les adultes, par imitation des pairs et par respect des normes. Le rôle des parents (père et mère) est donc important. C'est en famille que s'apprennent et/ou se gèrent « les habitudes de vie ». Les comportements parentaux alimentaires en famille, leurs croyances et attitudes face à l'alimentation, au surpoids et à l'obésité sont des facteurs influençant les comportements alimentaires des enfants.

Les comportements alimentaires et la croissance des enfants sont liés aux différents contextes alimentaires entre parents et enfants (Rhee, 2008). La sensibilité et la structure parentales, notamment la perception des parents envers le comportement de leur enfant, ont été appliquées aux contextes alimentaires. Le style alimentaire des parents a été défini sous 4 formes selon une étude récente (Black et Aboud., 2011). Dans cette étude est tout d'abord défini le style alimentaire réceptif qui renvoie à des parents qui font preuve de beaucoup de sensibilité et de structure. Ce type d'éducation est autoritaire et est caractérisé par des interactions rapides qui dépendent du comportement de l'enfant, qui sont appropriées à son niveau de développement et où les concessions mutuelles sont facilitées. Le deuxième style alimentaire est décrite comme contrôlant, où la structure est forte et la sensibilité faible. Ce

style est caractéristique des parents qui utilisent des stratégies contraignantes ou restrictives pour contrôler le moment des repas. Ce style fait partie d'un modèle de pratiques parentales globalement autocratique et peut inclure des comportements beaucoup trop stimulants, comme parler fort, forcer l'enfant à manger ou le dominer. Les parents contrôlants peuvent outrepasser les signaux de régulation interne de la faim et de la satiété. Le troisième style alimentaire est défini comme indulgent présentant beaucoup de sensibilité et peu de structure, est représentatif d'un style de pratiques parentales généralement indulgent, et se produit quand les parents permettent aux enfants de prendre des décisions à l'égard des repas, comme le moment de manger et le contenu de l'assiette. Sans directives parentales, les enfants sont susceptibles d'être attirés par des aliments riches en sodium et en sucre plutôt que par une variété alimentaire plus équilibrée qui comprend des légumes. Enfin le style alimentaire détaché, dont la sensibilité et la structure sont faibles. Ce style alimentaire représente souvent les parents qui ont peu de connaissances et d'implication à l'égard des comportements alimentaires de leur enfant au moment des repas. Les caractéristiques de ce style alimentaire sont le peu, voire l'absence d'aide physique active et de verbalisation pendant le repas, le manque de réciprocité entre l'enfant et le parent, l'environnement alimentaire négatif et le manque de structure ou de routine alimentaire. Les personnes de ce style alimentaire ignorent souvent les recommandations en matière d'alimentation saine ainsi que les signaux de faim et de satiété de leurs jeunes enfants, et ne savent peut-être pas ce que leur enfant mange ni à quel moment il s'alimente.

Ainsi les enfants qui sont élevés par des parents qui prônent des comportements alimentaires sains, comme une diète riche en fruits et en légumes, développeront des préférences alimentaires qui incluent ces mêmes aliments (Skinner et al., 2002). Les parents contrôlent la nourriture offerte et l'ambiance au moment des repas. Leur rôle consiste à s'assurer d'offrir aux enfants de la nourriture saine selon un horaire prévisible dans un cadre agréable (Black et

Hurley, 2010). En instaurant une routine au moment des repas, les parents apprennent aux enfants à prévoir le moment où ils mangeront. Ces derniers apprennent que le sentiment de faim sera bientôt soulagé et qu'il n'est pas nécessaire de se sentir anxieux ou irritable. Ils ne devraient pas grignoter ni manger tout au long de la journée, de façon à ce qu'ils développent une attente et un appétit autour de l'heure des repas (Satter, 2000)

Dans la région du Pacifique, la mondialisation, l'essor du commerce et l'urbanisation croissante ont contribué à un changement du comportement alimentaire et d'activité physique (Hughes et al., 2005). Les régimes traditionnels composés de tubercules, de légumes, de fruits, de poissons et de viande fraîches ont été progressivement remplacés par des aliments à faible densité énergétique et diminués en nutriments. Depuis 2005, ces changements environnementaux ont eu un impact de plus en plus important sur les jeunes générations (Rapport OMS, 2014). En conséquence plusieurs études ont montré la forte prévalence du surpoids et de l'obésité chez les adolescents aujourd'hui (Kessaram et al., 2015). Les adolescents semblent donc particulièrement exposés au risque de surpoids (Daniels et al., 2005 ; Dietz et al., 1997) et ses conséquences psychologiques (Daniels et al., 2005 ; Russell-Mayhew et al., 2012).

De manière générale, la population de la NC a un statut économique similaire à celle des pays occidentaux, mais la moitié de la population suit néanmoins un mode de vie tribal traditionnel, semblable à celui des autres Mélanésiens du Pacifique (Papouasie-Nouvelle-Guinée (Lindeberg et al., 1999)) . En effet, la plupart des habitants Kanak des zones rurales vivent encore en communauté tribale et pratiquent des activités physiques de subsistance telles que la pêche, l'horticulture ou encore la chasse. De plus ils ont pu conservé un régime alimentaire à base de tubercules comme le manioc ou l'igname, les fruits et les poissons, même lorsque l'occidentalisation est de plus en plus importante.

## **6. La vie spirituelle**

Entre le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle et la fin des années 1930, une importante influence religieuse Européenne s'est à la fois enracinée et a profondément modifié les sociétés traditionnelles du Pacifique. La christianisation des populations païennes fait partie intégrante de la mission civilisatrice des colonisateurs et va s'effectuer par l'intermédiaire des congrégations et des premiers autochtones convertis. De Guam à l'île de Pâques et de Hawaï aux Australes, s'opère un profond bouleversement de l'univers spirituel des Océaniens. Ainsi, les forces religieuses en présence dans le Pacifique insulaire au XIX<sup>ème</sup> siècle ont encore un ancrage important dans le mode de vie actuel du jeune Kanak. Deux grandes entités religieuses nous semblent donc importantes dans leur développement. D'une part il y a le monde Catholique, régi et organisé autour d'une hiérarchie rattachée à Rome et d'autre part le courant du Protestantisme. D'autres cultes sont aussi présents dans les sociétés kanak tels que le culte des anciens mais aussi celui de l'igname, qui conditionnent encore de nos jours leur mode de vie en tribu.

A partir de 1797, les missionnaires anglais de la London Missionary Society (L.M.S.) décident de christianiser le Pacifique. Les premières conversions d'Océaniens à la foi protestante incitent les pères de la Société de Marie à s'implanter en Mélanésie. L'archipel néo-calédonien est atteint en 1840. Fin 1843, un navire de guerre français amène à Balade via Wallis un évêque, Monseigneur Douarre et quatre missionnaires maristes. Les missionnaires maristes, comme les protestants, réprouvent l'anthropophagie et regrettent que la femme soit accablée de travaux. Ils luttent contre la polygamie ou l'usage d'abandonner les malades. Mais les Kanak attaquent, en 1847, la mission de Balade où le frère Blaise Marmoiton est



martyrisé. Après plusieurs années d'exil, les missionnaires reviennent cependant à Balade en 1851. La prise de possession de la NC par la France le 24 septembre 1853, un pays majoritairement catholique, explique que seuls les missionnaires catholiques soient autorisés, tout au long du XIXe siècle, à s'installer sur la Grande Terre.

Les missions protestantes reposent sur quelques hommes courageux, les «teachers», des catéchistes samoans et rarotongiens. Après des tentatives infructueuses sur la Grande Terre et à l'île des Pins, la conversion des chefs Nidoïsh Naisseline à Maré (1848) et Boula à Lifou (1851) permet aux teachers Tataïo et Fao de s'implanter définitivement. Plus tard, des pasteurs Européens s'installent et Ouvéa est atteinte en 1856. En terme de mode de vie, dès 1842, lorsque le teacher Fao arrive à Lifou celui-ci va introduire de nouvelles plantes telles que le maïs, la vanille ou les tomates qui agrémenteront et donc s'ajouteront ou modifieront les mets des Kanaks. Ce même teacher apportera simultanément une structuration de la semaine en drehu ainsi que les trois repas quotidiens en y ajoutant le thé de 15h. Ce succès, le plus grand rencontré en Mélanésie, explique que les îles loyauté soient actuellement encore à forte majorité protestante et que de nombreuses traditions restent vivantes (religieuses, culinaires ou sociologiques ; mots d'origine anglaise dans les langues des îles, jeu du cricket). Dans la région Mélanésienne qui regroupe les populations papoues mais aussi vanuataise, salomonaise et kanak, le culte des ancêtres et l'absence de spiritualité fondée sur le concept de dieux y sont communs. Il existe autour du monde visible un monde invisible que diverses pratiques permettent de s'approprier les bienfaits ou à l'inverse les malédictions. Situé à l'extrême Sud de la Mélanésie, le pays Kanak place l'igname comme valeurs de référence commune. Nous illustrerons notre propos par des traditions en majorité issues des Îles Loyautés et plus particulièrement de Lifou. Le culte des ancêtres était pratiqué sur des sites naturels, des cavités, des clairières, sur les falaises et les promontoires. Lors des cérémonies les officiants utilisent des pierres fétiches, des ongles de pied et de mains, des boucles de

cheveux comme supports culturelles. Le rituel funéraire se présentait, semble-t-il, de manière similaire sur l'ensemble de l'archipel néo-calédonien (Fizin, 2014). L'igname était également l'objet d'un culte, dans la symbolique traditionnelle l'igname est associée à l'homme. Ce tubercule occupe une place de première importance dans l'alimentation pré occidentale. Cela peut s'expliquer par sa capacité à nourrir une forte population. Plus qu'un simple tubercule, l'igname à elle seule constitue le référent et le support de toute l'organisation sociale, politique et religieuse. Dans le pays de Lösi au sud de Lifou, comme dans l'ensemble des pays Kanak la bonne production agricole est une préoccupation essentielle. Il existe pour cela une grande quantité de rites ayant pour but de favoriser d'abondante récolte. Loin d'être un acte uniquement technique, la culture de l'igname est pour le Kanak, la rencontre entre le monde des hommes et celui des esprits. C'est de cette jonction, que l'igname tire son rôle de référent spirituel et sociopolitique.

Ainsi, les croyances du jeune Kanak peuvent être liées à son histoire religieuse mais aussi aux anciens rituels encore pratiqués aujourd'hui. Entre l'évangile et le culte de tubercules telle que l'igname, la vie en tribu est rythmée par ces deux forces qui tissent le lien religieux mais aussi ancestral et jouent un rôle prépondérant sur son mode de vie et donc sa santé.

## **7. Environnement éducatif et prévention**

La santé est un bien précieux que nous devons apprendre à gérer. Elle doit être prise sous tous ses aspects, c'est-à-dire, non seulement comme l'absence de maladie, mais aussi en comprenant le bien-être et la qualité de vie. La promotion de la santé a pour but de donner aux individus et aux populations davantage de maîtrise de leur propre santé et davantage de moyens pour l'améliorer (Charte d'Ottawa, 1986). La promotion de la santé découle d'une politique de santé publique qui permet de créer des milieux favorables mais aussi de réorienter les services de santé. La stratégie de promotion vise à développer des compétences

personnelles (capacités à s'informer, à réfléchir, à faire des choix, à agir pour conserver sa santé) mais également à renforcer l'action communautaire (Koo et Miner, 2010). En ce qui concerne le domaine de l'école, on peut entendre l'ensemble de la communauté éducative (élèves, enseignants, direction mais aussi les associations de parents, les conseils, les associations sportives ou de quartier). Le domaine de la famille (fratrie, parents, grands-parents) peut aussi être considéré tout comme le domaine de la tribu (petits chefs, grands chefs, le curé, le pasteur, etc.) qui singularise la vie des jeunes Kanak. La promotion de la santé, depuis quelques années, occupe une place de plus en plus importante au sein des établissements scolaires (Van Sluijs et al., 2007 ; Kriemler et al., 2011). Deux grandes tendances ont prouvé l'efficacité de la promotion pour la santé chez les jeunes. Premièrement, la participation active des élèves ou des étudiants dans la conception et la mise en œuvre des interventions est essentielle à leur efficacité notamment en terme d'acquisition de compétences liées à la santé. La revue de Griebler et al. (2014) a montré les effets positifs de la participation active des élèves montrant une satisfaction accrue, une motivation importante dans le dispositif, un sentiment d'appartenance, l'amélioration des compétences et un enrichissement des connaissances sur la santé (Griebler et al., 2014). Deuxièmement, la littérature montre que les interventions de prévention devraient tenir compte de l'ensemble de l'écosystème vivant des enfants et des jeunes. En tant que composante centrale de cet «écosystème de la vie», l'école est un cadre important pour la prévention des MNT, car les enfants de tous les milieux socio-économiques et culturels y occupent une grande partie de leurs journées (Langford et al., 2014). Cet écosystème fait référence à l'environnement global de l'enfant à prendre en compte dans les interventions notamment son environnement familial, religieux ou encore coutumier pour les jeunes Kanak. La connaissance de cet écosystème nous permettrait de mieux cerner les facteurs de risques liés aux déterminants de la santé comportementale, sociale et environnementale (St Leger, 2010). Par ailleurs, des

effets positifs ont été observés lorsque les interventions intègrent les programmes scolaires, les séances d'activité physique hebdomadaires et l'approvisionnement en nourriture saine dans les écoles (Waters et al., 2011). En outre, l'environnement social et culturel devrait soutenir les enfants et les jeunes à manger des aliments plus sains et les encourager à être actif tous les jours. La construction des compétences avec la communauté éducative et la participation des parents étaient également importantes. Stewart-Brown (2006) a ainsi conclu que les programmes qui tiennent compte des facteurs contextuels et mettent l'accent sur les approches multidimensionnelles sont plus susceptibles d'être efficaces en termes de résultats sur la santé (Stewart-Brown, 2006). La promotion de la santé à l'école a donc pour but de permettre aux élèves et étudiants de construire des compétences en matière de santé avec la participation interactive de son environnement éducatifs (enseignants et non-enseignant), familial, religieux voire coutumier pour les jeunes Calédoniens.

La promotion de la santé à l'école est destinée à changer le regard que l'on porte sur l'école, sur la communauté scolaire et sur la définition de la santé. Ainsi les partenaires et les acteurs de l'école doivent aussi être sensibilisés à cette approche et aux notions de promotion de la santé à l'école. L'éducation pour la santé a été définie par l'OMS (36e assemblée mondiale de la santé, 1983) comme "tout ensemble d'activités d'information et d'éducation qui incitent les gens à vouloir être en bonne santé, à savoir comment y parvenir, à faire ce qu'ils peuvent individuellement et collectivement pour conserver la santé, à recourir à une aide en cas de besoin". L'éducation pour la santé est donc un processus pédagogique qui essaye d'accroître les connaissances et qui tente de développer une compréhension, un savoir-faire et un savoir-être (Goes Pereira Lima et al., 2000). Elle constitue donc une stratégie, parmi d'autres, servant la promotion de la santé.

De nos jours, en France, la politique éducative sociale et de santé émise par le ministère de l'Education Nationale, en faveur des élèves vise à réduire les inégalités sociales, d'éducation

et de santé pour permettre la réussite de tous les élèves et promouvoir une École plus juste et plus équitable. Mis en place à la rentrée 2016, le parcours éducatif de santé recouvre tous les niveaux scolaires, de la maternelle au lycée. Il structure la présentation et regroupe les dispositifs qui concernent à la fois la protection de la santé des élèves, les activités éducatives liées à la prévention des conduites à risques et les activités pédagogiques mises en place dans les enseignements en référence au socle commun et aux programmes scolaires. Le parcours éducatif de santé sera structuré autour de trois axes :

- l'éducation à la santé, fondée sur le développement des compétences psycho-sociales en lien avec le socle commun de connaissances, de compétences et de culture ;
- la prévention contre les conduites à risques, les conduites addictives, etc.;
- la protection de la santé : environnement favorable à la santé et au bien-être.

Même si depuis plus de quinze ans, les scientifiques se sont intéressés aux problématiques de santé chez des populations d'origine ethniques et culturelles bien différentes, peu voire aucune étude ne s'est intéressée aux caractéristiques physiologiques et/ou anatomiques des populations Océaniques notamment Mélanésienne. Dans une revue de la littérature, des chercheurs soulignent l'importance de considérer chacune de ces communautés Océaniques comme étant un ensemble populations singulières et non comme étant une population globale du Pacifique appelé « the Pacific Islanders » (Okihiro et al., 2005). Par ailleurs, Okihiro et al. (2005) recensent des études de références anthropométriques sur les Polynésiens, les Australiens, les Maoris Néozélandais, mais aucune donnée scientifique ne permet de caractériser les populations Mélanésiennes ou de Papouasie Nouvelle-Guinée alors que ces populations vivent une urbanisation et une modernisation rapide de leur mode de vie. En effet ces populations Océaniques voient leur mode de vie changer. L'essor industriel, l'importation importante de denrées alimentaires, le développement économique de certains

pays océaniens viennent perturber le quotidien des habitants. Le mode de vie traditionnel basé sur une agriculture vivrière et des activités physiques axées sur des modes de subsistance est remplacé par des aliments riches en graisses et en sucres raffinés et des comportements sédentaires. Ces constats ont été observés chez les insulaires du Pacifique et tous ont été associés à l'obésité. Les premières études réalisées par Tassié et al. (1997) ont montré que le surpoids était significativement plus élevé chez les adultes en NC que chez les populations vivant en France métropolitaine. Ces auteurs ont montré que l'appartenance ethnique et l'environnement (urbain ou rural) sont étroitement liés à la quantité et à la répartition de graisse corporelle. De plus, le facteur d'urbanisation montre que l'impact négatif sur la santé des Européens et des Mélanésiens augmente. En effet, la NC a la particularité d'avoir un niveau économique identique à ceux des pays occidentaux. Cependant, la moitié de la population adopte encore un mode de vie Océanien traditionnel. En outre, il s'agit d'un pays pluriethnique dans lequel les populations Mélanésienne, Caucasienne, Polynésienne et Asiatique vivent ensemble et sont représentatives de chaque population du Pacifique. En NC, les études sur les enfants et les adolescents restent clairsemées (ASSNC, 2014) et il n'y a pas de donnée concernant les adolescents âgés de 11 à 15 ans. Pourtant, ce groupe risque particulièrement de développer du surpoids (Daniels et al., 2005; Dietz, 1997) et les troubles psychologiques qui peuvent y être liés (Daniels et al., 2005; Russell-Mayhew et al., 2012). L'identification des facteurs sociodémographiques et comportementaux associés à un surpoids chez les adolescents aiderait à établir des motifs pour une éducation axée sur la santé.

Depuis le 1<sup>er</sup> décembre 2016 a été voté au congrès de la NC la charte d'application du projet éducatif Calédonien. Cette charte comprend les actions de mise en œuvre du projet éducatif ainsi que les conventions négociées avec les partenaires institutionnels et les engagements pris par les autres partenaires de la communauté éducative. Elle comprend un plan d'action triennal 2017-2019 afin d'atteindre les quatre ambitions fixées par le projet éducatif :

- développer l'identité de l'école calédonienne,
- considérer la diversité des publics pour une école de la réussite pour tous,
- ancrer l'école dans son environnement pour un climat scolaire au service de l'épanouissement de l'élève,
- et ouvrir l'école sur la région Océanie et sur le monde.

La promotion à la santé et le bien-être des élèves apparaît dans la 3<sup>ème</sup> ambition du projet calédonien liée au climat scolaire au service de l'épanouissement de l'élève. Le bien-être de l'élève, tant physique que mental et social, est considéré comme un élément essentiel de sa réussite. D'ailleurs plusieurs études ont montré que l'obésité infantile était associée à la fois à des problèmes de santé physique mais aussi une faible chance de réussite scolaire (Howie et Pate, 2012; Judge et Jahns, 2007). En outre la bonne santé calédonienne est synonyme d'épanouissement selon le plan de santé Calédonien Do Kamo adopté en mars 2016 par le Congrès de la NC, qui stipule qu'« être épanoui, être en bonne santé donc, permet d'être acteur de la société calédonienne ». Le plan Do Kamo s'inscrit dans une dynamique de modernisation et de démocratisation de l'action publique en santé. Elaborée et pilotée par le gouvernement de la NC, il est également associé aux différentes institutions, services et acteurs du pays (présidents de collectivités, de l'Etat, des caisses et mutuelles, des établissements hospitaliers publics et privés, de l'ASSNC, de l'IFPSSNC (Institut de formation des professions sanitaires et sociales de la Nouvelle-Calédonie)), des syndicats d'entreprises et de salariés, du Sénat Coutumier et des représentants de citoyens usagers. L'équipe devra d'une part coordonner des travaux de diagnostic et les acteurs du système de santé mais aussi élaborer un plan d'action détaillé, puis piloter les expérimentations de terrain et enfin rédiger les textes d'application du plan stratégique et assurer l'installation de l'organisme d'évaluation. Elle fonctionnera en mode projet avec un comité de pilotage constitué d'un représentant de chacune des entités contributives. Afin d'atteindre ce plein

épanouissement, le plan Do Kamo sur plusieurs strates du programme de santé dans lequel par exemple, les acteurs politiques sont invités, à tous niveaux et secteurs confondus, à orienter leur décision pour qu'elle soit le plus favorable à la santé. Ce plan met aussi l'accent sur le rôle de l'environnement sain dans lequel le jeune calédonien vit. Il est proposé de favoriser une évolution des modes de vie comme l'organisation du travail ou des loisirs en vue de créer une société plus saine. En conséquence le plan Do Kamo propose dans ces objectifs une méthode d'intervention des différents acteurs composants ce même environnement afin de rendre le lieux de vie favorable au bien-être. Nous pouvons en déduire de ce plan Do Kamo, que chaque programme de promotion à la santé puis d'intervention pourraient être très contextualisé et donc spécifique à la province, à l'aire coutumière, au village voire à la tribu.

Dans son projet éducatif adopté en janvier 2016 par le Congrès de la NC, ce projet garantit à chaque enfant, dans le respect de la culture de chacun, un environnement de travail favorable à son épanouissement personnel, un accès équitable à l'éducation pour la santé et à l'éducation au développement durable, un accès à un service sanitaire et social scolaire, une prise en charge adaptée des enfants à besoins éducatifs particuliers. Ces éléments concourent à transmettre aux élèves la dimension essentielle du respect de soi même et d'autrui, favorisant ainsi leur bien-être, leur réussite et leur intégration à l'École, en internat, dans la vie sociale et la société calédonienne. La lutte contre les inégalités à l'École sont garanties par les actions de promotion de santé assurées par tous les personnels, dans le respect des missions de chacun. L'ensemble de la communauté éducative est interpellé à participer à la promotion de la santé à l'Ecole (Vice Rectorat de la Nouvelle-Calédonie). Une bonne santé conditionne de meilleurs résultats scolaires. D'ailleurs, plusieurs études ont démontré qu'une bonne santé notamment physique est associée à une meilleure fonction cognitive et de meilleurs résultats scolaires (Chaddock et al., 2011; Hillman et al., 2005; Voss et al., 2011).



Cependant des recherches sont nécessaires pour mieux comprendre les relations entre activité physique, condition physique et réussite scolaire. Pour cause il a été démontré qu'un niveau scolaire élevé pendant l'enfance influençait l'état de santé adulte (Wrulich et al., 2013). Ces chercheurs ont constaté que les bons résultats scolaires prévoyaient une meilleure santé fonctionnelle, subjective et physique à l'âge adulte. Il serait donc intéressant de proposer un dispositif interventionnel d'éducation à la santé inspiré des orientations du plan Do Kamo en ciblant l'activité physique comme premier levier à l'apprentissage et à la réussite scolaire des jeunes sans bien sûr pour autant négliger l'axe alimentaire, celui du comportements sédentaires ou encore de l'image de soi.

## **8. Environnement géographique et mode de vie**

### ***a) L'Océanie***

L'Océanie est un des six continents de la planète. Elle caractérise une vaste région, de plus de 9 millions de km<sup>2</sup>, qui regroupe des pays et des territoires (dépendances) situés dans l'Océan Pacifique entre l'Asie à l'Ouest et l'Amérique à l'Est. Elle comprend l'Australie qui représente à elle seule l'essentiel de la surface de ce continent formé en réalité d'une multitude d'îles et archipels. On y compte plus de 30 millions d'habitants et on y parle, selon l'endroit, l'anglais, le français, l'indonésien et bien d'autres langues et dialectes. L'Australie et la Nouvelle-Zélande regroupent près de 70% de la population. Les autres îles sont divisées en trois ensembles : la Mélanésie dont fait partie la Nouvelle-Calédonie (les îles noires), la Polynésie (les îles nombreuses) et la Micronésie (les îles petites).

La Mélanésie comporte : la Nouvelle-Calédonie, la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Iles Salomon, le Timor oriental, Fidji et le Vanuatu.

La Polynésie comporte : Wallis et Futuna, Samoa, Tonga, Tuvalu, la Polynésie française, Hawaï, les Iles Cook, l'Ile de Pâques, les Iles Pitcairn, Tokelau et Niue.

La Micronésie comporte Nauru, Palaos, Wake, Kiribati, Guam, les Iles Mariannes, les Iles Marshall et les Etats fédérés de Micronésie.

### ***b) Industrialisation et modernisation de l'Océanie***

Depuis plusieurs décennies, les modes de vie des pays développés ou en voie de développement ont considérablement changé. Les progrès de l'industrialisation, les moyens de locomotion ou de transports mécanisés, l'accès à une offre alimentaire industrielle abondante et l'importance des médias ont modifié les habitudes de vie.

Avant l'arrivée des Caucasiens dans les îles du Pacifique sud, les populations autochtones avaient une alimentation saine et plutôt équilibrée. De par la proximité de l'océan, ces populations avaient un accès illimité à toutes les denrées de la mer et bénéficiaient des denrées de la terre : fruits tropicaux (bananes, noix de coco) et tubercules (taros, ignames, patates douces, manioc). Les premières migrations de populations ont permis l'introduction des premiers poulets et cochons et ainsi la continuité d'une alimentation saine et équilibrée.

La fin des années 1700 marque le début de la colonisation et l'arrivée des « blancs » dans les îles du Pacifique. Des modifications significatives des modes de vie ont été enregistrées : l'exploitation des terres et des ressources, la perte de beaucoup d'aspects de la culture traditionnelle, la conversion religieuse, l'apport de nouveaux aliments et de nouvelles façons de cuisiner. Les principaux aliments traditionnels, pauvres en graisses et en sucres rapides, se sont vus remplacés par des aliments manufacturés de forte densité, riches en calories (graisse et sucres rapides) (Hugues et al., 2010). Le glissement des populations vers l'obésité s'est fait par à coup suite à divers facteurs (changement d'alimentation, urbanisation, accessibilité augmentée à la nourriture) et est toujours corrélé à des changements d'habitudes.

Dans la région du Pacifique, la mondialisation, l'essor du commerce et l'urbanisation croissante ont tous contribué au changement du comportement alimentaire et de l'activité physique des habitants (Hughes et al., 2005). Les habitudes alimentaires traditionnelles, la

culture des tubercules, de légumes, de fruits, de poissons et de viandes ont été remplacées par des produits alimentaires importés et transformés à hautes valeurs énergétiques et à faibles teneurs en nutriments. Depuis 2005, ces changements environnementaux ont eu un impact de plus en plus fort sur les jeunes générations (Rapport OMS, 2014), avec des résultats montrant une prévalence élevée du surpoids et d'obésité chez les adolescents aujourd'hui (Kessaram et al., 2015).

En Océanie, les enfants sont très attirés par la nourriture importée notamment américaine telles que les fast-foods (Deruelle., 2012). La culture se perd, le mode de vie traditionnelle comme la manière de cuisiner aussi. Les influences des enfants changent et elles conditionnent de nouvelles habitudes. Les plats tout prêts, les produits (aliments et boissons) manufacturés deviennent l'alimentation principale des nouvelles générations. Les activités aussi changent, les enfants, qui avant jouaient en extérieur sont désormais captivés voire dépendant des consoles et jeux vidéo, à la télévision et aux programmes venant des Etats-Unis ou de l'Europe. Or une étude a montré les effets néfastes d'une surexposition aux écrans sur le développement des fonctions cognitives des jeunes notamment sur les champs de la réussite scolaire, le langage, l'attention, le sommeil ou encore l'agressivité (Harlé et Desmurget, 2012). Des travaux d'investigation sur les activités sédentaires devant écrans pourraient être menés sur les adolescents Calédoniens voire même Kanak, touchés eux aussi par l'essor de ces nouvelles technologie en milieu rural en tribu, afin de décrire ou pas les effets néfastes des écrans avec les différents domaines cognitifs affectés décrits dans l'étude de Harlé et Desmurget (2012).

### *c) La Nouvelle-Calédonie*

La NC compte 269 000 habitants (Institut de la statistique et des études économiques de la Nouvelle-Calédonie, 2014) répartis sur les trois provinces du territoire. La province Sud où se

situe la capitale, Nouméa, regroupe 74% de la population, contre 19% en Province Nord et 7% en Province des îles. La croissance de sa population demeure l'une des plus dynamiques des îles du Pacifique. Depuis 2009, date du précédent recensement, la population s'est accrue de 23 000 personnes. Cette augmentation est majoritairement le fait de l'excédent naturel, et dans une moindre mesure du solde migratoire apparent qui s'élève à + 8 000 individus en cinq ans. Deux Calédoniens sur trois vivent dans le Grand Nouméa. Le vieillissement de la population s'accélère mais la part des jeunes reste élevée. La communauté kanak est la plus nombreuse (39,1%), devant celle des Européens (27,1%) et celle des Wallisiens-Futuniens (8,2%). Dans la condition où trois quarts de la population totale vit en province sud dont 26% de Kanak, et que l'exode rural est encouragé par la forte croissance économique de ces dernières années dans le Nouméa et Grand Nouméa, nous pouvons émettre l'hypothèse que le mode de vie des Mélanésiens a subi des changements rapides au niveau du comportement alimentaire et de l'activité physique, ayant des conséquences sur leur condition physique et leurs caractéristiques anthropométriques.

En NC, la plupart de la population vit dans un modèle et un rythme de vie urbain comparable à celui des pays occidentaux, plus particulièrement en province Sud. Ils sont, en effet, 28% en province des îles Loyauté, 34% en province Nord et 45% en province Sud à déclarer avoir un comportement sédentaire (passer plus de trois heures par jour à des activités en position assise, ASS-NC, 2016). Néanmoins la moitié de la population, celle des Kanak, suit un mode de vie tribal traditionnel, semblable à celui des autres Mélanésiens du Pacifique notamment la Papouasie Nouvelle Guinée.

#### *d) La tribu en Nouvelle-Calédonie*

##### ➤ Organisation sociale d'une tribu

La NC est découpée en 8 aires coutumières composées elles-mêmes de plusieurs districts. Au niveau d'un district, le Grand chef représente l'autorité la plus élevée dans la hiérarchie tribale sous laquelle est placée le district qui regroupe une ou généralement plusieurs tribus (à l'exception des tribus indépendantes). Au niveau d'une tribu, le chef ou « petit chef » est garant du maintien de l'ordre et la tranquillité. Le conseil des anciens représente la plus grande instance coutumière « collégiale » de la tribu. Les Conseils des Chefs de Clan, qui existent dans certaines tribus, jouent un rôle analogue. Par simplification, ces deux instances ont été regroupées sous le même intitulé « Conseil des Anciens ». Lorsque le conseil est organisé de manière administrative, son président est nommé (ISEE NC, 1996).

Les jeunes Kanak sous l'autorité directe de leurs parents, sont régis en tribu par une hiérarchie sociale coutumière. Nous pourrions définir cette hiérarchie grâce d'une part à une lecture « horizontale », définie par la famille nucléaire et le lien de sang (Père, mère, frères, sœurs, cousins, oncle, tante), d'autre part grâce à une lecture « verticale », définie par son rang au sein d'une famille ou d'un clan (chef de famille, chef de clan, grand chef). Le clan peut regrouper plusieurs familles de plusieurs tribus d'un même district dans le but de fournir une collégialité dans les prises de décision liées au clan voire au district. Au sein de cette lecture verticale, nous pouvons ajouter le lien fort qui se tisse entre le jeune Kanak et ses oncles maternels. Le jeune Kanak doit « son souffle de vie » à sa mère et la famille maternelle. Réciproquement les oncles maternels sont responsables du cycle de la vie du jeune Kanak, c'est à dire de la naissance jusqu'à la mort de ce dernier et même après.

À l'intérieur d'un clan comme au sein d'une famille, chacune des personnes occupe une place précise avec des fonctions particulières, de l'aîné vers le cadet et vers le benjamin lors de cérémonie coutumière mais aussi dans la vie de tous les jours. Dans des conditions

particulières, la fille aînée peut être amenée à occuper des fonctions traditionnellement dévolues à l'homme. Dans la conception kanak, dans un clan et par analogie dans une fratrie, les relations entre les membres aînés, cadets et benjamins sont fondées sur les valeurs de respect de la hiérarchie, de cohésion, de complémentarité et de solidarité. Ces principes sont indissociables. La notion de contre-pouvoir est inscrite dans les procédures décisionnelles et dans les rôles de l'aîné et du benjamin de la fratrie.

Ainsi les leviers sociaux du milieu rural en tribu pour promouvoir la santé chez le jeune Kanak peuvent être de plusieurs ordres. A partir de la lecture « horizontale » ou « verticale » de la vie sociale en tribu décrite plus haut, premièrement, les acteurs influençant le jeunes Kanak pour un comportement sain peuvent être déterminés par leur appartenance au lien sanguin et donc par des actions mises en œuvre avec les familles (lecture horizontale), une méthode bien utilisée dans le milieu médical. Deuxièmement, la prise en compte des chefs de familles, des oncles maternels, des chefs de clan ou encore des grands chefs (lecture verticale) dans les dispositifs de promotion ou d'éducation à la santé serait indispensable pour changer les comportements néfastes des jeunes et moins jeunes Kanak.

#### ➤ Mode de vie

La plupart des Kanak vivant en milieu rural vivent en tribu et exercent des activités physiques de pêche, d'agriculture et de chasse qui définit le mode de vie tribal. Leur consommation alimentaire est généralement composée de tubercules comme le manioc ou l'igname, mais aussi de fruits et de poissons. La tribu est en NC une entité administrative et territoriale reconnue. Créée par l'administration coloniale à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle et présentée comme « la reconnaissance administrative de l'organisation mélanésienne », elle est devenue aujourd'hui une réalité sociologique significative, tant pour les populations qui s'y rattachent que pour l'ensemble des communautés néo-calédoniennes. Son ossature territoriale repose

pour une grande part sur le système des « Réserves » Mélanésiennes introduit sous la colonisation pour délimiter l'espace dévolu au Kanak. Cet héritage perdure et s'exprime entre autre à travers un certain nombre de particularités liées d'une part au fait que la tribu demeure un espace de résidence exclusivement Kanak ; et d'autre part au fait qu'elle est régie par un statut juridique dérogatoire de droit particulier.

## **9. La génétique**

James Neel, un généticien Américain, sera le premier à parler du « thriftygene », le gène d'épargne (McDermott, 1998). Il note la recrudescence du taux de diabète et son impact sur la fertilité au sein des populations Australiennes, des îles du Pacifique sud et de l'Amérique du nord. En 1962, suite à cela il émet l'hypothèse de l'existence de gènes qui auraient été bénéfiques dans le temps où les populations se nourrissaient de denrées traditionnelles pauvres en graisses et en sucre rapide et subissaient des périodes alternées de jeûne forcé (lors des traversées en mer ou lors de mauvaises récoltes) et d'abondance. Ces gènes sélectionnés apportaient alors un avantage certain quant à la survie des hommes en leur permettant de stocker des graisses. Avec la modernisation et l'occidentalisation qui ont impacté l'Océanie ces soixante dernières années, cet avantage est devenu un inconvénient. En effet, avoir une facilité au stockage de graisses alors que la nourriture est consommée à profusion et que l'activité physique se réduit de plus en plus contribue à l'obésité et tout ce qui s'y rapporte en terme de complications. Pour expliquer pourquoi cette facilité à la prise de poids est plus importante dans certaines populations alors que dans d'autres, exposées pourtant à la même offre et aux mêmes conditions, elle est moindre, Neel rappelle que la différence est le temps. En effet, chez les populations Européennes par exemple, cette susceptibilité à la prise de poids est moindre car en Europe, la mise à disposition de toute cette nourriture, les changements d'habitudes et de mode de vie se sont faits petit à petit durant plusieurs siècles. Dans le

l'océan Pacifique, la transition d'une vie de subsistance à une vie d'abondance s'est faite en un demi-siècle. Selon Neel, le génotype d'épargne s'est éliminé petit à petit chez les populations Caucasiennes tandis qu'il est toujours actif chez les autres.

En Océanie, la théorie du « thriftygene » suggère que les populations Polynésiennes ont une facilité à développer une obésité versus la population non Polynésienne (Finau et al., 1982 ; Serra-Mallol, 2008). Nous pouvons émettre l'hypothèse que la théorie du gène d'épargne puisse s'appliquer à la population kanak en raison de leur mode de vie traditionnel basé sur des comportements alimentaires et des activités quotidiennes similaires à celui des Polynésiens.



## Mini synthèse 1

Pour résumer cette première sous-partie, nous avons pu analyser les différents facteurs associés à la santé des jeunes et notamment en lien avec la composition corporelle. Le mode de vie des jeunes défini par l'alimentation, l'activité physique, le sommeil et le temps passé à être inactif est au premier rang de la modification de la composition corporelle chez les jeunes.

Les facteurs socio-environnementaux sont tout aussi importants chez les jeunes. En effet, le sexe, l'appartenance communautaire (ou ethnique), l'environnement social ou géographique, le mode de vie (rural ou urbain), l'industrialisation, les facteurs génétiques ont un rôle déterminant dans l'évolution de la composition corporelle des adolescents.

Même si de nombreuses études se sont intéressées à ces aspects dans de nombreux pays, la littérature reste relativement éparse concernant le peuple Mélanésien, alors même que des mutations sans précédents ont lieu dans cette zone de la planète où se trouve 8 des 10 pays les plus touchés par le surpoids et l'obésité.

De plus, les jeunes Kanak de la NC vivent à la fois selon un mode de vie occidental et un mode de vie rural en tribu. Il semble donc pertinent d'orienter nos travaux en direction de la jeunesse Kanak plus particulièrement vers l'évaluation de l'impact du mode de vie contemporain de la jeunesse au travers de l'analyse de la composition corporelle (données anthropométriques) et des variables physiologiques (données de terrain : qualités physiques) qui nous permettront ensuite d'accompagner les actions d'éducation à la santé à l'école.

## **B. L'évaluation anthropométrique**

L'anthropométrie englobe toutes les mesures (volumes, surfaces, longueurs, angles, pressions et poids) portant sur n'importe quelle partie du corps. Ces mesures peuvent porter sur des parties dures (os), molles (tissus adipeux muscles), liquides (sang) ou gazeuses (air des poumons, gaz intestinaux). Elles peuvent nécessiter des instruments plus ou moins complexes et peuvent être directes ou indirectes. Mac Dougall (1988) en donne la définition suivante: il la définit comme « le lien quantitatif entre la structure et la fonction. C'est aussi le nom donné à une spécialisation scientifique relativement récente qui s'intéresse à l'application des mesures dans l'évaluation de la taille, de la forme et des proportions corporelles humaines ainsi que de la composition tissulaire, de la maturation et des fonctions d'ensemble. Il est donc question d'une discipline fondamentale dont l'intérêt se porte vers la solution des problèmes relatifs à la croissance, à l'exercice, à la performance et à la nutrition ». Pour l'utiliser, plusieurs méthodes et normes anthropométriques ont été réalisées.

### **1. Les différentes références utilisées**

L'indice de masse corporelle (IMC) est défini par le rapport du poids en kilogramme par la taille, en mètre au carré. Cet indice que nous décrirons dans les paragraphes suivants, nous permet de déterminer le statut pondéral d'une personne. L'interprétation de l'IMC dépend du système de mesure choisi et est fonction de ce que nous voulons faire à savoir de la recherche, de la clinique ou de l'épistémologie en santé publique (Lemelin, 2013).

**a) Centers of Disease Control (CDC)**

Les Centers of disease control and prevention ont établi leurs normes sur des données transversales recueillies uniquement aux États-Unis et sont principalement utilisées en Amérique du Nord (Chiolero, 2007).

**b) Organisation Mondiale de la Santé (OMS)**

Pour l'OMS, plusieurs états physiques existent : la dénutrition ( $< 16,5 \text{ kg.m}^{-2}$ ), la maigreur ( $16,5 \text{ à } 17,9 \text{ kg.m}^{-2}$ ), le poids normal ( $18 \text{ à } 24,9 \text{ kg.m}^{-2}$ ), le surpoids ( $25 \text{ à } 29,9 \text{ kg.m}^{-2}$ ), l'obésité modérée ( $30 \text{ à } 34,9 \text{ kg.m}^{-2}$ ), l'obésité sévère (de  $35 \text{ à } 39,9 \text{ kg.m}^{-2}$ ), l'obésité morbide ( $> 40 \text{ kg.m}^{-2}$ ). Ce système est préconisé car c'est le mieux connu de tous (Lemelin, 2013) ou le plus sensible pour détecter une population à risque chez les enfants et les adolescents (De Oliveira, Barbiero et al., 2013)

**c) International Obesity Task Force (IOTF)**

Pour l'IOTF (Cole, 2000), le surpoids survient à l'indice 25 et l'obésité à 30. Ce système est la référence internationale dans le domaine de la recherche (Shields et Tremblay, 2010) et a été démontré comme la référence avec un niveau d'accord le plus élevé pour la classification en minceur, en surpoids et en obésité chez les adolescents (Minghelli et al., 2014)

**d) Cachera**

Les références françaises sont tirées de l'étude de Roland Cachera et suggèrent sur la courbe de corpulence qu'en deçà du 3<sup>ème</sup> percentile, l'enfant est en insuffisance pondérale, qu'il est de corpulence normale entre le 3<sup>ème</sup> et le 97<sup>ème</sup> et est considéré comme en surpoids ou obèse au-delà du 97<sup>ème</sup> percentile. Actualisées en 2010 dans le cadre du PNNS et de l'INPES pour être

adaptées à la pratique clinique et épidémiologique (Thibault, Castetbon et al., 2010), elles intègrent désormais les références de l'IOTF à la demande du Pr. Serge Hercberg-*Les terminologies et explications de cet outil devront être en cohérence avec celles de l'épidémiologie, et notamment celles de l'IOTF, qui fait actuellement référence dans les publications internationales pour les études de prévalence du surpoids et de l'obésité*<sup>1</sup>

<b>Synthèse de seuils de surpoids et d'obésité selon les différents systèmes de mesure</b>				
<b>En percentile</b>	<b>OMS</b>	<b>IOTF</b>	<b>CDC</b>	<b>PNNS INSERM</b>
<b>Surpoids</b>	84 <sup>ème</sup>	91 <sup>ème</sup>	84 <sup>ème</sup>	97 <sup>ème</sup>
<b>Obésité</b>	97,7 <sup>ème</sup>	99 <sup>ème</sup>	95 <sup>ème</sup>	97 <sup>ème</sup>

**Tableau 3** : Synthèse de seuils de surpoids et d'obésité selon les différents systèmes de mesure

## **2. Les différentes méthodes de mesures**

### **a) Z-score**

En statistiques, le z-score (ou score standard) désigne le nombre d'écarts-types qui se trouve au-dessus ou en dessous de la moyenne de la population. En d'autres termes si les courbes de corpulence définissent des classes d'excès pondéral, pour une évaluation plus fine, on peut exprimer l'excès de poids en « Z-score d'IMC ». Recommandé par l'OMS, la méthode du Z-score permet d'obtenir une indication chiffrée et donc plus précise de la déviation par rapport à la médiane. Le Z-score est égal à la différence entre l'IMC observé ( $IMC_O$ ) et la médiane de la population de référence ( $IMC_M$ ), divisée par l'écart type (ET) de la population de référence soit :  $Z\text{-score} = (IMC_O - IMC_M) / ET$

### ***b) La méthode des plis***

Durnin et Rahaman (1967) ont mesuré l'épaisseur de différents plis cutanés et la densité du corps sur 105 jeunes hommes et femmes adultes et 86 adolescents filles et garçons. Avec une erreur de 3,5%, une équation a été calculée afin de prédire la graisse corporelle :

- Pour les garçons =  $1,1533 - 0,0643 \times (\log \text{ somme des 4 plis cutanés})$
- Pour les filles =  $1,1369 - 0,0598 \times (\log \text{ somme des 4 plis cutanés})$

Cette méthode d'anthropométrie permet de distinguer la masse grasse totale et sous cutanée et d'en déduire la masse grasse viscérale quand on considère que 50 à 70 % du tissu adipeux se trouve sous la peau. D'ailleurs, l'étude de Malina et Bouchard (1991) a montré que la masse maigre (MM) chez le garçon continue d'augmenter alors que la masse grasse (MG) diminue au cours de l'adolescence et se maintient ensuite, ce qui change le rapport MM/MG. Cette méthode anthropométrique se pratique avec un adipomètre, une pince à plis cutanés. Il y a 4 plis cutanés principalement utilisés : le bicipital, le tricipital, le sous-scapulaire et le supra-iliaque. Cette méthode a pour avantages sa facilité d'exécution et son faible coût mais nécessite un opérateur entraîné pour assurer une reproductibilité et une fiabilité. En effet, pour mesurer l'épaisseur d'un pli, il faut saisir fermement le pli cutané entre le pouce et l'index, en prenant soin d'inclure le tissu sous-cutané et d'exclure le tissu musculaire d'en dessous. Il est donc important de faire contracter le muscle en question pour être sûr de ne pas en tenir compte dans la mesure. Les mâchoires de la pince appelée compas de Harpenden, doivent exercer une tension constante de  $10 \text{ g/mm}^2$  aux points de contact avec la peau. On fait ensuite une lecture de l'épaisseur sur le cadran du compas afin d'intégrer les valeurs à la formule correspondante ci-dessus.

*c) L'Indice de masse corporelle (IMC)*

C'est aujourd'hui la mesure de référence internationale qui va permettre d'évaluer le statut pondéral d'un individu et qui est directement reliée au risque de survenu de problèmes de santé dus au surpoids et à l'obésité. La formule permettant d'obtenir l'IMC (ou Body Mass Index en anglais) correspond au rapport du poids en kilogramme divisé par la taille, en mètre, au carré.

$$\text{IMC} = \text{Poids (kg)} / \text{Taille (m)}^2$$

L'IMC est corrélé à un niveau de risque global. Plus l'IMC est élevé et plus le risque pour la santé est important.

<b>Catégorie</b>	<b>IMC (kg.m<sup>-1</sup>)</b>	<b>Risque</b>
<b>Poids insuffisant</b>	<18,5	-
<b>Poids normal</b>	18,5 – 24,9	-
<b>Surpoids</b>	25 – 29,9	Modérément augmenté
<b>Obésité</b>	>30	-
<b>De classe 1 : obésité modéré</b>	30 – 34,9	Augmenté
<b>De classe 2 : Obésité sévère</b>	35 – 39,9	Très augmenté
<b>De classe 3 : Obésité morbide</b>	>40	Critique

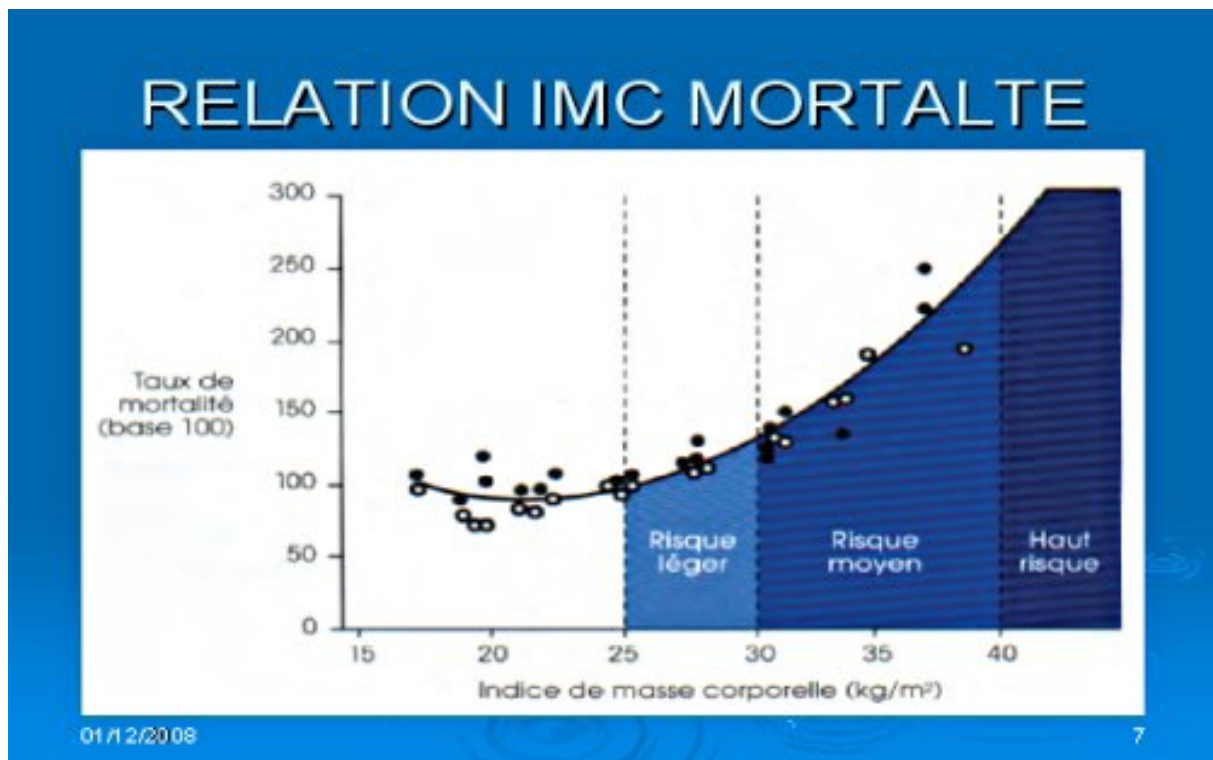
**Tableau 4:** IMC et risque associé (OMS, 2003)

Depuis 1997, l'OMS préconise l'IMC comme norme mondiale pour le diagnostic clinique de l'obésité. Son utilisation est indiscutable pour les études populationnelles (Basdevant et al., 2014) car sa mesure est simple, rapide, reproductible, peu coûteuse et le risque d'erreur est faible. Elle n'est cependant pas très fiable pour certaines catégories d'individus tels que les

sportifs de haut niveau, les personnes âgées, les enfants et les adolescents voire même selon l'origine ethnique. Cette faiblesse est à prendre en compte dans notre étude car comme nous l'avons vu en introduction, la NC est peuplée de plusieurs ethnies différentes. Et chez les jeunes en effet, la taille varie énormément pour une même classe d'âge en fonction de la croissance et du genre (Cole, 2000 ; Reilly, 2006). Une fois ajusté à l'âge et au sexe des enfants et des adolescents, cet outil retrouve son efficacité pour dépister le surpoids chez les jeunes. Actuellement, les seuils d'IMC proposés par l'IOTF pour définir le surpoids et l'obésité sont les plus utilisés en dehors des Etats-Unis (Chiolero, 2007).

Les CDC et l'IOTF seraient relativement proches au niveau de l'évaluation du surpoids et de l'obésité des adolescents (Hajian-Tilaki et Heidari, 2013). Cependant, d'après Willows et al. (2007), l'IOTF serait moins sensible quant à l'identification de l'obésité, comme le confirme Lemelin (2013) qui note que les seuils de prévalence du surpoids et de l'obésité sont supérieurs à ceux de l'OMS et des CDC. D'un autre côté, les seuils utilisés par l'OMS permettent de repérer les problèmes de surpoids et d'obésité avant que l'enfant ne devienne obèse (De Oliveira, Barbiero et al., 2013 ; Dr De Onis OMS), ce qui est d'autant plus intéressant car lorsqu'un enfant, et plus encore un adolescent, est en situation d'obésité, celle-ci tend à se pérenniser à l'âge adulte (Chiolero et al., 2007).

Il est important pour Shield et Tremblay (2004) de considérer le système utilisé lors de la comparaison des taux de prévalence de l'obésité. Ils considèrent l'IOTF prédominant dans le domaine de la recherche et c'est la méthode de mesure que nous utiliserons dans nos travaux. L'obésité a été associée à une augmentation de la morbidité cardiovasculaire et de la mortalité spécifique et générale (Dorner et al., 2010), et plus particulièrement dans la population âgée comme un facteur aggravant le cours évolutifs des maladies chroniques associées au vieillissement (Strandberg et al., 2012). Le surpoids et l'obésité ont d'ailleurs été considérés comme des marqueurs indépendants de fragilité.



**Figure 3 :** Courbe en U de la relation de l'IMC en fonction du taux de mortalité

L'IMC est un paramètre facilement utilisable lorsque l'on connaît les deux variables que sont le poids et la taille. Cependant l'IMC ne renseigne pas sur la composition corporelle notamment sur la masse grasse de l'individu et ne prend en compte ni son âge ni son sexe. Or le tissu adipeux a fait l'objet de nombreuses études ces dernières années, son impact sur la santé est mieux connu, même s'il reste encore beaucoup de questions (Lafontan, 2007). Par exemple, à IMC égale, la santé d'une personne ne sera pas la même selon que sa masse grasse sera plus ou moins importante et sa localisation jouera un rôle prépondérant. Toutefois, chez les enfants obèses, l'IMC et la masse grasse sont mieux corrélés que chez les enfants non obèses (Chiolero et al., 2007). Ainsi plus la masse grasse entourera les viscères et les organes vitaux, plus les risques pour la santé seront importants (Lafontan, 2013)



#### *d) Tour de taille*

Tout comme chez l'adulte, chez l'enfant on va mesurer le tour de taille pour évaluer la répartition de la masse grasse au niveau abdominal et permettre d'avoir une idée concernant le risque notamment cardio-vasculaire (Rosini et al., 2013). De plus c'est une valeur prédictive de ce que sera la répartition de cette même masse à l'âge adulte (Spolidoro et al., 2013). On prend la mesure avec un mètre de couturière que l'on place horizontalement entre la crête iliaque et la dernière côte. C'est ici que la mesure est la plus prédictive du risque cardiovasculaire et du risque de syndrome métabolique chez les filles et les garçons (Andaki et al., 2012). Le tour de taille représente un risque cardiovasculaire quand il est supérieur à 94 cm chez l'homme et supérieur à 80 cm chez la femme selon les normes Européennes. Dans la Région Asie-Pacifique les populations se caractérisent par une grande diversité culturelle et ethnique. Plusieurs auteurs ont mis en évidence les différents taux d'adiposité pour un IMC similaire selon l'origine ethnique. Par exemple, les Polynésiens de Nouvelle-Zélande (Maori) ont une masse maigre plus élevée que leurs homologues Européens pour le même IMC (Rush et al., 2009). À l'inverse, les populations Asiatiques ont une plus grande adiposité abdominale que les populations Européennes pour un même IMC (Deurenberg et al., 2002), ce qui a incité l'OMS à proposer des seuils spécifiques (23 et 25) pour détecter le surpoids et l'obésité dans ces populations (OMS, 2004). Comme déjà observé dans d'autres pays de la région du Pacifique (Kessaram et al., 2015), la prévalence du surpoids est élevée chez les adultes et les adolescents de NC (ASSNC, 2014), mais diffère selon la référence basée sur l'IMC utilisée (ASSNC, 2014 ; Frayon et al., 2017). À notre connaissance, ces indicateurs basés sur l'IMC n'ont jamais été comparés. En outre, étant donné que la relation entre le z-score de l'IMC et le pourcentage de graisse corporelle est inconnue, nous ne pouvons pas être sûrs que les classifications basées sur l'IMC reflètent l'état de poids réel des adolescents du Pacifique. Une étude récente a comparé plusieurs références nationales mais aussi internationales et la

corrélation qu'il y a entre l'IMC et le pourcentage de masse grasse dans une population pluriethnique du Pacifique (Frayon et al., 2017). Elle a montré que les références de l'IOTF, comparées aux autres, présentaient un lien plus représentatif entre le pourcentage de masse grasse et l'IMC. De plus cette même étude a montré que les adolescents Mélanésiens avaient moins de masse grasse par rapport à leurs homologues Européens pour le même z-score de l'IMC.

#### *e) Impédancemétrie*

L'impédancemétrie ou bio impédance se base sur la capacité de conduction d'un courant (alternatif et de faible intensité) chez un individu. On mesure la résistance (= impédance) qu'oppose le corps au passage du courant ce qui permet d'extrapoler la quantité d'eau totale, d'en calculer la masse maigre et d'en déduire la masse grasse (Lee et Gallagher, 2008). Un muscle est riche en eau et sera bon conducteur contrairement à la masse grasse qui est pauvre en eau et émet donc une forte résistance au passage du courant. C'est une méthode peu coûteuse et non invasive mais dont la reproductibilité est difficile à obtenir du fait des diverses variabilités : chez les différents individus, chez un même individu selon la partie du corps étudiée, selon l'opérateur, selon l'appareil utilisé.

Cette méthode est assez peu précise quant à l'évaluation de la masse grasse mais permet un suivi correct car elle est reproductible chez un même patient. Il est intéressant chez les enfants ayant une prise en charge pour leur obésité de voir des résultats suite à leurs efforts pour perdre du poids. Mais cette prise en charge passe toujours par une reprise de l'activité physique entraînant un gain de muscle et une perte de masse grasse. Le corps de l'enfant va se transformer sans qu'il perde forcément de poids puisque le muscle pèse plus lourd que la masse grasse. Cette méthode est donc intéressante pour montrer à un enfant les changements positifs et l'encourager à poursuivre ses efforts même sans perte de poids.

### *f) L'absorptiométrie biphotonique*

Jusqu'alors, les techniques décrites concernaient une mesure physique (densité, volumes, impédances...) utilisée pour l'estimation d'un compartiment. La technique ci-dessous permet d'accéder directement à un modèle à trois compartiments : le tissu osseux, la masse maigre, et la masse grasse (Mazess et al., 1970). L'absorptiométrie biphotonique à rayons X (Dual x-ray absorptiometry, DEXA), initialement développée dans les années 80 pour la mesure du contenu minéral osseux, s'est imposée comme la méthode de référence pour l'étude de la composition corporelle. Elle consiste à balayer l'ensemble du corps avec un faisceau de rayons X à deux niveaux d'énergie (44 keV et 100 keV). L'émetteur et le récepteur parcourent le corps à une vitesse de translation de  $1 \text{ cm.s}^{-1}$  avec des données recueillies à des intervalles de 0,5 cm (ou 0,5 s) (Peppler et Mazess, 1981). Le rapport des atténuations de ces deux rayonnements est fonction de la composition de la matière traversée. L'irradiation imposée au patient est faible et similaire à celle correspondant à une radiographie pulmonaire. La calibration est effectuée avec des fantômes artificiels contenant des triglycérides et du calcium. La DEXA permet de séparer trois compartiments (masse grasse, masse maigre et contenu minéral osseux) par un traitement informatique des mesures physiques. La précision est excellente. Par rapport aux méthodes précédentes, la DEXA mesure la valeur du compartiment osseux, négligé jusque là. Le balayage du corps entier et le traitement d'images permettent une approche régionale (bras, tronc, jambes) des trois compartiments mesurés, impossible à réaliser avec les autres méthodes. La DEXA apparaît donc actuellement comme la méthode la plus intéressante pour l'étude de la composition corporelle et de ses variations en clinique. La limite réside dans le coût et la rareté des installations actuelles (Lukaski, 1987). Il faut souligner aussi que les appareils actuels ne sont pas adaptés aux sujets présentant une obésité massive ainsi qu'aux patients qui ne peuvent se déplacer facilement (situation de réanimation). (Wosje et al., 2006)

***g) La tomодensitométrie computerisée***

La graisse péri-viscérale intra-abdominale intervient dans le déterminisme des complications métaboliques et cardio-vasculaires de l'obésité. En pratique clinique, nous avons pris l'habitude de mesurer la circonférence à la taille pour estimer l'adiposité abdominale. La tomодensitométrie permet de réaliser des coupes anatomiques abdominales et d'identifier dans un plan horizontal les tissus en fonction de leur densité qui atténue les rayons X. Elle ne fournit pas une mesure de la masse grasse viscérale (en kg) mais un calcul des surfaces des tissus adipeux profonds et superficiels. On peut ainsi décrire un rapport d'adiposité viscérale sur adiposité sous-cutanée. La méthode est rapide (quelques minutes si on se limite à une seule coupe) et la précision est bonne

***h) Les limites des données subjectives chez les jeunes.***

Pour le confort de récolte de données et d'ergonomie de travail, l'ensemble des études dans le Pacifique, notamment en NC, est issu d'enquêtes utilisant l'auto-déclaration des caractéristiques anthropométriques (Baromètre santé adultes de l'ASSNC, 2015 et 2010). Les limites des données auto-déclarées se trouvent dans la sur- ou sous-estimation des résultats. L'appréciation du sujet, c'est-à-dire la subjectivité des réponses peut être erroné. Sur une population jeune, la compréhension des questionnaires et donc les réponses peuvent être légèrement faussées. Il apparaît donc pertinent d'étudier les caractéristiques anthropométriques chez les jeunes Océaniens de manière objective afin de les évaluer réellement à un instant donné.

## Mini synthèse 2

Dans cette 2<sup>ème</sup> sous-partie, nous avons pu parcourir l'ensemble des méthodes et normes de mesures anthropométriques qui sont retrouvées dans la littérature. La plupart des études réalisées dans la Pacifique sont bien souvent des résultats basés sur de l'auto déclaration et très peu d'informations sont disponibles chez les jeunes. Ceci a pour incidence de sur- ou sous- estimer la composition corporelle observée. Il apparaît donc important d'étudier des données anthropométriques qui seront mesures in situ. Ainsi, à partir de ces caractéristiques spécifiques des jeunes Kanak, nous pourrons d'une part émettre des hypothèses de comparaison grâce à une mise en adéquation avec une norme adaptée aux populations Océanienne, mais aussi ensuite développer et optimiser les actions d'intervention pour cette population jeunes.

Couplée à ces données anthropométriques, l'évaluation de la condition physique des jeunes Kanaks permettra d'établir le lien entre « la mesure et la fonction » (Mc. Dougall, 1988).

## **C. Condition physique et les qualités physiques**

### **1. La condition physique**

La condition physique est caractérisée par la capacité des individus à mener des activités quotidiennes avec vigueur et vivacité, néanmoins sans fatigue excessive, avec suffisamment de réserve pour profiter activement des activités de loisirs et pour faire face à des situations d'urgences (Caspersen et al., 1985 ; IOM, 2012). Plus précisément, elle peut se définir comme un état caractérisé par la capacité à réaliser avec vigueur les activités quotidiennes et par l'objectivation de paramètres physiologiques (par exemple composition corporelle, débit cardiaque et respiratoire, force et endurance musculaires) atteignant des niveaux associés à un risque faible de développer les maladies non transmissibles induites par l'inactivité. De fait, une bonne condition physique repose sur des aptitudes physiques élevées (notamment capacités cardiorespiratoires, ostéomusculaires). La condition physique peut être perçue comme un indicateur du niveau de santé par rapport à toutes les fonctions cardiorespiratoires, musculo-squelettiques, endocriniennes, psychologiques et les structures impliquées dans l'exercice physique quotidien ainsi que l'exercice physique sportif (Castillo-Garzón et al., 2006). Plusieurs études ont montré qu'un niveau important des capacités respiratoires, musculo-squelettiques et motrices (capacité d'équilibre et de coordination) ont un impact fort sur les capacités physiques, mentales, cognitives et sociales des enfants (Haapala, 2013 ; Morales et al., 2013 ; Ortega et al., 2008 ; Smith et al., 2014 ; Steele et al., 2008). De plus, certaines études longitudinales ont montré que la condition physique évaluée pendant l'enfance se retrouvait à l'adolescence mais aussi à l'âge adulte (Hruby et al., 2006 ; Ruiz et al., 2009 ; Twisk et al., 2000). Depuis le début des années 2000, les recherches se sont beaucoup penchées sur les effets positifs de la condition physique sur la santé des jeunes. La majorité des études ont montré que la condition physique des enfants (souplesse, agilité, explosivité, VO<sub>2</sub>max) a diminué au cours de la dernière décennie et que la différence entre les

enfants présentant une bonne et ceux présentant une mauvaise condition physique a augmenté (Albon et al., 2010 ; Sandrakock, Voss et al., 2010 ; Tomkinson et Olds 2007 ; Wedderkopp et al., 2004).

Plusieurs paramètres qui peuvent être mesurés indirectement et réalisés sur le terrain contribuent au concept de la condition physique. Ils fournissent une base quantitative pour l'évaluation de la condition physique d'un individu. Cependant, la littérature révèle des différences plus ou moins significatives concernant le nombre et la structure de ces paramètres. En général, la condition physique englobe la capacité cardiorespiratoire, l'endurance musculaire, la force musculaire, la puissance musculaire, la vitesse, la flexibilité, l'agilité, l'équilibre, la coordination, le temps de réaction et la composition corporelle. Les tableaux 5a et 5b définissent les différents composants de la condition physique.

<b>Composants de la condition physique</b>	<b>Définitions</b>
<b>Capacité aérobie</b>	La capacité aérobie reflète la capacité globale des systèmes cardiovasculaire et respiratoire (Mitchellet al., 1958) et la capacité à exercer un exercice intense prolongé (Astrand et al., 2003)
<b>Capacités musculo-squelettiques</b>	
<b>Force musculaire</b>	La force musculaire est la capacité d'un muscle à exercer une force contre une résistance. La force est considérée comme la faculté de vaincre des résistances extérieures ou de s'y opposer grâce à des efforts musculaires. (Zatsiorski, 1966).
<b>Endurance musculaire</b>	L'endurance musculaire est la capacité du muscle à résister à des efforts de longue durée (Zatsiorski, 1966). Le muscle déploie une force moyenne à faible, mais il est capable de maintenir cet effort sur une longue période. L'endurance se travaille en condition aérobie et se situe avec une intensité d'effort entre 20% et 60% de la force max.
<b>Puissance musculaire/Force explosive</b>	La force explosive ou explosivité est la capacité à déclencher une contraction musculaire maximale en un temps minimum. On peut dire que l'explosivité est l'expression de la capacité de puissance à vitesse maximale puisque la puissance est le produit de la force par la vitesse.

**Tableau 5a:** définition des composants de la condition physique



<b>Composants de la condition physique</b>	<b>Définitions</b>
<b>Capacités motrices</b>	
<b>Agilité</b>	L'agilité est la capacité de se déplacer rapidement et de changer de direction tout en maintenant le contrôle et l'équilibre.
<b>Equilibre</b>	L'équilibre est la capacité de connaître en permanence sa position dans l'espace, par rapport à la pesanteur, et de conserver la position choisie ou de la modifier en temps réel.
<b>Coordination</b>	La coordination est la capacité de maîtriser des actions dans des situations prévisibles (stéréotypes) ou imprévisibles (adaptation), de les exécuter de façon économique ainsi que d'apprendre rapidement de nouveaux gestes sportifs. (Weineck, 1992)
<b>Vitesse</b>	La vitesse est la capacité d'effectuer des actions motrices en un laps de temps minimal (Zatsiorski, 1966)
<b>Puissance</b>	Etant le produit de la vitesse par la force, la puissance est la capacité du système neuromusculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible.
<b>Temps de réaction</b>	Lié à la vitesse, le temps de réaction est la capacité à réagir à un stimulus (= réagir à un stimulus externe dans un laps de temps minimum)
<b>Souplesse</b>	La souplesse est la capacité à accomplir des gestes avec la plus grande amplitude, que ce soit de façon active ou passive (Manno, 1992)
<b>Anthropométrie</b>	
Ensemble des techniques de mesure de l'organisme humain et de la composition corporelle (os, muscles, liquides).	

**Tableau 5b:** définition des composants de la condition physique

## **2. Les qualités physiques**

Dans cette sous-partie, les qualités physiques qui sont décrites par la suite ne seront pas toutes évaluées dans les travaux de cette thèse mais il m'a paru important de les définir afin d'en avoir un aperçu d'une part, mais aussi car certaines d'entre elles peuvent participer à la bonne performance d'autres qualités physiques évaluées.

### ***a) La vitesse***

C'est la capacité à réaliser une action motrice en un laps de temps minimal dans des conditions données (Zatsiorski, 1966). Cette définition de l'ordre de la mécanique occulte la réelle complexité de l'acte moteur sous jacent à un déplacement (articulaire ou global) rapide. Par exemple, la vitesse en sprint repose sur différents facteurs que sont le temps de réaction, la fréquence gestuelle, les capacités à accélérer et maintenir la vitesse (par exemple l'endurance-vitesse). Bien qu'indépendants, ces facteurs contribuent tous à la performance physique ou sportive et il est évident que l'efficacité de chacun de ces facteurs progresse au cours du développement de l'enfant-adolescent grâce par exemple à la myélinisation et au temps de réaction ou encore à la rapidité de la commande motrice (Kenney et al., 2014). Bien que limitée par les facteurs héréditaires, les capacités de vitesse peuvent être développées pendant la puberté notamment entre 11 et 14 ans (Ratchev et Stoev, 1979).

### ***b) L'endurance***

#### **➤ L'endurance aérobie**

L'endurance aérobie est la capacité à maintenir un effort d'intensité faible à modérée sans baisse d'efficacité pendant un temps relativement long (par exemple de 4 à 70 minutes). Elle repose sur la filière aérobie (notamment capacité élevée, puissance faible) et se caractérise par

un équilibre entre l'apport en oxygène et sa consommation dans l'organisme. Cette aptitude est de fait le véritable « baromètre de la condition physique ». L'évaluation de l'aptitude aérobie des sujets passe par la mesure de la capacité aérobie sous plusieurs formes utilisées dans la littérature telles que le  $VO_2\text{max}$ , la  $vVO_2\text{max}$  ou encore la VMA (vitesse maximale aérobie).

La VMA est défini comme la vitesse maximale aérobie atteinte lors d'un test par paliers courts (1 à 3 min). Cette VMA peut s'obtenir par plusieurs tests de terrain aisés à mettre en œuvre comme le test de course par paliers sur 20m (Léger et al., 1988) que nous avons fait le choix d'utiliser dans nos travaux. Lors de ce test, validé par l'auteur pour son utilisation en milieu scolaire, lorsque l'élève ne peut plus suivre le rythme imposé par la bande sonore, le dernier palier annoncé est utilisé pour prédire le  $VO_2\text{max}$  ( $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ) à partir de la vitesse maximale aérobie atteinte ( $X$ ,  $\text{km.h}^{-1}$ ) et l'âge ( $A$ , année) soit :

$$VO_2\text{max} = 31,025 + 3,238 X - 3,248A + 0,1536AX,$$

Le test VMA permet de faire le lien entre les paramètres de terrain exprimés par la VMA ( $\text{km.h}^{-1}$ ) et les données physiologiques estimées par la  $VO_2$  ( $\text{max mL.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ).

La consommation maximale d'oxygène ( $VO_2\text{max}$ ), définie par le volume le plus élevé auquel l'oxygène peut être consommé pendant l'exercice, est reconnu comme la meilleure mesure unique de la capacité aérobie des jeunes (Rowland, 1993 ; Armstrong et al., 1996). Le  $VO_2\text{max}$  limite le taux d'oxygène qui peut être fourni pendant l'exercice. Ainsi un  $VO_2\text{max}$  élevé représente un prérequis de haut niveau de performance dans de nombreux sports. Pendant l'exercice prolongé, le lactate s'accumule dans le muscle et se diffuse dans le sang pour fournir une estimation de la contribution relative aérobie et anaérobie à l'exercice. L'accumulation de lactate sanguin fournit donc un indicateur utile de la capacité aérobie en ce

qui a trait à la capacité de supporter l'exercice sous-maximal. L'effet de l'âge sur la  $VO_2\text{max}$  a été largement démontré (Armstrong et al., 1995 ; Armstrong et Welsman, 1994). Le  $VO_2\text{max}$  augmente entre 8 à 16 ans de 150% et 80% chez les garçons et les filles respectivement (Armstrong et Welsman, 1994) avec une augmentation importante pour les garçons entre 13 et 15 ans et pour les filles entre 8 et 13 ans. (Armstrong et al., 1995). De plus des études ont montré que la maturation biologique de l'adolescent, plus que la taille, la composition corporelle ou encore l'âge chronologique, est associée à l'augmentation de la  $VO_2\text{max}$ . Les différences de sexe dans le  $VO_2\text{max}$  au cours de l'adolescence ont été attribuées aux différences dans les activités physiques habituelles (APH). Les garçons sont généralement plus actifs que les filles, mais les APH montrent que les deux sexes n'ont pas forcément expérimenté les différentes intensités ou durée d'AP pour expliquer l'augmentation du  $VO_2\text{max}$ . De plus la prise de masse musculaire chez le garçon (entre 5 et 16 ans) et la fille (entre 5 et 13 ans) de 42 à 54% et de 40 à 45% respectivement expliquent la différence de  $VO_2\text{max}$  entre les 2 sexes (Armstrong et al., 1995) La masse musculaire accrue des garçons non seulement facilite l'utilisation de l'oxygène par les muscles, mais complète également le retour veineux au cœur et augmente ainsi le volume d'éjection à travers la pompe musculaire périphérique. La masse musculaire semble être l'influence dominante dans l'augmentation du  $VO_2\text{max}$  par l'adolescence (Armstrong et al., 1995). La concentration d'hémoglobine dans le sang est corrélée avec le  $VO_2\text{max}$  chez les deux sexes (Armstrong, 1991). Il n'y a pas de différence significative entre les sexes dans la concentration d'hémoglobine chez l'enfant mais pendant la puberté l'effet de la testostérone sur la production de globules rouges stimule une augmentation notable de la concentration d'hémoglobine chez les garçons qui atteint des valeurs de 10% supérieures à celles des filles à la fin de la puberté. Il est raisonnable de s'attendre à ce que la capacité supérieure de transport d'oxygène des garçons puisse augmenter les différences sexuelles dans le  $VO_2\text{max}$ .

L'erreur commune est de confondre VMA et  $vVO_2\text{max}$  ou ce dernier est la vitesse mesurée à l'atteinte du  $VO_2\text{max}$  alors que la VMA correspond à la vitesse maximale que l'on tient à  $VO_2\text{max}$ . En d'autre terme  $vVO_2\text{max}$  est réellement la vitesse minimale qui sollicite  $VO_2\text{max}$  (Billat et Koralsztein, 1996).

#### ➤ La résistance

C'est la capacité à maintenir un effort d'intensité égale ou proche de sa capacité maximale pendant un temps relativement court compris entre 30 secondes et 1 min 30 s mais pouvant atteindre deux à trois minutes pour des intensités légèrement sous-maximales. Elle repose majoritairement sur la filière anaérobie lactique (capacité faible, puissance élevée) qui se traduit par une production importante d'acide lactique. En terme d'APS, cette aptitude est celle mise à profit lors d'efforts brefs, intenses et intermittents. À y regarder de près, c'est précisément ce style d'effort que les enfants affectionnent et pratiquent spontanément au cours de leurs jeux (Astrand, 1952 ; Williams., 1987). Il est dès lors surprenant de constater que relativement peu de recherches se sont focalisées sur cette aptitude physique chez le jeune. Des considérations techniques et éthiques peuvent justifier en partie cette faiblesse de connaissances. En effet, l'évaluation de capacité et de la puissance de la filière anaérobie lactique repose sur des analyses de laboratoire généralement invasives (par exemple biopsies musculaires pour analyse enzymatique et mesure de la concentration en lactates, lactatémie, etc.). La puberté, par le développement hormonal, semble constituer la phase critique dans la maturation du processus anaérobie lactique. En effet, chez le jeune garçon le taux maximal d'acide lactique sanguin est significativement corrélé à l'augmentation du volume testiculaire (Eriksson et al., 1971). Des tests physiques très éprouvants (par exemple test de Wingate, montée rapide d'escaliers, sprints longs) reposent sur l'extrême motivation des sujets, ce qui est loin d'être acquis et vérifiable chez les enfants. Une approche plus directe utilisant un

effort maximal de 30 secondes sur cycle ergomètre (test de Wingate adapté à l'enfant ; Bar-Or, 1987) a montré que le potentiel anaérobie, même normalisé par rapport au poids corporel, est largement inférieur à celui de l'adulte (Rowland, 1990). Il augmente de façon très significative avec la croissance. C'est ainsi que la capacité anaérobie lactique, rapporté au poids du corps, sur un effort sur cycle ergomètre d'une durée de l'ordre d'une minute est en moyenne de  $190 \text{ J.Kg}^{-1}$  à 12 ans ; de  $262 \text{ J.Kg}^{-1}$  à 14 ans pour atteindre  $345 \text{ J.Kg}^{-1}$  à 16 ans (Crielaard et al., 1986). Ces valeurs sont toujours inférieures à celles de l'adulte sportif ( $442 \text{ J.Kg}^{-1}$ ) De plus, si la différence entre les filles et les garçons n'est pas importante à l'âge de 12 ans (Van Praagh et al., 1990), elle se marque plus fortement par la suite (Crielaard et al., 1986)

### *c) La force*

C'est la capacité d'un muscle ou d'un groupe musculaire à développer une tension dans le but de vaincre une résistance extérieure ou de s'y opposer. Celle-ci peut être qualifiée de sous-maximale ou maximale selon la nature de la charge que l'on cherche à mobiliser. La force maximale ( $F_{\max}$ ) représente la charge maximale que peut développer un muscle ou un groupe de muscles. Elle est étroitement dépendante de facteurs intrinsèques au muscle (nombre, taille et typologie lente versus rapide des fibres musculaires) mais aussi extrinsèques en rapport avec la commande (nerveuse) motrice (synchronisation et fréquence de décharge des unités motrices, coordination intermusculaire autour d'une articulation, etc.). Dès lors, il est aisé de comprendre les mécanismes qui concourent aux gains de force accompagnant la croissance. Il a été démontré que les gains de force s'accroît nettement vers 12 ans chez les garçons et 7 à 18 ans (Clarke, 1971). Dans l'évolution de la prise de masse musculaire à l'adolescence, les 2 sexes se différencient à l'âge de 13 ans avec une augmentation croissante de la masse musculaire chez les garçons et une stabilisation chez les filles (Forbes, 1972). La majorité de

ce gain survient à la puberté sous l'effet conjugué des hormones à fort pouvoir anabolisant, en premier la testostérone mais aussi de l'hormone de croissance. Alors que chez les filles, seule la participation de l'hormone de croissance et modestement la testostérone contribuent à cette progression linéaire de la prise de masse musculaire. Ceux-ci peuvent résulter d'un accroissement de la taille des fibres musculaires comme par exemple l'hypertrophie caractéristique chez l'adolescent sous l'action des stéroïdes androgènes mais aussi d'une adaptation nerveuse sans hypertrophie observée typiquement chez l'enfant pré-pubère participant à un programme de musculation. (Thiebault et al., 1997). La force-vitesse ou force explosive caractérise la vitesse à laquelle la force s'applique à une charge. Le développement d'une force à une vitesse d'exécution donnée permet de mesurer une puissance mécanique (force  $\times$  vitesse). C'est d'ailleurs souvent cette dernière, ou ses effets sur la performance motrice, qui est mesurée par les tests de terrain et de laboratoire. Dans nos travaux nous n'évaluerons pas la force en elle-même, mais elle sera estimable directement par nos capteurs qui en déduiront la puissance développée au test de détente verticale.

#### *d) La souplesse*

C'est la capacité d'un segment corporel d'être mobilisé activement ou passivement sur toute l'amplitude anatomique d'une articulation ou d'un muscle (Dellal, 2008). La souplesse peut être limitée par des facteurs mécaniques (par exemple élasticité musculo-tendineuse, capsulaire, ligamentaire, butée osseuse, épaisseur de la masse musculaire ou adipeuse) et des facteurs nerveux (co-contraction des muscles agonistes-antagonistes lors du mouvement, faible relâchement musculaire, etc.). On notera que les filles sont plus souples que les garçons parce qu'elles présentent une moindre masse musculaire à étirer ; l'imprégnation hormonale oestrogénique joue également en leur faveur (Ganong, 1972). Puisque l'enfant possède dès le plus jeune âge un niveau élevé de souplesse (Dutil, 1978), le but sera l'entretien et le gain le

plus important pour son développement qui se situe entre 11 et 14 ans (Sermejew et al., 1964).

*e) L'agilité*

L'agilité est la capacité de se déplacer rapidement et de changer de direction tout en maintenant le contrôle et l'équilibre. Une bonne agilité exige une combinaison de vitesse, d'équilibre, de puissance et de coordination (Fessi et al., 2016). Cette capacité se vérifiera dans nos travaux par le t-test comme décrit par Pauole (2000).

.



### Mini synthèse 3

L'ensemble des capacités physiques décrites ci-dessus peut caractériser et singulariser la condition physique d'un individu. Les qualités physiques la composant, permettent d'établir un profil physiologique du jeunes Océaniens Kanak. Ces caractéristiques physiologiques peuvent être appréhendées selon différents modes de réponses à l'exercice qui pourraient être spécifiques aux jeunes Kanak de la NC.

Ainsi, le niveau associé des qualités physiques du jeune Kanak définit celui de sa condition physique. Ce paramètre lui est autant indispensable que spécifique individuellement pour réaliser ces activités quotidiennes avec vigueur. La condition physique est souvent décrite en physiologie de l'exercice d'abord dans le cadre d'exercice isolé ou exercices aiguë (réponses instantanées du corps), étape nécessaire pour comprendre ensuite les adaptations chroniques à l'exercice" (Kenney et al., 2014). C'est pourquoi nous nous sommes intéressés à l'utilisation des ces paramètres physiologiques à l'exercice au travers de la réponse cardiaque à l'effort qui pourrait être spécifique aux jeunes Kanak.

## **D. La réponse cardiaque à l'exercice**

La réponse cardiaque à l'exercice occupe une place essentielle dans l'organisme car elle est indispensable aux autres systèmes (apports d'oxygène, transport d'hormones, élimination des déchets cellulaires). Ces différents apports vont être fonction des besoins de l'organisme. Pour nos travaux, nous avons fait le choix d'utiliser la fréquence cardiaque comme indicateur d'effort ou d'exercice car elle est très utilisée dans la littérature. Les tests physiologiques de terrain utilisent la fréquence cardiaque de repos, la fréquence cardiaque maximale et la fréquence cardiaque de réserve afin de quantifier l'effort à un exercice. D'autres mécanismes sous-tendus à la fréquence cardiaque que nous n'évalueront pas mais qui jouent un rôle majeur d'adaptation à l'exercice que nous décrirons dans les lignes qui suivent tels que le volume d'éjection systolique, le débit cardiaque, la pression artérielle et le débit sanguin.

Associé à la fréquence cardiaque, la perception de l'effort englobe l'ensemble des signaux sensoriels en provenance des muscles, mais aussi des systèmes cardiovasculaire et pulmonaire (Eston et Parfitt, 2007 ; Gros Lambert et Mahon, 2006). Selon la provenance de ces signaux sensoriels, on distingue habituellement les déterminants physiologiques de la perception de l'effort en deux catégories, que l'on appelle : déterminants « locaux » et « centraux » (Robertson et Noble, 1997 ; Russel, 1997). Les déterminants physiologiques locaux incluent entre autres, l'acidose métabolique, la lactatémie, la disponibilité des substrats énergétiques et le flux sanguin musculaire (Noble et Robertson, 1996). Les déterminants physiologiques centraux, quant à eux, comprennent la ventilation pulmonaire, la fréquence respiratoire, la consommation d'oxygène, la production de dioxyde de carbone, la pression sanguine ou encore la fréquence cardiaque. Pour nos travaux nous utiliserons la fréquence cardiaque comme déterminant physiologique de l'intensité d'un effort et de récupération de l'effort. La

fréquence cardiaque est un paramètre physiologique communément utilisé comme une méthode objective de mesure de la dépense énergétique (Strath et al., 2000 ; Epstein et al., 2001) L'utilisation de la fréquence cardiaque pour estimer la dépense énergétique repose sur le postulat que la fréquence cardiaque est directement liée à la consommation d'oxygène (Ainslie et al., 2003) et donc peut nous informer de la filière énergétique utilisée par l'individu.

### **1. La fréquence cardiaque de repos**

La fréquence cardiaque de repos ( $FC_{\text{repos}}$ ) désigne le nombre de fois que le cœur bat chaque minute sans qu'aucun effort ne soit réalisé. Ce rythme cardiaque est variable en fonction des individus, de leur âge, de leur condition physique, de leur poids, de leur taille, de la présence éventuelle de pathologies cardiaques, du stress. Pour connaître sans risque d'erreur sa fréquence cardiaque de repos, il vaut mieux le mesurer le matin, et prendre son pouls juste après le réveil en restant allongé et dans un état de relâchement complet. Une erreur commune est de la prendre avant l'exercice or la  $FC_{\text{repos}}$  a tendance à augmenter dans la période pré-effort. Cette légère augmentation est due à une réponse anticipée liée à la libération de neurotransmetteurs, la noradrénaline par le système nerveux sympathique et d'une hormone issue de la médulla surrénalienne. A l'inverse, toute stimulation vagale, d'origine émotive, diminue la  $FC_{\text{repos}}$  (Kenney et al., 2014). On peut aussi placer la ceinture de son cardio-fréquencemètre et rester allongé 5 minutes dans une ambiance calme et consulter ainsi le rythme affiché sur la montre cardio-fréquencemètre. Généralement, un rythme cardiaque au repos correct est compris entre 60 et 100 battements par minute chez les adultes (il est compris entre 70 et 100 chez les enfants de moins de 15 ans) (Kenney et al., 2014).

## 2. La fréquence cardiaque maximale

La fréquence cardiaque maximale n'est pas affectée par l'entraînement mais peut l'être par l'âge. La fréquence cardiaque d'un sportif n'augmente pas plus que celui d'un sédentaire. En revanche, elle diminue progressivement avec l'âge. Astrand et al. (1973), ont établi une formule pour évaluer globalement cette diminution :  $FC_{max} = 220 - \text{l'âge} (+/- 10 \text{ pulsations})$ . A 20 ans, par exemple, on peut grimper à 200 battements par minute :  $220 - 20 = 200$ . A 40 ans, on reste normalement bloqué à 180 :  $220 - 40 = 180$ . Mais il s'agit en fait de moyennes. A l'échelle d'une personne, on peut avoir des résultats très différents. Certains quadragénaires atteignent encore les 200 pulsations alors que des jeunes adultes n'y arrivent pas. Les femmes possèdent également des cœurs légèrement plus rapides que les hommes. La contractilité myocardique des femmes, donc la fraction d'éjection systolique gauche, semble avoir une augmentation moindre comparée à l'homme (Brion et al., 2013). Ceci explique que l'homme diminue son volume télé-systolique et que la femme augmente son volume télé-diastolique pour compenser cette limite. Pour un niveau d'exercice similaire, la fréquence cardiaque et le débit cardiaque sont plus élevés et la pression artérielle est plus basse chez la femme (Brion et al., 2013). Pour elles, il faudrait appliquer l'équation :  $FC_{max} = 226 - \text{l'âge}$ .

Pour toutes ces raisons, on ne peut pas prendre la formule d'Astrand en référence. Surtout lorsqu'on est un sportif bien entraîné. En effet, la valeur obtenue par le calcul se révèle généralement supérieure à la valeur réelle mesurée sur le terrain. Ainsi, il n'est pas rare de trouver, chez des cyclistes de 20 ans, des fréquences cardiaques maximales situées aux alentours de 185 pulsations/min au lieu de 200 comme le prédisait Astrand (Astrand, 1973). Il existe différents tests d'efforts en laboratoire plus fiables pour mesurer cette fréquence cardiaque maximale à  $VO_2max$  chez les adolescents soit sur un tapis de course ou sur une bicyclette ergométrique (Bar-Or, 1987). Lors des tests d'effort anaérobie en laboratoire, l'adolescent sera équipé d'un moniteur d'enregistrement cardiaque ou cardio-fréquence-mètre

qui pourra nous fournir une estimation de la fréquence cardiaque maximale à un niveau d'intensité maximal ( $VO_{2max}$ )

La bicyclette ergométrique, réalisé en laboratoire permet de pratiquer sans risque des mesures invasives telles que la puissance (Watt) ou le travail (Joule). Avec une puissance de départ défini en fonction de son poids, l'enfant devra fournir un effort sur bicyclette dont l'incrémentation de puissance peut varier de 10 à 30 watt et ce jusqu'à ce que le plateau de  $VO_{2max}$  soit atteint et permette d'établir une estimation de  $FC_{max}$ . En revanche, le tapis de course sollicite plus le système cardio-respiratoire et permet d'atteindre des valeurs de  $VO_{2max}$  plus élevées. La vitesse de départ est préconisé à  $5 \text{ km.h}^{-1}$  (Mahon et al., 1989) et l'incrémentation est de  $0,80 \text{ km.h}^{-1}$  pour atteindre une vitesse confortable comprise entre 8 et  $10,5 \text{ km.h}^{-1}$ . Cette vitesse est maintenue et l'inclinaison de la pente est augmentée de 2% toutes les minutes jusqu'à ce que le plateau de  $VO_{2max}$  soit atteint. Le rapport  $VO_2/\text{Watt}$  de l'enfant est comparable à celui de l'adulte mais le coût énergétique sur le tapis de course est plus élevé chez l'enfant (Thiebauld, 1998).

Concernant les tests de terrain, les jeunes appareillés d'un cardio-fréquencemètre effectueront le test de course en navette de Luc Léger (1988) décrit plus haut dans le chapitre. La fréquence cardiaque pourra être estimée directement via le moniteur d'enregistrement lorsqu'ils atteindront leur VMA en fin de test.

### **3. Le volume d'éjection systolique**

Le volume d'éjection systolique (VES) est par définition volume de sang éjecté du cœur gauche par l'aorte à chaque battement cardiaque (Billat, 2013). A l'exercice, VES augmente afin d'améliorer l'apport sanguin aux muscles en activité. Mais le niveau de cette augmentation est encore discuté. En général, il est observé un plateau de ce VES entre 40% à 60% de  $VO_{2max}$  du à une diminution du retour veineux par accumulation de sang dans les

territoires déclives mais une études récente a observé une augmentation au delà de 60% de  $VO_2$ max chez des sujets très entraînés (Zhou et al., 2001). Chez ces athlètes, cette augmentation est probablement due à un retour veineux très important induisant un meilleur remplissage ventriculaire.

Le VES est un bon déterminant des capacités d'endurance cardiorespiratoires. VES dépend de quatre facteurs notamment le retour veineux, la capacité de remplissage ventriculaire, la contractilité ventriculaire et la pression sanguine dans l'aorte et le tronc artériel pulmonaire. Les deux premiers facteurs conditionnent le volume maximum de sang qui peut être contenu dans le ventricule, ou le volume télé-diastolique (en fin de remplissage du ventricule). Les deux derniers sont fonction de l'aptitude du ventricule gauche à se vider, à éjecter le sang lors de la systole. Ils déterminent la force de la systole et la pression exercée dans le système artériel. Tout d'abord la pression moyenne aortique, c'est-à-dire la résistance du sang à la sortie du ventricule gauche, et dans une moindre mesure la résistance du sang dans l'artère pulmonaire par le ventricule droit (Wilmore et al., 2017).

Le VES à un même  $VO_2$ , est inférieur chez l'enfant comparé à l'adulte du à une surface corporelle et une masse ventriculaire gauche inférieures. A un niveau d'intensité similaire, les cinétiques d'évolution du VES sont identiques chez les enfants et les adultes avec des valeurs inférieures chez les enfants (Vinet et al., 2002).

#### **4. Le débit cardiaque**

Le débit cardiaque se rapporte au volume de sang expulsé par minute du ventricule gauche dans l'aorte (Cox et al., 2004) et peut se traduire par le produit de la fréquence cardiaque et le volume d'éjection systolique.

Connaissant les variations des différentes variables à l'exercice de cette équation, il est aisé de prédire le débit cardiaque. Au repos le débit cardiaque est d'environ de  $5\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$  et il

augmente linéairement avec l'intensité de l'exercice pour atteindre  $20\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$  chez les sédentaires et  $40\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$  chez les sujets entraînés (Wilmore et al. 2017). Son augmentation n'est pas surprenante car la demande en oxygène des muscles en action croît également. Le débit plafonne pour des exercices de niveau d'intensité élevés expliquant ainsi le plafonnement de  $\text{VO}_2\text{max}$  (Wilmore et al. 2017).

A des exercices de niveau sous-maximal ou maximal, le débit cardiaque est plus faible chez l'enfant que l'adulte mais rapporté au poids du corps cette différence disparaît (Vinet et al., 2002). De plus, pour une même  $\text{VO}_2$ , les garçons présentent un débit cardiaque plus faible que les filles (Amstrong et Welsman, 2002) par contre les deux sexes présentent la même cinétique d'augmentation du débit cardiaque à l'effort en puissance relative avec une courbe plus haut chez les garçons mais rapportées à la surface corporelle, ces différences s'amenuisent voire disparaissent (Vinet et al., 2003).

## **5. La pression artérielle**

La pression artérielle est définie comme la force exercée par le sang sur les parois des artères. Deux chiffres sont annoncés par le médecin lors de l'analyse de pression artérielle: le premier et le plus élevé (autour de 12) correspond à la pression systolique, le deuxième correspond à la pression diastolique (autour de 8).

La littérature montre bien que tout exercice fait redescendre la pression artérielle (Niño et al., 2017). Ces mêmes auteurs ont montré que l'alternance des exercices aérobies et de musculation permet une réduction optimale de la pression artérielle. L'exercice aérobie peut être considéré comme un traitement thérapeutique pour les adolescents en surcharge pondérale présentant une hypertension artérielle (Son et al., 2017). Il semblerait même que les exercices de force contribuent à diminuer la pression artérielle au repos. C'est ce qu'a démontré Hagberg et al. (1984) en suivant pendant 5 mois un groupe d'adolescents en

entraînement d'haltérophilie dont la pression artérielle était limite ou anormale. Leur pression de repos a diminué significativement grâce à ce type d'entraînement.

## **6. Le débit sanguin**

Pour répondre aux exigences en oxygène et en nutriments, il faut augmenter le débit sanguin. Et pour cela, on peut agir sur quatre facteurs notamment l'augmentation du nombre de capillaires dans les muscles entraînés, l'augmentation du nombre de capillaires ouverts dans les muscles entraînés, la redistribution sanguine et enfin l'augmentation du volume sanguin total. Des études ont déjà montré l'importance de l'AP dans l'amélioration de ces 4 facteurs qui pourront améliorer le débit sanguin. En effet chez des sujets entraînés en comparaison à des sujet non entraînés, la taille des fibres musculaires est plus importante alors que les plus entraînés possèdent moins de fibres pour une surface donnée. Leur densité est environ 50% supérieur à celle des non-entraînés (Hermansen et Wachtlova, 1971). Dans les tissus durant l'AP, y compris les muscles, les capillaires non actifs au repos peuvent le devenir et assurer une meilleure perfusion des muscles en activité. Tout recrutement de capillaires améliore les échanges entre le système sanguin et musculaire. Cette adaptation citée tout comme la diminution de la compliance veineuses à l'exercice aérobie participe à l'augmentation du débit sanguin qui force, en quelque sorte le passage entre les capillaires et les tissus sans compromettre le retour veineux (Kenney et al., 2013).

## **7. La fréquence cardiaque de réserve**

L'utilisation de la fréquence cardiaque maximale n'est pas perçue comme une mesure directe de l'AP mais comme un marqueur de stress sur le système cardio-pulmonaire due à une augmentation de la consommation d'oxygène. Les niveaux d'intensité d'AP proposés en fonction de la  $FC_{max}$  par plusieurs auteurs (Amstrong et al., 1990 ; Sallo et Silla, 1997) ne sont



pas forcément adéquats pour une population jeune. Pourtant Straton (1996) a proposé un classement d'activité physique en pourcentage de fréquence cardiaque de réserve qui se réfère à l'âge des jeunes ( $FC_{réser}$ ). Plusieurs études ont montré une meilleure prédiction par l'utilisation du pourcentage de la  $FC_{réser}$  comparé à la  $FC_{max}$  pour décrire les différents niveaux d'AP (Lounana et al., 2007) avec les avantages d'un moindre coût et d'une meilleure accessibilité à la mesure (Mann, 2013). Nous avons fait le choix d'utiliser le pourcentage de  $FC_{réser}$  pour définir les différents niveaux d'AP.

On obtient la fréquence cardiaque de réserve en soustrayant la fréquence cardiaque maximale à la fréquence cardiaque de repos. (Fréquence cardiaque de réserve =  $FC_{max} - FC_{repos}$ ). C'est cette fréquence cardiaque de réserve qui sera prise en référence pour exprimer l'intensité d'effort de par son pourcentage. Une classification récente a été démontré dans une étude récente (Barbero-Alvarez et al., 2008 ; Makaje et al., 2012) :

- Haute intensité:  $> 80\%$  de la  $FC_{réser}$ ,
- Intensité modérée:  $\%FC_{réser}$  situé entre 50 et 80%,
- Faible intensité:  $\% FC_{réser} < 50\%$

## **8. Réponse cardiaque post exercice : cinétique de récupération**

La capacité de récupération après effort ou cinétique de récupération peut-être perçue comme une capacité à faire redescendre sa FC d'effort à sa valeur de repos. Elle peut être précisément connue à partir du rythme cardiaque dans les minutes qui suivent l'arrêt de l'effort. Si le retour à la fréquence cardiaque de repos est rapide et régulier, la récupération physique peut être jugée satisfaisante ce qui est un signe très fiable de bonne condition physique. En effet le temps de récupération doit être court mais le ralentissement cardiaque doit aussi s'effectuer régulièrement, sans chute brutale ni sursaut de fréquence

D'un point de vue physiologique, la période de récupération post-effort est accompagnée de modifications dynamiques du tonus du système nerveux autonome. Ces modifications sont caractérisées par le retour de la fréquence cardiaque à son niveau de départ avant effort par la combinaison d'une réduction du tonus sympathique et une réactivation du tonus parasympathique. Plusieurs études cliniques ont documenté une relation négative entre une grande progression du système nerveux parasympathique et l'apparition de maladie cardiovasculaire (Billman, 2002 ; Cole et al., 1999). Par exemple, un retard dans la FC de récupération, une mesure indicative d'une activité du système nerveux parasympathique réduite, a été observé chez les patients souffrant d'insuffisance cardiaque chronique (Cole et al., 1999). De plus il a été proposé qu'à  $\Delta 60$  (différence entre la FC en fin d'effort et la FC 60 secondes post-effort) soit caractérisée par une réactivation du système nerveux parasympathique tandis que la réduction de la FC était influencée par la diminution sympathique et la clairance du système métabolique induit par le stress (Buchheit et al., 2007). Ainsi la cinétique de récupération peut être un indicateur de bonne santé de l'appareil cardiaque, notamment l'efficacité de réactivation du système nerveux parasympathique, que l'on pourra utiliser afin de caractériser la réponse cardiaque post-effort chez la population des jeunes Kanak.

#### Mini synthèse 4

Une des mesures pertinentes permettant d'identifier l'intensité d'un effort chez un individu est la mesure de la fréquence cardiaque. Cette dernière, fréquemment utilisée en physiologie de l'exercice permet de rendre compte d'un effort par l'organisme et de sa capacité à récupérer après un effort. Les paramètres de la fréquence cardiaque à l'exercice tels que le débit cardiaque, le volume d'éjection systolique, le débit sanguin et la pression artérielle joueront un rôle crucial lors d'activité physique intense du jeune.

Les jeunes adolescents kanak ayant un mode de vie urbain mais aussi rural en tribu peuvent présenter des capacités cardiaques qui leur sont propres en fonction de leur lieu et mode de vie. Un mode de vie en tribu plus actif devrait fournir une réponse cardiaque à l'effort plus efficace. Cependant, avec l'urbanisation croissante, les comportements sédentaires et l'inactivité physique qui augmentent, les différentes variables alors mesurées devraient inévitablement être impactées. Il apparaît donc intéressant d'évaluer ces paramètres physiologiques et d'en étudier les causes et les conséquences afin d'appréhender, de cibler, ou d'utiliser le mieux possible les facteurs cités dans la partie A, comme axe de travail possible pour une meilleure réponse cardiaque à l'exercice et plus généralement dans le quotidien des jeunes Kanak.

## Synthèse générale

La NC est un pays en plein développement. « Le caillou » s'urbanise, les modes de vie changent et le comportement de la population se sédentarise. Face à une rapide évolution des technologies, des transports, de l'alimentation, des croyances, le mode de vie du peuple kanak, « peuple d'origine » (Accords de Nouméa, 1998) s'est vu modifié au cours de ces 30 dernières années. En conséquence de ces changements de mode de vie nous avons pu mettre en lumière les principaux facteurs qui peuvent influencer la santé de la population kanak et plus précocement encore sa jeunesse dont les chiffres de santé sont alarmants. Ces changements de mode de vie ont un rôle déterminant dans l'évolution de la composition corporelle des adultes mais aussi des adolescents. Néanmoins les jeunes Kanak de la NC vivent encore dans un mode de vie rural en tribu et un mode de vie occidental en environnement urbain. Il semble donc pertinent d'orienter nos travaux en direction de cette jeunesse et donc d'évaluer l'impact du mode de vie contemporain de cette population sur la composition corporelle (données anthropométriques) et sur les variables physiologiques (données de terrain : qualités physiques et activité physique). Il apparaît donc important que les données anthropométriques mais aussi physiologiques liées à la condition physique, soient récoltées de manière objective afin d'établir le lien entre « la mesure et la fonction » (Mc. Dougall, 1988). La condition physique caractérisée par les qualités physiques permettra d'établir un état de santé physiologique du jeune Kanak. Ces caractéristiques physiologiques peuvent être appréhendées selon différents modes de réponses à l'exercice qui pourraient être spécifiques à la population évaluée. Ainsi, la fréquence cardiaque est une mesure permettant d'identifier l'intensité d'un effort. Elle reflète l'effort du muscle cardiaque des jeunes notamment, leur capacité à supporter une charge de travail et à récupérer après un effort. Il est donc important aujourd'hui d'objectiver les données anthropométriques liées à la composition corporelle mais aussi physiologiques en lien avec la condition physique et la réponse cardiaque à l'exercice en milieu sportif et scolaire.

## II. CONTRIBUTION PERSONNELLE

### A. Objectif des travaux

#### *1<sup>ère</sup> Etude*

Les études scientifiques portant sur des populations Océaniques notamment mélanésiennes kanak sont peu nombreuses lorsque l'on s'intéresse à la physiologie de l'exercice. C'est tout particulièrement le cas quand il s'agit d'anthropométrie et de condition physique. Même si Okihiro et al. (2005) recensent plusieurs études ayant travaillé sur la composition corporelle des Polynésiens, des Australiens et des Maoris Néo-zélandais, aucune étude scientifique ne permet de caractériser les populations kanak ou celles de Papouasie Nouvelle-Guinée. Ceci est d'autant plus important que l'évolution de l'environnement des populations Océaniques conduit à observer un fort taux d'obésité avec des conséquences sans précédent sur ces dernières décennies. Ces mêmes auteurs soulignent des carences dans la littérature et mettent en garde toute interprétation médicale et de santé publique sur la base de standards internationaux.

La Nouvelle-Calédonie se rapproche rapidement du niveau socioéconomique des pays occidentaux. En effet ce territoire connaît une mondialisation, une libéralisation du commerce et une urbanisation croissante qui ont très certainement contribué à des changements dans le mode de vie (activité physique, alimentation, temps passé à être inactif) des populations. Ce changement de mode de vie a forcément entraîné une augmentation constante de la prévalence du surpoids (Dietz, 1997 ; Corsenac et al., 2017). Pourtant, une grande partie de la population kanak continue de maintenir un mode de vie rural en tribu, qui se caractérise par

des activités de subsistance telles que la pêche, l'agriculture ou encore des activités culturelles qui suivent les coutumes traditionnelles, comme la construction de maisons, les mariages et les deuils, ce qui nécessite généralement un haut niveau d'activité physique quotidienne. À l'inverse, les jeunes Kanak vivant dans les zones urbaines sont possiblement moins actifs, avec des comportements sédentaires qui peuvent entraîner des problèmes de surcharge pondérale, avec leur lot de conséquences sur la santé de ces jeunes comme cela est observé dans beaucoup d'autres sociétés et pays (Wate et al. 2013 ; Dietz, 1997).

Ainsi, des changements profonds dans le mode de vie notamment dans :1) l'alimentation où des produits importés sont consommés quotidiennement dans les repas au détriment des produits locaux ; 2) la diminution des activités physiques et ; 3) l'adoption croissante de comportements sédentaires (temps passé assis, devant un écran, déplacements véhiculés) ont sans aucun doute influé la composition corporelle et les réponses physiologiques à l'exercice de la population autochtone et plus particulièrement de la jeunesse kanak. Dans ce même temps, la population kanak a su conserver un mode de vie rural en tribu plus actif basé sur des activités de pêche, de culture des champs pour subvenir à leurs besoins alimentaires.

Ainsi il nous a paru pertinent d'objectiver des données anthropométriques et physiologiques pas ou peu connues de cette population kanak afin de déterminer « des structures et des fonctions » spécifiques des jeunes Kanak selon Kenney et al., (2014).

**Nous avons donc dans un premier temps mis en évidence les caractéristiques anthropométriques et physiologiques de jeunes sportifs Kanak afin d'identifier des qualités physiques permettant de les distinguer de sportifs caucasiens.**

## *2<sup>ème</sup> Etude*

Dans la première étude, nous avons pu mettre en évidence les paramètres anthropométriques et physiologiques du jeune Kanak sportif, révélant des qualités d'explosivité et une capacité à produire des efforts intenses et répétés. Ces qualités ont été démontrées sur des tests standardisés c'est-à-dire des exercices isolés qui sont nécessaires pour comprendre ensuite leurs fonctions dans des « adaptations chroniques » (Kenney., 2014) en compétition. L'un des indicateurs les plus utilisés de la réponse physiologique à l'exercice est l'activité cardiaque à l'effort. Ce paramètre sera ainsi retenu dans nos travaux. Cependant, les réponses cardiaques à l'effort sur des exercices intenses et répétés sont méconnues chez les jeunes mélanésiens Kanak. Ainsi, nous avons investigué dans cette deuxième étude, les réponses physiologiques (réponses cardiaques au repos, à l'effort et pendant la récupération) de jeunes mélanésiens kanak en condition réelle de compétition sportive de haut-niveau reflétant des situations d'effort intenses et répétées. En association à ces variables physiologiques, nous nous sommes également intéressés aux indicateurs de perception d'effort pré et post-match tels que (1) leur qualité de sommeil pour la nuit précédant le match, leur niveau de fatigue du moment, de stress et de douleur musculaire (2) et le niveau d'effort respectivement perçu.

**Nous avons donc mesuré la réponse cardiaque pendant, et après l'effort indiquant la capacité des jeunes sportifs Kanak à supporter une intensité de travail élevée mais aussi leur capacité à récupérer d'un effort intense lors d'un tournoi sportif international. De plus, nous avons cherché à savoir si les facteurs physiologiques de**

**performance et de bien-être lors d'une échéance sportive internationale pouvaient prédire leur capacité à maintenir une intensité élevée lors d'un tournoi de haut niveau.**

### *3<sup>ème</sup> Etude*

Dans la deuxième étude, nous avons pu évaluer les spécificités physiologiques des jeunes Kanak sportifs lors d'efforts intenses et répétés en situation de compétition de haut niveau. Les différentes mesures telles que la capacité à supporter une intensité d'effort très intense, la cinétique de récupération, l'indice de bien-être ou encore l'effort perçu ont été analysés pour la première fois chez des jeunes sportifs Kanak. Cependant, la composition corporelle et les qualités physiologiques de la jeunesse calédonienne ne se réduisent pas à celles des sportifs (ici joueurs de futsal), qui constituent une minorité de la population de cette tranche d'âge. En effet, les données anthropométriques des études 1 et 2 ont attiré notre attention sur le fait que le statut pondéral de ces sportifs était relativement élevé par rapport à leur performance sportive, ce qui pouvait avoir des conséquences évidentes sur leur condition physique. Au delà du domaine sportif cette tendance au surpoids des jeunes Kanak se vérifie également au sein de la population calédonienne de 18 à 67 ans (Corsenac et al., 2017). En effet, dans cette étude 35% des hommes et 26% des femmes sont en surpoids alors que l'obésité touche 29% et 24% des 2 sexes respectivement.

En Nouvelle-Calédonie, les jeunes Kanak peuvent se distinguer par deux modes de vie bien distincts tous deux liés à l'alimentation, l'activité physique et le temps passé à être inactif. Le mode de vie urbain correspond à un style de vie occidental, le mode de vie rural est entendu avec une vie au sein de la tribu, chacun de ces modes de vie pouvant avoir très certainement une influence sur la composition corporelle. C'est pourquoi nous avons cherché à identifier si ces caractéristiques anthropométriques et physiologiques observés à l'âge adulte (étude 2)



étaient déterminées précocement chez une population d'adolescents âgée de 11 à 16 ans vivant en milieu urbain et rural en tribu.

**Nous avons donc étudié les variables anthropométriques, de condition physique et d'activité physique chez les adolescents Kanak vivant en milieu urbain et rural en tribu.**

## **B. Liste des publications**

### **1. 1<sup>ère</sup> publication**

**Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: A first approach to talent...**

Publié dans *Biology of Sport* en février 2015 ; 32 :135-141

O. Galy, P. Zongo, K. Chamari, Chaouachi, E. Michalak, A. Dellal, C. Castagna, O. Hue

### **2. 2<sup>ème</sup> publication**

**Intensity, recovery kinetics and well-being indices are not altered during an official FIFA futsal tournament in Oceanian players**

Publié dans *Journal of Sports Sciences* en Mai 2015

K. Charlot, P. Zongo, A. Scott Leicht, O. Hue, O. Galy

### **3. 3<sup>ème</sup> publication**

**Anthropometric characteristics and physical fitness in rural and urban 11- to 16-year-old Melanesian adolescents: a cross-sectional study in New Caledonian schools**

Sous presse dans *Asia Pacific Journal of Public Health* en septembre 2017

P. Zongo, S. Frayon, S. Antoine-Jonville, G. Wattelez, PY. Le Roux, O. Hue, O. Galy

## **C. Méthodologie générale**

Les éléments principaux de la méthodologie utilisée au cours de notre travail sont abordés dans ce chapitre. Les références notées en gras entre parenthèses permettent de préciser pour quelle étude le matériel à été utilisé.

### **1. Les sujets**

Dans la première étude, quatorze joueurs de futsal mélanésiens et huit joueurs caucasiens ont participé aux travaux. Tous étaient entraînés et présélectionnés par la Fédération Calédonienne de Football pour participer au tournoi de qualification de la Confédération Océanienne de Football (OFC) pour la Coupe du Monde de futsal de la FIFA. La Nouvelle-Calédonie était classée 5<sup>ème</sup> parmi les 11 équipes nationales de l'OFC au moment de l'étude. À la fin de la période précompétitive (3 semaines après la fin de cette étude), 16 d'entre eux ont été sélectionnés en équipe nationale de la NC. Les membres du groupe mélanésien (GM) et du groupe non-mélanésien (GNM) étaient âgés de 24,4 ans  $\pm$  4,4 ans et 22,9 ans  $\pm$  4,9 ans, s'entraînaient entre 4 à 5 fois par semaine pendant 7,75 h  $\pm$  1,78 h et 7,64 h  $\pm$  1,93 h par semaine en dehors des matchs, et jouaient au futsal depuis 10,5 ans  $\pm$  6,8 et 9,3 ans  $\pm$  8,4 ans, respectivement. Les données anthropométriques et physiologiques sont présentées dans les tableaux 6, 7 et 8.

	GM		GNM	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Taille (m)	1,73*	0,05	1,8	0,08
Poids (kg)	72,1	6,9	73,8	11,5
Pli bicipital (mm)	4,46	2,69	3,85	0,65
Pli tricipital (mm)	7,11	2,86	7,75	2,26
Pli supra-iliaque (mm)	7,76	3,57	8,78	2,87
Pli sous-scapulaire (mm)	12,08	3,67	11,3	2,1
Somme des 4 plis cutanés (mm)	31,41	11,35	31,68	6,85
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,24	2,7	22,73	1,9
Densité	1,06	0,01	1,06	0,01
Masse grasse (%)	17,68	4,01	18,15	2,68
Masse maigre (kg)	59,17	4,02	60,25	8,45

Remarque : \*Différence significative entre les groupes,  $P < 0,05$ ; 1-beta = 0,676.

**Tableau 6 :** les données anthropométriques observées chez le GM et le GNM

	GM		GNM	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
T-Test (s)	10,47*	0,58	11,01	0,64
Détente verticale (cm)	50,44*	5,88	45,16	4,34
Puissance (W)	4291,6	423,1	4030,1	498,2
VIFT (km.h <sup>-1</sup> )	18,71	1,33	19,50	0,60
eVO <sub>2</sub> max (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	51,46	3,20	52,74	1,94
FC <sub>repos</sub>	67	18	75	12
FC <sub>max</sub>	194	8	188	13

Notes : \*différence significative entre les groupes;  $P < 0,05$ . T-Test pour l'agilité (1-beta=0.487), La détente verticale (DV; 1-beta=0.557) pour l'explosivité, la puissance selon la formule de Sayers et al. (1999) et le test de course en navette intermittent (30-15IFT (Buchheit, 2008) pour obtenir la vitesse maximale aérobie au dernier palier franchi (VIFT), le VO<sub>2</sub>max estimé (eVO<sub>2</sub>max) et les valeurs de la fréquence cardiaque au repos (FC<sub>repos</sub>) et à l'exercice maximal (FC<sub>max</sub>).

**Tableau 7 :** Résultats de la première batterie de test de terrain pour le GM et le GNM

		GM		GNM	
		Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
Test de sprint	5m (sec)	1,41	0,11	1,35	0,08
	10m (sec)	2,18	0,12	2,13	0,13
	15m (sec)	2,82	0,15	2,84	0,12
	30m (sec)	4,72	0,17	4,80	0,15
Capacité à répéter des sprints 6x25m	Sprint 1 (sec)	3,82\$*	0,23	4,13\$	0,22
	Sprint 2 (sec)	3,95\$	0,23	4,13\$	0,28
	Sprint 3 (sec)	3,98\$	0,19	4,04\$	0,19
	Sprint 4 (sec)	4,05\$	0,25	4,08\$	0,19
	Sprint 5 (sec)	4,01\$	0,23	4,06\$	0,11
	Sprint 6 (sec)	4,15\$	0,25	4,11\$	0,19
	Temps moyen des sprints de la CRS	3,99\$	0,17	4,09\$	0,17
	Temps du sprint le plus rapide du test de la CRS	3,77\$	0,19	3,92\$	0,19
	Temps total des sprints de la CRS	23,96\$	1,05	24,55\$	1,01
	Temps du sprint idéal de la CRS	22,64\$	1,12	23,52\$	1,13
	%Déc de la CRS	5,90\$	3,11	4,44\$	1,76
Capacité à répéter des sprints avec changement de direction	Sprint 1 (s)	5,38	0,21	5,54	0,23
	Sprint (s)	5,41	0,23	5,50	0,22
	Sprint 3 (s)	5,43	0,23	5,48	0,11
	Sprint 4 (s)	5,51	0,27	5,56	0,17
	Sprint 5 (s)	5,50	0,20	5,58	0,18
	Sprint 6 (s)	5,57	0,26	5,56	0,24
	Temps moyen des sprints de la CRS-CD	5,47	0,19	5,53	0,15
	Temps du sprint le plus rapide de la CRS-CD	5,29	0,19	5,31	0,18
	Temps total des sprints de la CRS-CD	32,79	1,14	33,21	0,92
	Temps du sprint idéal de la CRS-CD	31,71	1,15	31,86	1,07
	%Déc de la CRS-CD	3,42*	0,96	4,25	0,84

Notes: \*différence significative entre les groupes pour le sprint 1 et le score du %Déc au CRS-CD ;  $P < 0.05$  et  $1 - \beta = 0,811$  et  $0,491$  ; respectivement. \$ différence significative intra-groupe au CRS-CD;  $P < 0.05$ .  
Les performances de sprint (5 m, 10 m, 15 m and 30 m) sont présentées. La capacité à répéter des sprints (CRS) consiste à sprinter en ligne droite (6 x 25 m avec 25 s de récupération active) alors que le test de la capacité à sprinter avec un changement de direction (CRS-CD) consiste en un changement de direction de 180 degré à mi-parcours de la distance de sprint soit 6 x (2x12,5 m avec 25 s de récupération active).  
Pendant le test de la CRS et de la CRS-CD, les performances suivantes étaient enregistrées: le temps du sprint le plus rapide, le temps moyen et le temps total des sprints; le temps du sprint idéal ; et le pourcentage de décrémentation (%Déc) tel que rapporté par Glaister et al. (Glaister et al., 2008)

**Tableau 8 :** Résultats de la deuxième batterie de test de terrain pour le GM et le GNM

Dans la deuxième étude, dix joueurs de futsal bien entraînés étaient âgés de 25.5 ans  $\pm$  3.8ans. Leurs caractéristiques anthropométriques et les résultats de leur test de terrain sont présentés dans le tableau 9. Ils ont été choisis par la Fédération Calédonienne de Football pour participer au tournoi de la Confédération de Football d'Océanie (OFC) qui a eu lieu à Auckland (Nouvelle-Zélande) du 23 au 27 juillet 2013. Les joueurs ont tous déclaré être d'origine mélanésienne.

	Caractéristiques	Moyenne $\pm$ écart-type
<b>Anthropométrie</b>	<b>Age (ans)</b>	25,50 $\pm$ 3,80
	<b>Taille (cm)</b>	170 $\pm$ 7
	<b>Poids (kg)</b>	70,70 $\pm$ 8,60
	<b>Masse grasse (%)</b>	17,30 $\pm$ 3,70
	<b>Masse maigre (kg)</b>	58,20 $\pm$ 5,10
	<b>Année d'ancienneté de pratique (ans)</b>	14,0 $\pm$ 5,50
	<b>Durée d'entraînement hebdomadaire (h)</b>	7,20 $\pm$ 2,20
<b>Capacité aérobie</b>	<b>VIFT (km.h-1)</b>	19,20 $\pm$ 0,60
	<b>eVO2max (ml.min-1.kg-1)</b>	53,10 $\pm$ 2,10
<b>Test de vitesse</b>	<b>5 m sprint (s)</b>	1,00 $\pm$ 0,07
	<b>10 m sprint (s)</b>	1,72 $\pm$ 0,07
	<b>15 m sprint (s)</b>	2,38 $\pm$ 0,05
	<b>30 m sprint (s)</b>	4,20 $\pm$ 0,11
<b>CRS</b>	<b>Temps moyen des sprints de la CRS (s)</b>	3,84 $\pm$ 0,17
	<b>Temps total des sprints de la CRS (s)</b>	23,10 $\pm$ 1,1 0
	<b>%Déc de la CRS (%)</b>	7,40 $\pm$ 3,94
<b>CRS-CD</b>	<b>Temps moyen des sprints de la CRS-CD (s)</b>	5,32 $\pm$ 0,17
	<b>Temps total des sprints de la CRS-CD (s)</b>	30,50 $\pm$ 2,30
	<b>%Déc de la CRS-CD (%)</b>	4,13 $\pm$ 1,32
Note : VIFT, vitesse maximale aérobie obtenue par le 30-15IFT ; eVO2max, VO2max estimé par le 30-15IFT ; CRS, capacité à répéter des sprints ; CD, changement de direction.		

**Tableau 9 :** Caractéristiques anthropométriques et résultats des tests de terrain

Dans la troisième étude, nous avons analysé les données obtenues auprès des adolescents en milieu scolaire. L'échantillon était de 556 élèves de la communauté mélanésienne. Certains étaient inscrits dans des écoles urbaines : à Nouméa en la province Sud. Les autres étaient dans les écoles rurales des îles de Lifou et d'Ouvéa, situées à 40 minutes de Nouméa en avion. Les écoles ont été sélectionnées au hasard et le personnel a donné son accord pour réaliser l'étude, notamment les infirmières scolaires. Deux classes ont ensuite été sélectionnées au hasard dans chacune des quatre classes (niveaux) par un membre du personnel. Dans chaque école, nous avons obtenu seulement 90% des données en raison des absences des élèves ou du refus des parents. Les adolescents ayant des données manquantes et ceux appartenant à des groupes ethniques autres que Mélanésien ont donc été exclus.

Lors du dernier recensement en Nouvelle-Calédonie (ISEE, 2015), le degré d'urbanisation a été déterminé à l'aide d'une norme européenne (European Communities, 2001). Les zones densément peuplées comprenant au moins 50 000 habitants dans une zone continue avec plus de 500 habitants par km<sup>2</sup> sont classées comme urbaines (U). Une zone semi-urbaine est une zone continue avec plus de 50 000 habitants et plus de 100 habitants par km<sup>2</sup>, adjacente à une zone urbaine. Les zones rurales (R) sont celles qui ne remplissent pas les conditions requises pour les zones urbaines ou semi-urbaines. Les parents ont donné un consentement écrit avant la participation de leur adolescent à l'étude, qui satisfaisait à toutes les exigences légales et aux critères de la déclaration d'Helsinki. Le protocole a également été approuvé par le comité d'éthique de l'Université de Nouvelle-Calédonie.

## **2. Mesures anthropométriques**

### Description :

La récolte des données anthropométriques s'effectuait individuellement avec un personnel de santé ou universitaire expérimenté avec le consentement des participants.

### Protocole :

Nous avons tout d'abord mesuré la taille et le poids de chaque participant grâce à une toise et un pèse-personne (Tanita HA 503, Tanita Corporation, Tokyo, Japon). Ensuite leur taux d'adiposité corporelle a été estimé à partir de 4 plis cutanés, exprimés en millimètre sur quatre zones : au niveau du biceps, du triceps, puis au pli sous-scapulaire et supra-iliaque. Ces plis ont été récoltés sur le côté droit du corps à l'aide d'une pince à pli cutané Harpenden (HSB-BI, Burgess Hill, West Sussex, Royaume-Uni) selon la méthode de Durnin et Rahaman.

### Données récoltées :

L'IMC a été calculé selon la formule  $IMC = \text{Poids (kg)} / \text{Taille (m)}^2$ . Deux mesures indépendantes ont été prises à chaque pli. Si la deuxième mesure n'était pas dans les 5% de la première, les plis suivants ont été mesurés jusqu'à ce que la différence soit inférieure à 5%; leur moyenne était alors retenue. L'équation de Durnin et de Rahaman a été utilisée pour déterminer le pourcentage de graisse corporelle (%MG) (Durnin et Rahaman, 1967). La masse maigre (MM) en kg a été déterminée à partir de la masse corporelle et de la MG. (1, 2, 3)

## **3. Test de détente verticale (DV)**

### Description :

Le test de DV s'effectuait en intérieur sur un terrain plat et a été effectué à l'aide d'un Myotest Pro (Myotest SA, Sion, Suisse).

### Protocole :

Les participants, en position de départ debout puis en demi squat, devaient effectuer une série de cinq sauts verticaux. Le but était de sauter le plus haut possible à chaque saut à l'aide de leurs bras. La DV est considérée comme un cycle d'étirement-détente (CED) des membres inférieurs. Le CED permet aux muscles des membres inférieurs de créer de hauts niveaux de

tension, par une position d'étirement statique en position demi squat, avant le début du raccourcissement musculaire afin de produire le plus de force musculaire à l'impulsion. Un échauffement de 15 minutes a été effectué par tous les participants 10 minutes avant les tests de détente verticale.

#### Données récoltées :

La hauteur de saut a été mesurée automatiquement par le Myotest Pro, considéré comme une méthode valide (Casartelli et al., 2010). La puissance calculée pendant le test de détente verticale a été déterminée en mesurant la hauteur des sauts et en prenant en compte les variables de poids corporel dans l'équation de Sayers et al. (Sayers et al., 1999):

$$\text{Puissance (W)} = 51,9 \times \text{DV (cm)} + 48,9 \times \text{masse du corps (kg)} - 2007$$

La puissance (W) est obtenue grâce à la détente verticale (DV), la hauteur atteinte en centimètre. (1, 2, 3)

#### **4. Les tests de sprint sur 5 m, 10 m, 15 m, 30 m**

##### Description :

Le test de sprint se déroulait sur terrain couvert en gymnase. Une ligne de départ était matérialisée et des cellules photoélectriques étaient positionnées à 5 m, 10 m, 15 m et 30 m de cette ligne afin de chronométrer les participants sur chaque distance.

##### Protocole

Les participants ont effectué trois sprints de 30 m avec des temps intermédiaires à 5 m, 10 m, 15 m et au final 30 m sur un terrain synthétique intérieur. Les meilleures performances ont été retenues pour chaque distance. Pendant la période de récupération (2-3 minutes entre les sprints), les participants devaient revenir à la ligne de départ pour attendre le prochain sprint.



Données récoltées :

Les temps à chaque distance ont été enregistrés à l'aide de cellules photoélectriques (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, États-Unis, précision de 0,01 s) placées à 1 m au-dessus du sol. Les participants ont commencé le sprint au signal de départ à 0,5 m derrière la ligne de départ. La position de départ était la même pour tous les participants. (1, 2, 3)

**5. Evaluation de la capacité à répéter des sprints (CRS) sans et avec changement de direction (CRS-CD)**

Protocole :

Le CRS consiste à effectuer des sprints sur ligne droite (6 x 25 m avec une récupération active de 25 s) tandis que le CRS-CD consiste en un changement de direction de 180 degrés à mi-distance de cette même ligne droite (Buchheit, 2008) soit 6 x (2 x 12,5 m avec 25 s de récupération active). Au cours de la récupération active, les participants se déplaçaient lentement vers la ligne de départ et attendaient le sprint suivant. Les séries de sprint ont été enregistrées à l'aide de cellules photoélectriques (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, États-Unis, précision de 0,01 s) placées à 1 m au-dessus du sol. Les chercheurs ont utilisé un chronomètre manuel pour mesurer le temps de récupération. Les participants commençaient le sprint au signal de départ 0,5 m derrière la ligne de départ. La position de départ était similaire pour chaque sujet.

Données récoltées :

Les données suivantes ont été enregistrées lors des performances de CRS et de CRS-CD : le temps du sprint le plus rapide, le temps moyen des sprints, le temps total des sprints, temps de sprint idéal (le nombre de sprints x le temps du sprint le plus rapide) et le pourcentage de décrémentation (%Déc), rapporté par Glaister (Glaister et al.2008). L'utilisation de temps total a été recommandée par des études ayant analysé la CRS et la CRS-CD (Spencer et al., 2005).

Le %Déc a récemment été signalé comme la méthode la plus juste et la plus fiable pour quantifier la fatigue dans les tests de CRS (Glaister et al.2008). (1, 2)

## **6. Le T-Test pour l'agilité**

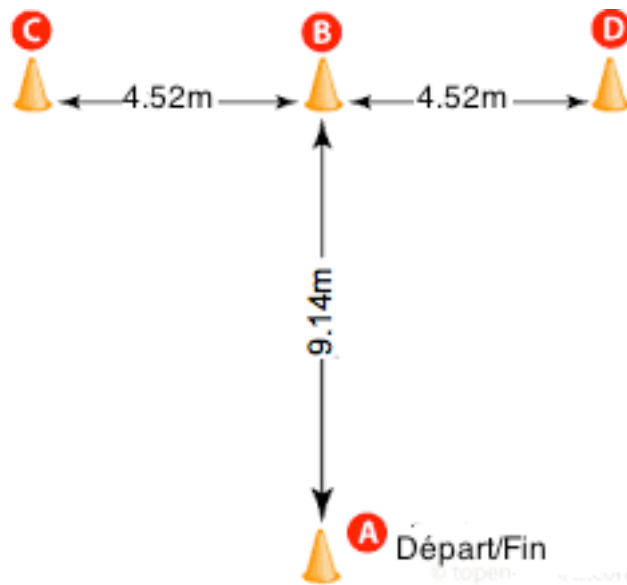
### Description :

Le T-test s'effectuait sur terrain couvert en gymnase. Quatre plots (A, B, C, D) étaient placés pour marquer la ligne de départ A, le plot B était placé à 9,14 m (10 yards) de A. Enfin C et D étaient placés de part et d'autre de B à une distance de 4,52m (5 yards).

Le protocole est décrit par Semenick (Semenick, 1990) avec de légères modifications proposées par Pauole (Pauole et al., 2000). Le T-test est présenté dans la figure 4. Trois essais ont été enregistrés à l'aide de cellules photo-cellulaires (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, États-Unis, précision de 0,01 s) placés à 0,4 m au dessus du sol. Les participants ont commencé le sprint en position de départ debout à 0,5 m derrière la ligne de départ. La fiabilité et la validité du T-Test ont été rapportées par Pauole (2000).

### Protocole :

Le test devait être réalisé le plus rapidement possible en respectant le protocole suivant. Les participants se mettaient en position de départ avec les deux pieds derrière la ligne de plot A. Au signal de départ, ils devaient courir le plus vite possible jusqu'au plot B situé à 9,14 m en ligne droite et soulever le plot avec sa main droite. De suite, ils devaient courir vers le plot C situé à 4,52 m sur sa gauche et le soulever également de la main gauche. Il devaient ensuite changer de direction et se diriger à droite pour soulever de la main droite le plot D situé à 9,14 m. Ils devaient revenir en courant vers le plot B à 4,57 m pour le soulever de la main gauche avant de repartir le plus rapidement possible vers la ligne d'arrivée au point A. Trois essais ont été effectués, et les temps étaient enregistrés au centième de seconde. (1, 2, 3)



**Figure 4** : Description du test d'agilité, le T-test

**7. Les tests de la capacité aérobie : La vitesse maximale aérobie intermittente (VIIFT) et la vitesse maximale aérobie (VMA).**

**a) Test du 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT)**

Description :

Le test du 30-15IFT a été effectué comme décrit et validé par Buchheit (Buchheit, 2008) sur une piste synthétique intérieure (1, 2). Le 30-15IFT s'effectuait sur 30 s de course en navette sur 40 m, entrecoupées de périodes de récupération passives de 15 s. La vitesse de course initiale a été réglée à 8 km/h pour les 30 premières secondes. Ensuite la vitesse augmentait de 0,5 km/h toutes les 30 secondes. La course était rythmée par un signal audio préenregistré. Les participants avaient pour but de gravir le plus de paliers possibles, chacun durant 30 secondes. Le test prenait fin lorsque les participants ne pouvaient plus maintenir la vitesse de course requise (c'est-à-dire lorsque les joueurs n'étaient pas en mesure d'atteindre une zone de 3 m proche de chacune des lignes marquées au moment du signal audio à trois occasions

consécutives). La vitesse au dernier palier franchi est la vitesse maximale aérobie intermittente (VIFT)

Chaque joueur a été encouragé verbalement à faire un effort maximal pendant tous les tests. Pendant le 30-15IFT, la fréquence cardiaque au repos ( $FC_{\text{repos}}$ ) et le pic de fréquence cardiaque pendant l'exercice ( $FC_{\text{max}}$ ) ont été recueillis à l'aide d'un système de télémétrie longue distance (Suunto t6, Suunto Oy, Finlande) qui a permis la vérification en temps réel de l'intensité de l'exercice. Les données ont été enregistrées à chaque seconde du 30-15IFT jusqu'à la fin du test.

Protocole :

- Au premier départ, les participants se placent à la ligne A, espacés les uns des autres d'un mètre au minimum. Ils commencent à courir au premier "bip", puis poursuivent leur effort afin de se trouver dans la zone de tolérance centrale lors du second "bip" (ligne B), puis au niveau de la ligne C au troisième "bip" (1/2 tour) et ainsi de suite jusqu'à entendre un double "bip" signifiant la fin de la période d'effort.
- Au double "bip", les athlètes cessent de courir et marchent jusqu'à rejoindre la ligne suivante, pour attendre le début du prochain palier. Le test prend fin lorsque les athlètes ne sont plus capables d'entrer dans les zones de tolérance 3 fois de suite. La vitesse maintenue lors du dernier palier franchi intégralement est retenue comme Vitesse Maximale Aérobie Intermittente (VIFT)

Données récoltées :

$VO_2\text{max}$  peut être estimé à partir de la VIFT selon la formule suivante :

$$eVO_2\text{max}_{30-15IFT} \text{ (ml/min/kg)} = 28,3 - 2,15S - 0,741A - 0,0357P + 0,0586A \times \text{VIFT} + 1,03 \text{ VIFT}$$

Pour lequel S représente le sexe (féminin = 2 ; mâle = 1), A pour l'âge et P pour le poids.

### ***b) Le test de VMA continu***

Le test VMA continu a évalué de manière individuelle la vitesse de course en accélérant progressivement avec des incrémentation de 1 minute. La classe d'élève (3) a été divisée en deux groupes de 10 à 14 adolescents. Deux séances de test ont été organisées pour chaque classe. Une bande sonore a imposé le rythme autour d'une piste intérieure avec des cônes en plastique placés à intervalles de 20 m. L'objectif était d'atteindre chaque cône à chaque bip sonore. L'intervalle de signal a été progressivement réduit, augmentant ainsi la vitesse de course de 1 km.h<sup>-1</sup> chaque minute correspondant à un palier qui était annoncées par la bande sonore. Lorsqu'un élève ne pouvait plus rejoindre un plot au bip sonore à l'effort maximal, le test était terminé. Le dernier stade atteint a été enregistré et converti en VMA suivant la formule de Leger et al., (1988).

L'estimation du VO<sub>2</sub>max (Y, ml.min<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup>) a été prédite à partir de la VMA (X1, km.h<sup>-1</sup>) et l'âge (X2, année comme nombre entier arrondi inférieur) (3) :

$$Y = 31,025 + 3,238X1 - 3,248X2 + 0,1536X1.X2$$

## **8. Réponse cardiaque à l'exercice**

### ***a) Les indicateurs d'intensité issus de la fréquence cardiaque (FC)***

#### Protocole :

Avant l'échauffement de chaque match, les participants portaient un moniteur (Suunto t6, Suunto, vers l'intérieur) autour de la poitrine qui enregistrerait leur FC et cela jusqu'à 15 minutes après la fin de chaque match. Les enregistrements de FC ont ensuite été extraits grâce au logiciel à 10s près de la valeur moyenne de la FC.

### Données récoltées :

L'intensité de l'exercice a été évaluée selon le temps passé en match sur le terrain à différents pourcentages de la FC de réserve ( $FC_{réser} = FC_{max} - FC_{repos}$ ). Une classification des intensités est basée sur le  $\%FC_{réser}$  et a été utilisée dans cette étude car elle reflète avec précision la charge de travail réelle supérieure à celle de repos :

- Haute intensité : le pourcentage de temps passé supérieur à 80% de la  $FC_{réser}$  ( $T > 80\%$ ),
- Intensité modérée : le pourcentage de temps passé entre 50 et 80% de la  $FC_{réser}$  ( $T 50-80\%$ ),
- Faible intensité: le pourcentage de temps passé est inférieur à 50% de la  $FC_{réser}$  ( $T < 50\%$ ).

Cette classification est issue des travaux de Barbero-Alvarez et al. (2008) et Makaje et al. (2012) qui avaient utilisé la  $FC_{max}$  comme référentiel. Mais dans nos travaux, la classification est basée sur le pourcentage de la  $FC_{réser}$  car il prend en compte les  $FC_{repos}$  et donc reflète plus précisément l'intensité. (2)

### ***b) La cinétique de récupération***

La diminution de la FC post-effort fournit une mesure simple de la capacité de récupération d'un joueur grâce à la différence absolue de la FC lors du changement de joueur (à l'arrivée sur le banc) et sa FC à 60 secondes après ce changement ( $\Delta 60$ ). Cette mesure est appropriée lorsque le temps de récupération est court ( $< 2$  min) (Dupuy et al., 2012). Le temps de diminution de la FC (Tau) peut également informer sur la cinétique de récupération avec la fonction mono-exponentielle suivante appliquée à l'étude actuelle (Perini et al., 1989). Cette fonction nous montre qu'à la première minute de récupération : (1) la concentration veineuse de noradrénaline diminue de manière exponentielle, (2) la FC aussi diminue considérablement

jusqu'à sa valeur de repos. Cette diminution de la FC est due à la restauration du tonus vagal (à la première minute de récupération) et au système nerveux sympathique pour le retour à sa valeur de repos. Tau correspond au temps mis par les joueurs pour retrouver leur fréquence cardiaque de repos. Plus le Tau est grand, plus la récupération est lente. Il a été proposé que  $\Delta 60$  soit déterminé par une réactivation du système nerveux parasympathique tandis que Tau était influencé par le retrait du système nerveux sympathique et l'élimination des métabolites du système de stress (Buchheit, Papelier, Laursen et Ahmaidi, 2007). Tous les indices de récupération de FC ont été calculés pour chaque changement de joueur pendant chaque match, sauf lorsque la durée de récupération était inférieure à 2 min ou lorsque les joueurs ne restaient pas silencieux sur le banc. (2)

## **9. Mesure du Bien-être et de l'effort perçu**

### ***a) L'indice de Hooper***

Avant chaque match, les participants ont évalué subjectivement leur qualité de sommeil pendant la nuit précédant le match, leur niveau actuel de fatigue, de stress et de douleur musculaire retardée (DOMS) sur une échelle de 1 à 7 : avec 1 correspondant à un niveau « très très bon » pour dormir ou « très très bas » pour les trois autres indices, et 7 étant « très très mauvais » pour le sommeil et « très très élevé » pour les autres indices (Hooper et Mackinnon, 1995). La somme de ces quatre scores a été utilisée pour calculer l'indice Hooper, une mesure de la fatigue des joueurs. (2)

### ***b) Perception de l'effort post match***

Les joueurs ont évalué leur niveau d'effort perçu (RPE) pendant le match dans les 10 minutes après le match en utilisant une échelle de 0 à 10 : 0 correspondant à un niveau d'effort au

« repos » et 10 à un niveau d'effort « maximal » (Foster et al., 2001). Ces évaluations ont été utilisées précédemment chez les athlètes de futsal (Milanez et al., 2011). (2)

## **D. Les travaux**

### **1. Etude 1**

#### *a) Résultats*

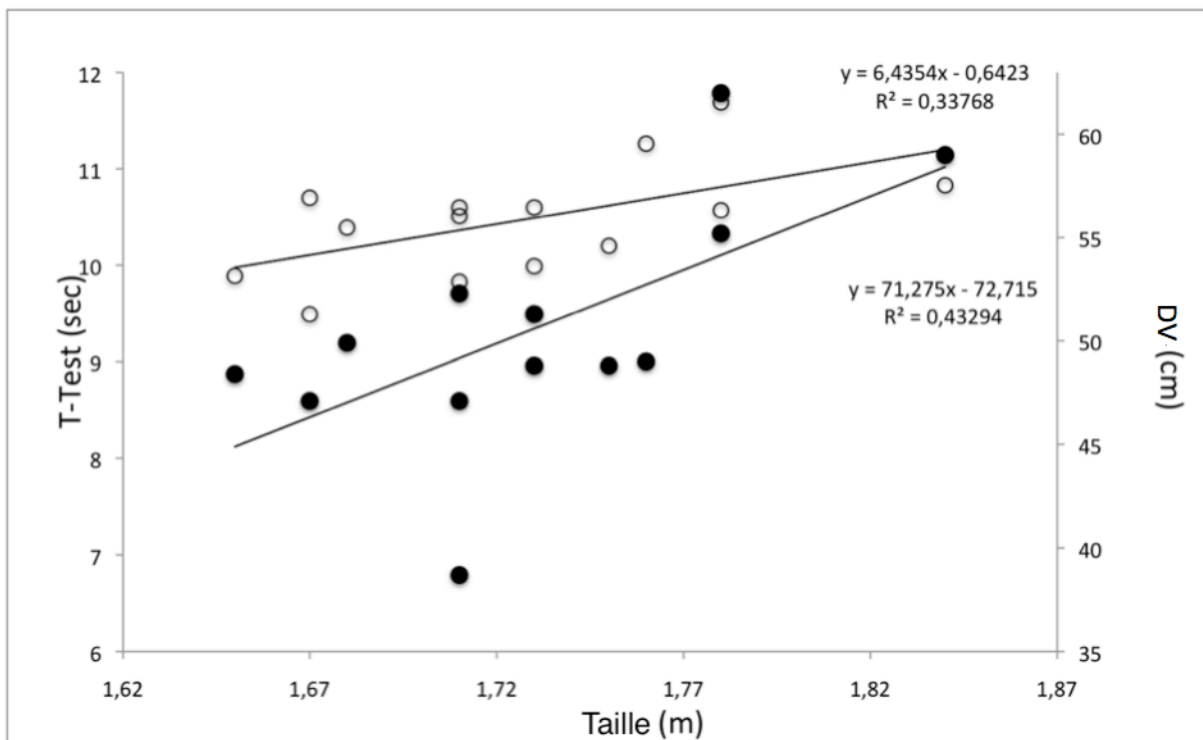
Les données anthropométriques ont révélé une taille nettement inférieure pour le GM comparé à celui du GNM ( $P = 0,05$ ) avec une tendance au surpoids ( $P = 0,06$ ) pour l'IMC. Les autres caractéristiques anthropométriques n'ont montré aucune différence significative, comme indiqué dans le tableau 6.

Le test de détente verticale a montré des valeurs significativement plus élevées pour le GM par rapport à celui du GNM ( $P = 0,03$  ; tableau 7). De plus, le T-Test a montré des performances significativement plus élevées pour le GM par rapport au GNM ( $P = 0,05$  ; tableau 7). Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée pour les performances de sprint de 5 m, 10 m, 15 m et 30 m (tableau 8) entre les groupes ni pour le 30-15IFT ( $P=0,07$ ), ni pour la  $FC_{\max}$  et le  $eVO_2\max$  ( $P = 0,06$  ; tableau 7 ). De même aucune différence significative entre les groupes n'a été observée pour la CRS. Cependant, le premier sprint de la CRS a montré une valeur intragroupe significativement plus faible pour le GM par rapport au GNM ( $P = 0,01$  ; tableau 8). Au sein des groupes, la CRS-CD et ses composants (c'est-à-dire le temps du sprint le plus rapide, le temps moyen des sprints, le temps total des sprints et le temps de sprint idéal) ont montré des valeurs significativement plus élevées par rapport aux composants CRS dans les deux groupes ( $P = 0,001$ , tableau 8). Cependant, entre les groupes, aucune différence significative n'a été observée entre le pourcentage de la CRS et la CRS-CD



( $P = 0,697$ ), et le pourcentage de la CRS-CD était significativement plus faible dans le GM par rapport à celui du GNM ( $P = 0,05$ ).

Une analyse de régression simple a démontré certaines relations entre les données anthropométriques et les paramètres physiologiques de la performance. Effectivement, la taille du GM était significativement rapportée à : DV ( $r = 0,706$ ,  $P = 0,01$ ), puissance ( $r = 0,709$ ,  $P = 0,01$ ), T-Test ( $r = 0,589$ ,  $P = 0,02$ ), et %Déc CRS ( $r = -0,502$ ,  $P = 0,04$ ). L'IMC était significativement et inversement lié à la détente verticale ( $r = -0,583$ ,  $P = 0,05$ ). MM était significativement lié à la puissance ( $r = 0,619$ ,  $P = 0,03$ ). Chez le GNM, la puissance était significativement liée à la taille ( $r = 0,894$ ,  $P = 0,03$ ), la masse corporelle ( $r = 0,866$ ,  $P = 0,003$ ), le pli bicipital ( $r = 0,728$ ,  $P = 0,04$ ) et les plis sous-scapulaires ( $r = 0,703$ ,  $P = 0,05$ ), et MM ( $r = 0,846$ ,  $P = 0,008$ ). Enfin la régression linéaire multiple par étapes a démontré que la taille a contribué aux paramètres physiologiques de la performance (T-Test,  $R^2 = 0,34$  ; DV,  $R^2 = 0,42$  ; puissance,  $R^2 = 0,503$  ; figure 4) du GM.



**Figure 5:** Prédiction de la performance ( $R^2$ ) entre le T-test et la taille (cercles blancs), le T-test et la DV (cercles noirs) du GM.  $P = 0,02$  et  $P = 0,01$ , respectivement.

## *b) Discussion*

Dans cette étude, nous proposons pour la première fois des caractéristiques spécifiques des athlètes mélanésiens et, plus précisément, des joueurs de futsal de haut niveau. Nous montrons également des relations significatives entre la taille et l'agilité mais aussi avec l'explosivité chez ces joueurs de futsal mélanésiens. Nous pensons que la combinaison de ces paramètres peut servir d'indicateur pour la performance au futsal. De plus, des caractéristiques anthropométriques et physiologiques spécifiques ont été observées chez les mélanésiens, ce qui peut contribuer à la construction d'un profil anthropométrique et physiologique des joueurs de futsal mélanésiens. Tous ces paramètres devraient être pris en compte pour améliorer l'identification des qualités requises et l'entraînement des joueurs de futsal océaniens.

Une DV significativement plus élevée et une meilleure performance au T-test ont été observés chez le GM par rapport au GNM (tableau 7). Ces observations ont été renforcées par des corrélations significatives entre la taille et le T-test, la DV et la puissance (figure 5). La DV est considérée comme un saut vertical au cours d'un cycle d'étirement-détente (CED). Ce type d'effort est important dans la phase initiale de sprint en raison du temps de contact au sol au cours des premiers pas (Jovanovic et al., 2011). Cet aspect physiologique pourrait être un avantage dans le futsal, où les joueurs changent leur vitesse de déplacement environ toutes les 3 secondes et 28 millisecondes (Dogramaci et al., 2006), avec 8,6 accélérations par minute et un exercice de haute intensité toutes les 23 secondes (Barbero-Alvarez et al., 2008). En outre, 5 à 12% du jeu correspond à des course de sprint ou du travail à haute intensité (Barbero-Alvarez et al., 2008 ; Barbero-Alvarez et al., 2009 ; Dogramaci et al., 2011). L'explosivité est connue pour contribuer à l'agilité (Sheppard et al., 2006), et elle a sûrement contribué aux performances du T-test puisque le GM a obtenu des performances significativement

meilleures à ce test (tableau 7). En effet, les participants ont effectué cinq accélérations environ toutes les 2 secondes, d'une durée moyenne de 11 secondes, et une plus grande explosivité aurait amélioré l'agilité pendant le T-Test. Parmi les tests d'agilité, le T-Test est fiable (Paule et al., 2000) même chez les footballeurs ( $r = 0,73$ ,  $P < 0,05$  ; Sporis et al. (2010)). Dans le cas présent, nous pouvons émettre l'hypothèse qu'un centre de gravité inférieur (dû à une taille nettement inférieure) combiné à une meilleure explosivité et une meilleure agilité chez le GM a contribué à un programme moteur spécifique chez les joueurs de futsal GM et nous pensons que cela aiderait les entraîneurs à définir un style de jeu océanien spécifique.

Il est intéressant de noter que le GM a montré un pourcentage nettement inférieur en CRS-CD que dans CRS. En outre, l'indice de fatigue de CRS-CD était significativement plus faible chez le GM que chez le GNM (tableau 8). Dans ce sport, l'un des principaux déterminants du rendement du futsal est la capacité de répéter les sprints, qu'ils comprennent ou non divers changements de direction (Castagna et al., 2009 ; Dittrich et al., 2011 ; Dellal et al., 2010 ; Sporis et al., 2010). Cette capacité a été récemment décrite dans le football (Dellal et al., 2010 ; Wong, 2008), mais elle est encore plus importante dans le futsal (Barbero-Alvarez et al., 2006). Au cours du CRS, l'énergie est initialement fournie par le métabolisme anaérobie (c'est-à-dire l'ATP-PC et la glycolyse), qui est progressivement réduite pendant les sprints sous-maximaux à mesure que la participation du métabolisme aérobie augmente (Spencer et al., 2006). En revanche, aucune preuve de cette filière énergétique dans la CRS-CD n'a été signalée (Wong, 2008) . Bien que le CRS et le CRS-CD soient similaires, les deux nécessitent des efforts répétés de courte durée et d'intensité élevée avec des repos courts. Wong et al., (2008) ont suggéré que ces deux types de capacités sont indépendants. Les auteurs ont basé cette suggestion sur le rapport de Dellal et al., (2010), qui a constaté que l'impact

physiologique des courses intermittentes en navette était sensiblement supérieur à celui de la course intermittente en ligne. En outre, Lakomy et Haydon (2004) ont constaté que la fatigue croissante et les temps de sprint plus lents lors de série de plusieurs sprints (> 10) étaient dus à une décélération forcée dans les 6 m après la ligne d'arrivée par rapport aux sprints sans décélération forcée. De plus, une technique de course spécifique et des adaptations neuromusculaires ont été impliquées dans des tests similaires au CRS-CD (Sheppard et al., 2006). Bien qu'une technique de course spécifique ne semble pas susceptible d'expliquer la fatigue significativement plus faible au CRS-CD plutôt qu'au CRS pour le GM, l'hypothèse d'une plus grande adaptation neuromusculaire, comme l'indique une explosion supérieure, semble plausible pour le GM. Comme expliqué ci-dessus (dans le paragraphe d'explosivité et d'agilité), la DV est considéré comme un CED. Castillo-Rodriguez et al. (2012) ont récemment démontré que la DV était le meilleur indicateur des tests de sprint avec des changements de direction dominants. Ce type d'effort est donc considéré comme important dans la phase initiale de sprint en raison des phases plus longues du temps de contact au sol au cours des premières pas (Jovanovic et al., 2011). Il a peut-être contribué à chaque changement directionnel de 180 ° de la CRS-CD et a donc entraîné la différence significative entre CRS-CD et CRS chez GM et le pourcentage significativement inférieur de %Déc en CRS-CD chez le GM par rapport à GNM. Il est également possible que le centre de gravité inférieur du GM dû à une taille inférieure combinée à une meilleure explosivité ait considérablement réduit le pourcentage de décrémentation dans la condition CRS-CD par rapport au GNM. Si tel est le cas, cela suggère un déterminant physiologique spécifique de la performance chez les joueurs de futsal mélanésiens.

Le 30-15IFT n'a montré aucune différence dans le  $e\dot{V}O_2\text{max}$  entre le GM et le GNM, qui avaient des valeurs moyennes respectives de  $51,4 \pm 3,2$  ml/min/kg et  $52,7 \pm 1,9$  ml/min/kg.

Ces valeurs sont celles qui sont communément observées pour la capacité aérobie chez les joueurs de futsal professionnels ( $> 60 \text{ ml/min/kg}$ ; Barbero-Alvarez et al. (2009)). Les valeurs VIFT ( $18,7 \pm 1,3 \text{ km/h}$  et  $19,5 \pm 0,6 \text{ km/h}^{-1}$  pour GM et GNM, respectivement) s'accordent avec la littérature sur les athlètes sportifs d'équipe régionaux et nationaux testés avec le 30-15IFT (Haydar et al., 2011). Cependant, nous nous attendions à certaines différences dans VIFT entre GM et GNM, étant donné que VIFT est un « composite » de plusieurs qualités physiques déterminantes dans les sports collectifs » (Buchheit, 2008). En effet, VIFT est étroitement lié à plusieurs capacités physiques telles que la CRS-CD (Haydar et al., 2011), l'accélération, la hauteur de saut et la capacité de sprint répété (Buchheit, 2008). Ici, nous n'avons trouvé aucune différence significative dans la VIFT entre les groupes, alors que le %Déc dans la CRS-CD a indiqué une meilleure capacité à répéter les sprints avec la CRS-CD chez le GM. La  $FC_{\text{max}}$  mesuré à la fin du 30-15IFT ( $193,6 \pm 8,3$  et  $187,9 \pm 12,7 \text{ bpm}$  pour GM et GNM, respectivement) était alignée avec les valeurs observées à la fin du test d'endurance intermittent de futsal (FIET) de Barbero et al. (2006) ou ceux obtenus en utilisant le test de course en navette intermittente de Carminatti (Dittrich et al., 2011):  $FC_{\text{max}}$  de  $193 \pm 8$  et  $193 \pm 9 \text{ bpm}$ , respectivement. Ainsi, le 30-15IFT a montré des valeurs élevées de FC à la fin du test, semblables à celles de la littérature de futsal, ce qui indique qu'il peut également s'agir d'un test de terrain adapté pour le futsal.

Les paramètres anthropométriques ont montré une taille nettement inférieure du GM par rapport au GNM,  $1,73 \pm 0,05 \text{ m}$  et  $1,80 \pm 0,08 \text{ m}$  respectivement (tableau 6), bien que la masse corporelle n'était pas significativement différente:  $72,1 \pm 6,9 \text{ kg}$  et  $73,8 \pm 11,4 \text{ kg}$ , respectivement (tableau 6). Selon la littérature, les joueurs de football de haut niveau espagnols et brésiliens (Baroni et Leal Junior, 2010 ; Castagna et Barbero-Alvares, 2010) ont une taille ( $1,77 \text{ m}$  et  $1,76 \text{ m}$ ) ainsi qu'une masse corporelle ( $75,4 \text{ kg}$  et  $74,5 \text{ kg}$ ) moyennes

plus élevées que le GM. Il est bien connu que la taille et la masse corporelle sont des indicateurs corrects pour la participation et le succès au plus haut niveau du football (Wong et al., 2009 ; Wong et al., 2011 ; Śliwowski et al., 2013). Bien qu'aucune donnée pour les joueurs mélanésiens de l'OFC n'ait été révélée dans la revue de Wong (2009), d'autres confédérations ont montré des tailles systématiquement plus élevées pour les joueurs de football en comparaison aux résultats de l'étude actuelle, avec une moyenne de 1,81 m pour toutes les confédérations.

L'IMC a tendance à être significativement plus élevé chez les GM que chez les GNM ( $P < 0,07$ ):  $24,2 \pm 2,7\%$  et  $22,7 \pm 1,9\%$ , respectivement. Une fois de plus, aucune donnée n'a été révélée pour les joueurs mélanésiens de l'OFC dans l'évaluation de Wong (2009), mais l'IMC des joueurs de football d'élite a montré une moyenne de  $23,1 \pm 1,3 \text{ kg / m}^2$  pour toutes les confédérations de la FIFA étudiées. Au-delà de cet indice, le %MG mesuré dans la présente étude a montré des valeurs plus élevées dans les deux groupes ( $17,6 \pm 2,4$  et  $18,1 \pm 2,6\%$  MG) par rapport aux joueurs de futsal brésiliens, qui ont montré des valeurs moyennes de  $9,9 \pm 3,2\%$  MG (Dittrich., 2011). Deux observations pourraient expliquer ces différences. Tout d'abord, le niveau de pratique de nos joueurs de futsal mélanésiens qui était inférieur à celui des joueurs professionnels. Deuxièmement, le mode de vie des insulaires du Pacifique qui a changé en raison de la migration et de l'urbanisation en Mélanésie (Okihiro et al., 2005). En effet, les modes de vie sédentaires, les régimes riches en graisses, les sucres raffinés et la diminution de l'allaitement maternel sont maintenant fréquents chez les insulaires du Pacifique et tous ont été associés à l'obésité (Okihiro et al., 2005 ; Forshee et al., 2004). Bien qu'ils ne soient pas obèses, les joueurs actuels de futsal (GM et GNM) peuvent avoir un style de vie qui explique en partie le pourcentage élevé de MG observé. Les entraîneurs de futsal mélanésiens peuvent donc désormais promouvoir des régimes et des modes de vie plus sains pour améliorer la composition corporelle de leurs joueurs. Les données anthropométriques

actuelles pourraient être considérées comme la première preuve d'un profil distinct des joueurs de futsal mélanésiens, car ils avaient une taille inférieure et un pourcentage de MG plus élevée par rapport aux joueurs non-mélanésiens.

En conclusion, cette étude a montré pour la première fois des paramètres anthropométriques et physiologiques spécifiques chez les joueurs de futsal mélanésiens. En effet des relations significatives entre la taille et à la fois l'agilité et l'explosivité ont été notées chez les joueurs mélanésiens. Cela a été accompagné d'un indice de fatigue nettement inférieur pour la CRS-CD chez les GM quand ils étaient comparés à: (1) au %Déc de la CRS chez les GM et (2) au %Déc de la CRS-CD chez les GNM. Ces paramètres de performance anthropométriques et physiologiques devraient aider les entraîneurs de futsal et les préparateurs physiques à définir des bases objectives pour l'identification des qualités physiques et à fournir des perspectives d'entraînement afin de développer un style de jeu océanien spécifique. Cependant, d'autres études sont nécessaires pour améliorer les connaissances anthropométriques et physiologiques des insulaires du Pacifique, en particulier les athlètes mélanésiens.

A travers notre deuxième étude nous avons analysé la réponse cardiaque pendant, et après l'effort, indiquant la capacité des jeunes sportifs Kanak à supporter une intensité de travail élevée mais aussi leur capacité à récupérer d'un effort intense lors d'un tournoi sportif international. De plus, nous avons cherché à savoir si les facteurs physiologiques de performance et de bien-être lors d'une échéance sportive internationale pouvaient prédire leur capacité à maintenir une intensité élevée lors d'un tournoi de haut niveau. Les résultats sont présentés dans les paragraphes suivants.

## 2. Etude 2

### a) Résultats

#### ➤ Caractéristiques des matchs

À l'exception du match 4 auquel un joueur n'a pas participé à cause d'une blessure alors qu'un autre a été blessé pendant la première moitié du match 4 et n'a donc pas joué la deuxième moitié de ce match, la rotation a été modifiée pendant le tournoi. Toute l'équipe (sauf le gardien de but) a été remodelée pour les autres joueurs avec des changements toutes les 2 min. Ainsi, le temps passé sur le terrain a été équilibré entre les joueurs et compris entre 21% et 52% de la durée du match.

La NC a perdu ses trois matchs au sein de son groupe (mi-temps avec un score de 2 à 3 buts en faveur des adversaires pour chaque match), a terminé dernier et a joué pour la 7<sup>ème</sup> place au sein de l'OFC (défaite : 2-4). Le nombre d'apparition sur le terrain, le temps passé sur le terrain pour chaque apparition et le temps total passé sur le terrain ne sont pas différents entre les matchs (tableau 10). Cependant, une petite augmentation du nombre croissant d'apparition de joueurs par match a été observée au cours de la deuxième période de jeu comparée à la première période ( $P = 0,022$  ;  $ES = 0,30$  ; intervalle de confiance de 95% [CI], 0,23-0,98, tableau 10).

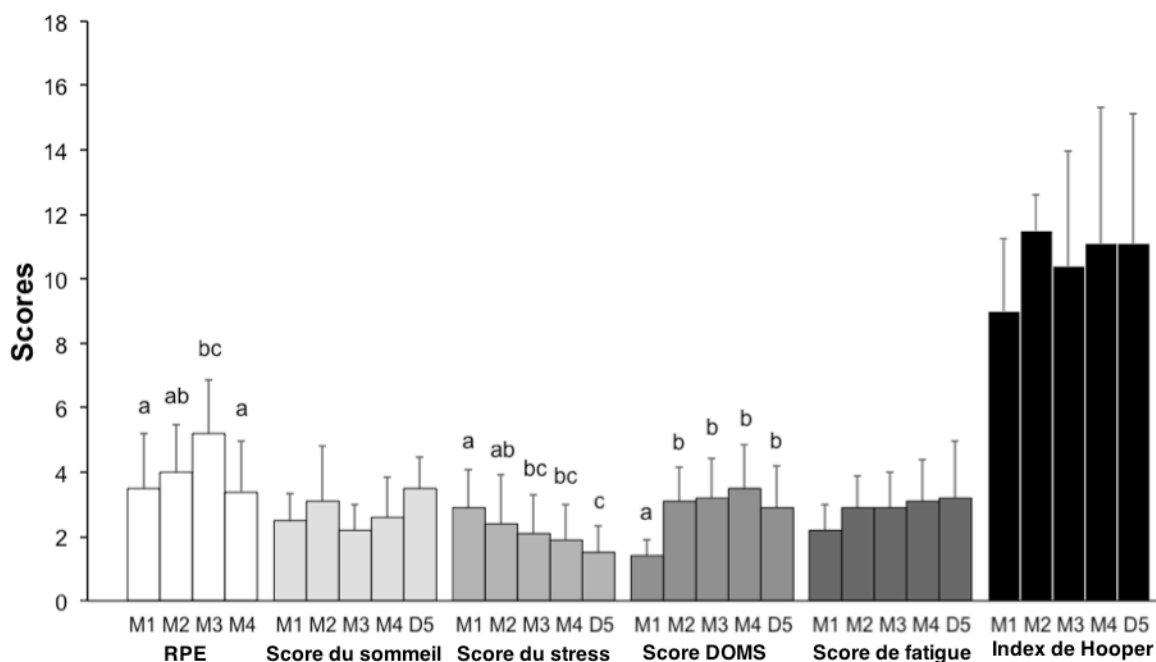


	<b>Match 1</b>	<b>Match 2</b>	<b>Match 3</b>	<b>Match 4</b>
<b>Jour de la semaine</b>	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi
<b>Type de match</b>	Phase de poule	Phase de poule	Phase de poule	Phase de poule
<b>Adversaire</b>	Malaisie	Iles Salomon	Nouvelle Zélande 1	Nouvelle Zélande 2
<b>Score (à la mi-temps)</b>	3-8 (2-5)	4-7 (2-4)	2-7 (2-4)	2-4 (2-2)
<b>Nombre d'apparition de joueurs par match</b>	8,6 ± 2,7	9,0 ± 2,4	10,1 ± 2,5	9,1 ± 2,9
<b>Durée d'apparition de chaque joueur (s)</b>	202 ± 21	190 ± 19	190 ± 27	194 ± 15
<b>Temps de jeu pour chaque joueur (s)</b>	1665 ± 571	1784 ± 547	1887 ± 601	1763 ± 627
<b>Temps joué / Temps total du match (%)</b>	38 ± 13	38 ± 12	35 ± 12	36 ± 13
Notes: Moyenne ± ET; FC: Fréquence cardiaque				

**Tableau 10:** Caractéristiques des matchs

	<b>Différence absolue</b>	<b>Différence relative (%)</b>
<b>Apparition</b>	0,6 ± 0,6*	11 ± 13
<b>Durée de chaque apparition (s)</b>	-11,0 ± 21,3	-6,5 ± 11,6
<b>Temps joué par joueur (s)</b>	55 ± 163	22 ± 63
<b>Temps joué / temps total du match (%)</b>	-0,71 ± 7,8	-8 ± 27
<b>FC (bpm)</b>	-2,4 ± 3,1*	-1,3 ± 1,9
<b>Intensité moyenne (%FCréser)</b>	-2,0 ± 2,7*	-2,1 ± 3,1
<b>T&gt;80% de FCréser</b>	-4,8 ± 9,3*	-2,7 ± 17,2
<b>T50-80% de FCréser</b>	4,3 ± 8,0*	35,1 ± 29,6
<b>T&lt;50% de FCréser</b>	0,2 ± 1,2	10,7 ± 50,5
<b>Δ60 (bpm)</b>	3,9 ± 5,4	12,1 ± 18,3
<b>Tau (s)</b>	-14,6 ± 15,8*	-10,4 ± 13,7
Notes : Moyenne ± ET. FC, fréquence cardiaque ; FCréser, FC de réserve ; T> 80%, temps passé au-dessus de 80% de FCréser ; T50-80%, temps passé entre 50% et 80% de FCréser ; T <50%, temps passé en dessous de 50% de FCréser ; Δ60 : FC pris immédiatement lors du retour au banc - HR 60 s après le retour au banc. * P <0,05 pour les valeurs durant la deuxième période de jeu significativement différentes de celles de la première période.		

**Tableau 11 :** Les différences entre les périodes de jeu des matchs de futsal



**Figure 6 :** Évaluation du niveau d'effort perçu (RPE) après chaque match et l'indice de bien-être avant chaque match. Les valeurs sont des moyennes  $\pm$  ET. Les échelles du RPE ont été complétées juste après le match. Les indices de bien-être ont été achevés juste avant le match. M1 fait référence au score juste avant ou juste après le premier match alors que D5 est le lendemain du match 4. DOMS : douleur musculaire avec apparition retardée. Les colonnes avec différentes lettres sont statistiquement différentes ( $P < 0,05$ ).

➤ RPE et indice de Hooper

L'analyse a révélé un effet de temps pour le RPE ( $P = 0,015$ ), le score de stress ( $P < 0,001$ ) et le score DOMS ( $P = 0,002$ , figure 6). Les analyses post hoc ont indiqué que le RPE était légèrement plus élevé après le match 3 que le match 1 ( $P = 0,040$  ; ES = 0,45, IC à 95%, 0,31 à 3,09) et le match 4 ( $P = 0,033$  ; ES = 0,40 ; IC à 95%, 0,40 - 3,15). Des augmentations faibles à modérées ont été observées entre le match 1 et le match 3 ( $P = 0,031$  ; ES = 0,32 ; IC à 95%, 0,20-1,26), avant le match 4 ( $P = 0,019$  ; ES = 0,40 ; IC à 95% 0,35-1,47) et après le

match 4 ( $P = 0,013$  ;  $ES = 0,57$  ;  $IC \text{ à } 95\%, 0,59-1,95$ ). Une diminution modérée des scores de stress a été notée avant le match 2 par rapport à l'après match 4 ( $P = 0,018$  ;  $ES = 0,55$  ;  $IC \text{ à } 95\%, 0,44-1,38$ ). Les scores pour les DOMS étaient inférieurs (différences modérées) avant le match 1 par rapport à l'avant match 2 ( $P = 0,007$  ;  $ES = - 0,73$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -2,26 \text{ à } -1,20$ ), à l'avant match 3 ( $P = 0,014$  ;  $ES = - 0,70$  ;  $95 \% IC, -2,78 \text{ à } -1,04$ ), et l'avant match 4 ( $P = 0,013$  ;  $ES = - 0,71$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -3,23 \text{ à } -1,32$ ) et l'après match 4 ( $P = 0,019$  ;  $ES = - 0,61$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -2,37 \text{ à } -0,54$ ). Les scores de sommeil, de fatigue et l'indice de Hooper n'étaient pas significativement différents entre les matchs (figure 6).

➤ La fréquence cardiaque

Un effet significatif du temps pour FC ( $P = 0,018$ ) et  $\% FC_{\text{réser}}$  ( $P = 0,005$ ) a été noté pendant le tournoi. Des diminutions faibles et modérées de la FC moyenne et de la  $FC_{\text{réser}}$ , respectivement, ont été observées dans le match 4 comparé au match 1 ( $P < 0,001$  ;  $ES = - 0,37$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -11,60 \text{ à } -5,40$  et  $P < 0,001$  ;  $ES = - 0,72$  ,  $IC \text{ de } 95\%, -9,18 \text{ à } -4,29$ , respectivement), au match 2 ( $P = 0,005$  ;  $ES = - 0,25$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -8,81 \text{ à } -2,19$  et  $P = 0,023$  ;  $ES = - 0,55$  ;  $IC \text{ à } 95\% 6,24 \text{ à } -1,23$ , respectivement) et au match 3 ( $P = 0,012$  ;  $ES = - 0,24$  ;  $IC \text{ à } 95\% ; -9,25 \text{ à } -3,74$  et  $P = 0,031$  ;  $ES = - 0,52$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -7,32 \text{ à } -3,06$  respectivement ). Une diminution triviale de la FC moyenne ( $P = 0,036$  ;  $ES = -0,14$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -3,86 \text{ à } -0,92$ ) et une faible diminution du  $\%FC_{\text{réser}}$  ( $P = 0,004$  ;  $ES = -0,35$  ;  $IC \text{ à } 95\%; -3,07 \text{ à } -0,69$ ) ont été observées en deuxième période de match comparée à la première période (tableau 11). Un effet du temps a été observé pour les niveaux d'intensité  $T > 80\%$  ( $P = 0,030$ ),  $T50-80\%$  ( $P=0,009$ ) et  $T < 50\%$  ( $P = 0,040$ ). Des diminutions modérées de  $T > 80\%$  et des augmentations de  $T50 \text{ à } 80\%$  ont été observées au cours du match 4 comparé au match 1 ( $P < 0,001$ ;  $ES = -0,63$  ;  $IC \text{ à } 95\%, -30,30 \text{ à } -11,63$  et  $P = 0,002$  ;  $ES = 0,55$  ,  $IC 95\%, 9,20-25,74$ , respectivement), au match 2 ( $P = 0,004$  ;  $ES = - 0,60$  ;  $IC \text{ à } 95\% ; -23,65 \text{ à } -10,03$  et  $P=0,007$ ;

ES = 0,49 ; IC à 95% ; 5,52-20,64 ; respectivement) et au match 3 ( $P = 0,023$  ; ES = - 0,61, IC à 95%, -25,67 à -7,29 et  $P = 0,005$  ; ES = 51 ; IC à 95%, 2,81 à 22,89, respectivement) alors qu'une augmentation modérée a été observée dans  $T < 50\%$  au match 4 comparé au match 2 ( $P = 0,031$  ; ES = 0,48 ; IC à 95%, 0,22-4,70 ; figure 7C). En outre, la moyenne de  $T > 80\%$  était légèrement inférieure et la moyenne de  $T_{50-80\%}$  était plus élevée au cours des deuxièmes périodes de jeu comparées aux premières périodes des matchs ( $P = 0,049$  ; ES = - 0,31; IC 95%, -8,11 à -0,81 et  $P = 0,027$  ; ES = 0,09 ; IC 95%, 1,26-8,74, respectivement, tableau 11).

#### ➤ Indices de récupération

Au cours du tournoi OFC,  $\Delta 60$  et Tau n'étaient pas différents entre les matches du tournoi (figure 8). Cependant, le Tau moyen a été considérablement modifié entre les périodes de matchs et légèrement inférieurs au cours de la deuxième période de jeu comparée à la première période ( $P = 0,027$  ; ES = -0,30; IC 95%, -23,04 à -4,75 ; tableau 11).

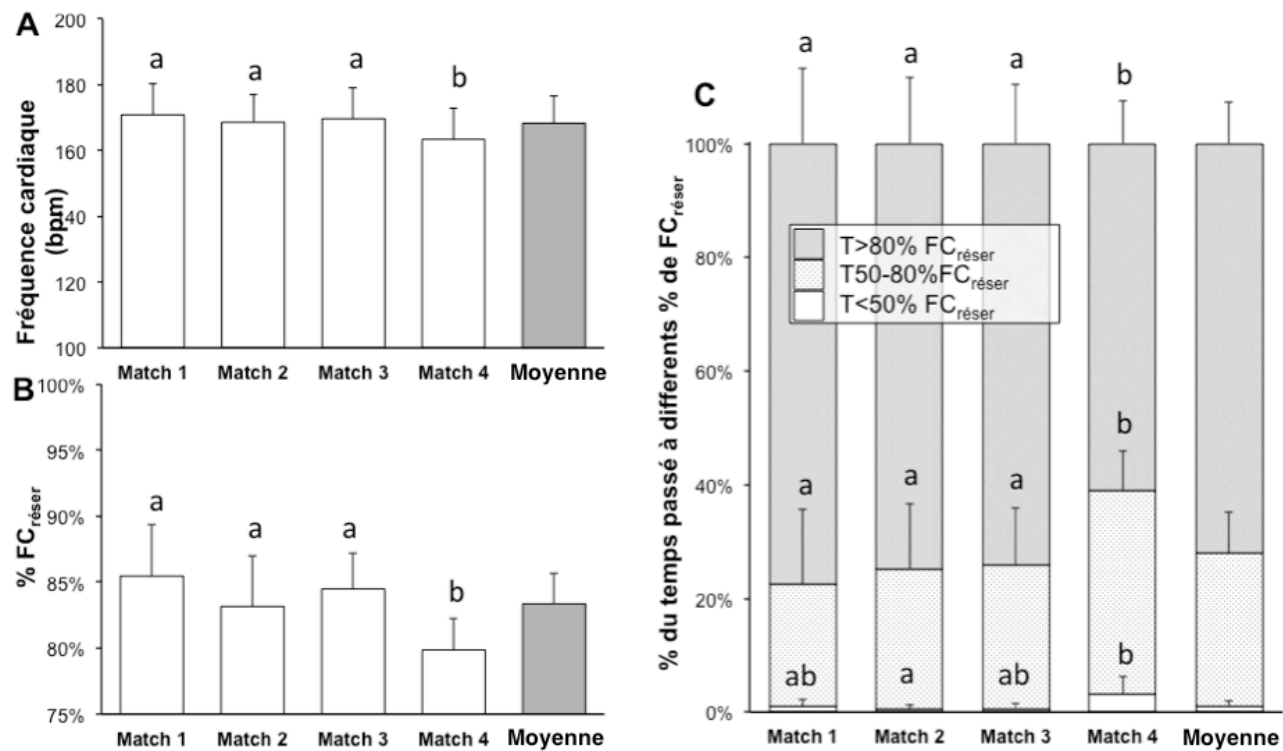
#### ➤ Corrélations

Au cours du tournoi de l'OFC, des corrélations négatives significatives ont été observées entre la FC et le %Déc de la CRS et entre la FC et CRS-CD, et des corrélations positives entre %FC<sub>réser</sub> et Tau, et entre  $T > 80\%$  et  $VO_2\text{max}$  estimé (tableau 12).

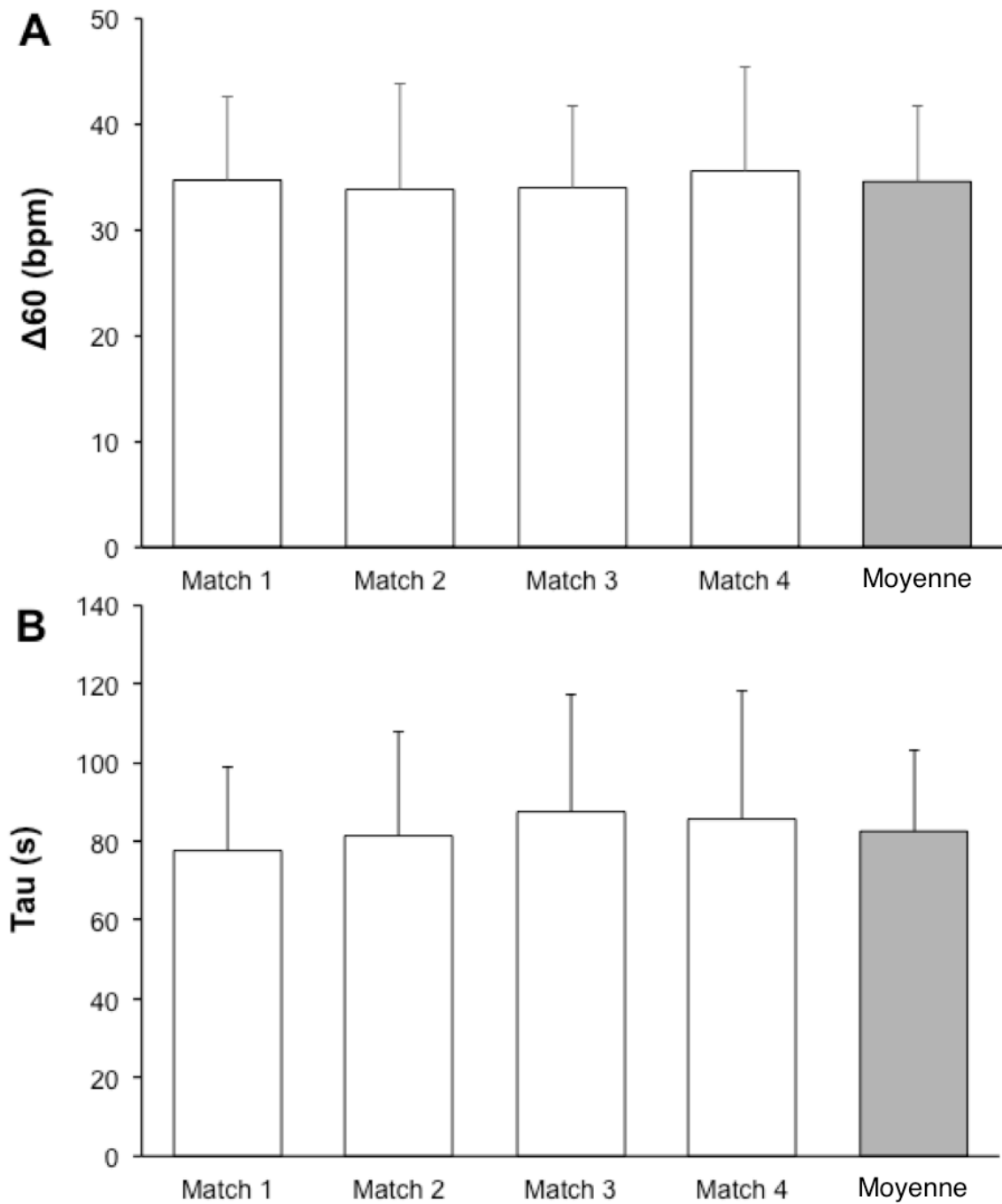
De même, des corrélations significatives ont été observées entre les indices de récupération (60 et Tau) et les capacités de performance ( $eVO_2\text{max}$  et les temps de sprint) (tableau 12).

## ***b) Discussion***

A la suite de l'étude 1, l'étude 2 a été la première à évaluer l'effet d'un tournoi officiel et international de futsal multi-match sur la capacité d'un joueur à maintenir un niveau d'intensité et sa capacité de récupération. Il est important de noter que la plupart des paramètres physiologiques et ceux du bien-être (sommeil, fatigue, indice de Hooper) ont été largement influencés par les matchs successifs indiquant que les joueurs de futsal de niveau international pourraient maintenir un haut niveau d'intensité lors d'un tournoi compact malgré une augmentation du RPE. FC,  $\% FC_{\text{réser}}$  et  $T > 80\%$  ont diminué au cours du dernier match; cependant, ces résultats peuvent avoir été liés à l'opposition plutôt qu'à une conséquence physiologique cumulative (discuté plus loin). Malgré des niveaux de réponses à l'intensité des joueurs similaires aux matchs, il y avait de faibles différences au sein des matchs avec des valeurs moyennes de FC,  $\%FC_{\text{réser}}$ ,  $T > 80\%$  et Tau plus faibles, et T50-80% plus élevé, pour la deuxième périodes de jeu comparée à la première période ce qui peut révéler un degré de fatigue du joueur dans un match. Cependant, les différences entre les périodes étaient similaires au cours des matches. Enfin, des corrélations significatives ont été identifiées entre les indices de bien-être pré-matches, la FC et les indices de récupération pendant les matches.



**Figure 7 :** la FC (A), le pourcentage de la FC<sub>réser</sub> (B) et le pourcentage de temps passé à différentes intensités (C) pour chaque match. Les valeurs sont des moyennes  $\pm$  ET. T > 80%, temps passé au-dessus de 80% de FC<sub>réser</sub>; T50-80%, temps passé entre 50% et 80% de FC<sub>réser</sub>; T < 50%, temps passé en dessous de 50% de FC<sub>réser</sub>. Les colonnes avec différentes lettres sont statistiquement différentes ( $P < 0,05$ ).



**Figure 8 :** Indices de récupération ( $\Delta 60$  [A] et Tau [B]) pendant chaque match. Les valeurs sont des moyennes  $\pm$  Ecart-Type.  $\Delta 60$ , FC pendant retour sur le banc – FC 60 s après son retour sur le banc.

<b>Variable 1</b>	<b>Variable 2</b>	<b><math>\rho</math></b>	<b>P</b>
<b>FC sur le terrain</b>	<b>%Déc CRS</b>	-0,662	0,039
	<b>CRS-CD</b>	-0,786	0,021
<b>%FCréser</b>	<b>Tau</b>	0,639	0,049
<b>T &gt; 80%</b>	<b>VO2max estimé (eVO2max)</b>	0,654	0,048
<b><math>\Delta 60</math></b>	<b>Heures de pratique hebdomadaire</b>	-0,682	0,043
	<b>VO2max estimé (eVO2max)</b>	-0,698	0,037
<b>Tau</b>	<b>Temps du sprint sur 10 m</b>	-0,731	0,025
	<b>Temps du sprint sur 15 m</b>	-0,835	0,005

Notes :  $\rho$ , coefficient de corrélation de rang Spearman ; DOMS, douleur musculaire à l'apparition retardée ;  $\Delta 60$ , FC en rentrant immédiatement sur le banc - FC 60 s après son retour sur le banc; RPE, évaluation de l'effort perçu; FCréser, fréquence cardiaque de réserve; T > 80%, temps passé au-dessus de 80% FCréser; %Déc CRS, pourcentage de décrémentation lors du test de la capacité à répéter des sprints (CRS); CRS-CD, CRS avec changement de direction; VO2max, consommation maximale d'oxygène du 30-15IFT.

**Tableau 12 :** Corrélations significatives entre les variables moyennes.

L'intensité moyenne de l'exercice ( $\%FC_{réser}$ ) pendant les quatre matchs du tournoi OFC était d'environ 83% (figure 7B). Cette intensité équivaut à 89% de la  $FC_{max}$ , un niveau qui a déjà été rapporté pour les athlètes pendant les matchs de futsal simulés et officiels (86-90% de  $FC_{max}$ ) (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012; Rodrigues et al., 2011). Les joueurs de l'étude actuelle ont dépensé la majorité (73%) de leur temps de match à des intensités élevées (T > 80%) avec seulement une très petite partie du match (1%) à une faible intensité (T < 50%, figure 7C). Ces résultats confirment les études précédentes selon lesquelles les joueurs connaissent un niveau important d'activité de haute intensité lors des matchs de futsal en compétition (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009). Dans l'ensemble, le profil d'activité correspondant aux joueurs a été associé à des mesures relevant à la fois du métabolisme aérobie ( $eVO_{2max}$ , %Déc de la CRS) et anaérobie (CRS-



CD), indiquant clairement la nécessité des deux systèmes énergétiques pour une performance de haut niveau au futsal (Castagna et al., 2009; Galy et al., 2015). Les résultats actuels renforcent l'importance de développer ces capacités aérobies et anaérobies pour une performance soutenue lors de compétitions internationales majeures. Des études récentes ont révélé que les performances d'exercices intermittents intenses évaluées par les tests d'endurance intermittents de Yo-Yo aux niveaux 1 et 2 n'étaient pas corrélées avec le  $VO_2$ max chez des joueurs de futsal entraînés (Boullosa et al., 2013) mais aussi chez des joueurs de football entraînés (Krustrup et al., 2015) alors que l'association était significative chez les footballeurs non entraînés (Krustrup et al., 2015). Ces résultats suggèrent que, chez les joueurs d'élite, la filière anaérobie est plus importante que la filière aérobie pour maintenir un niveau élevé d'intensité lors des matchs de futsal.

Pour la première fois, la cinétique d'intensité et de récupération grâce à des mesures de FC a été enregistrée pendant toute une compétition internationale de la FIFA avec des matchs joués tous les jours. Il semble que les variables de la FC-dérivés (intensité et récupération) n'aient pas été modifiées au cours des trois premiers matchs de poule, ce qui indique que les joueurs pouvaient supporter un niveau d'intensité élevé. Cependant, ce niveau a diminué de manière modérée pendant le match 4. On pourrait affirmer qu'un certain degré de fatigue apparaissait chez les athlètes après le 3<sup>ème</sup> match. Cependant, ni le sommeil, ni la fatigue, ni les scores de douleurs musculaires, ni l'indice Hooper n'étaient différents que ce soit avant ou après le dernier match (figure 6). L'explication la plus probable de cette intensité réduite était le manque de motivation des joueurs car la position globale de l'équipe avait été décidée à la fin du 3<sup>ème</sup> match. Le match 4 était joué pour la 7<sup>ème</sup> place et il était très probable que la motivation et le stress induits par la concurrence (figure 6), aient été faibles, ce qui entraînait une plus faible intensité en match. Alternativement, la demande physiologique du match final aurait pu être inférieure aux matchs précédents en raison d'un adversaire de niveau inférieur.

En effet, le contexte et les choix tactiques influent sur la motivation et les exigences physiologiques dans le football (Casamichana, Castellano et Castagna, 2012; Casamichana, Suarez-Arrones, Castellano et Román-Quintana, 2014; Castellano, Casamichana et Dellal, 2013). Il est intéressant de noter que le RPE était légèrement plus élevé après le match 3. Étant donné que les paramètres des FC n'ont pas été modifiés au cours des trois premiers matchs, il est peu probable que le RPE reflète une augmentation de la charge interne résultant de la demande cardiovasculaire. Rodríguez-Marroyo, Villa, García-López et Foster (2012) ont rapporté que le RPE a augmenté chez les cyclistes pendant les courses de plusieurs jours alors que les FC sont restés stables. On a même suggéré que le RPE pourrait être un meilleur indicateur d'intensité que les FC (Rodríguez-Marroyo et al., 2012) étant donné son caractère psychophysique (Borg, 1982). Cependant, une autre explication suggère que le RPE plus élevé (comme dans le match 3) combiné avec une FC inchangée ou diminuée (comme dans le match 4) pourrait refléter un certain degré de fatigue (Halson, 2014; Martin et Andersen, 2000). En outre, la diminution des FC en repos ou pendant les exercices est généralement détectée chez les athlètes fonctionnels surentraînés (Le Meur et al., 2013) et est parfois associée à une diminution de la performance (Aubry, Hausswirth, Louis, Coutts et Le Meur, 2014). Ainsi, il est difficile de conclure que la diminution de FC pendant le match 4 reflète la fatigue compte tenu du contexte du match (7<sup>ème</sup> place play-off). Une recherche plus approfondie sur des équipes en réussite rapporterait plus clairement si la fatigue influence les mesures des FC et si ces changements sont ou non adaptés aux RPE ou aux échelles subjectives de fatigue.

Bien qu'aucun changement global d'intensité n'a été noté entre les matchs, une évaluation importante de la fatigue intra-match présentait la comparaison des variables physiologiques entre le 2<sup>ème</sup> et le 1<sup>er</sup> match. Les travaux précédents (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014) ont rapporté que la proportion de distance en match haute intensité, la FC

moyenne, la  $FC_{max}$  et le temps passé à une intensité élevée ont diminué tandis que le pourcentage de distance marchée et le temps passé à une intensité modérée a augmenté au cours de la 2<sup>ème</sup> période de jeu, ce qui implique un degré de fatigue du joueur au cours de la 2<sup>ème</sup> période. Des modifications similaires de la 2<sup>ème</sup> période ont également été observées dans l'étude actuelle indiquant un degré de fatigue des joueurs qui était évident sur les matchs consécutifs. De manière surprenante, les indices de récupération ont été améliorés au cours de la 2<sup>ème</sup> période avec un Tau légèrement réduit et une tendance à l'augmentation de  $\Delta 60$ . Ainsi, les joueurs ont peut-être récupéré plus rapidement au cours de la 2<sup>ème</sup> période que dans la 1<sup>ère</sup> période des matchs pendant le tournoi de l'OFC, ce qui était inattendu car une récupération plus lente a été signalée avec une intensité plus faible (Mann, Webster, Lamberts et Lambert, 2014). Ces résultats peuvent refléter les déterminants physiologiques des indices de récupération.

Alors qu'une récupération rapide dépend de la réactivation du système parasympathique et du retrait sympathique, le retrait du système métabolique du stress (par exemple l'épinéphrine, lactate, etc.) a été suggérée pour également moduler la cinétique de récupération de la FC (Buchheit, Laursen et Ahmaidi, 2007; Perini et al., 1989). Alors que la production de lactate était plus faible au cours de la 2<sup>ème</sup> par rapport à la 1<sup>ère</sup> période des matchs de football (Bangsbo, Iaia et Krustup, 2007), il est possible que la récupération au cours de la 2<sup>ème</sup> période des matchs soit plus rapide. D'autres études peuvent confirmer l'hypothèse selon laquelle l'épinéphrine peut augmenter progressivement durant la totalité d'un match de football (Bangsbo, 1994; Schulpis et al., 2009) ce qui peut affecter la FC de récupération. Il convient de noter que la Nouvelle-Calédonie était en retard de 2 ou 3 buts dans la plupart des matchs et ce déficit a également eu une incidence sur les variables de la FC-dérivés (intensité et récupération) aboutissant à des modifications entre les périodes de jeu. Cependant, d'autres études (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014) ont montré des

changements d'intensité similaires avec des résultats différents à la mi-temps, qui restent à examiner. Dans l'ensemble, des corrélations significatives ont été observées entre les indices axés sur les FC et les capacités physiologiques. Des niveaux élevés d'endurance de sprint (%Déc-CRS, CRS-CD) et  $eVO_2\text{max}$  ont été associés à une intensité élevée sur le terrain (tableau 12). Ces associations concordent avec les travaux antérieurs (Dogramaci, Watsford et Murphy, 2011; Makaje et al., 2012; Mohammed, Shafizadeh et Platt, Geoffrey, 2014), ce qui a montré que les joueurs élites ayant des capacités physiques élevées (Makaje et al. 2012; Pedro, Milanez, Boullosa et Nakamura, 2013) ont été en mesure de couvrir plus de distance, à des vitesses et des FC plus élevées, que ceux évoluant en semi-élite ou encore amateur. En revanche, Castagna et al. (2009) ont signalé une relation inverse entre  $VO_2\text{max}$  et le temps passé au-dessus de 90% de la  $FC_{\text{max}}$ . Ces auteurs ont suggéré que les joueurs ayant une puissance aérobie supérieure puissent jouer plus économiquement. Les valeurs du  $VO_2\text{max}$  pour les athlètes actuels étaient très différentes de celles de Castagna et al. (2009) (53,1 contre 64,8  $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivement). Il est donc possible que les relations entre l'intensité du match et le  $VO_2\text{max}$  varient selon le  $VO_2\text{max}$  des athlètes. En outre, les joueurs mélanésiens pourraient compenser leur capacité aérobie relativement inférieure avec une plus grande utilisation de leurs capacités explosives élevées (Galy et al., 2015). En effet, dans cette population, le pic de  $VO_2\text{max}$  et l'endurance du sprint semblent nécessaires pour maintenir un niveau élevé d'intensité en match.

Un résultat intéressant de l'étude actuelle était que le temps d'entraînement (heures hebdomadaires d'entraînement), les indices aérobie ( $eVO_2\text{max}$ ) ou anaérobie / puissance / vitesse (10 et 15 m) étaient associés à une récupération plus lente (tableau 12). Il est possible que ce type d'athlète (c'est-à-dire  $VO_2\text{max}$  élevé, très explosif / puissant) ait produit des taux élevés de lactate qui pourraient entraver la FC de récupération (Buchheit et al., 2007) comme évalué par  $\Delta 60$  et Tau. En outre, le  $VO_2\text{max}$  élevé était associé à une intensité élevée

( $\%FC_{\text{réser}}$ ), et la capacité de jouer à une FC plus élevée que  $80\%FC_{\text{réser}}$  était corrélée à une récupération lente (Tau). Ainsi, les athlètes qui ont présenté une plus grande capacité physiologique peuvent être capables de s'investir à des intensités élevées avec une récupération moins rapide. En revanche, Mann et al. (2014) a démontré que  $\Delta 60$  était plus élevé et Tau plus bas après un exercice à 70-80% du  $VO_2\text{max}$  qu'à 60% du  $VO_2\text{max}$  indiquant que les joueurs avec une FC plus haute récupéraient plus rapidement. Cependant, Mann et al. (2014) ont seulement examiné des exercices sous-maximaux qui ne nécessitaient pas de contribution énergétique élevée anaérobie. Ainsi, l'accumulation de lactate qui contribue à la FC de la cinétique de récupération (Buchheit et al., 2007) n'a peut-être été que modérée et incomparable à celle observée lors des matchs de futsal. D'autres études sont nécessaires pour identifier les variables influençant la qualité de la récupération lors de performances en futsal. L'équipe considérée dans cette étude (Nouvelle-Calédonie) a perdu ses 4 matchs. Ainsi, il est possible que ce scénario de tournoi ait influencé les mesures physiologiques et psychologiques effectuées dans cette étude. Nous ne savons pas si un scénario en situation de réussite aurait changé les mesures. Il serait donc très intéressant d'effectuer des mesures similaires dans la même compétition avec différentes équipes pour observer les différences entre le vainqueur de la compétition et les autres équipes. Quel que soit le succès de la compétition, nous avons étudié les réponses chez seulement 10 joueurs de haut niveau n'appartenant cependant pas à l'élite. L'influence du niveau dans un échantillon plus vaste serait également très intéressante à étudier.

En conclusion, les résultats actuels indiquent que l'effort perçu a légèrement augmenté au cours d'un tournoi multi-match de futsal condensé sans entraver le haut niveau d'intensité, la qualité de récupération et le bien-être des joueurs de futsal de haut niveau. Ces résultats montrent que les joueurs de futsal s'investissent à des niveaux d'intensité élevés lors d'une

compétition internationale pendant quatre jours avec un bien-être similaire pendant le tournoi et non-corrélés aux indices de FC-bases. Les athlètes ayant une charge d'entraînement, un  $VO_2\text{max}$  et une CRS plus élevés étaient plus susceptibles de jouer à des intensités élevées et de récupérer plus lentement lors de ce tournoi international. Compte tenu des relations entre les FC de matchs, les distances parcourues (Makaje et al., 2012) et les capacités physiologiques (%Déc-CRS, CRS-CD,  $eVO_2\text{max}$ ), il est recommandé que la préparation des joueurs de futsal se concentre davantage sur les métabolismes aérobie aussi bien qu'anaérobie pour une performance soutenue en compétition internationale majeure. Les études futures devraient élargir les résultats actuels à des populations de futsal plus larges (joueurs d'élite) pour une meilleure compréhension de la préparation des joueurs de futsal d'élite nécessaire aux exigences des compétitions internationales majeures.

### **3. Etude 3**

#### ***a) Résultats***

Sur les 556 participants à l'étude, 455 vivaient en zone rurale et 101 en zone urbaine. Sur les 255 filles, 204 vivaient en milieu rural et 51 en milieu urbain. Sur les 301 garçons, 251 vivaient en milieu rural et 50 en milieu urbain. Dans l'ensemble de la population, les z-scores de l'IMC indiquaient que 24,7% et 31,3% des adolescents ruraux et urbains, respectivement, étaient en «surpoids-obèse».

Parmi les filles, aucune différence significative de poids ( $P < 0,8$ ) n'a été observée, avec 29% et 28% des filles en milieu rural et urbain, respectivement, mesurées comme en «surpoids-obèse». Les filles rurales étaient nettement plus petites en taille que les filles urbaines ( $P < 0,01$  ; tableau 13). En outre, les filles rurales avaient des épaisseurs de plis cutanées sous-scapulaires significativement moins importants ( $P < 0,001$ ) par rapport aux filles urbaines sans pour autant de différence de %MG entre les groupes. Les tests de la condition physique

ont montré que les filles rurales avaient une VMA et un  $\text{VO}_2\text{max}$  nettement inférieurs à ceux des filles urbaines ( $P < 0,02$  ; tableau 14). À l'inverse, les filles rurales étaient nettement plus rapides sur le sprint de 5 m ( $P < 0,001$ ), le sprint de 15 m ( $P < 0,01$ ) et le sprint de 30 m ( $P < 0,007$ ) que les filles urbaines. Les filles rurales sont significativement plus actives physiquement par rapport aux filles urbaines ( $P < 0,01$ ).

	Filles					Garçons				
	Moyenne U $\pm$ ET	Moyenne R $\pm$ ET	Total	Urbain ( U )	Rural ( R )	Moyenne U $\pm$ SD	Moyenne R $\pm$ SD	Total	Urbain ( U )	Rural ( R )
<b>Taille (m)</b>	1,59* $\pm$ 0,08	1,56 $\pm$ 0,07	199	50	149	1,65* $\pm$ 0,10	1,58 $\pm$ 0,11	217	49	168
<b>Poids (kg)</b>	53,12 $\pm$ 10,45	53,40 $\pm$ 11,99	198	50	148	61,68* $\pm$ 17,37	51,57 $\pm$ 17,37	217	49	168
<b>Z-score de l'IMC</b>	0,60 $\pm$ 1,01	0,85 $\pm$ 1,04	198	50	148	0,99 * $\pm$ 1,16	0,42 $\pm$ 1,06	217	49	168
<b>Pli bicipital (mm)</b>	8,80 $\pm$ 4,40	10,14 $\pm$ 5,31	175	35	140	10,43* $\pm$ 7,75	7,04 $\pm$ 7,75	182	21	161
<b>Pli tricipital (mm)</b>	13,77 $\pm$ 5,76	14,63 $\pm$ 6,20	175	35	140	13,28* $\pm$ 5,83	9,95 $\pm$ 5,83	182	21	161
<b>Pli suprailliac (mm)</b>	14,34 $\pm$ 6,41	17,67 $\pm$ 12,47	175	35	140	16,56* $\pm$ 11,84	11,06 $\pm$ 11,84	182	21	161
<b>Pli sous-scapulaire (mm)</b>	13,58* $\pm$ 6,66	18,88 $\pm$ 12,28	175	35	140	16,23* $\pm$ 9,87	11,64 $\pm$ 0,87	181	21	160
<b>Total des plis cutanés (mm)</b>	50,49 $\pm$ 19,15	61,33 $\pm$ 32,57	175	35	140	56,5* $\pm$ 32,45	39,62 $\pm$ 25,98	182	21	161
<b>Masse maigre (kg)</b>	37,37 $\pm$ 6,81	37,06 $\pm$ 6,17	173	35	138	49,90* $\pm$ 10,36	40,66 $\pm$ 9,35	179	21	158
<b>Masse grasse (%)</b>	27,54 $\pm$ 4,18	29,28 $\pm$ 5,65	175	35	140	23,98* $\pm$ 6,74	19,52 $\pm$ 6,17	182	21	161

**Tableau 13 :** Données anthropométriques présentes des filles et des garçons avec une comparaison entre les zones urbaines (U) et rurales (R). \*

Différence significative pour le test student,  $P < 0,05$ .



	Filles					Garçons				
	Moyenne U $\pm$ ET	Moyenne R $\pm$ ET	Total (n)	Urbain (U)	Rural (R)	Moyenne U $\pm$ ET	Moyenne R $\pm$ ET	Total	Urbain (U)	Rural (R)
<b>Vitesse Maximale Aérobie (km.h-1)</b>	10,9* $\pm$ 1,51	10,32 $\pm$ 1,24	132	34	98	11,66 $\pm$ 1,56	11,61 $\pm$ 1,61	149	40	109
<b>VO2max (ml.min-1.kg-1)</b>	45,36* $\pm$ 8,19	42,96 $\pm$ 7,21	132	34	98	48,50 $\pm$ 8,38	49,37 $\pm$ 8,67	149	40	109
<b>5 m sprint (seconds)</b>	1,589* $\pm$ 0,23	1,41 $\pm$ 0,19	173	32	141	1,46* $\pm$ 0,16	1,29 $\pm$ 0,16	212	38	174
<b>10 m sprint (seconds)</b>	2,50 $\pm$ 0,26	2,44 $\pm$ 0,24	93	30	63	2,32* $\pm$ 0,25	2,20 $\pm$ 0,21	84	35	49
<b>15 m sprint (seconds)</b>	3,31* $\pm$ 0,31	3,17 $\pm$ 0,23	176	32	144	3,08* $\pm$ 0,41	2,94 $\pm$ 0,27	216	38	178
<b>30 m sprint (seconds)</b>	5,84* $\pm$ 1,46	5,09 $\pm$ 0,55	176	32	144	5,24* $\pm$ 0,65	4,60 $\pm$ 0,65	217	38	179
<b>50 m sprint (seconds)</b>	9,25 $\pm$ 2,09	8,76 $\pm$ 0,90	93	32	61	8,08 $\pm$ 1,79	8,06 $\pm$ 0,85	84	38	46
<b>T-Test (seconds)</b>	12,51 $\pm$ 1,11	12,16 $\pm$ 0,97	174	31	143	11,51 $\pm$ 1,48	11,19 $\pm$ 1,03	209	37	172
<b>Puissance (W)</b>	2363 $\pm$ 586	2114 $\pm$ 550	140	15	125	2690* $\pm$ 572	2255 $\pm$ 869	172	17	155
<b>Détente verticale (cm)</b>	31,11 $\pm$ 6,26	30,32 $\pm$ 4,62	158	16	142	36,31 $\pm$ 5,79	34,12 $\pm$ 6,92	196	17	179
<b>Activité physique (min.sem-1)</b>	282* $\pm$ 187	511 $\pm$ 561	255	51	204	249* $\pm$ 185	625 $\pm$ 723	303	49	254

**Tableau 14 :** La condition physique et les résultats de l'activité physique sont mesurés selon le sexe et le mode de vie. \* Différence significative pour le test student,  $P < 0,05$

Parmi les garçons, le groupe des urbains a affiché une proportion significativement plus élevée de «surpoids-obèses» par rapport aux régions rurales : 34,6% et 20,3% respectivement ( $P < 0,03$ ). Les garçons ruraux ont été mesurés avec une épaisseur ( $P < 0,001$ ), un poids ( $P < 0,001$ ), des plis tricipitaux ( $P < 0,003$ ), une épaisseur totale des plis ( $P < 0,007$ ), une masse maigre ( $P < 0,001$ ) et une masse corporelle ( $P < 0,002$ ) tous significativement plus faibles par rapport à leurs homologues urbains. Les tests de condition physique ont montré que les garçons ruraux avaient une VMA, un  $VO_2$ max et une agilité similaire à celle des garçons urbains. Cependant, ils ont été nettement plus rapides dans les test de sprint sur 5 m ( $P < 0,001$ ), 10 m ( $P < 0,02$ ), 15 m ( $P < 0,04$ ) et 30 m ( $P < 0,001$ ) que les garçons urbains (tableau 14). En revanche, les garçons urbains ont présenté une puissance supérieure à celle des garçons ruraux ( $P < 0,04$ , tableau 14).

### ***b) Discussion***

Cette étude fournit des données sur la composition corporelle, l'activité physique et les résultats de condition physique chez les adolescents mélanésiens vivant dans les zones rurales et urbaines. Nous avons pu observer que les adolescents ruraux étaient plus actifs (garçons et filles) et qu'ils maintenaient une bonne forme physique (en particulier les garçons), bien que des pourcentages élevés de masse corporelle a été noté (chez les filles urbaines et rurales).

Pour les deux sexes, les adolescents ruraux avaient moins de MG et de MM, étaient de plus petits en taille et plus rapides avec néanmoins une puissance plus faible que leurs homologues urbains ; les adolescents ruraux avaient des capacités aérobie et d'agilité semblables ; et étaient physiquement plus actifs que les adolescents urbains. En terme de capacité de vitesse chez les adolescents ruraux, des résultats similaires ont été observés dans une population espagnole (Chillón et al., 2011), les adolescents ruraux ayant une vitesse nettement plus élevée que leurs pairs urbains. Par rapport à leurs homologues urbains, les adolescents ruraux

ont montré une capacité de puissance nettement inférieure car ils présentaient des hauteurs de DV similaires pour un poids moindre, de plus ils avaient une MM significativement inférieure, qui a été prouvée être liée à la puissance (Copaver et al., 2012). La VMA et le  $VO_2\text{max}$ , cependant, ne diffèrent pas de manière significative entre les groupes, et 95% des adolescents étaient au-dessus du « niveau de capacité cardiorespiratoire sain » de 42 et 35 ml.kg-1.min-1, respectivement, pour les garçons et les filles, tel que défini par Ruiz et al. (Ruiz et al., 2016).

Nous avons constaté que le mode de vie était effectivement impliqué dans la composition corporelle et la condition physique au cours de l'adolescence (Chillón et al., 2011). L'industrialisation, la mécanisation et la « modernisation » associées au développement social et économique se sont répandues dans les pays de la région du Pacifique au cours des dernières décennies. Cette transition socio-économique a influencé le comportement des habitants des îles du Pacifique et, plus particulièrement, le mode de vie mélanésien (Wate et al., 2013 ; Sluyter et al., 2013 ; Choudhary et al., 2016). Nous avons déjà observé cet impact, alors que 31,3% et 24,7% des adolescents âgés de 11 à 16 ans des zones urbaines et rurales, respectivement, étaient en surpoids ou obèses. Ces taux peuvent être mieux appréhendés grâce aux comportements liés à la nutrition et à l'activité physique. Par exemple, le surpoids chez les adolescents de Nouvelle-Calédonie était d'une part associé à un style de vie rural et à un faible statut socioéconomique familial pour les filles, d'autre part associé au fait de sauter le petit-déjeuner pour les garçons (Frayon et al., 2017). En outre, la sous-nutrition observée dans les zones rurales de presque tous les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire a participé à la limitation de croissance physique des enfants (Paciorek et al., 2013), expliquant pourquoi les adolescents ruraux sont plus petits et plus légers que leurs homologues urbains. En ce qui concerne l'activité physique et la condition physique, nous fournissons des preuves empiriques de ce qui a été estimé auparavant chez les adolescents (Frayon et al., 2017 ;

Choudhary et al., 2016), les mesures anthropométriques démontrant que le mode de vie affecte le %MG et la MM. Nous avons également constaté que les adolescents ruraux sont significativement plus actifs physiquement que les adolescents urbains, ce qui est connu pour influencer les paramètres cités précédemment (Tofler et Butterbaugh, 2005 ; Sluyter et al., 2013). Dans l'ensemble, nous fournissons également des données objectives et jetons ainsi un nouveau regard sur la condition physique des populations vivant dans des régions isolées du Pacifique.

L'analyse par sexe a révélé des différences frappantes dans les données anthropométriques et celles de la condition physique selon le mode de vie. Alors que les filles rurales et urbaines avaient une composition corporelle similaire, une taille inférieure a été observée chez les filles rurales, les filles rurales étaient plus rapides mais avaient une VMA et un VO<sub>2</sub>max inférieurs, ce qui reflète un niveau de forme cardiorespiratoire moins élevé malgré une activité physique plus importante. La sous-nutrition observée dans les zones rurales de presque tous les pays à faible revenu et à revenu moyen a engendré la limitation de la croissance physique des enfants (Paciorek et al., 2013). Cette limitation peut expliquer pourquoi les filles rurales sont de plus petite taille que leurs homologues urbaines. Bien qu'aucune différence significative n'ait été observée en %MG entre les filles rurales et urbaines, il est important de noter que ces valeurs étaient très élevées et que 29,7% et 28% des filles rurales et urbaines étaient en surpoids ou obèses. Cela s'explique en partie par leur auto-perception de l'image corporelle : en effet, 48% des personnes en surpoids mais non obèses de la NC croient qu'elles sont de poids normal (Frayon et al., 2017). Ceci est probablement dû à une normalisation du surpoids en raison d'un accès plus restreint aux médias qui ne peut pas contrebalancer le taux élevé de surpoids dans la population (Frayon et al., 2017).

Les garçons ruraux et urbains ont montré des différences significatives dans les mesures anthropométriques, les garçons ruraux ayant un statut pondéral inférieur (20,3% vs 34,6%),

des %MG et des %MM inférieurs comparés aux garçons urbains pour une taille similaire. Les garçons ruraux étaient également beaucoup plus rapides, bien que leur puissance était plus faible et la VMA et le  $VO_2$ max étaient similaires. Comme on l'a vu précédemment chez les jeunes athlètes mélanésiens (Galy et al., 2014), être de plus petite taille, donc avoir un centre de gravité plus bas et des membres inférieurs plus petits semblent être un avantage pour la vitesse de course. Ainsi, la combinaison d'une taille et d'un poids inférieurs peut avoir aidé les garçons ruraux à obtenir des résultats de vitesse significativement supérieurs que les garçons urbains et donc avoir une meilleure utilisation de la filière anaérobie alactique. Cependant, ce n'était pas le cas pour la puissance des membres inférieurs, car les performances du test de DV sont directement liées à la masse musculaire des membres inférieurs et au poids corporel total : les garçons urbains ont obtenu de meilleurs résultats. Or nous savons qu'il y a une relation directe entre la DV et la vitesse de course, nous pouvons déduire une qualité de force des membres inférieurs moindre de la part des adolescents ruraux. La sous-nutrition en zone rurale pourrait expliquer ces moins bonnes performances de puissance et donc de force des jeunes Kanak ruraux. En outre, les garçons ruraux étaient significativement plus actifs que les garçons urbains, ce qui correspond à l'observation que les zones rurales offrent aux jeunes hommes de meilleures opportunités pour les activités physiques.

En résumé, les différences dans les niveaux de condition physique des adolescents R et U peuvent être dues à des différences dans la quantité d'activité physique modérée à vigoureuse généralement réalisée dans chaque mode de vie avec ses conséquences sur la répartition de la graisse corporelle. Les adolescents vivant dans les zones rurales ont généralement plus de possibilités de jeu et de transport actifs qui sollicitent le métabolisme aérobie et anaérobie, ainsi qu'un accès réduit à des technologies comme Internet, ce qui contribue à respecter le seuil recommandé de 60 minutes d'activité physique modérée à vigoureuse par jour (Tofler et

Butterbaugh, 2005). En outre, la communauté mélanésienne rurale se caractérise par le travail en familial et l'agriculture, ce qui signifie que les jeunes participent à ces activités quotidiennes avec leurs parents, ayant donc moins de temps sédentaire. La forte prévalence du surpoids-obésité ainsi que les différences Filles/Garçons dans la capacité aérobie et les paramètres anthropométriques s'expliquent par les facteurs de risque comportementaux, environnementaux et culturels auxquels ils sont actuellement exposés, y compris l'alimentation, l'activité physique et le temps d'écran. La faible activité physique et l'excès de poids corporel des garçons urbains, mais aussi des filles rurales et urbaines, peuvent provenir d'un apport calorique excessif et de dépenses caloriques plus faibles (et d'une activité physique réduite), ou les deux, ce qui peut créer un cercle vicieux. Cependant, il s'agit d'une étude transversale et nos interprétations concernant l'impact sur le mode de vie doivent faire l'objet d'une enquête. D'autres corrélations environnementales et socio-économiques doivent également être explorées pour établir la base de programmes d'éducation sanitaire spécifiques aux zones isolées du Pacifique.

### *c) Limites*

Certaines limites doivent être notées. Tout d'abord, les mélanésiens dans cette tranche d'âge représentent 30% et 94% de la population scolaire totale dans la Province du Sud et dans la province des Îles Loyauté, respectivement. Cela reflète la répartition de la population mélanésienne de 11-16 ans (ISEE, 2014) fréquentant l'école dans chaque province. Une autre limite potentielle est l'absence d'un algorithme de Durnin et Rahaman spécifique à la population pour l'épaisseur de pli cutané pour les enfants et les adolescents mélanésiens (Durnin et Rahaman, 1967). Les différences de maturation, en particulier chez les enfants et les adolescents, pourraient influencer sur les résultats de la condition physique ; le manque d'information sur l'état de maturation sexuelle de l'échantillon d'étude représente une autre

limite. Malgré ces limites, nos résultats sont compatibles avec plusieurs études internationales concernant le nombre de sujets et la distribution rurale et urbaine (Frayon et al., 2017a ; Frayon et al., 2017b ; Frayon et al., 2017c ), ce qui suggère que ces préoccupations méthodologiques ne nuisent pas aux résultats.

En conclusion, cette étude présente pour la première fois la condition physique et les caractéristiques anthropométriques des adolescents mélanésiens en milieu scolaire. Nous concluons que vivre dans une zone rurale isolée de la Nouvelle-Calédonie en ce début du 21<sup>ème</sup> siècle contribue à un bon niveau d'activité physique et à une bonne condition physique, en particulier pour les garçons, bien qu'une transition semble être en cours, notamment en ce qui concerne l'accumulation du pourcentage de la masse grasse corporelle, en particulier chez les filles rurales et urbaines ainsi que chez les garçons urbains. Les caractéristiques anthropométriques et la condition physique pourraient refléter l'environnement contemporain dans les zones rurales et urbaines et les comportements des jeunes mélanésiens. Ainsi, ils doivent donc être considérés par la communauté scolaire dans le développement de futurs programmes d'éducation à la santé visant à promouvoir l'activité physique.

Les programmes de santé scolaire pourraient utiliser des indicateurs comme la condition physique et la composition corporelle, qui sont souvent négligés dans l'éducation physique de la plupart des systèmes éducatifs. Pourtant, ce serait un point clé dans la gestion des politiques de santé en utilisant des tests longitudinaux de condition physique associés à l'anthropométrie comme indicateurs fiables de la santé physique à l'école. Un problème particulier concerne le suivi des activités physiques, ce qui serait utile pour comprendre le comportement de l'activité physique des jeunes adolescents mélanésiens. En outre, les différences anthropométriques doivent être envisagées pour les interventions des enseignants d'éducation physique travaillant dans les zones urbaines ou rurales de la NC.

#### **4. Conclusions et perspectives**

Dans une première étude nous avons pu montrer objectivement pour la première fois des paramètres anthropométriques et physiologiques spécifiques chez des sportifs mélanésiens. Autrement dit, la composition corporelle et la condition physique des mélanésiens ont pu être évaluées en situation de « réponse aiguë » (Kenney et al., 2014), c'est-à-dire sur des tests de terrain isolés ou standardisés. En effets, au regard des données récoltées, ces résultats objectifs peuvent servir d'outils d'identification des qualités physiques pour les entraîneurs qui peuvent désormais avoir des perspectives orientées, notamment dans leur méthodologie d'entraînement, pour développer un style de jeu océanien spécifique. Dans une seconde étude nous avons pu mesurer pour la première fois également « les réponses des structures et des fonctions » en « adaptation chronique » (Kenney et al., 2014) chez des sportifs mélanésiens. En d'autres termes, les données anthropométriques et physiologiques étudiées dans la première étude ont pu être évaluées en adaptation *in situ* de compétition de haut niveau. En effet nous avons pu mesurer chez des joueurs de futsal mélanésiens la cinétique de récupération mais aussi la capacité des joueurs à supporter une intensité élevée de matchs consécutifs, ainsi que leur bien-être en tournoi international de haut niveau. Par rapport aux différents résultats, il est ainsi préconisé que les entraîneurs focalisent davantage le travail des joueurs mélanésien sur l'implication du métabolisme à la fois aérobie et anaérobie pour produire des performances de haut niveau en compétition internationale majeure. Dans une troisième étude, nous avons pour la première fois mesurer de manière objective la condition physique et les mesures anthropométriques des adolescents mélanésiens en milieu scolaire. Les résultats présentés dans cette étude suggèrent que vivre en milieu rural contribue à une bonne condition physique notamment chez les garçons mais qu'une transition semble être en cours notamment en ce qui concerne l'augmentation de la MG corporelle chez les filles rurales et urbaines mais aussi chez les garçons urbains. Ainsi, cette troisième étude



préconise aux programmes d'éducation à la santé mais aux enseignants d'éducation physique de prendre en considération la condition physique et la composition corporelle comme indicateurs pertinents dans le contexte éducatif. Le problème soulevé dans cette dernière étude relève du suivi des activités physiques des jeunes Kanak, nécessaire pour comprendre le comportement et l'activité physique des jeunes mélanésiens afin de perfectionner et d'enrichir les programmes de prévention et d'éducation à la santé. D'après l'étude 3, vivre en zone rurale en Nouvelle-Calédonie permet d'avoir une activité physique hebdomadaire plus importante qu'en zone urbaine mais une accumulation progressive de masse grasse a été mesurée chez les filles U et R et les garçon U certainement due à la diminution de cette même AP et l'augmentation d'une alimentation déséquilibrée. Ainsi des projets éducatifs, visant à mieux comprendre les comportements liés à l'activité physique et l'alimentation semblent être à prioriser. De la même façon, il semble pertinent de généraliser les suivis de cohorte dans l'environnement scolaire dès l'école primaire et ce, jusqu'à la terminale. Enfin, le suivi de la composition corporelle et de la condition physique permettra d'identifier certaines transformations dans le mode de vie et de mettre en place des actions éducatives adaptées dans la vie de ces adolescents.

### III. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. AINSWORTH, B. E., HASKELL, W. L., WHITT, M. C., IRWIN, M. L., SWARTZ, A. M., STRATH, S. J., O'BRIEN, W. L., BASSETT, D. R., SCHMITZ, K. H., EMPLAINCOURT, P. O., JACOBS, D. R. et LEON, A. S. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. septembre 2000. Vol. 32, n° 9 Suppl, pp. S498-504.
2. AANDSTAD, A. A comparison of estimated maximal oxygen uptake in 9 and 10 year old schoolchildren in Tanzania and Norway. *British Journal of Sports Medicine*. 1 avril 2006. Vol. 40, n° 4, pp. 287-292. DOI 10.1136/bjism.2005.020040.
3. Adolescents | Manger Bouger. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.mangerbouger.fr/Bouger-Plus/Bougez-plus-a-tout-age/Adolescents>
4. Advisory Committee Report. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://health.gov/paguidelines/report/>
5. Agence Sanitaire et Sociale de la Nouvelle-Calédonie - Baromètre santé adulte 2010. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.ass.nc/etudes-et-recherches/barometres-sante/barometre-sante-adulte-2010>
6. Agence Sanitaire et Sociale de la Nouvelle-Calédonie - Baromètre santé adulte 2015. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.ass.nc/etudes-et-recherches/barometres-sante/barometre-sante-adulte-2015>
7. Agence Sanitaire et Sociale de la Nouvelle-Calédonie - Baromètre santé jeune 2014. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.ass.nc/etudes-et-recherches/barometres-sante/barometre-sante-jeune-2014>
8. Agence Sanitaire et Sociale de la Nouvelle-Calédonie - Téléchargements | Professionnels | Santé bucco-dentaire | Publication. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : [http://www.ass.nc/publication/cat\\_view/166-publication/40-/251-professionnels?limit=5&order=hits&dir=DESC](http://www.ass.nc/publication/cat_view/166-publication/40-/251-professionnels?limit=5&order=hits&dir=DESC)
9. AINSLIE, Philip, REILLY, Thomas et WESTERTERP, Klass. Estimating human energy expenditure: a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2003. Vol. 33, n° 9, pp. 683-698.
10. AKAMATSU, N., NAKAJIMA, H., ONO, M. et MIURA, Y. Increase in acetyl CoA synthetase activity after phenobarbital treatment. *Biochemical Pharmacology*. 15 septembre 1975. Vol. 24, n° 18, pp. 1725-1727.
11. AL-HAIFI, Ahmad R., AL-FAYEZ, Mohammad A., AL-ATHARI, Buthaina I., AL-AJMI, Fahhad A., ALLAFI, Ahmad R., AL-HAZZAA, Hazzaa M. et MUSAIGER, Abdulrahman O. Relative Contribution of Physical Activity, Sedentary Behaviors, and

Dietary Habits to the Prevalence of Obesity among Kuwaiti Adolescents. *Food and Nutrition Bulletin*. mars 2013. Vol. 34, n° 1, pp. 6-13.  
DOI 10.1177/156482651303400102.

12. ALBON, H. M., HAMLIN, M. J. et ROSS, J. J. Secular trends and distributional changes in health and fitness performance variables of 10-14-year-old children in New Zealand between 1991 and 2003. *British Journal of Sports Medicine*. mars 2010. Vol. 44, n° 4, pp. 263-269. DOI 10.1136/bjism.2008.047142.
13. ALVAREZ, Josè Carlos Barbero, D'OTTAVIO, Stefano, VERA, Juan Granda et CASTAGNA, Carlo. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *Journal of Strength and Conditioning Research*. octobre 2009. Vol. 23, n° 7, pp. 2163-2166. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181b7f8ad.
14. ALVAREZ, Josè Carlos Barbero, D'OTTAVIO, Stefano, VERA, Juan Granda et CASTAGNA, Carlo. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *Journal of Strength and Conditioning Research*. octobre 2009. Vol. 23, n° 7, pp. 2163-2166. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181b7f8ad.
15. ANDAKI, Alynne Christian Ribeiro, TINOCO, Adelson Luiz Araújo, MENDES, Edmar Lacerda, ANDAKI JÚNIOR, Roberto, HILLS, Andrew P. et AMORIM, Paulo Roberto S. Different waist circumference measurements and prediction of cardiovascular risk factors and metabolic syndrome in children. *Obesity Research & Clinical Practice*. avril 2012. Vol. 6, n° 2, pp. e149-e157.  
DOI 10.1016/j.orcp.2011.07.006.
16. ANTOINE-JONVILLE, Sophie, VUILLEMIN, Anne et HUE, Olivier. Quantification et qualification bio-énergétique de l'activité physique pour les recommandations de santé publique. *Nutrition Clinique et Métabolisme*. mai 2015. Vol. 29, n° 2, pp. 69-76.  
DOI 10.1016/j.nupar.2015.04.001.
17. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *The Lancet*. janvier 2004. Vol. 363, n° 9403, pp. 157-163.  
DOI 10.1016/S0140-6736(03)15268-3.
18. ARMSTRONG, N. et WELSMAN, J. R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1994. Vol. 22, pp. 435-476.
19. ARMSTRONG, N. et WELSMAN, J. R. Cardiovascular responses to submaximal treadmill running in 11 to 13 year olds. *Acta Paediatrica (Oslo, Norway: 1992)*. 2002. Vol. 91, n° 2, pp. 125-131.
20. ARMSTRONG, N., BALDING, J., GENTLE, P. et KIRBY, B. Patterns of physical activity among 11 to 16 year old British children. *BMJ (Clinical research ed.)*. 28 juillet 1990. Vol. 301, n° 6745, pp. 203-205.
21. ARMSTRONG, N., KIRBY, B. J., MCMANUS, A. M. et WELSMAN, J. R. Aerobic fitness of prepubescent children. *Annals of Human Biology*. octobre 1995. Vol. 22, n° 5, pp. 427-441.

22. ARMSTRONG, N., WELSMAN, J. et WINSLEY, R. Is Peak VO<sub>2</sub> a Maximal Index of Children's Aerobic Fitness? *International Journal of Sports Medicine*. juillet 1996. Vol. 17, n° 5, pp. 356-359. DOI 10.1055/s-2007-972860.
23. ARMSTRONG, Neil. Young people's physical activity patterns as assessed by heart rate monitoring. *Journal of Sports Sciences*. janvier 1998. Vol. 16, n° sup1, pp. 9-16. DOI 10.1080/026404198366632.
24. ASTRAND, I., ASTRAND, P. O., HALLBÄCK, I. et KILBOM, A. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *Journal of Applied Physiology*. novembre 1973. Vol. 35, n° 5, pp. 649-654.
25. ASTRAND, P. O. et EYRICH, B. [Bed ergometer for clinical e.g. postoperative use]. *Svenska Lakartidningen*. 19 septembre 1952. Vol. 49, n° 38, pp. 2367-2372.
26. ASTRAND, P. O. Physiology of exercise and physical conditioning in normals. *Schweizerische Medizinische Wochenschrift*. 13 janvier 1973. Vol. 103, n° 2, pp. 41-45.
27. ASTRAND, PO, RODAHL, K et DAHL, HA. Textbook of work physiology. Human kinetic. . 2003.
28. AUBRY, Anaël, HAUSSWIRTH, Christophe, LOUIS, Julien, COUTTS, Aaron J. et LE MEUR, Yann. Functional overreaching: the key to peak performance during the taper? *Medicine and Science in Sports and Exercise*. septembre 2014. Vol. 46, n° 9, pp. 1769-1777. DOI 10.1249/MSS.0000000000000301.
29. BAILEY, R. C., OLSON, J., PEPPER, S. L., PORSZASZ, J., BARSTOW, T. J. et COOPER, D. M. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. juillet 1995. Vol. 27, n° 7, pp. 1033-1041.
30. BANGSBO, J. The physiology of soccer--with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*. 1994. Vol. 619, pp. 1-155.
31. BANGSBO, Jens, IAIA, Fedon Marcello et KRUSTRUP, Peter. Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. juin 2007. Vol. 2, n° 2, pp. 111-127.
32. BANNA, Jinan C., BUCHTHAL, Opal Vanessa, DELORMIER, Treena, CREED-KANASHIRO, Hilary M. et PENNY, Mary E. Influences on eating: a qualitative study of adolescents in a periurban area in Lima, Peru. *BMC Public Health* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 16, n° 1. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1186/s12889-016-2724-7. Disponible à l'adresse : <http://bmcpublikealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-016-2724-7>
33. BAR-OR, O. The Wingate anaerobic test. An update on methodology, reliability and validity. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. décembre 1987. Vol. 4, n° 6, pp. 381-394.

34. BARBERO-ALVAREZ, J. C., SOTO, V. M., BARBERO-ALVAREZ, V. et GRANDA-VERA, J. Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*. janvier 2008. Vol. 26, n° 1, pp. 63-73. DOI 10.1080/02640410701287289.
35. BARBERO-ALVAREZ, JC, MILADI, I et AHMAIDI, S. Relationship between a new futsal intermittent endurance test (FIET) and repeated-sprint ability in professional futsal players, In: 11th Annual Congress of the European College of Sport Science. . 2006.
36. BASDEVANT, A., CLÉMENT, K. et OPPERT, J. -M. Vers de nouveaux phénotypes et de nouvelles nosographies : de l'obésité aux maladies du tissu adipeux. *Obésité*. décembre 2013. Vol. 8, n° 4, pp. 234-243. DOI 10.1007/s11690-013-0392-7.
37. BERTHOUBE-ARANDA, S.E. et REYNES, E. La sédentarité : un processus physiopsychologique et un facteur de risque pour la santé pour tous. *Science & Sports*. septembre 2011. Vol. 26, n° 4, pp. 191-196. DOI 10.1016/j.scispo.2011.06.003.
38. BIDDLE, Stuart et GOUDAS, Marios. Sport, activité physique et santé chez l'enfant. *Enfance*. 1994. Vol. 47, n° 2, pp. 135-144. DOI 10.3406/enfan.1994.2094.
39. BIDDLE, Stuart J.H., ATKIN, Andrew J., CAVILL, Nick et FOSTER, Charlie. Correlates of physical activity in youth: a review of quantitative systematic reviews. *International Review of Sport and Exercise Psychology*. mars 2011. Vol. 4, n° 1, pp. 25-49. DOI 10.1080/1750984X.2010.548528.
40. BILLAT, L. Véronique et KORALSZTEIN, J. Pierre. Significance of the Velocity at VO<sub>2</sub>max and Time to Exhaustion at this Velocity. *Sports Medicine*. 1 août 1996. Vol. 22, n° 2, pp. 90-108. DOI 10.2165/00007256-199622020-00004.
41. BILLAT, Véronique. *VO<sub>2</sub>max à l'épreuve du temps pour une nouvelle vision de l'entraînement*. Bruxelles : De Boeck, 2013. ISBN 978-2-8041-8169-7.
42. BILLMAN, George E. Aerobic exercise conditioning: a nonpharmacological antiarrhythmic intervention. *Journal of Applied Physiology*. 1 février 2002. Vol. 92, n° 2, pp. 446-454. DOI 10.1152/jappphysiol.00874.2001.
43. BLACK, M. M. et ABOUD, F. E. Responsive Feeding Is Embedded in a Theoretical Framework of Responsive Parenting. *Journal of Nutrition*. 1 mars 2011. Vol. 141, n° 3, pp. 490-494. DOI 10.3945/jn.110.129973.
44. BLAIR, Steven N., LAMONTE, Michael J. et NICHAMAN, Milton Z. The evolution of physical activity recommendations: how much is enough? *The American Journal of Clinical Nutrition*. mai 2004. Vol. 79, n° 5, pp. 913S-920S.
45. BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1982. Vol. 14, n° 5, pp. 377-381.

46. BORN, Jan et WILHELM, Ines. System consolidation of memory during sleep. *Psychological Research*. mars 2012. Vol. 76, n° 2, pp. 192-203. DOI 10.1007/s00426-011-0335-6.
47. BOULLOSA, Daniel A., TONELLO, Lais, RAMOS, Isabela, SILVA, Alessandro de Oliveira, SIMOES, Herbert G. et NAKAMURA, Fabio Y. Relationship between Aerobic Capacity and Yo-Yo IR1 Performance in Brazilian Professional Futsal Players. *Asian Journal of Sports Medicine*. septembre 2013. Vol. 4, n° 3, pp. 230-234.
48. BREWIS, Alexandra A. et MCGARVEY, Stephen T. Body image, body size, and Samoan ecological and individual modernization. *Ecology of Food and Nutrition*. juin 2000. Vol. 39, n° 2, pp. 105-120. DOI 10.1080/03670244.2000.9991609.
49. BROWN, T. et SUMMERBELL, C. Systematic review of school-based interventions that focus on changing dietary intake and physical activity levels to prevent childhood obesity: an update to the obesity guidance produced by the National Institute for Health and Clinical Excellence. *Obesity Reviews*. janvier 2009. Vol. 10, n° 1, pp. 110-141. DOI 10.1111/j.1467-789X.2008.00515.x.
50. BRUNER, Mark W., LAWSON, Joshua, PICKETT, William, BOYCE, William et JANSSEN, Ian. Rural Canadian adolescents are more likely to be obese compared with urban adolescents. *International Journal of Pediatric Obesity*. janvier 2008. Vol. 3, n° 4, pp. 205-211. DOI 10.1080/17477160802158477.
51. BRUNT, Ardith R. et RHEE, Yeong S. Obesity and lifestyle in U.S. college students related to living arrangements. *Appetite*. novembre 2008. Vol. 51, n° 3, pp. 615-621. DOI 10.1016/j.appet.2008.04.019.
52. BUCHHEIT, M., PAPELIER, Y., LAURSEN, P. B. et AHMAIDI, S. Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *AJP: Heart and Circulatory Physiology*. 23 mars 2007. Vol. 293, n° 1, pp. H8-H10. DOI 10.1152/ajpheart.00335.2007.
53. BUCHHEIT, Martin, LAURSEN, Paul B. et AHMAIDI, Saïd. Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*. juillet 2007. Vol. 293, n° 1, pp. H133-141. DOI 10.1152/ajpheart.00062.2007.
54. BUCHHEIT, Martin. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mars 2008. Vol. 22, n° 2, pp. 365-374. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181635b2e.
55. Card | Global Observatory for Physical Activity. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.globalphysicalactivityobservatory.com/card/>
56. CARRÉ, François. *Cardiologie du sport*. Bruxelles : De Boeck, 2013. ISBN 978-2-8041-8160-4.

57. CASAMICHANA, David, CASTELLANO, Julen et CASTAGNA, Carlo. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mars 2012. Vol. 26, n° 3, pp. 837-843. DOI 10.1519/JSC.0b013e31822a61cf.
58. CASAMICHANA, David, SUAREZ-ARRONES, Luis, CASTELLANO, Julen et ROMÁN-QUINTANA, Jaime San. Effect of number of touches and exercise duration on the kinematic profile and heart rate response during small-sided games in soccer. *Journal of Human Kinetics*. 28 juin 2014. Vol. 41, pp. 113-123. DOI 10.2478/hukin-2014-0039.
59. CASARTELLI, Nicola, MÜLLER, Roland et MAFFIULETTI, Nicola A. Validity and reliability of the Myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *Journal of Strength and Conditioning Research*. novembre 2010. Vol. 24, n° 11, pp. 3186-3193. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181d8595c.
60. CASPERSEN, C. J., POWELL, K. E. et CHRISTENSON, G. M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports (Washington, D.C.: 1974)*. avril 1985. Vol. 100, n° 2, pp. 126-131.
61. CASTAGNA, Carlo, D'OTTAVIO, Stefano, GRANDA VERA, Juan et BARBERO ALVAREZ, Josè Carlos. Match demands of professional Futsal: a case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. juillet 2009. Vol. 12, n° 4, pp. 490-494. DOI 10.1016/j.jsams.2008.02.001.
62. CASTILLO-GARZÓN, Manuel J., RUIZ, Jonatan R., ORTEGA, Francisco B. et GUTIÉRREZ, Angel. Anti-aging therapy through fitness enhancement. *Clinical Interventions in Aging*. 2006. Vol. 1, n° 3, pp. 213-220.
63. CASTILLO-RODRÍGUEZ, Alfonso, FERNÁNDEZ-GARCÍA, José C., CHINCHILLA-MINGUET, José L. et CARNERO, Elvis Álvarez. Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mars 2012. Vol. 26, n° 3, pp. 725-732. DOI 10.1519/JSC.0b013e31822602db.
64. CAVADINI, C., SIEGA-RIZ, A. M. et POPKIN, B. M. US adolescent food intake trends from 1965 to 1996. *The Western Journal of Medicine*. décembre 2000. Vol. 173, n° 6, pp. 378-383.
65. CHADDOCK, Laura, PONTIFEX, Matthew B., HILLMAN, Charles H. et KRAMER, Arthur F. A Review of the Relation of Aerobic Fitness and Physical Activity to Brain Structure and Function in Children. *Journal of the International Neuropsychological Society*. novembre 2011. Vol. 17, n° 6, pp. 975-985. DOI 10.1017/S1355617711000567.
66. CHAKRAVARTHY, M. V. Eating, exercise, and « thrifty » genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *Journal of Applied Physiology*. 29 août 2003. Vol. 96, n° 1, pp. 3-10. DOI 10.1152/jappphysiol.00757.2003.

67. CHAPUT, J-P, BRUNET, M et TREMBLAY, A. Relationship between short sleeping hours and childhood overweight/obesity: results from the 'Québec en Forme' Project. *International Journal of Obesity*. juillet 2006. Vol. 30, n° 7, pp. 1080-1085. DOI 10.1038/sj.ijo.0803291.
68. CHAPUT, Jean-Philippe et TREMBLAY, Angelo. Does short sleep duration favor abdominal adiposity in children? *International Journal of Pediatric Obesity*. janvier 2007. Vol. 2, n° 3, pp. 188-191. DOI 10.1080/17477160701306144.
69. CHAPUT, Jean-Philippe, DESPRÉS, Jean-Pierre, BOUCHARD, Claude et TREMBLAY, Angelo. Short Sleep Duration is Associated with Reduced Leptin Levels and Increased Adiposity: Results from the Québec Family Study\*. *Obesity*. janvier 2007. Vol. 15, n° 1, pp. 253-261. DOI 10.1038/oby.2007.512.
70. *charte\_Ottawa.pdf* [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : [http://www.vd.ch/fileadmin/user\\_upload/themes/sante/Prevention/charte\\_Ottawa.pdf](http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/sante/Prevention/charte_Ottawa.pdf)
71. CHEVANCE, Guillaume, FOUCAUT, Aude Marie et BERNARD, Paquito. État des connaissances sur les comportements sédentaires. *La Presse Médicale*. mars 2016. Vol. 45, n° 3, pp. 313-318. DOI 10.1016/j.lpm.2016.01.004.
72. CHIANG, Po-Huang, WAHLQVIST, Mark L, LEE, Meei-Shyuan, HUANG, Lin-Yuan, CHEN, Hui-Hsin et HUANG, Susana Tzy-Ying. Fast-food outlets and walkability in school neighbourhoods predict fatness in boys and height in girls: a Taiwanese population study. *Public Health Nutrition*. septembre 2011. Vol. 14, n° 9, pp. 1601-1609. DOI 10.1017/S1368980011001042.
73. Children, adolescents, and advertising. Committee on Communications, American Academy of Pediatrics. *Pediatrics*. février 1995. Vol. 95, n° 2, pp. 295-297.
74. CHILLÓN, Palma, ORTEGA, Francisco B., FERRANDO, Jose Antonio et CASAJUS, Jose Antonio. Physical fitness in rural and urban children and adolescents from Spain. *Journal of Science and Medicine in Sport*. septembre 2011. Vol. 14, n° 5, pp. 417-423. DOI 10.1016/j.jsams.2011.04.004.
75. CHIOLERO, A., LASSERRE, A. M., PACCAUD, F. et BOVET, P. [Childhood obesity: definition, consequences, and prevalence]. *Revue Médicale Suisse*. 16 mai 2007. Vol. 3, n° 111, pp. 1262-1269.
76. CHOUDHARY, Shyama, KHICHAIR, Satyendra, DABI, Dhanraj, PARAKH, Manish, DARA, Pawan K., PARAKH, Poonam, VYAS, Suyasha et DEOPA, Bindu. Urban Rural Comparison of Anthropometry and Menarcheal Status of Adolescent School Going Girls of Jodhpur, Rajasthan, India. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. octobre 2016. Vol. 10, n° 10, pp. SC08-SC12. DOI 10.7860/JCDR/2016/21882.8757.
77. CLARKE, H. H. et MONTROYE, Henry J. Physical And Motor Tests In The Medford Boy's Growth Study. *Medicine and Science in Sports* [en ligne]. 1 octobre 1972.



Vol. 4, n° 3. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://insights.ovid.com/medicine-science-sports/masis/1972/00/430/physical-motor-tests-medford-boy-growth-study/2/00005756>

78. COLE, Christopher R., BLACKSTONE, Eugene H., PASHKOW, Fredric J., SNADER, Claire E. et LAUER, Michael S. Heart-Rate Recovery Immediately after Exercise as a Predictor of Mortality. *New England Journal of Medicine*. 28 octobre 1999. Vol. 341, n° 18, pp. 1351-1357. DOI 10.1056/NEJM199910283411804.
79. COLE, T. J., BELLIZZI, M. C., FLEGAL, K. M. et DIETZ, W. H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ (Clinical research ed.)*. 6 mai 2000. Vol. 320, n° 7244, pp. 1240-1243.
80. CONSULTATION ON OBESITY (éd.). *Obésité: prévention et prise en charge de l'épidémie mondiale ; rapport d'une consultation de l'OMS ; [Consultation OMS sur l'Obésité, Genève, 3 - 5 juin 1997]*. Genève: Organisation Mondiale de la Santé. [sans date]. OMS, série de rapports techniques, 894. ISBN 978-92-4-220894-8.
81. COPAVER, Karine Babel, HERTOOGH, Claude et HUE, Olivier. Sprint performance changes and determinants in afro-Caribbean adolescents between 13 and 15 years old. *Journal of Human Kinetics*. octobre 2012. Vol. 34, pp. 89-98. DOI 10.2478/v10078-012-0067-8.
82. CORSENAC, Philippe, ANNESI-MAESANO, Isabella, HOY, Damian, ROTH, Adam, ROUCHON, Bernard, CAPART, Isabelle et TAYLOR, Richard. Overweight and obesity in New Caledonian adults: Results from measured and adjusted self-reported anthropometric data. *Diabetes Research and Clinical Practice* [en ligne]. juin 2017. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1016/j.diabres.2017.06.020.
83. COX, Helen C, HINZ, Mittie D, STINGLHAMBER-VANDER BORGHT, Bernadette et TICHON-VAN UYTBERGEN, Marie-Jeanne. *Applications cliniques des diagnostics infirmiers: l'adulte, l'enfant, la femme en périnatalité, la personne âgée, soins à domicile et en psychiatrie*. Bruxelles : De Boeck, 2004. ISBN 978-2-8041-4596-5.
84. CRIELAARD, J. M., CLARA, D., MAERTENS DE NOORDHOUT, B. et FRANCHIMONT, P. [Study of the rhythm of spasms in an athletic cohort. Its relation to muscle pathology]. *Acta Belgica. Medica Physica: Organe Officiel De La Societe Royale Belge De Medecine Physique Et De Rehabilitation*. juin 1986. Vol. 9, n° 2, pp. 159-161.
85. CROWLEY, Stephanie J., ACEBO, Christine et CARSKADON, Mary A. Sleep, circadian rhythms, and delayed phase in adolescence. *Sleep Medicine*. septembre 2007. Vol. 8, n° 6, pp. 602-612. DOI 10.1016/j.sleep.2006.12.002.
86. CZAJKA, Kamila, FISZER, Kamila et KOŁODZIEJ, Małgorzata. The relation between selected health behaviour and body mass index amongst adolescents living in urban and rural areas in south-western Poland. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*. 2013. Vol. 64, n° 2, pp. 135-141.

87. DANISH, Steven J., FORNERIS, Tanya et WALLACE, Ian. Sport-Based Life Skills Programming in the Schools. *Journal of Applied School Psychology*. 19 décembre 2005. Vol. 21, n° 2, pp. 41-62. DOI 10.1300/J370v21n02\_04.
88. DE LANEROLLE-DIAS, Maduka, LANEROLLE, Pulani, ATUKORALA, Sunethra et DE SILVA, Angela. Urbanisation, dietary patterns and body composition changes in adolescent girls: a descriptive cross sectional study. *BMC Nutrition* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 1, n° 1. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1186/s40795-015-0027-5. Disponible à l'adresse : <http://bmcnutr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40795-015-0027-5>
89. DE OLIVEIRA BUENO, Murilo José, CAETANO, Fabio Giuliano, PEREIRA, Tiago Julio Costa, DE SOUZA, Nicolau Melo, MOREIRA, Gustavo Damasceno, NAKAMURA, Fábio Yuzo, CUNHA, Sergio Augusto et MOURA, Felipe Arruda. Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports Biomechanics*. septembre 2014. Vol. 13, n° 3, pp. 230-240. DOI 10.1080/14763141.2014.958872.
90. DEFAY, R., PAPOZ, L., BARNY, S., BONNOT-LOURS, S., CACÈS, E. et SIMON, D. Hormonal status and NIDDM in the European and Melanesian populations of New Caledonia: a case-control study. The CALedonia DIAbetes Mellitus (CALDIA) Study Group. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. septembre 1998. Vol. 22, n° 9, pp. 927-934.
91. DELLAL, Alexandre, KELLER, Dominique, CARLING, Christopher, CHAOUACHI, Anis, WONG, Del P. et CHAMARI, Karim. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. décembre 2010. Vol. 24, n° 12, pp. 3219-3226. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181b94a63.
92. DELLAL. *De l'entraînement à la performance en football*. Bruxelles : De Boeck, 2008. ISBN 978-2-8041-5720-3.
93. DERUELLE, Philippe et VAMBERGUE, Anne. Obésité et grossesse. In : *Endocrinologie en Gynécologie et Obstétrique* [en ligne]. Elsevier, 2012. pp. 209-213. [Consulté le 27 septembre 2017]. ISBN 978-2-294-70154-2. Disponible à l'adresse : <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9782294701542000170>
94. DEURENBERG, P., DEURENBERG-YAP, M. et GURICCI, S. Asians are different from Caucasians and from each other in their body mass index/body fat per cent relationship. *Obesity Reviews: An Official Journal of the International Association for the Study of Obesity*. août 2002. Vol. 3, n° 3, pp. 141-146.
95. DIETZ, W. H. Periods of risk in childhood for the development of adult obesity--what do we need to learn? *The Journal of Nutrition*. septembre 1997. Vol. 127, n° 9, pp. 1884S-1886S.
96. DINSA, G. D., GORYAKIN, Y., FUMAGALLI, E. et SUHRCKE, M. Obesity and socioeconomic status in developing countries: a systematic review: Obesity and socio-

- economic status in developing countries. *Obesity Reviews*. novembre 2012. Vol. 13, n° 11, pp. 1067-1079. DOI 10.1111/j.1467-789X.2012.01017.x.
97. DITTRICH, Naiandra, DA SILVA, Juliano Fernandes, CASTAGNA, Carlo, DE LUCAS, Ricardo Dantas et GUGLIELMO, Luiz Guilherme Antonacci. Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. novembre 2011. Vol. 25, n° 11, pp. 3099-3106. DOI 10.1519/JSC.0b013e3182132ce7.
  98. DOĞRAMACI, N. Sera et WATSFORD, L. Mark. A comparison of two different methods for time-motion analysis in team sports. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 1 juin 2006. Vol. 6, n° 1, pp. 73-83. DOI 10.1080/24748668.2006.11868356.
  99. DOGRAMACI, Sera N., WATSFORD, Mark L. et MURPHY, Aron J. Time-motion analysis of international and national level futsal. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mars 2011. Vol. 25, n° 3, pp. 646-651. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181c6a02e.
  100. DORNER, T et RIEDER, A. Das Adipositasparadoxon oder Reverse Epidemiologie. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift*. mars 2010. Vol. 135, n° 9, pp. 413-418. DOI 10.1055/s-0030-1249178.
  101. DORSEY, Rashida R., EBERHARDT, Mark S. et OGDEN, Cynthia L. Racial/Ethnic Differences in Weight Perception. *Obesity*. avril 2009. Vol. 17, n° 4, pp. 790-795. DOI 10.1038/oby.2008.603.
  102. DUCLOS, M., DUCHÉ, P., GUEZENNEC, C.-Y., RICHARD, R., RIVIÈRE, D. et VIDALIN, H. Position de consensus : activité physique et obésité chez l'enfant et chez l'adulte. *Science & Sports*. septembre 2010. Vol. 25, n° 4, pp. 207-225. DOI 10.1016/j.scispo.2010.04.001.
  103. DUPUY, Olivier, MEKARY, Saïd, BERRYMAN, Nicolas, BHERER, Louis, AUDIFFREN, Michel et BOSQUET, Laurent. Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. juillet 2012. Vol. 32, n° 4, pp. 296-304. DOI 10.1111/j.1475-097X.2012.01125.x.
  104. DURNIN, J. V. et RAHAMAN, M. M. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *The British Journal of Nutrition*. août 1967. Vol. 21, n° 3, pp. 681-689.
  105. DUTIL. L'extensibilité musculaire: perspective ontogénétique et assouplissement spécial souplesse. *INSEP, 27-32, Paris*. 1978.
  106. EDWARDS, N. M., PETTINGELL, S. et BOROWSKY, I. W. Where Perception Meets Reality: Self-Perception of Weight in Overweight Adolescents. *PEDIATRICS*. 1 mars 2010. Vol. 125, n° 3, pp. e452-e458. DOI 10.1542/peds.2009-0185.

107. EKELUND, Ulf, YNGVE, Agneta, BRAGE, Sören, WESTERTERP, Klaas et SJÖSTRÖM, Michael. Body movement and physical activity energy expenditure in children and adolescents: how to adjust for differences in body size and age. *The American Journal of Clinical Nutrition*. mai 2004. Vol. 79, n° 5, pp. 851-856.
108. EPSTEIN, L. H., PALUCH, R. A., KALAKANIS, L. E., GOLDFIELD, G. S., CERNY, F. J. et ROEMMICH, J. N. How much activity do youth get? A quantitative review of heart-rate measured activity. *Pediatrics*. septembre 2001. Vol. 108, n° 3, pp. E44.
109. ESMAEILZADEH, Samad. Socioeconomic Status, Physical Activity, Physical Fitness and Sedentary Activity in 7-to 11-year-old Iranian Children. . 2012.
110. ESSER, N., PAQUOT, N. et SCHEEN, A.J. Aptitude physique versus adiposité : aspects physiopathologiques et impacts cardio-métaboliques chez le sujet adulte non diabétique. *Médecine des Maladies Métaboliques*. mai 2010. Vol. 4, n° 3, pp. 291-298. DOI 10.1016/S1957-2557(10)70062-6.
111. ESTON, Roger. Use of Ratings of Perceived Exertion in Sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 1 juin 2012. Vol. 7, n° 2, pp. 175-182. DOI 10.1123/ijsp.7.2.175.
112. EVANS, Tim et WELTGESUNDHEITSORGANISATION (éd.). *Travailler ensemble pour la santé*. Genève : Organisation Mondiale de la Santé, 2006. Rapport sur la santé dans la monde, 2006. ISBN 978-92-4-256317-7.
113. FAIRCLOUGH, Stuart et STRATTON, Gareth. Physical Activity Levels in Middle and High School Physical Education: A Review. *Pediatric Exercise Science*. août 2005. Vol. 17, n° 3, pp. 217-236. DOI 10.1123/pes.17.3.217.
114. FALGAIRETTE, G., GAVARRY, O., BERNARD, T. et HEBBELINCK, M. Evaluation of habitual physical activity from a week's heart rate monitoring in French school children. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1996. Vol. 74, n° 1-2, pp. 153-161.
115. FARIAS, Edson S., PAULA, Flaviano, CARVALHO, Wellington R. G., GON&CCEDIL;ALVES, Ezequiel M., BALDIN, Alexandre D. et GUERRA-JÚNIOR, Gil. Influence of programmed physical activity on body composition among adolescent students. *Jornal de Pediatria*. 5 février 2009. Vol. 85, n° 1, pp. 28-34. DOI 10.2223/JPED.1864.
116. FERNANDES, Rômulo Araújo et ZANESCO, Angelina. Early sport practice is related to lower prevalence of cardiovascular and metabolic outcomes in adults independently of overweight and current physical activity. *Medicina*. 2015. Vol. 51, n° 6, pp. 336-342. DOI 10.1016/j.medici.2015.10.003.
117. FESSI, Mohamed, MAKNI, Emna, JEMNI, Monèm, ELLOUMI, Mohamed, PADULO, Johnny, NABLI, Mohamed, CHAMARI, Karim et MOALLA, Wassim. Reliability and criterion-related validity of a new repeated agility test. *Biology of Sport*. 6 mars 2016. Vol. 33, n° 2, pp. 159-164. DOI 10.5604/20831862.1198635.

118. FIELD, Alison E., CAMARGO, Carlos A., TAYLOR, C. Barr, BERKEY, Catherine S., FRAZIER, A. Lindsay, GILLMAN, Matthew W. et COLDITZ, Graham A. Overweight, Weight Concerns, and Bulimic Behaviors Among Girls and Boys. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*. juin 1999. Vol. 38, n° 6, pp. 754-760. DOI 10.1097/00004583-199906000-00024.
119. FINAU, S. A., PRIOR, I. A. et EVANS, J. G. Ageing in the South Pacific. Physical changes with urbanization. *Social Science & Medicine (1982)*. 1982. Vol. 16, n° 17, pp. 1539-1549.
120. FIZIN, Paul. *Le culte des ancêtres et de l'igname*. 2014.
121. FORBES, Gilbert B. Relation of Lean Body Mass to Height in Children and Adolescents. *Pediatric Research*. janvier 1972. Vol. 6, n° 1, pp. 32-37. DOI 10.1203/00006450-197201000-00005.
122. FORSHEE, Richard A., ANDERSON, Patricia A. et STOREY, Maureen L. The role of beverage consumption, physical activity, sedentary behavior, and demographics on body mass index of adolescents. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. septembre 2004. Vol. 55, n° 6, pp. 463-478.
123. FOSTER, C., FLORHAUG, J. A., FRANKLIN, J., GOTTSCHALL, L., HROVATIN, L. A., PARKER, S., DOLESHAL, P. et DODGE, C. A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*. février 2001. Vol. 15, n° 1, pp. 109-115.
124. FOURNIER, J., VUILLEMIN, A. et LE CREN, F. Mesure de la condition physique chez les personnes âgées. Évaluation de la condition physique des seniors : adaptation française de la batterie américaine « Senior Fitness Test ». *Science & Sports*. septembre 2012. Vol. 27, n° 4, pp. 254-259. DOI 10.1016/j.scispo.2012.07.005.
125. FRAYON, S., CHERRIER, S., CAVALOC, Y., WATTELEZ, G., LERRANT, Y. et GALY, O. Relationship of body fat and body mass index in young Pacific Islanders: a cross-sectional study in European, Melanesian and Polynesian groups: Body fat and BMI in Pacific Islanders. *Pediatric Obesity* [en ligne]. 28 juillet 2017. [Consulté le 27 septembre 2017]. DOI 10.1111/ijpo.12229. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1111/ijpo.12229>
126. FRAYON, Stéphane, CHERRIER, Sophie, CAVALOC, Yolande, TOUITOU, Amandine, ZONGO, Paul, WATTELEZ, Guillaume, YACEF, Kalina, CAILLAUD, Corinne, LERRANT, Yannick et GALY, Olivier. Nutrition behaviors and sociodemographic factors associated with overweight in the multi-ethnic adolescents of New Caledonia. *Ethnicity & Health*. 10 avril 2017. pp. 1-17. DOI 10.1080/13557858.2017.1315530.
127. FRAYON, Stéphane, CHERRIER, Sophie, CAVALOC, Yolande, WATTELEZ, Guillaume, TOUITOU, Amandine, ZONGO, Paul, YACEF, Kalina, CAILLAUD, Corinne, LERRANT, Yannick et GALY, Olivier. Misperception of weight status in the pacific: preliminary findings in rural and urban 11- to 16-year-olds of New

- Caledonia. *BMC public health*. 5 janvier 2017. Vol. 17, n° 1, pp. 25.  
DOI 10.1186/s12889-016-3982-0.
128. FREEDSON, Patty S. et MILLER, Kelly. Objective Monitoring of Physical Activity Using Motion Sensors and Heart Rate. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. juin 2000. Vol. 71, n° sup2, pp. 21-29. DOI 10.1080/02701367.2000.11082782.
129. FURNHAM, A. et BAGUMA, P. Cross-cultural differences in the evaluation of male and female body shapes. *The International Journal of Eating Disorders*. janvier 1994. Vol. 15, n° 1, pp. 81-89.
130. GAIS, S. Declarative memory consolidation: Mechanisms acting during human sleep. *Learning & Memory*. 1 novembre 2004. Vol. 11, n° 6, pp. 679-685.  
DOI 10.1101/lm.80504.
131. GALY, O, ZONGO, P, CHAMARI, K, CHAOUACHI, A, MICHALAK, E, DELLAL, A, CASTAGNA, C et HUE, O. Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: a first approach to talent identification in Oceania. *Biology of Sport*. juin 2015. Vol. 32, n° 2, pp. 135-141.  
DOI 10.5604/20831862.1140428.
132. GALY, O., ZONGO, P., CHAMARI, K., CHAOUACHI, A., MICHALAK, E., DELLAL, A., CASTAGNA, C. et HUE, O. Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: a first approach to talent identification in Oceania. *Biology of Sport*. juin 2015. Vol. 32, n° 2, pp. 135-141.  
DOI 10.5604/20831862.1140428.
133. GANONG, W. F. Sympathetic Effects on Renin Secretion: Mechanism and Physiological Role. In : *Control of Renin Secretion* [en ligne]. Springer, Boston, MA, 1972. pp. 17-32. *Advances in Experimental Medicine and Biology*. [Consulté le 27 septembre 2017]. ISBN 978-1-4684-0942-0. Disponible à l'adresse : [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-0940-6\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4684-0940-6_2)
134. GARDNER, Howard et BONIN, Yves. *Les intelligences multiples* [en ligne]. Retz Paris, 2004. Disponible à l'adresse : <http://www.apecolmur.ch.preview12.oxito.com/wp-content/uploads/2015/03/Resume-conf.14.11.2014-Guerre-des-devoirs.pdf>
135. GAVARRY, Olivier, GIACOMONI, Magali, BERNARD, Thierry, SEYMAT, Marc et FALGAIRETTE, Guy. Habitual Physical Activity in Children and Adolescents during School and Free Days: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. mars 2003. Vol. 35, n° 3, pp. 525-531. DOI 10.1249/01.MSS.0000053655.45022.C5.
136. GLAISTER, Mark, HOWATSON, Glyn, PATTISON, John R. et MCINNES, Gill. The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: an issue revisited. *Journal of Strength and Conditioning Research*. septembre 2008. Vol. 22, n° 5, pp. 1597-1601. DOI 10.1519/JSC.0b013e318181ab80.
137. GODEAU, Emmanuelle. La santé des collégiens en France / 2010. Données françaises de l'enquête internationale Health Behaviour in School-aged Children (HBSC).

[en ligne]. 2010. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/detaildocFB.asp?numfiche=1412>

138. GÓES PEREIRA LIMA, Vera Lucia, FOCESI PELICIONI, Maria Cecilia, RIBEIRO CAMPOS, Nora Zamith et L'ABBATE, Solange. Health promotion, health education and social communication on health : specificities, interfaces, intersections. *Promotion & Education*. décembre 2000. Vol. 7, n° 4, pp. 8-12. DOI 10.1177/102538230000700403.
139. GRÉLOT, L. Activités physiques et sportives de l'enfant et de l'adolescent : des croyances aux recommandations sanitaires. *Journal de Pédiatrie et de Puériculture*. avril 2016. Vol. 29, n° 2, pp. 57-68. DOI 10.1016/j.jpp.2016.02.003.
140. GRIEBLER, Ursula, ROJATZ, Daniela, SIMOVSKA, Venka et FORSTER, Rudolf. Effects of student participation in school health promotion: a systematic review. *Health Promotion International*. avril 2017. Vol. 32, n° 2, pp. 195-206. DOI 10.1093/heapro/dat090.
141. GRIGOLON, Ruth Bartelli, DUNKER, Karin Louise Lenz, ALMEIDA, Mireille Coelho, ACHÔA, Denise Claudino et CLAUDINO, Angélica Medeiros. Dietary patterns as a red flag for higher risk of eating disorders among female teenagers with and without type I diabetes mellitus: Adolescents with type I diabetes mellitus are a risk factor for eating disorders: a case-control study. *Eating and Weight Disorders - Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity* [en ligne]. 14 septembre 2017. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1007/s40519-017-0442-5. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/s40519-017-0442-5>
142. GROSLAMBERT, Alain et MAHON, Anthony D. Perceived exertion : influence of age and cognitive development. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2006. Vol. 36, n° 11, pp. 911-928.
143. Guidelines for school health programs to promote lifelong healthy eating. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR. Recommendations and reports: Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports*. 14 juin 1996. Vol. 45, n° RR-9, pp. 1-41.
144. GÜLTEKIN, Timur, DASGUPTA, Parasmani et KOCA ÖZER, Başak. Segmental bioelectrical impedance analysis in children aged 7–18 years living in Ankara-Turkey: Age and sex difference in the measures of adiposity. *Papers on Anthropology*. 7 octobre 2014. Vol. 23, n° 2, pp. 23. DOI 10.12697/poa.2014.23.2.02.
145. GUTIN, Bernard, YIN, Zenong, HUMPHRIES, Matthew C. et BARBEAU, Paule. Relations of moderate and vigorous physical activity to fitness and fatness in adolescents. *The American Journal of Clinical Nutrition*. avril 2005. Vol. 81, n° 4, pp. 746-750.
146. HAAPALA, Markus, SUOMINEN, Tina et KOSTIAINEN, Risto. Capillary photoionization: a high sensitivity ionization method for mass spectrometry.

*Analytical Chemistry*. 18 juin 2013. Vol. 85, n° 12, pp. 5715-5719.  
DOI 10.1021/ac4002673.

147. HADJ, Laure, LAGADEC, Gaël, LAVIGNE, Gérard et RIS, Catherine. Vingt ans de politiques de rééquilibrage en Nouvelle-Calédonie : Démocratisation de l'école mais persistance des inégalités ethniques. *Formation emploi*. 26 février 2013. N° 120, pp. 101-125.
148. HAGBERG, J. M., EHSANI, A. A., GOLDRING, D., HERNANDEZ, A., SINACORE, D. R. et HOLLOSZY, J. O. Effect of weight training on blood pressure and hemodynamics in hypertensive adolescents. *The Journal of Pediatrics*. janvier 1984. Vol. 104, n° 1, pp. 147-151.
149. HAINES, Andy, SANDERS, David, LEHMANN, Uta, ROWE, Alexander K, LAWN, Joy E, JAN, Steve, WALKER, Damian G et BHUTTA, Zulfiqar. Achieving child survival goals: potential contribution of community health workers. *The Lancet*. juin 2007. Vol. 369, n° 9579, pp. 2121-2131. DOI 10.1016/S0140-6736(07)60325-0.
150. HAJIAN-TILAKI, Karimollah et HEIDARI, Behzad. A Comparison between International Obesity Task Force and Center for Disease Control References in Assessment of Overweight and Obesity Among Adolescents in Babol, Northern Iran. *International Journal of Preventive Medicine*. février 2013. Vol. 4, n° 2, pp. 226-232.
151. HALLAL, Pedro C., VICTORA, Cesar G., AZEVEDO, Mario R. et WELLS, Jonathan C. K. Adolescent physical activity and health: a systematic review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2006. Vol. 36, n° 12, pp. 1019-1030.
152. HALSON, Shona L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. novembre 2014. Vol. 44 Suppl 2, pp. S139-147. DOI 10.1007/s40279-014-0253-z.
153. HASLER, Gregor, BUYSSE, Daniel J., KLAGHOFER, Richard, GAMMA, Alex, AJDACIC, Vladeta, EICH, Dominique, RÖSSLER, Wulf et ANGST, Jules. The association between short sleep duration and obesity in young adults: a 13-year prospective study. *Sleep*. 15 juin 2004. Vol. 27, n° 4, pp. 661-666.
154. HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ. *Surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent* [en ligne]. 2011. Disponible à l'adresse : [https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-09/obesite\\_enfant\\_et\\_adolescent\\_-\\_argumentaire.pdf](https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2011-09/obesite_enfant_et_adolescent_-_argumentaire.pdf) Méthode « Recommandations pour la pratique clinique »
155. HAYDAR, Bachar, HADDAD, Hani Al, AHMAIDI, Said et BUCHHEIT, Martin. Assessing inter-effort recovery and change of direction ability with the 30-15 intermittent fitness test. *Journal of Sports Science & Medicine*. 2011. Vol. 10, n° 2, pp. 346-354.
156. HAYWARD, J, MILLAR, L, PETERSEN, S, SWINBURN, B et LEWIS, A J. When ignorance is bliss: weight perception, body mass index and quality of life in adolescents. *International Journal of Obesity*. octobre 2014. Vol. 38, n° 10, pp. 1328-1334. DOI 10.1038/ijo.2014.78.



157. HE, Qing, HORLICK, Mary, THORNTON, John, WANG, Jack, PIERSON, Richard N., HESHKA, Stanley et GALLAGHER, Dymna. Sex and Race Differences in Fat Distribution among Asian, African-American, and Caucasian Prepubertal Children. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*. mai 2002. Vol. 87, n° 5, pp. 2164-2170. DOI 10.1210/jcem.87.5.8452.
158. HEALTH BEHAVIOR IN SCHOOL-AGED CHILDREN. Achieving health and educational goals through school - a study of the importance of school climate and student satisfaction. . 1998.
159. HERMAN, Katya M., CRAIG, Cora L., GAUVIN, Lise et KATZMARZYK, Peter T. Tracking of obesity and physical activity from childhood to adulthood: The Physical Activity Longitudinal Study. *International Journal of Pediatric Obesity*. janvier 2009. Vol. 4, n° 4, pp. 281-288. DOI 10.3109/17477160802596171.
160. HERMANSEN, L. et WACHTLOVA, M. Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*. juin 1971. Vol. 30, n° 6, pp. 860-863.
161. HIAN, Tan Chee, MAHMUD, Zainal Fikiri et CHOONG, Tham Yin. Physical Fitness Level between Urban and Rural Students-Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. octobre 2013. Vol. 90, pp. 847-852. DOI 10.1016/j.sbspro.2013.07.160.
162. HILLMAN, Charles H., CASTELLI, Darla M. et BUCK, Sarah M. Aerobic fitness and neurocognitive function in healthy preadolescent children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. novembre 2005. Vol. 37, n° 11, pp. 1967-1974.
163. HINKLEY, Trina, CRAWFORD, David, SALMON, Jo, OKELY, Anthony D. et HESKETH, Kylie. Preschool Children and Physical Activity. *American Journal of Preventive Medicine*. mai 2008. Vol. 34, n° 5, pp. 435-441.e7. DOI 10.1016/j.amepre.2008.02.001.
164. HOOPER, S. L. et MACKINNON, L. T. Monitoring overtraining in athletes. Recommendations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. novembre 1995. Vol. 20, n° 5, pp. 321-327.
165. HOWIE, Erin K. et PATE, Russell R. Physical activity and academic achievement in children: A historical perspective. *Journal of Sport and Health Science*. décembre 2012. Vol. 1, n° 3, pp. 160-169. DOI 10.1016/j.jshs.2012.09.003.
166. HUGHES, Robert et COYNE, E.T. *Lifestyle diseases in Pacific communities*. 2011.
167. HUGHES, Robert G. et LAWRENCE, Mark A. Globalization, food and health in Pacific Island countries. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2005. Vol. 14, n° 4, pp. 298-306.

168. HUGHES, Robert G. et MARKS, Geoffrey C. Against the Tide of Change: Diet and Health in the Pacific Islands. *Journal of the American Dietetic Association*. mai 2010. Vol. 110, n° 5, pp. S40-S43. DOI 10.1016/j.jada.2010.03.006.
169. INSERM. Expertises collectives. [en ligne]. 1994. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://www.inserm.fr/thematiques/sante-publique/expertises-collectives>
170. ISEE - Portrait de votre tribu. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.isee.nc/publications/la-nouvelle-caledonie-en-cartes-et-en-chiffres/portrait-de-votre-tribu>
171. ISEE - Recensement. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.isee.nc/population/recensement>
172. ISEE - Structure de la population et évolutions. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.isee.nc/population/recensement/structure-de-la-population-et-evolutions>
173. ISEE. Vingt ans de mutation de l'emploi. . 2011.
174. JACKSON, J. Elizabeth, DOESCHER, Mark P., JERANT, Anthony F. et HART, L. Gary. A national study of obesity prevalence and trends by type of rural county. *The Journal of Rural Health: Official Journal of the American Rural Health Association and the National Rural Health Care Association*. 2005. Vol. 21, n° 2, pp. 140-148.
175. JAHNS, Lisa, SIEGA-RIZ, Anna Maria et POPKIN, Barry M. The increasing prevalence of snacking among US children from 1977 to 1996. *The Journal of Pediatrics*. avril 2001. Vol. 138, n° 4, pp. 493-498. DOI 10.1067/mpd.2001.112162.
176. JANSSEN, Ian. Physical activity guidelines for children and youth This article is part of a supplement entitled *Advancing physical activity measurement and guidelines in Canada: a scientific review and evidence-based foundation for the future of Canadian physical activity guidelines* co-published by *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* and the *Canadian Journal of Public Health* . It may be cited as *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32(Suppl. 2E) or as *Can. J. Public Health* 98(Suppl. 2). *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 14 novembre 2007. Vol. 32, n° S2E, pp. S109-121. DOI 10.1139/H07-109.
177. JONES, Diane Carlson et CRAWFORD, Joy K. Adolescent Boys and Body Image: Weight and Muscularity Concerns as Dual Pathways to Body Dissatisfaction. *Journal of Youth and Adolescence*. décembre 2005. Vol. 34, n° 6, pp. 629-636. DOI 10.1007/s10964-005-8951-3.
178. JONES, LaShanda R., FRIES, Elizabeth et DANISH, Steven J. Gender and ethnic differences in body image and opposite sex figure preferences of rural adolescents. *Body Image*. mars 2007. Vol. 4, n° 1, pp. 103-108. DOI 10.1016/j.bodyim.2006.11.005.

179. JOVANOVIC, Mario, SPORIS, Goran, OMRACEN, Darija et FIORENTINI, Fredi. Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mai 2011. Vol. 25, n° 5, pp. 1285-1292. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181d67c65.
180. JUDGE, Sharon et JAHNS, Lisa. Association of Overweight With Academic Performance and Social and Behavioral Problems: An Update From the Early Childhood Longitudinal Study. *Journal of School Health*. 7 décembre 2007. Vol. 77, n° 10, pp. 672-678. DOI 10.1111/j.1746-1561.2007.00250.x.
181. KENNEY, W. Larry, WILMORE, Jack H et COSTILL, David L. *Physiologie du sport et de l'exercice*. Bruxelles : De Boeck, 2013. ISBN 978-2-8041-7773-7.
182. KENNEY, W. Larry, WILMORE, Jack H, COSTILL, David L, DELAMARCHE, Arlette, DELAMARCHE, Paul, GROUSSARD, Carole et ZOUHAL, Hassane. *Physiologie du sport et de l'exercice*. 2017. ISBN 978-2-8073-0608-0.
183. KESSARAM, Tara, MCKENZIE, Jeanie, GIRIN, Natalie, MERILLES, Onofre Edwin A., PULLAR, Jessica, ROTH, Adam, WHITE, Paul et HOY, Damian. Overweight, obesity, physical activity and sugar-sweetened beverage consumption in adolescents of Pacific islands: results from the Global School-Based Student Health Survey and the Youth Risk Behavior Surveillance System. *BMC Obesity* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 2, n° 1. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1186/s40608-015-0062-4. Disponible à l'adresse : <http://bmcobes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40608-015-0062-4>
184. KOO, Denise et MINER, Kathleen. Outcome-Based Workforce Development and Education in Public Health. *Annual Review of Public Health*. mars 2010. Vol. 31, n° 1, pp. 253-269. DOI 10.1146/annurev.publhealth.012809.103705.
185. KOSTANSKI, Marion, FISHER, Adrian et GULLONE, Eleonora. Current conceptualisation of body image dissatisfaction: have we got it wrong? *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. octobre 2004. Vol. 45, n° 7, pp. 1317-1325. DOI 10.1111/j.1469-7610.2004.00315.x.
186. KRIEMLER, S., MEYER, U., MARTIN, E., VAN SLUIJS, E. M. F., ANDERSEN, L. B. et MARTIN, B. W. Effect of school-based interventions on physical activity and fitness in children and adolescents: a review of reviews and systematic update. *British Journal of Sports Medicine*. 1 septembre 2011. Vol. 45, n° 11, pp. 923-930. DOI 10.1136/bjsports-2011-090186.
187. KRUSTRUP, Peter, BRADLEY, Paul S., CHRISTENSEN, Jesper F., CASTAGNA, Carlo, JACKMAN, Sarah, CONNOLLY, Luke, RANDERS, Morten B., MOHR, Magni et BANGSBO, Jens. The Yo-Yo IE2 test: physiological response for untrained men versus trained soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. janvier 2015. Vol. 47, n° 1, pp. 100-108. DOI 10.1249/MSS.0000000000000377.
188. L'archipel - Maison de la Nouvelle-Calédonie. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.mncparis.fr/nouvelle-caledonie/presentation>

189. L'espérance de vie s'accroît, les inégalités sociales face à la mort demeurent - Insee Première - 1372. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1280972>
190. La réduction des inégalités sociales devant l'école depuis le début du siècle - Persée. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : [http://www.persee.fr/doc/estat\\_0336-1454\\_2000\\_num\\_334\\_1\\_7526](http://www.persee.fr/doc/estat_0336-1454_2000_num_334_1_7526)
191. LABERGE, L., PETIT, D., SIMARD, C., VITARO, F., TREMBLAY, R.E. et MONTPLAISIR, J. Development of sleep patterns in early adolescence. *Journal of Sleep Research*. 4 mars 2001. Vol. 10, n° 1, pp. 59-67. DOI 10.1046/j.1365-2869.2001.00242.x.
192. LACHANCE, Jocelyn. *L'adolescence hypermoderne: le nouveau rapport au temps des jeunes*. Québec : Presses de l'Université Laval, 2011. Sociologie au coin de la rue. ISBN 978-2-7637-9584-3.
193. LAFONTAN, Max. Tissu adipeux : glande endocrine polyvalente. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 1 avril 2007. Vol. 42, n° 2, pp. 79-83. DOI 10.1016/S0007-9960(07)88705-0.
194. LAKOMY, Julie et HAYDON, Daniel T. The effects of enforced, rapid deceleration on performance in a multiple sprint test. *Journal of Strength and Conditioning Research*. août 2004. Vol. 18, n° 3, pp. 579-583. DOI 10.1519/1533-4287(2004)18<579:TEOERD>2.0.CO;2.
195. LANG, P.-O. Le paradoxe de l'obésité : l'IMC est-il vraiment une mesure adéquate du risque métabolique ? *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*. août 2013. Vol. 13, n° 76, pp. 181-184. DOI 10.1016/j.npg.2013.03.007.
196. LANGFORD, Rebecca, BONELL, Christopher P, JONES, Hayley E, POULIOU, Theodora, MURPHY, Simon M, WATERS, Elizabeth, KOMRO, Kelli A, GIBBS, Lisa F, MAGNUS, Daniel et CAMPBELL, Rona. The WHO Health Promoting School framework for improving the health and well-being of students and their academic achievement. In : THE COCHRANE COLLABORATION (éd.), *Cochrane Database of Systematic Reviews* [en ligne]. Chichester, UK : John Wiley & Sons, Ltd, 2014. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD008958.pub2>
197. LARSEN, H. B., CHRISTENSEN, D. L., NOLAN, T. et SØNDERGAARD, H. Body dimensions, exercise capacity and physical activity level of adolescent Nandi boys in western Kenya. *Annals of Human Biology*. mars 2004. Vol. 31, n° 2, pp. 159-173. DOI 10.1080/03014460410001663416.
198. LAU, Erica Y., BARR-ANDERSON, Daheia J., DOWDA, Marsha, FORTHOFFER, Melinda, SAUNDERS, Ruth P. et PATE, Russell R. Associations between Home Environment and After-School Physical Activity and Sedentary Time among 6<sup>th</sup> Grade Children. *Pediatric Exercise Science*. mai 2015. Vol. 27, n° 2, pp. 226-233. DOI 10.1123/pes.2014-0061.

199. LE MEUR, Yann, PICHON, Aurélie, SCHAAL, Karine, SCHMITT, Laurent, LOUIS, Julien, GUENERON, Jacques, VIDAL, Pierre Paul et HAUSSWIRTH, Christophe. Evidence of Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 14 mai 2013. DOI 10.1097/MSS.0b013e3182980125.
200. Le plan de santé calédonien Do Kamo | Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://gouv.nc/dossiers/le-plan-de-sante-caledonien-do-kamo>
201. Le Projet Éducatif de la Nouvelle-Calédonie : l'École calédonienne est en marche ! - Vice-rectorat de la Nouvelle-Calédonie. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://www.ac-noumea.nc/spip.php?article2852>
202. LEDOUX, S., CHOQUET, M. et MANFREDI, R. Self-reported use of drugs for sleep or distress among French adolescents. *The Journal of Adolescent Health: Official Publication of the Society for Adolescent Medicine*. septembre 1994. Vol. 15, n° 6, pp. 495-502.
203. LEE, Seon Yeong et GALLAGHER, Dymphna. Assessment methods in human body composition: *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*. septembre 2008. Vol. 11, n° 5, pp. 566-572. DOI 10.1097/MCO.0b013e32830b5f23.
204. LÉGER, L. A., MERCIER, D., GADOURY, C. et LAMBERT, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*. 1988. Vol. 6, n° 2, pp. 93-101. DOI 10.1080/02640418808729800.
205. LEMELIN, Lucie, HAGGERTY, Jeannie et GALLAGHER, Frances. [Comparison of three weight classification systems for preschool children in a region of Quebec]. *Sante Publique (Vandoeuvre-Les-Nancy, France)*. octobre 2013. Vol. 25, n° 5, pp. 571-578.
206. LIN, Biing-Hwan, GUTHRIE, Joanne et FRAZAO, Elizabeth. American Children's Diets Not Making the Grade. *Food Review: The Magazine of Food Economics* [en ligne]. 2001. Vol. 24, n° 2. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <https://ideas.repec.org/a/ags/uersfr/234535.html>
207. LINDEBERG, S., ELIASSON, M., LINDAHL, B. et AHRÉN, B. Low serum insulin in traditional Pacific Islanders--the Kitava Study. *Metabolism: Clinical and Experimental*. octobre 1999. Vol. 48, n° 10, pp. 1216-1219.
208. LINDEN, Julie H. *Body Image: A Handbook of Theory, Research, and Clinical Practice*. Thomas Cash and Thomas Pruzinsky, Editors. New York, NY: Guilford Press. (2002). xxii + 530 Pages. *American Journal of Clinical Hypnosis*. avril 2004. Vol. 46, n° 4, pp. 353-355. DOI 10.1080/00029157.2004.10403620.
209. LIORET, Sandrine, TOUVIER, M., DUBUISSON, C., DUFOUR, A., CALAMASSI-TRAN, G., LAFAY, L., VOLATIER, J.-L. et MAIRE, B. Trends in Child Overweight Rates and Energy Intake in France From 1999 to 2007: Relationships With

- Socioeconomic Status. *Obesity*. mai 2009. Vol. 17, n° 5, pp. 1092-1100.  
DOI 10.1038/oby.2008.619.
210. LOUNANA, Joseph, CAMPION, Frederic, NOAKES, Timothy D. et MEDELLI, Jean. Relationship between %HRmax, %HR Reserve, %V<sub>O2</sub>max, and %V<sub>O2</sub> Reserve in Elite Cyclists: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. février 2007. Vol. 39, n° 2, pp. 350-357. DOI 10.1249/01.mss.0000246996.63976.5f.
211. LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *The American Journal of Clinical Nutrition*. octobre 1987. Vol. 46, n° 4, pp. 537-556.
212. MAHON, A. D. et VACCARO, P. Ventilatory threshold and VO<sub>2</sub>max changes in children following endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. août 1989. Vol. 21, n° 4, pp. 425-431.
213. MAKAJE, N., RUANGTHAI, R., ARKARAPANTHU, A. et YOOPAT, P. Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. août 2012. Vol. 52, n° 4, pp. 366-374.
214. MALINA, Robert M. Adherence to Physical Activity From Childhood to Adulthood: A Perspective From Tracking Studies. *Quest*. août 2001. Vol. 53, n° 3, pp. 346-355. DOI 10.1080/00336297.2001.10491751.
215. MALINA, Robert M. Physical activity and fitness: Pathways from childhood to adulthood. *American Journal of Human Biology*. février 2001. Vol. 13, n° 2, pp. 162-172. DOI 10.1002/1520-6300(200102/03)13:2<162::AID-AJHB1025>3.0.CO;2-T.
216. MANN, Theresa N., WEBSTER, Christopher, LAMBERTS, Robert P. et LAMBERT, Michael I. Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*. septembre 2014. Vol. 114, n° 9, pp. 1809-1820. DOI 10.1007/s00421-014-2907-9.
217. MANN, Theresa, LAMBERTS, Robert Patrick et LAMBERT, Michael Ian. Methods of Prescribing Relative Exercise Intensity: Physiological and Practical Considerations. *Sports Medicine*. juillet 2013. Vol. 43, n° 7, pp. 613-625. DOI 10.1007/s40279-013-0045-x.
218. MANNO, Renato et CARRÈRE, Pierre. *Les bases de l'entraînement sportif*. Paris : Revue E.P.S., 1992. ISBN 978-2-86713-082-3.
219. MARSHALL, S J, BIDDLE, S J H, GORELY, T, CAMERON, N et MURDEY, I. Relationships between media use, body fatness and physical activity in children and youth: a meta-analysis. *International Journal of Obesity*. octobre 2004. Vol. 28, n° 10, pp. 1238-1246. DOI 10.1038/sj.ijo.0802706.

220. MARTIN, D. T. et ANDERSEN, M. B. Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. septembre 2000. Vol. 40, n° 3, pp. 201-208.
221. MAXIMOVA, K, MCGRATH, J J, BARNETT, T, O'LOUGHLIN, J, PARADIS, G et LAMBERT, M. Do you see what I see? Weight status misperception and exposure to obesity among children and adolescents. *International Journal of Obesity*. juin 2008. Vol. 32, n° 6, pp. 1008-1015. DOI 10.1038/ijo.2008.15.
222. MAZESS, R. B., CAMERON, J. R. et SORENSON, J. A. Determining body composition by radiation absorption spectrometry. *Nature*. 21 novembre 1970. Vol. 228, n° 5273, pp. 771-772.
223. MCDERMOTT, R. Ethics, epidemiology and the thrifty gene: biological determinism as a health hazard. *Social Science & Medicine (1982)*. novembre 1998. Vol. 47, n° 9, pp. 1189-1195.
224. MCNEAL, James U. *The kids market: myths and realities*. Ithaca, NY : Paramount Market, 1999. ISBN 978-0-9671439-1-0.
225. MELLOR, David, MCCABE, Marita, RICCIARDELLI, Lina et BALL, Kylie. Body image importance and body dissatisfaction among Indigenous Australian adolescents. *Body Image*. septembre 2004. Vol. 1, n° 3, pp. 289-297. DOI 10.1016/j.bodyim.2004.05.003.
226. METCALF, P. A., SCRAGG, R. K., WILLOUGHBY, P., FINAU, S. et TIPENE-LEACH, D. Ethnic differences in perceptions of body size in middle-aged European, Maori and Pacific people living in New Zealand. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. mai 2000. Vol. 24, n° 5, pp. 593-599.
227. MICKLESFIELD, L., PEDRO, T., TWINE, R., KINSMAN, J., PETTIFOR, J., TOLLMAN, S., KAHN, K. et NORRIS, S. Physical activity patterns and determinants in rural South African adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport*. décembre 2012. Vol. 15, pp. S251. DOI 10.1016/j.jsams.2012.11.610.
228. MIELKE, Gregore I., BROWN, Wendy J., NUNES, Bruno P., SILVA, Inacio C. M. et HALLAL, Pedro C. Socioeconomic Correlates of Sedentary Behavior in Adolescents: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. janvier 2017. Vol. 47, n° 1, pp. 61-75. DOI 10.1007/s40279-016-0555-4.
229. MILANEZ, Vinícius F., PEDRO, Rafael E., MOREIRA, Alexandre, BOULLOSA, Daniel A., SALLE-NETO, Fuad et NAKAMURA, Fábio Y. The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. septembre 2011. Vol. 6, n° 3, pp. 358-366.
230. MINGHELLI, Beatriz, NUNES, Carla et OLIVEIRA, Raul. Body mass index and waist circumference to define thinness, overweight and obesity in Portuguese adolescents: comparison between CDC, IOTF, WHO references. *Pediatric endocrinology reviews: PER*. septembre 2014. Vol. 12, n° 1, pp. 35-41.

231. MITCHELL, Jessica, SKOUTERIS, Helen, MCCABE, Marita, RICCIARDELLI, Lina A., MILGROM, Jeannette, BAUR, Louise A., FULLER-TYSZKIEWICZ, Matthew et DWYER, Genevieve. Physical activity in young children: a systematic review of parental influences. *Early Child Development and Care*. novembre 2012. Vol. 182, n° 11, pp. 1411-1437. DOI 10.1080/03004430.2011.619658.
232. MOHAMMED, Amanj, SHAFIZADEH, Mohsen et PLATT, Geoffrey K. Effects of the level of expertise on the physical and technical demands in futsal. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 1 août 2014. Vol. 14, n° 2, pp. 473-481.
233. MORALES, Pablo Franquelo, SÁNCHEZ-LÓPEZ, Mairena, MOYA-MARTÍNEZ, Pablo, GARCÍA-PRIETO, Jorge Cañete, MARTÍNEZ-ANDRÉS, María, GARCÍA, Noelia Lahoz et MARTÍNEZ-VIZCAÍNO, Vicente. Health-related quality of life, obesity, and fitness in schoolchildren: the Cuenca study. *Quality of Life Research: An International Journal of Quality of Life Aspects of Treatment, Care and Rehabilitation*. septembre 2013. Vol. 22, n° 7, pp. 1515-1523. DOI 10.1007/s11136-012-0282-8.
234. MORENO, Luis A., MESANA, María I., FLETA, Jesús, RUIZ, Jonatan R., GONZÁLEZ-GROSS, Marcela, SARRÍA, Antonio, MARCOS, Ascensión et BUENO, Manuel. Overweight, Obesity and Body Fat Composition in Spanish Adolescents. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 24 mai 2005. Vol. 49, n° 2, pp. 71-76. DOI 10.1159/000084738.
235. MUÑOZ, K. A., KREBS-SMITH, S. M., BALLARD-BARBASH, R. et CLEVELAND, L. E. Food intakes of US children and adolescents compared with recommendations. *Pediatrics*. septembre 1997. Vol. 100, n° 3 Pt 1, pp. 323-329.
236. Muscle Metabolism and Enzyme Activities after Training in Boys 11–13 Years Old - Eriksson - 1973 - Acta Physiologica - Wiley Online Library. [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1748-1716.1973.tb05415.x/full>
237. MUTHURI, Stella, WACHIRA, Lucy-Joy, LEBLANC, Allana, FRANCIS, Claire, SAMPSON, Margaret, ONYWERA, Vincent et TREMBLAY, Mark. Temporal Trends and Correlates of Physical Activity, Sedentary Behaviour, and Physical Fitness among School-Aged Children in Sub-Saharan Africa: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20 mars 2014. Vol. 11, n° 3, pp. 3327-3359. DOI 10.3390/ijerph110303327.
238. NAGELSCHMIDT, M., UNGER, T. et STRUCK, H. Purification and properties of a collagen peptidase (PZ-peptidase) from rabbit serum. *Biochimica Et Biophysica Acta*. 9 novembre 1979. Vol. 571, n° 1, pp. 105-111.
239. NEUMARK-SZTAINER, Dianne, PAXTON, Susan J., HANNAN, Peter J., HAINES, Jess et STORY, Mary. Does Body Satisfaction Matter? Five-year Longitudinal Associations between Body Satisfaction and Health Behaviors in Adolescent Females and Males. *Journal of Adolescent Health*. août 2006. Vol. 39, n° 2, pp. 244-251. DOI 10.1016/j.jadohealth.2005.12.001.



240. NG, Marie, FLEMING, Tom, ROBINSON, Margaret, THOMSON, Blake, GRAETZ, Nicholas, MARGONO, Christopher, MULLANY, Erin C, BIRYUKOV, Stan, ABBAFATI, Cristiana, ABERA, Semaw Ferede, ABRAHAM, Jerry P, ABURMEILEH, Niveen M E, ACHOKI, Tom, ALBUHAIRAN, Fadia S, ALEMU, Zewdie A, ALFONSO, Rafael, ALI, Mohammed K, ALI, Raghieb, GUZMAN, Nelson Alvis, AMMAR, Walid, ANWARI, Palwasha, BANERJEE, Amitava, BARQUERA, Simon, BASU, Sanjay, BENNETT, Derrick A, BHUTTA, Zulfiqar, BLORE, Jed, CABRAL, Norberto, NONATO, Ismael Campos, CHANG, Jung-Chen, CHOWDHURY, Rajiv, COURVILLE, Karen J, CRIQUI, Michael H, CUNDIFF, David K, DABHADKAR, Kaustubh C, DANDONA, Lalit, DAVIS, Adrian, DAYAMA, Anand, DHARMARATNE, Samath D, DING, Eric L, DURRANI, Adnan M, ESTEGHAMATI, Alireza, FARZADFAR, Farshad, FAY, Derek F J, FEIGIN, Valery L, FLAXMAN, Abraham, FOROUZANFAR, Mohammad H, GOTO, Atsushi, GREEN, Mark A, GUPTA, Rajeev, HAFEZI-NEJAD, Nima, HANKEY, Graeme J, HAREWOOD, Heather C, HAVMOELLER, Rasmus, HAY, Simon, HERNANDEZ, Lucia, HUSSEINI, Abdullatif, IDRISOV, Bulat T, IKEDA, Nayu, ISLAMI, Farhad, JAHANGIR, Eiman, JASSAL, Simerjot K, JEE, Sun Ha, JEFFREYS, Mona, JONAS, Jost B, KABAGAMBE, Edmond K, KHALIFA, Shams Eldin Ali Hassan, KENGNE, Andre Pascal, KHADER, Yousef Saleh, KHANG, Young-Ho, KIM, Daniel, KIMOKOTI, Ruth W, KINGE, Jonas M, KOKUBO, Yoshihiro, KOSEN, Soewarta, KWAN, Gene, LAI, Taavi, LEINSALU, Mall, LI, Yichong, LIANG, Xiaofeng, LIU, Shiwei, LOGROSCINO, Giancarlo, LOTUFO, Paulo A, LU, Yuan, MA, Jixiang, MAINOO, Nana Kwaku, MENSAH, George A, MERRIMAN, Tony R, MOKDAD, Ali H, MOSCHANDREAS, Joanna, NAGHAVI, Mohsen, NAHEED, Aliya, NAND, Devina, NARAYAN, K M Venkat, NELSON, Erica Leigh, NEUHOUSER, Marian L, NISAR, Muhammad Imran, OHKUBO, Takayoshi, OTI, Samuel O, PEDROZA, Andrea, PRABHAKARAN, Dorairaj, ROY, Nobhojit, SAMPSON, Uchechukwu, SEO, Hyeyoung, SEPANLOU, Sadaf G, SHIBUYA, Kenji, SHIRI, Rahman, SHIUE, Ivy, SINGH, Gitanjali M, SINGH, Jasvinder A, SKIRBEKK, Vegard, STAPELBERG, Nicolas J C, STURUA, Lela, SYKES, Bryan L, TOBIAS, Martin, TRAN, Bach X, TRASANDE, Leonardo, TOYOSHIMA, Hideaki, VAN DE VIJVER, Steven, VASANKARI, Tommi J, VEERMAN, J Lennert, VELASQUEZ-MELENDZ, Gustavo, VLASSOV, Vasilij Victorovich, VOLLSET, Stein Emil, VOS, Theo, WANG, Claire, WANG, XiaoRong, WEIDERPASS, Elisabete, WERDECKER, Andrea, WRIGHT, Jonathan L, YANG, Y Claire, YATSUYA, Hiroshi, YOON, Jihyun, YOON, Seok-Jun, ZHAO, Yong, ZHOU, Maigeng, ZHU, Shankuan, LOPEZ, Alan D, MURRAY, Christopher J L et GAKIDOU, Emmanuela. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*. août 2014. Vol. 384, n° 9945, pp. 766-781. DOI 10.1016/S0140-6736(14)60460-8.
241. NICHOLLS, John G. Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychological Review*. 1984. Vol. 91, n° 3, pp. 328-346. DOI 10.1037/0033-295X.91.3.328.
242. NIEMEIER, Heather M., RAYNOR, Hollie A., LLOYD-RICHARDSON, Elizabeth E., ROGERS, Michelle L. et WING, Rena R. Fast Food Consumption and Breakfast Skipping: Predictors of Weight Gain from Adolescence to Adulthood in a Nationally

- Representative Sample. *Journal of Adolescent Health*. décembre 2006. Vol. 39, n° 6, pp. 842-849. DOI 10.1016/j.jadohealth.2006.07.001.
243. NIÑO, Oscar, BALAGUÉ, Natalia, ARAGONÉS, Daniel, ALAMO, Juan, OVIEDO, Guillermo, JAVIERRE, Casimiro, GUILLAMO, Elisabet, DELICADO, Maria C., VISCOR, Gines et VENTURA, Josep L. Different training programs decrease blood pressure during submaximal exercise. *European Journal of Applied Physiology* [en ligne]. 13 septembre 2017. [Consulté le 27 septembre 2017]. DOI 10.1007/s00421-017-3706-x. Disponible à l'adresse : <http://link.springer.com/10.1007/s00421-017-3706-x>
244. NORTHSTONE, Kate, JOINSON, Carol, EMMETT, Pauline, NESS, Andy et PAUS, Tomáš. Are dietary patterns in childhood associated with IQ at 8 years of age? A population-based cohort study. *Journal of Epidemiology and Community Health*. juillet 2012. Vol. 66, n° 7, pp. 624-628. DOI 10.1136/jech.2010.111955.
245. OKIHIRO, May et HARRIGAN, Rosanne. An overview of obesity and diabetes in the diverse populations of the Pacific. *Ethnicity & Disease*. 2005. Vol. 15, n° 4 Suppl 5, pp. S5-71-80.
246. OLDS, Timothy S., RIDLEY, Kate et TOMKINSON, Grant R. Declines in aerobic fitness: are they only due to increasing fatness? *Medicine and Sport Science*. 2007. Vol. 50, pp. 226-240. DOI 10.1159/0000101394.
247. OLIVEIRA, Grasiela Junges de, BARBIERO, Sandra Mari, CESA, Claudia Ciceri et PELLANDA, Lucia Campos. Comparação das curvas NCHS, CDC e OMS em crianças com risco cardiovascular. *Revista da Associação Médica Brasileira*. juillet 2013. Vol. 59, n° 4, pp. 375-380. DOI 10.1016/j.ramb.2013.02.001.
248. OMS | Constitution de l'OMS: ses principes. *WHO* [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.who.int/about/mission/fr/>
249. OMS | Constitution de l'OMS: ses principes. *WHO* [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.who.int/about/mission/fr/>
250. OMS | Obésité et surpoids. *WHO* [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/fr/>
251. OMS | Statistiques sanitaires mondiales 2014. *WHO* [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/2014/fr/](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2014/fr/)
252. ON BEHALF OF THE IDEFICS CONSORTIUM, PEPLIES, Jenny, BÖRNHORST, Claudia, GÜNTHER, Kathrin, FRATERMAN, Arno, RUSSO, Paola, VEIDEBAUM, Toomas, TORNARITIS, Michael, DE HENAUW, Stefaan, MARILD, Staffan, MOLNAR, Dénes, MORENO, Luis A. et AHRENS, Wolfgang. Longitudinal associations of lifestyle factors and weight status with insulin resistance (HOMA-IR) in preadolescent children: the large prospective cohort study IDEFICS. *International*

*Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* [en ligne]. décembre 2016. Vol. 13, n° 1. [Consulté le 25 septembre 2017]. DOI 10.1186/s12966-016-0424-4. Disponible à l'adresse : <http://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12966-016-0424-4>

253. ORTEGA, F B, ARTERO, E G, RUIZ, J R, VICENTE-RODRIGUEZ, G, BERGMAN, P, HAGSTRÖMER, M, OTTEVAERE, C, NAGY, E, KONSTA, O, REY-LÓPEZ, J P, POLITO, A, DIETRICH, S, PLADA, M, BÉGHIN, L, MANIOS, Y, SJÖSTRÖM, M et CASTILLO, M J. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. The HELENA Study. *International Journal of Obesity*. novembre 2008. Vol. 32, pp. S49-S57. DOI 10.1038/ijo.2008.183.
254. PACIOREK, Christopher J., STEVENS, Gretchen A., FINUCANE, Mariel M., EZZATI, Majid et NUTRITION IMPACT MODEL STUDY GROUP (CHILD GROWTH). Children's height and weight in rural and urban populations in low-income and middle-income countries: a systematic analysis of population-representative data. *The Lancet. Global Health*. novembre 2013. Vol. 1, n° 5, pp. e300-309. DOI 10.1016/S2214-109X(13)70109-8.
255. PATE, Russell R., LONG, Barbara J. et HEATH, Greg. Descriptive Epidemiology of Physical Activity in Adolescents. *Pediatric Exercise Science*. novembre 1994. Vol. 6, n° 4, pp. 434-447. DOI 10.1123/pes.6.4.434.
256. PAUOLE, Kainoa, MADOLE, Kent, GARHAMMER, John, LACOURSE, Michael et ROZENEK, Ralph. Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women: *Journal of Strength and Conditioning Research*. novembre 2000. Vol. 14, n° 4, pp. 443-450. DOI 10.1519/00124278-200011000-00012.
257. PEDRO, Rafael E., MILANEZ, Vinicius F., BOULLOSA, Daniel A. et NAKAMURA, Fábio Y. Running speeds at ventilatory threshold and maximal oxygen consumption discriminate futsal competitive level. *Journal of Strength and Conditioning Research*. février 2013. Vol. 27, n° 2, pp. 514-518. DOI 10.1519/JSC.0b013e3182542661.
258. PEPLIES, Jenny, BÖRNHORST, Claudia, GÜNTHER, Kathrin, FRATERMAN, Arno, RUSSO, Paola, VEIDEBAUM, Toomas, TORNARITIS, Michael, DE HENAUW, Stefaan, MARILD, Staffan, MOLNAR, Dénes, MORENO, Luis A., AHRENS, Wolfgang et IDEFICS CONSORTIUM. Longitudinal associations of lifestyle factors and weight status with insulin resistance (HOMA-IR) in preadolescent children: the large prospective cohort study IDEFICS. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2 septembre 2016. Vol. 13, n° 1, pp. 97. DOI 10.1186/s12966-016-0424-4.
259. PEPPLER, W. W. et MAZESS, R. B. Total body bone mineral and lean body mass by dual-photon absorptiometry. I. Theory and measurement procedure. *Calcified Tissue International*. 1981. Vol. 33, n° 4, pp. 353-359.
260. PERINI, R., ORIZIO, C., COMANDÈ, A., CASTELLANO, M., BESCHI, M. et VEICSTEINAS, A. Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery

from submaximal exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1989. Vol. 58, n° 8, pp. 879-883.

261. PERRY, Cheryl L., STORY, Mary et LYTTLE, Leslie A. *Promoting Healthy Dietary Behaviors*. 1997.
262. PREISER, Jean-Charles, DE PRATO, Christophe, PETERS, Lauriane et BASTIN, Marie-Hélène. Effets de l'alimentation sur le métabolisme musculaire. *Le Praticien en Anesthésie Réanimation*. avril 2010. Vol. 14, n° 2, pp. 80-84.  
DOI 10.1016/j.pratan.2010.03.001.
263. Principaux repères sur l'obésité et le surpoids. Principaux faits et chiffres, définitions, causes et conséquences sur la santé des individus, morbidité, recommandations pour les prévenir, action de l'OMS.
264. REILLY, J. J., METHVEN, E., MCDOWELL, Z. C., HACKING, B., ALEXANDER, D., STEWART, L. et KELNAR, C. J. H. Health consequences of obesity. *Archives of Disease in Childhood*. septembre 2003. Vol. 88, n° 9, pp. 748-752.
265. RICCIARDELLI, Lina A., MCCABE, Marita P., LILLIS, Jessica et THOMAS, Kristina. A Longitudinal Investigation of the Development of Weight and Muscle Concerns Among Preadolescent Boys. *Journal of Youth and Adolescence*. avril 2006. Vol. 35, n° 2, pp. 168-178. DOI 10.1007/s10964-005-9004-7.
266. RIDDOCH, Chris J., BO ANDERSEN, Lars, WEDDERKOPP, Niels, HARRO, Maarike, KLASSON-HEGGEBØ, Lena, SARDINHA, Luis B., COOPER, Ashley R. et EKELUND, Ulf. Physical Activity Levels and Patterns of 9- and 15-yr-Old European Children: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. janvier 2004. Vol. 36, n° 1, pp. 86-92. DOI 10.1249/01.MSS.0000106174.43932.92.
267. RIDGERS, Nicola D, STRATTON, Gareth, FAIRCLOUGH, Stuart J et TWISK, Jos WR. Children's physical activity levels during school recess: a quasi-experimental intervention study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2007. Vol. 4, n° 1, pp. 19. DOI 10.1186/1479-5868-4-19.
268. RIDGERS, Nicola D., STRATTON, Gareth, FAIRCLOUGH, Stuart J. et TWISK, Jos W.R. Long-term effects of a playground markings and physical structures on children's recess physical activity levels. *Preventive Medicine*. mai 2007. Vol. 44, n° 5, pp. 393-397. DOI 10.1016/j.ypmed.2007.01.009.
269. ROBERTSON, R. J. et NOBLE, B. J. Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1997. Vol. 25, pp. 407-452.
270. ROBERTSON, Robert J. *Perceived Exertion for Practitioners: Rating Effort with the OMNI Picture System*. Human Kinetics, 2004. ISBN 978-0-7360-4837-8.
271. RODRIGUES, Vinícius M., RAMOS, Guilherme P., MENDES, Thiago T., CABIDO, Christian E. T., MELO, Eliney S., CONDESSA, Luciano A., COELHO, Daniel B. et GARCIA, Emerson S. Intensity of official Futsal matches. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research*. septembre 2011. Vol. 25, n° 9, pp. 2482-2487.  
DOI 10.1519/JSC.0b013e3181fb4574.
272. RODRÍGUEZ-MARROYO, Jose A., VILLA, Gerardo, GARCÍA-LÓPEZ, Juan et FOSTER, Carl. Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*. août 2012. Vol. 26, n° 8, pp. 2249-2257.  
DOI 10.1519/JSC.0b013e31823a4233.
273. ROGNON, Frédéric. Le sujet dans la religion kanak: Anthropologie et missiologie chez Maurice Leenhardt. *Revue des sciences religieuses*. 5 avril 2007. N° 81/2, pp. 249-261. DOI 10.4000/rsr.562.
274. ROSINI, Nilton, MACHADO, Marcos J., WEBSTER, Ivonir Z., MOURA, Solange A.Z.O., CAVALCANTE, Luciana da S. et DA SILVA, Edson L. Simultaneous prediction of hyperglycemia and dyslipidemia in school children in Santa Catarina State, Brazil based on waist circumference measurement. *Clinical Biochemistry*. décembre 2013. Vol. 46, n° 18, pp. 1837-1841.  
DOI 10.1016/j.clinbiochem.2013.08.015.
275. ROWLAND, T. W., STAAB, J. S., UNNITHAN, V. B., RAMBUSCH, J. M. et SICONOLFI, S. F. Mechanical efficiency during cycling in prepubertal and adult males. *International Journal of Sports Medicine*. décembre 1990. Vol. 11, n° 6, pp. 452-455. DOI 10.1055/s-2007-1024836.
276. ROWLAND, Thomas W. Does peak VO<sub>2</sub> reflect VO<sub>2</sub>max in children?: evidence from supramaximal testing. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. juin 1993. Vol. 25, n° 6, pp. 689-693. DOI 10.1249/00005768-199306000-00007.
277. RUIZ, J R, CASTRO-PINERO, J, ARTERO, E G, ORTEGA, F B, SJOSTROM, M, SUNI, J et CASTILLO, M J. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*. 1 novembre 2009. Vol. 43, n° 12, pp. 909-923. DOI 10.1136/bjism.2008.056499.
278. RUIZ, Jonatan R., CAVERO-REDONDO, Ivan, ORTEGA, Francisco B., WELK, Gregory J., ANDERSEN, Lars B. et MARTINEZ-VIZCAINO, Vicente. Cardiorespiratory fitness cut points to avoid cardiovascular disease risk in children and adolescents; what level of fitness should raise a red flag? A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. 26 septembre 2016.  
DOI 10.1136/bjsports-2015-095903.
279. RUSH, Elaine C., FREITAS, Ismael et PLANK, Lindsay D. Body size, body composition and fat distribution: comparative analysis of European, Maori, Pacific Island and Asian Indian adults. *British Journal of Nutrition*. août 2009. Vol. 102, n° 4, pp. 632. DOI 10.1017/S0007114508207221.
280. RUSSELL-MAYHEW, Shelly, MCVEY, Gail, BARDICK, Angela et IRELAND, Alana. Mental Health, Wellness, and Childhood Overweight/Obesity. *Journal of Obesity*. 2012. Vol. 2012, pp. 1-9. DOI 10.1155/2012/281801.

281. RUSSELL, William D. On the Current Status of Rated Perceived Exertion. *Perceptual and Motor Skills*. juin 1997. Vol. 84, n° 3, pp. 799-808.  
DOI 10.2466/pms.1997.84.3.799.
282. SALLIS, J. F., ZAKARIAN, J. M., HOVELL, M. F. et HOFSTETTER, C. R. Ethnic, socioeconomic, and sex differences in physical activity among adolescents. *Journal of Clinical Epidemiology*. février 1996. Vol. 49, n° 2, pp. 125-134.
283. SALLIS, James F. Epidemiology of physical activity and fitness in children and adolescents. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. janvier 1993. Vol. 33, n° 4-5, pp. 403-408. DOI 10.1080/10408399309527639.
284. SANCHEZ, G. et ALDERETE, J. F. The effect of host adrenalectomy on the physiology of *Trypanosoma rhodesiense*. *Comparative Biochemistry and Physiology. A, Comparative Physiology*. 1 décembre 1975. Vol. 52, n° 4, pp. 623-626.
285. SANTOS, P., GUERRA, S., RIBEIRO, J. C., DUARTE, J. A. et MOTA, J. Age and gender-related physical activity. A descriptive study in children using accelerometry. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. mars 2003. Vol. 43, n° 1, pp. 85-89.
286. SARKIN, Julie A., MCKENZIE, Thomas L. et SALLIS, James F. Gender Differences in Physical Activity during Fifth-Grade Physical Education and Recess Periods. *Journal of Teaching in Physical Education*. octobre 1997. Vol. 17, n° 1, pp. 99-106.  
DOI 10.1123/jtpe.17.1.99.
287. SATTER, Ellyn. *Child of Mine: Feeding with Love and Good Sense*. [en ligne]. Chicago : Bull Publishing Company, 2000. [Consulté le 27 septembre 2017]. ISBN 978-1-936693-27-6. Disponible à l'adresse :  
<http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=996071>
288. SAUNDERS, Travis J., CHAPUT, Jean-Philippe, GOLDFIELD, Gary S., COLLEY, Rachel C., KENNY, Glen P., DOUCET, Eric et TREMBLAY, Mark S. Children and youth do not compensate for an imposed bout of prolonged sitting by reducing subsequent food intake or increasing physical activity levels: a randomised cross-over study. *British Journal of Nutrition*. février 2014. Vol. 111, n° 4, pp. 747-754.  
DOI 10.1017/S000711451300295X.
289. SAYERS, S. P., HARACKIEWICZ, D. V., HARMAN, E. A., FRYKMAN, P. N. et ROSENSTEIN, M. T. Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. avril 1999. Vol. 31, n° 4, pp. 572-577.
290. SCHULPIS, Kleopatra H., PARTHIMOS, Theodore, PAPAKONSTANTINO, Evangelos D., TSAKIRIS, Theodore, PARTHIMOS, Nickolaos, MENTIS, Alexios-Fotios A. et TSAKIRIS, Stylianos. Evidence for the participation of the stimulated sympathetic nervous system in the regulation of carnitine blood levels of soccer players during a game. *Metabolism: Clinical and Experimental*. août 2009. Vol. 58, n° 8, pp. 1080-1086. DOI 10.1016/j.metabol.2009.04.001.
291. SCRUGGS, Philip W., BEVERIDGE, Sandy K., WATSON, Doris L. et CLOCKSIN, Brian D. Quantifying physical activity in first-through fourth-grade physical education

- via pedometry. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. juin 2005. Vol. 76, n° 2, pp. 166-175. DOI 10.1080/02701367.2005.10599278.
292. SEMENICK, Doug. TESTS AND MEASUREMENTS: The T-test. *Strength & Conditioning Journal*. février 1990. Vol. 12, n° 1, pp. 36.
293. SERRA-MALLOL, Christophe. Bien manger, c'est manger beaucoup : comportements alimentaires et représentations corporelles à Tahiti. *Sciences sociales et santé*. 2008. Vol. 26, n° 4, pp. 81. DOI 10.3917/sss.264.0081.
294. SHEPPARD, J. M. et YOUNG, W. B. Agility literature review: classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*. septembre 2006. Vol. 24, n° 9, pp. 919-932. DOI 10.1080/02640410500457109.
295. SHIELDS, Margot et TREMBLAY, Mark S. Canadian childhood obesity estimates based on WHO, IOTF and CDC cut-points. *International Journal of Pediatric Obesity*. 3 mai 2010. Vol. 5, n° 3, pp. 265-273. DOI 10.3109/17477160903268282.
296. SHIN, Anna et NAM, Chung Mo. Weight perception and its association with socio-demographic and health-related factors among Korean adolescents. *BMC Public Health* [en ligne]. décembre 2015. Vol. 15, n° 1. [Consulté le 27 septembre 2017]. DOI 10.1186/s12889-015-2624-2. Disponible à l'adresse : <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/15/1292>
297. SKINNER, Jean D., CARRUTH, Betty Ruth, BOUNDS, Wendy, ZIEGLER, Paula et REIDY, Kathleen. Do food-related experiences in the first 2 years of life predict dietary variety in school-aged children? *Journal of Nutrition Education and Behavior*. décembre 2002. Vol. 34, n° 6, pp. 310-315.
298. SLIWOWSKI, R., ANDRZEJEWSKI, M., WIECZOREK, A., BARINOW-WOJEWÓDZKI, A., JADCZAK, L., ADRIAN, S., PIETRZAK, M. et WIECZOREK, S. Changes in the anaerobic threshold in an annual cycle of sport training of young soccer players. *Biology of Sport*. juin 2013. Vol. 30, n° 2, pp. 137-143. DOI 10.5604/20831862.1044459.
299. SLUYTER, John D., SCRAGG, Robert K. R., PLANK, Lindsay D., WAQA, Gade D., FOTU, Kalesita F. et SWINBURN, Boyd A. Sizing the association between lifestyle behaviours and fatness in a large, heterogeneous sample of youth of multiple ethnicities from 4 countries. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 12 octobre 2013. Vol. 10, pp. 115. DOI 10.1186/1479-5868-10-115.
300. SMOLAK, Linda. Body image in children and adolescents: where do we go from here? *Body Image*. janvier 2004. Vol. 1, n° 1, pp. 15-28. DOI 10.1016/S1740-1445(03)00008-1.
301. SON, Won-Mok, SUNG, Ki-Dong, BHARATH, Leena P., CHOI, Kong-Jib et PARK, Song-Young. Combined exercise training reduces blood pressure, arterial stiffness, and insulin resistance in obese prehypertensive adolescent girls. *Clinical and Experimental Hypertension*. 18 août 2017. Vol. 39, n° 6, pp. 546-552. DOI 10.1080/10641963.2017.1288742.

302. SONG, Thomas M. K., THÉRIAULT, Germain, PRUD'HOMME, Denis, MALINA, Robert M. et BOUCHARD, Claude. Relationships of physical fitness, fatness, and lifestyle indicators with blood iron in children and adults. *American Journal of Human Biology*. 1995. Vol. 7, n° 5, pp. 631-641. DOI 10.1002/ajhb.1310070511.
303. SPENCER, M., FITZSIMONS, M., DAWSON, B., BISHOP, D. et GOODMAN, C. Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *Journal of Science and Medicine in Sport*. mai 2006. Vol. 9, n° 1-2, pp. 181-184. DOI 10.1016/j.jsams.2005.05.001.
304. SPIEGEL, Karine, TASALI, Esra, PENEV, Plamen et VAN CAUTER, Eve. Brief communication: Sleep curtailment in healthy young men is associated with decreased leptin levels, elevated ghrelin levels, and increased hunger and appetite. *Annals of Internal Medicine*. 7 décembre 2004. Vol. 141, n° 11, pp. 846-850.
305. SPORIS, Goran, JUKIC, Igor, MILANOVIC, Luka et VUCETIC, Vlatko. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. mars 2010. Vol. 24, n° 3, pp. 679-686. DOI 10.1519/JSC.0b013e3181c4d324.
306. ST LEGER, Lawrence et YOUNG, Ian M. Creating the document 'Promoting health in schools: from evidence to action'. *Global Health Promotion*. décembre 2009. Vol. 16, n° 4, pp. 69-71. DOI 10.1177/1757975909348138.
307. STERPENICH, Virginie, ALBOUY, Geneviève, BOLY, Mélanie, VANDEWALLE, Gilles, DARSAUD, Annabelle, BALTEAU, Evelyne, DANG-VU, Thien Thanh, DESSEILLES, Martin, D'ARGEMBEAU, Arnaud, GAIS, Steffen, RAUCHS, Géraldine, SCHABUS, Manuel, DEGUELDRE, Christian, LUXEN, André, COLLETTE, Fabienne et MAQUET, Pierre. Sleep-Related Hippocampo-Cortical Interplay during Emotional Memory Recollection. MIGNOT, Emmanuel (éd.), *PLoS Biology*. 23 octobre 2007. Vol. 5, n° 11, pp. e282. DOI 10.1371/journal.pbio.0050282.
308. STICE, Eric et SHAW, Heather E. Role of body dissatisfaction in the onset and maintenance of eating pathology: a synthesis of research findings. *Journal of Psychosomatic Research*. novembre 2002. Vol. 53, n° 5, pp. 985-993.
309. STORY, Mary, HOLT, Katrina A., SOFKA, Denise et NATIONAL CENTER FOR EDUCATION IN MATERNAL AND CHILD HEALTH (U.S.) (éd.). *Bright futures in practice: nutrition*. 2nd ed. Arlington, VA : National Center for Education in Maternal and Child Health, 2002. ISBN 978-1-57285-071-2.
310. STORY, Mary, NEUMARK-SZTAINER, Dianne et FRENCH, Simone. Individual and environmental influences on adolescent eating behaviors. *Journal of the American Dietetic Association*. mars 2002. Vol. 102, n° 3 Suppl, pp. S40-51.
311. STRANDBERG, T E, SIROLA, J, PITKÄLÄ, K H, TILVIS, R S, STRANDBERG, A Y et STENHOLM, S. Association of midlife obesity and cardiovascular risk with old age frailty: a 26-year follow-up of initially healthy men. *International Journal of Obesity*. septembre 2012. Vol. 36, n° 9, pp. 1153-1157. DOI 10.1038/ijo.2012.83.



312. STRATH, Scott J., SWARTZ, Ann M., BASSETT, David R., O'BRIEN, William L., KING, George A. et AINSWORTH, Barbara E. Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity: *Medicine & Science in Sports & Exercise*. septembre 2000. Vol. 32, n° Supplement, pp. S465-S470. DOI 10.1097/00005768-200009001-00005.
313. STRATTON, G. Children's heart rates during physical education lessons: a review. . 1996.
314. STRATTON, G. Promoting children's physical activity in primary school: an intervention study using playground markings. *Ergonomics*. octobre 2000. Vol. 43, n° 10, pp. 1538-1546. DOI 10.1080/001401300750003961.
315. STRATTON, Gareth et LEONARD, Janine. The Effects of Playground Markings on the Energy Expenditure of 5-7-Year-Old School Children. *Pediatric Exercise Science*. mai 2002. Vol. 14, n° 2, pp. 170-180. DOI 10.1123/pes.14.2.170.
316. STRATTON, Gareth et MULLAN, Elaine. The effect of multicolor playground markings on children's physical activity level during recess. *Preventive Medicine*. novembre 2005. Vol. 41, n° 5-6, pp. 828-833. DOI 10.1016/j.ypmed.2005.07.009.
317. STRATTON, Gareth. Children's Heart Rates during Physical Education Lessons: A Review. *Pediatric Exercise Science*. août 1996. Vol. 8, n° 3, pp. 215-233. DOI 10.1123/pes.8.3.215.
318. STRINGHINI, Silvia, CARMELI, Cristian, JOKELA, Markus, AVENDAÑO, Mauricio, MUENNIG, Peter, GUIDA, Florence, RICCERI, Fulvio, D'ERRICO, Angelo, BARROS, Henrique, BOCHUD, Murielle, CHADEAU-HYAM, Marc, CLAVEL-CHAPELON, Françoise, COSTA, Giuseppe, DELPIERRE, Cyrille, FRAGA, Silvia, GOLDBERG, Marcel, GILES, Graham G, KROGH, Vittorio, KELLY-IRVING, Michelle, LAYTE, Richard, LASSERRE, Aurélie M, MARMOT, Michael G, PREISIG, Martin, SHIPLEY, Martin J, VOLLENWEIDER, Peter, ZINS, Marie, KAWACHI, Ichiro, STEPTOE, Andrew, MACKENBACH, Johan P, VINEIS, Paolo, KIVIMÄKI, Mika, ALENIUS, Harri, AVENDANO, Mauricio, BARROS, Henrique, BOCHUD, Murielle, CARMELI, Cristian, CARRA, Luca, CASTAGNÉ, Raphael, CHADEAU-HYAM, Marc, CLAVEL-CHAPELON, Françoise, COSTA, Giuseppe, COURTIN, Emilie, DELPIERRE, Cyrille, D'ERRICO, Angelo, DUGUÉ, Pierre-Antoine, ELLIOTT, Paul, FRAGA, Silvia, GARES, Valérie, GILES, Graham, GOLDBERG, Marcel, GRECO, Dario, HODGE, Allison, IRVING, Michelle Kelly, KARISOLA, Piia, KIVIMÄKI, Mika, KROGH, Vittorio, LANG, Thierry, LAYTE, Richard, LEPAGE, Benoit, MACKENBACH, Johan, MARMOT, Michael, MCCRORY, Cathal, MILNE, Roger, MUENNIG, Peter, NUSSELDER, Wilma, PANICO, Salvatore, PETROVIC, Dusan, POLIDORO, Silvia, PREISIG, Martin, RAITAKARI, Olli, RIBEIRO, Ana Isabel, RIBEIRO, Ana Isabel, RICCERI, Fulvio, ROBINSON, Oliver, VALVERDE, Jose Rubio, SACERDOTE, Carlotta, SATOLLI, Roberto, SEVERI, Gianluca, SHIPLEY, Martin J, STRINGHINI, Silvia, TUMINO, Rosario, VINEIS, Paolo, VOLLENWEIDER, Peter et ZINS, Marie. Socioeconomic status and the 25 × 25 risk factors as determinants of premature mortality: a multicohort study and meta-analysis of 1.7 million men and women. *The Lancet*. mars 2017. Vol. 389, n° 10075, pp. 1229-1237. DOI 10.1016/S0140-6736(16)32380-7.

319. STRONG, William B., MALINA, Robert M., BLIMKIE, Cameron J.R., DANIELS, Stephen R., DISHMAN, Rodney K., GUTIN, Bernard, HERGENROEDER, Albert C., MUST, Aviva, NIXON, Patricia A., PIVARNIK, James M., ROWLAND, Thomas, TROST, Stewart et TRUDEAU, François. Evidence Based Physical Activity for School-age Youth. *The Journal of Pediatrics*. juin 2005. Vol. 146, n° 6, pp. 732-737. DOI 10.1016/j.jpeds.2005.01.055.
320. SWAMI, Viren et TOVÉE, Martin J. Female physical attractiveness in Britain and Malaysia: A cross-cultural study. *Body Image*. juin 2005. Vol. 2, n° 2, pp. 115-128. DOI 10.1016/j.bodyim.2005.02.002.
321. SWAMI, Viren et TOVÉE, Martin J. Male physical attractiveness in Britain and Malaysia: A cross-cultural study. *Body Image*. décembre 2005. Vol. 2, n° 4, pp. 383-393. DOI 10.1016/j.bodyim.2005.08.001.
322. SWAMI, Viren et TOVÉE, Martin J. The relative contribution of profile body shape and weight to judgements of women's physical attractiveness in Britain and Malaysia. *Body Image*. décembre 2007. Vol. 4, n° 4, pp. 391-396. DOI 10.1016/j.bodyim.2007.07.002.
323. SWAMI, Viren, FREDERICK, David A., AAVIK, Toivo, ALCALAY, Lidia, ALLIK, Jüri, ANDERSON, Donna, ANDRIANTO, Sonny, ARORA, Arvind, BRÄNNSTRÖM, Åke, CUNNINGHAM, John, DANIEL, Dariusz, DOROSZEWICZ, Krystyna, FORBES, Gordon B., FURNHAM, Adrian, GREVEN, Corina U., HALBERSTADT, Jamin, SHUANG HAO, HAUBNER, Tanja, CHOON SUP HWANG, INMAN, Mary, LAILE JAAFAR, Jas, JOHANSSON, Jacob, JUNG, Jaehee, KESER, Aşkın, KRETZSCHMAR, Uta, LACHENICHT, Lance, LI, Norman P., LOCKE, Kenneth, LÖNNQVIST, Jan-Erik, LOPEZ, Christy, LOUTZENHISER, Lynn, MAISEL, Natalya C., MCCABE, Marita P., MCCREARY, Donald R., MCKIBBIN, William F., MUSSAP, Alex, NETO, Félix, NOWELL, Carly, PEÑA ALAMPAY, Liane, PILLAI, Subash K., POKRAJAC-BULIAN, Alessandra, PROYER, René T., QUINTELIER, Katinka, RICCIARDELLI, Lina A., ROZMUS-WRZESINSKA, Malgorzata, RUCH, Willibald, RUSSO, Timothy, SCHÜTZ, Astrid, SHACKELFORD, Todd K., SHASHIDHARAN, Sheeba, SIMONETTI, Franco, SINNIAH, Dhachayani, SWAMI, Mira, VANDERMASSEN, Griet, VAN DUYNLAEGER, Marijke, VERKASALO, Markku, VORACEK, Martin, YEE, Curtis K., XIAN ZHANG, Echo, XIAOYING ZHANG et ZIVCIC-BECIREVIC, Ivanka. The Attractive Female Body Weight and Female Body Dissatisfaction in 26 Countries Across 10 World Regions: Results of the International Body Project I. *Personality and Social Psychology Bulletin*. mars 2010. Vol. 36, n° 3, pp. 309-325. DOI 10.1177/0146167209359702.
324. SWAMINATHAN, Sumathi, SELVAM, Sumithra, THOMAS, Tinku, KURPAD, Anura V. et VAZ, Mario. Longitudinal trends in physical activity patterns in selected urban south Indian school children. *The Indian Journal of Medical Research*. août 2011. Vol. 134, pp. 174-180.
325. TAHERI, Shahradsad, LIN, Ling, AUSTIN, Diane, YOUNG, Terry et MIGNOT, Emmanuel. Short Sleep Duration Is Associated with Reduced Leptin, Elevated

- Ghrelin, and Increased Body Mass Index. FROGUEL, Philippe (éd.), *PLoS Medicine*. 7 décembre 2004. Vol. 1, n° 3, pp. e62. DOI 10.1371/journal.pmed.0010062.
326. TALAMAYAN, Kathleen S., SPRINGER, Andrew E., KELDER, Steven H., GOROSPE, Emmanuel C. et JOYE, Karen A. Prevalence of overweight misperception and weight control behaviors among normal weight adolescents in the United States. *The Scientific World JOURNAL*. 2006. Vol. 6, pp. 365-373. DOI 10.1100/tsw.2006.70.
327. TASSIÉ, J M, PAPOZ, L, BARNY, S et SIMON, D. Nutritional status in adults in the pluri-ethnic population of New Caledonia. *International Journal of Obesity*. 18 décembre 1997. Vol. 21, n° 1, pp. 61-66. DOI 10.1038/sj.ijo.0800364.
328. TASSIÉ, J. M., PAPOZ, L., BARNY, S. et SIMON, D. Nutritional status in adults in the pluri-ethnic population of New Caledonia. The CALDIA Study Group. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders: Journal of the International Association for the Study of Obesity*. janvier 1997. Vol. 21, n° 1, pp. 61-66.
329. TAYLOR, R., BENNETT, P., UILI, R., JOFFRES, M., GERMAIN, R., LEVY, S. et ZIMMET, P. Diabetes in Wallis Polynesians: a comparison of residents of Wallis Island and first generation migrants to Noumea, New Caledonia. *Diabetes Research and Clinical Practice*. octobre 1985. Vol. 1, n° 3, pp. 169-178.
330. TEEVALE, Tasileta. Body image and its relation to obesity for Pacific minority ethnic groups in New Zealand: a critical analysis. *Pacific Health Dialog*. mars 2011. Vol. 17, n° 1, pp. 33-53.
331. TELAMA, Risto. Tracking of Physical Activity from Childhood to Adulthood: A Review. *Obesity Facts*. 2009. Vol. 2, n° 3, pp. 187-195. DOI 10.1159/000222244.
332. THASANASUWAN, Wiyada, SRICHAN, Weerachat, KIJBOONCHOO, Kallaya, YAMBORISUT, Uruwan, WIMONPEERAPATTANA, Wanphen, ROJROONGWASINKUL, Nipa, KHOUW, Ilse Tan et DEURENBERG, Pual. Low Sleeping Time, High TV Viewing Time, and Physical Inactivity in School Are Risk Factors for Obesity in Pre-Adolescent Thai Children. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet Thangphaet*. mars 2016. Vol. 99, n° 3, pp. 314-321.
333. The influence of commercialism on the food purchasing behavior of children and teenage youth - ProQuest. [en ligne]. [Consulté le 25 septembre 2017]. Disponible à l'adresse :  
<https://search.proquest.com/openview/f826d0d4437cbddc822c3e3cc3b2c01c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=6796>
334. THIBAUT, H., CASTETBON, K., ROLLAND-CACHERA, M.-F. et GIRARDET, J.-P. Pourquoi et comment utiliser les nouvelles courbes de corpulence pour les enfants ? *Archives de Pédiatrie*. décembre 2010. Vol. 17, n° 12, pp. 1709-1715. DOI 10.1016/j.arcped.2010.09.018.

335. THIEBAULD, Charles M. *L'enfant et le sport: introduction à un traité de médecine du sport chez l'enfant*. Paris : De Boeck université, 1998. ISBN 978-2-8041-2637-7.
336. THOMPSON, J. Kevin, HEINBERG, Leslie J., ALTABE, Madeline et TANTLEFF-DUNN, Stacey. *Exacting beauty: Theory, assessment, and treatment of body image disturbance*. [en ligne]. Washington : American Psychological Association, 1999. [Consulté le 27 septembre 2017]. ISBN 978-1-55798-541-5. Disponible à l'adresse : <http://content.apa.org/books/10312-000>
337. TOFLER, Ian R. et BUTTERBAUGH, Grant J. Developmental overview of child and youth sports for the twenty-first century. *Clinics in Sports Medicine*. octobre 2005. Vol. 24, n° 4, pp. 783-804, vii-viii. DOI 10.1016/j.csm.2005.05.006.
338. TREMBLAY, Mark S, LEBLANC, Allana G, KHO, Michelle E, SAUNDERS, Travis J, LAROUCHE, Richard, COLLEY, Rachel C, GOLDFIELD, Gary et GORBER, Sarah. Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2011. Vol. 8, n° 1, pp. 98. DOI 10.1186/1479-5868-8-98.
339. TROST, Stewart G., PATE, Russell R., SALLIS, James F., FREEDSON, Patty S., TAYLOR, Wendell C., DOWDA, Marsha et SIRARD, John. Age and gender differences in objectively measured physical activity in youth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. février 2002. Vol. 34, n° 2, pp. 350-355.
340. TURBOTT, I. G. DIETS, GILBERT AND ELLICE ISLANDS COLONY. *The Journal of the Polynesian Society*. 1949. Vol. 58, n° 1, pp. 36-46.
341. TWISK, J. W. Physical activity guidelines for children and adolescents: a critical review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*. 2001. Vol. 31, n° 8, pp. 617-627.
342. VAN DE LAAR, R. J., FERREIRA, I., VAN MECHELEN, W., PRINS, M. H., TWISK, J. W. et STEHOUWER, C. D. Lifetime Vigorous But Not Light-To-Moderate Habitual Physical Activity Impacts Favorably on Carotid Stiffness in Young Adults: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Hypertension*. 1 janvier 2010. Vol. 55, n° 1, pp. 33-39. DOI 10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.138289.
343. VAN DEN BERG, Patricia et NEUMARK-SZTAINER, Dianne. Fat 'n Happy 5 Years Later: Is It Bad for Overweight Girls to Like Their Bodies? *Journal of Adolescent Health*. octobre 2007. Vol. 41, n° 4, pp. 415-417. DOI 10.1016/j.jadohealth.2007.06.001.
344. VAN GORKOM, H. J., PULLES, M. P. et WESSELS, J. S. Light-induced changes of absorbance and electron spin resonance in small photosystem II particles. *Biochimica Et Biophysica Acta*. 11 décembre 1975. Vol. 408, n° 3, pp. 331-339.
345. VAN PRAAGH, Emmanuel, FELLMANN, Nicole, BEDU, Mario, FALGAIRETTE, Guy et COUDERT, Jean. Gender Difference in the Relationship of Anaerobic Power Output to Body Composition in Children. *Pediatric Exercise Science*. 1 novembre 1990. Vol. 2, n° 4, pp. 336-348. DOI 10.1123/pes.2.4.336.

346. VAN SLUIJS, E. M F, MCMINN, A. M et GRIFFIN, S. J. Effectiveness of interventions to promote physical activity in children and adolescents: systematic review of controlled trials. *BMJ*. 6 octobre 2007. Vol. 335, n° 7622, pp. 703-703. DOI 10.1136/bmj.39320.843947.BE.
347. VINER, R M, HAINES, M M, TAYLOR, S J C, HEAD, J, BOOY, R et STANSFELD, S. Body mass, weight control behaviours, weight perception and emotional well being in a multiethnic sample of early adolescents. *International Journal of Obesity*. octobre 2006. Vol. 30, n° 10, pp. 1514-1521. DOI 10.1038/sj.ijo.0803352.
348. VINET, A., NOTTIN, S., LECOQ, A. M. et OBERT, P. Cardiovascular Responses to Progressive Cycle Exercise in Healthy Children and Adults. *International Journal of Sports Medicine*. mai 2002. Vol. 23, n° 4, pp. 242-246. DOI 10.1055/s-2002-29076.
349. VOSS, Christine et SANDERCOCK, Gavin. Aerobic fitness and mode of travel to school in English schoolchildren. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. février 2010. Vol. 42, n° 2, pp. 281-287. DOI 10.1249/MSS.0b013e3181b11bdc.
350. VOSS, M.W., CHADDOCK, L., KIM, J.S., VANPATTER, M., PONTIFEX, M.B., RAINE, L.B., COHEN, N.J., HILLMAN, C.H. et KRAMER, A.F. Aerobic fitness is associated with greater efficiency of the network underlying cognitive control in preadolescent children. *Neuroscience*. décembre 2011. Vol. 199, pp. 166-176. DOI 10.1016/j.neuroscience.2011.10.009.
351. WANG, Chen-Yen, ABBOT, Lisa, GOODBODY, Angela K. et HUI, Wai-Ting Y. Ideal body image and health status in low-income Pacific Islanders. *Journal of Cultural Diversity*. 2002. Vol. 9, n° 1, pp. 12-22.
352. WARBURTON, D. E.R. Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*. 14 mars 2006. Vol. 174, n° 6, pp. 801-809. DOI 10.1503/cmaj.051351.
353. WATE, Jillian T, SNOWDON, Wendy, MILLAR, Lynne, NICHOLS, Melanie, MAVOA, Helen, GOUNДАР, Ramneek, KAMA, Ateca et SWINBURN, Boyd. Adolescent dietary patterns in Fiji and their relationships with standardized body mass index. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2013. Vol. 10, n° 1, pp. 45. DOI 10.1186/1479-5868-10-45.
354. WEBSTER-GANDY, J., WARREN, J. et HENRY, C. J. K. Sexual dimorphism in fat patterning in a sample of 5 to 7-year-old children in Oxford. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. janvier 2003. Vol. 54, n° 6, pp. 467-471. DOI 10.1080/09637480310001322323.
355. WEDDERKOPP, N., FROBERG, K., HANSEN, H. S. et ANDERSEN, L. B. Secular trends in physical fitness and obesity in Danish 9-year-old girls and boys: Odense School Child Study and Danish substudy of the European Youth Heart Study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. juin 2004. Vol. 14, n° 3, pp. 150-155. DOI 10.1111/j.1600-0838.2004.00365.x.

356. WEINECK, Jürgen, ETORÉ, Jeanne, WEINECK, Jürgen et WEINECK, Jürgen. *Manuel d'entraînement: physiologie de la performance sportive et de son développement dans l'entraînement de l'enfant et de l'adolescent*. Paris : Vigot, 2005. ISBN 978-2-7114-1298-3.
357. WERTHEIM, Eleanor H., PAXTON, Susan J. et BLANEY, Simone. Body image in girls. In : SMOLAK, Linda et THOMPSON, J. Kevin (éd.), *Body image, eating disorders, and obesity in youth: Assessment, prevention, and treatment*. (2nd ed). [en ligne]. Washington : American Psychological Association, 2009. pp. 47-76. [Consulté le 27 septembre 2017]. ISBN 978-1-4338-0405-2. Disponible à l'adresse : <http://content.apa.org/books/11860-003>
358. WHO | Global status report on noncommunicable diseases 2014. *WHO* [en ligne]. [Consulté le 27 septembre 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.who.int/nmh/publications/ncd-status-report-2014/en/>
359. WIESMANN, U. N., DIDONATO, S. et HERSCHKOWITZ, N. N. Effect of chloroquine on cultured fibroblasts: release of lysosomal hydrolases and inhibition of their uptake. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 27 octobre 1975. Vol. 66, n° 4, pp. 1338-1343.
360. WILLIAMS, Lauren K., RICCIARDELLI, Lina A., MCCABE, Marita P., WAQA, Gade G. et BAVADRA, Kelera. Body image attitudes and concerns among indigenous Fijian and European Australian adolescent girls. *Body Image*. septembre 2006. Vol. 3, n° 3, pp. 275-287. DOI 10.1016/j.bodyim.2006.06.001.
361. WOLF. The importance of deep reading. . 2009.
362. WONG, Del P., CHAN, Gar Sun et SMITH, Andrew W. Repeated-Sprint and Change-of-Direction Abilities in Physically Active Individuals and Soccer Players: Training and Testing Implications. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. septembre 2012. Vol. 26, n° 9, pp. 2324–2330. DOI 10.1519/JSC.0b013e31823daeab.
363. WONG, P., MUJIKA, I., CASTAGNA, C., CHAMARI, K., LAU, Wing Chung et WISLOFF, U. Characteristics of world cup soccer players. *Soccer Journal - Binghamton- National Soccer Coaches Association of America-*. 1 janvier 2008. pp. 57-62.
364. WONG, Pui-Lam, CHAMARI, Karim, DELLAL, Alexandre et WISLØFF, Ulrik. Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. juillet 2009. Vol. 23, n° 4, pp. 1204-1210. DOI 10.1519/JSC.0b013e31819f1e52.
365. WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global recommendations on physical activity for health*. [en ligne]. 2010. [Consulté le 25 septembre 2017]. ISBN 978-92-4-159997-9. Disponible à l'adresse : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK305057/>
366. WORTHY, Sheri L, LOKKEN, Kristine, PILCHER, Kenneth et BOEKA, Abbe. Demographic and lifestyle variables associated with obesity. *Health Education*

*Journal*. décembre 2010. Vol. 69, n° 4, pp. 372-380.  
DOI 10.1177/0017896910363330.

367. WOSJE, Karen S., KNIPSTEIN, Brittany L. et KALKWARF, Heidi J. Measurement Error of DXA: Interpretation of Fat and Lean Mass Changes in Obese and Non-Obese Children. *Journal of Clinical Densitometry*. juillet 2006. Vol. 9, n° 3, pp. 335-340. DOI 10.1016/j.jocd.2006.03.016.
368. WRULICH, Marius, BRUNNER, Martin, STADLER, Gertraud, SCHALKE, Daniela, KELLER, Ulrich, CHMIEL, Magda et MARTIN, Romain. Childhood intelligence and adult health: The mediating roles of education and socioeconomic status. *Intelligence*. septembre 2013. Vol. 41, n° 5, pp. 490-500. DOI 10.1016/j.intell.2013.06.015.
369. YANG, Kyeongra, TURK, Melanie T., ALLISON, Virginia L., JAMES, Khara A. et CHASENS, Eileen. Body Mass Index Self-Perception and Weight Management Behaviors During Late Adolescence. *Journal of School Health*. octobre 2014. Vol. 84, n° 10, pp. 654-660. DOI 10.1111/josh.12195.
370. YAO, Christopher A et RHODES, Ryan E. Parental correlates in child and adolescent physical activity: a meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 2015. Vol. 12, n° 1, pp. 10. DOI 10.1186/s12966-015-0163-y.
371. YATES, Alayne, EDMAN, Jeanne et ARUGUETE, Mara. Ethnic differences in BMI and body/self-dissatisfaction among Whites, Asian subgroups, Pacific Islanders, and African-Americans. *Journal of Adolescent Health*. avril 2004. Vol. 34, n° 4, pp. 300-307. DOI 10.1016/j.jadohealth.2003.07.014.
372. ZATSIORSKY, Vladimir M. et KRAEMER, William J. *Science and practice of strength training*. 2nd ed. Champaign, IL : Human Kinetics, 2006. ISBN 978-0-7360-5628-1.
373. ZHOU, B., CONLEE, R. K., JENSEN, R., FELLINGHAM, G. W., GEORGE, J. D. et FISHER, A. G. Stroke volume does not plateau during graded exercise in elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. novembre 2001. Vol. 33, n° 11, pp. 1849-1854.

## **LES ARTICLES DE THESE**



**PREMIER ARTICLE DE LA THESE**

# Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: a first approach to talent identification in Oceania

**AUTHORS:** Galy O<sup>1,2</sup>, Zongo P<sup>1,2</sup>, Chamari K<sup>3</sup>, Chaouachi A<sup>4</sup>, Michalak E<sup>2</sup>, Dellal A<sup>5</sup>, Castagna C<sup>6</sup>, Hue O<sup>1</sup>

Authors' affiliations are listed at the end of the paper

**ABSTRACT:** This study assessed the anthropometric and physiological characteristics of elite Melanesian futsal players in order to determine the best performance predictors. Physiological parameters of performance were measured in 14 Melanesian (MEL-G, 24.4±4.4 yrs) and 8 Caucasian (NMEL-G, 22.9±4.9) elite futsal players, using tests of jump-and-reach (CMJ), agility (T-Test), repeated sprint ability (RSA), RSA with change-of-direction (RSA-COD), sprints with 5 m, 10 m, 15 m, and 30 m lap times, and aerobic fitness with the 30-15 intermittent fitness test (30-15 IFT). The anthropometric data revealed significantly lower height for MEL-G compared with NMEL-G: 1.73±0.05 and 1.80±0.08 m, respectively; P=0.05. The CMJ was significantly higher for MEL-G than NMEL-G: 50.4±5.9 and 45.2±4.3 cm, respectively; P=0.05. T-Test times were significantly lower for MEL-G than NMEL-G: 10.47±0.58 and 11.01±0.64 seconds, respectively; P=0.05. MEL-G height was significantly related to CMJ (r=0.706, P=0.01), CMJ<sub>peakP</sub> (r=0.709, P=0.01) and T-Test (r=0.589, P=0.02). No significant between-group differences were observed for sprint tests or 30-15 IFT, including heart rate and estimated VO<sub>2max</sub>. Between groups, the percentage decrement (%Dec) in RSA-COD was significantly lower in MEL-G than NMEL-G (P=0.05), although no significant difference was noted between RSA and RSA-COD. Within groups, no significant difference was observed between %Dec in RSA or RSA-COD; P=0.697. This study presents specific anthropometric (significantly lower height) and physiological (significantly greater agility) reference values in Melanesians, which, taken together, might help coaches and physical fitness trainers to optimize elite futsal training and talent identification in Oceania.

**CITATION:** Galy O, Zongo P, Chamari K, Chaouachi A, Michalak E, Dellal A, Castagna C, Hue O. Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: A first approach to talent identification in Oceania. *Biol Sport*. 2015;32(2):135–141.

Received: 2014-05-11; Reviewed: 2014-08-22; Re-submitted: 2014-10-13; Accepted: 2014-10-23; Published: 2015-02-16.

Corresponding author:

**Olivier Galy**  
BP 32527,  
98897 Noumea, New-Caledonia  
Tel/Fax: (+33) 687 81 56 02  
E-mail: olivier.galy@univ-nc.nc

**Key words:**  
anthropometry  
agility  
hear rate  
ethnicity  
South Pacific  
New Caledonia  
soccer

## INTRODUCTION

Futsal was accredited by the Fédération Internationale de Football Association (FIFA) in 1989, and the popularity of this attractive professional sport has been growing ever since. Although the literature remains sparse (52 Medline publications with the key word: futsal; August 2014), the physiological characteristics of well-trained, top-level futsal players have been well described [1,2,3,4]. Futsal is described as high-intensity exercise, heavily taxing the aerobic and anaerobic pathways, as emphasized by Castagna *et al.* [2]. The physiological parameters of performance in futsal have usually been assessed by field tests with short recovery periods to determine a player's ability to repeat short sprints with and without a change of direction [5,6] or by the intermittent incremental shuttle-run test [3,4,5]. Mainly aerobic performance parameters were investigated in these studies, and anaerobic parameters such as lower limb explosivity and agility, which are potential indicators of futsal performance, have been neglected. To our knowledge, only one study has investigated agility and speed as strong indicators of performance in elite female futsal players [7]. Several studies have focused on the

anaerobic parameters of performance in soccer players, mainly during small side games, which might be considered as similar to futsal games. But futsal has specificities regarding the ground and shoe adherence and smaller balls with 30% less bounce, which forces the players to develop the ability to accurately control and move the ball quickly on the ground [8,9]. We therefore assumed that these specificities merited further investigation. Furthermore, the reduced pitch dimensions and frequent turnovers during futsal match-play require fast decision-making and high sprint capabilities under pressure during the attacking and defending phases [10]. Thus, sprint performance and agility are required in the game [11], as in many team sports, and are likely to be pertinent indicators of performance.

Anthropometric data are also likely to be good performance predictors, as underlined by Wong *et al.* [12,13] in their study of world-class soccer players. Indeed, anthropometric and physiological characteristics were used to develop player profiles that were shown to have an impact on the playing style of each confederation analysed following the World Cups of 2002 (South Korea) and 2006

(Germany). "For example, Sweden and Germany are known for discipline and tactical play; Japan and South Korea for team work; Brazil and Argentina for individualism and skilful play at the service of the group and Nigeria and Cameroon for high speed play" [6]. This study, however, reported no information about the Oceania Football Confederation (OFC), the confederation to which the players of the present study belong. Oceania is a large region in the Pacific Ocean of approximately 9 million square kilometres with a population of nearly 5 million islanders (Wallacea, Australia, New Guinea, Melanesia, Micronesia, and Polynesia). Historically, the best athletes from these countries have migrated to continents where sport has a professional status. Some of these athletes are highly coveted in professional sports such as rugby, soccer, and American football. However, it has been difficult or even impossible to obtain objective data on their physical characteristics (i.e., combined force and speed to obtain power, endurance, agility and flexibility) because the scientific literature has remained sparse [14]. In their literature review, these authors pointed out that the anthropometric and/or physiological characteristics of Micronesian and Melanesian populations (i.e., the western Pacific) were lacking. In the present study, we focused on the Melanesian people, the indigenous Melanesian population of Oceania, a region where soccer is highly developed and futsal is growing in recognition and level of practice. We therefore followed the selection process of the National New Caledonian futsal team for which Melanesian and Caucasian natives, living and training in New Caledonia, present as candidates.

In the present study, our goal was to: (1) determine the relationships between the parameters of performance and the anthropometric profiles of the players and (2) analyse the similarities and differences between the two ethnic groups and the literature data to set the basis for futsal talent identification and training design in Oceania.

## MATERIALS AND METHODS

**Subjects.** Fourteen Melanesian futsal players and eight Caucasian futsal players participated in this study. All were well trained and had been pre-selected by the Fédération Calédonienne de Football to participate in the qualifying tournament of the Oceanian Football Confederation (OFC) for the 2011 FIFA Futsal World Cup. New Caledonia was ranked 5th out of 11 national teams of the OFC at the time of the study. At the end of the precompetitive period (3 weeks after the end of this study), 16 of them were selected for the national New Caledonian team. The Melanesian group (MEL-G) and the non-Melanesian group (NMEL-G) were  $24.4 \pm 4.4$  and  $22.9 \pm 4.9$  years old, trained 4 to 5 times per week for  $7.75 \pm 1.78 \text{ h} \cdot \text{wk}^{-1}$  and  $7.64 \pm 1.93 \text{ h} \cdot \text{wk}^{-1}$  excluding matches, and had been playing futsal for  $10.5 \pm 6.8$  and  $9.3 \pm 8.4$  years, respectively. The anthropometric and physiological data are presented in Tables 1, 2, and 3. All participants gave informed written consent before participating in the protocol, which was in accordance with legal requirements and the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics Committee of

University of New Caledonia, Noumea, New Caledonia. The entire national preselected group participated in this study ( $n=22$ ).

### Testing protocol

Futsal is a high-intensity intermittent sport that heavily taxes the aerobic and anaerobic pathways [2]. During matches, it requires high-intensity effort every 23 seconds [15] and changes in locomotor activities every 3.28 seconds [16]. Many anthropometric characteristics of soccer players have been reported in the literature over the last decade, providing evidence of a specific soccer profile for each FIFA continental zone. Concerning futsal, however, the literature remains sparse. Moreover, there is a general lack of anthropometric and physiological information concerning Pacific Islanders, and this is particularly so for Melanesian futsal players [17]. This study was thus designed to determine whether the anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players are significantly correlated in order to establish a scientific basis for talent identification in Oceania and help coaches to develop a playing style according to the profile of their futsal players. Although the number of participants could be considered as relatively low, we assumed that the high playing level displayed during the national selection process would compensate for the low number of futsal players tested. Indeed, of the 22 futsal players tested, 16 participated in the qualifying tournament of the Oceanian Football Confederation (OFC) for the 2011 FIFA Futsal World Cup.

The testing sessions were held over 2 days. Day 1 consisted of anthropometric measures, jump-and-reach tests and sprint sessions (5 m, 10 m, 15 m, 30 m). On day 2, the participants performed the repeated sprint ability test (RSA) and the RSA with change of direction (RSA-COD), the agility T-Test [18], and the 30-15 intermittent fitness test (30-15IFT) [19]. The 30-15IFT was performed as described and validated by Buchheit [19]. This 30-15IFT was chosen because (1) the physiological work of futsal has been described as high-intensity effort every ~23 seconds [15], which corresponds roughly to the 30 seconds of work of the 30-15IFT; (2) the work in futsal is intermittent, like in handball, for which the 30-15IFT was developed [19]; and (3) the futsal playing surface and dimensions are also similar to those of handball. Each player was instructed and verbally encouraged to give his maximal effort. The tests were performed between 9 AM and 2 PM. In the 24 hours before the experiment, the participants were asked (1) to abstain from exercise on the day preceding any assessment, and (2) not to drink caffeinated beverages on the days of the tests [20]. The study took place during the precompetitive period of 2011.

### Anthropometry

After height and body mass measurements (Tanita HA 503, Tanita Corporation, Tokyo, Japan), body fat content was estimated from the skinfold thickness, expressed in mm (sum of four skin areas: biceps, triceps, subscapular, and suprailiac) measured by an experienced assessor on the right side of the body with the Harpenden skinfold

caliper (HSB-BI, Burgess Hill, West Sussex, UK), following the method described by Durnin and Rahaman [21]. Body mass index (BMI) was calculated according the formula  $BMI = \text{kg}/(\text{height in metres}^2)$ . Two independent measures were taken at each fold. If the second measure was not within 5% of the first, subsequent folds were measured until two folds were within 5%; their mean was then retained. The equation of Durnin and Rahaman [21] was used to determine the percentage of fat body mass (%FBM). Lean body mass (LBM) in kg was determined from body mass and FBM.

### *Jump-and-reach test*

The jump-and-reach test was performed using a Myotest Pro (Myotest SA, Sion, Switzerland). The participants were asked to perform a series of five counter-movement jumps (CMJ) in which they began in a standing position, dropped into the semi-squat position, and immediately jumped as high as possible using their arms. One minute of recovery was allowed between the jumps. The jump height was given automatically by the Myotest Pro, which is considered a valid method [22]. The power output during the jump-and-reach test was determined by entering the jump height and body weight variables into the equation of Sayers *et al.* [23]:

$$CMJ_{\text{peakP}} (W) = 51.9 \times CMJ \text{ height (cm)} + 48.9 \times \text{body mass (kg)} - 2007,$$

where  $CMJ_{\text{peakP}}$  is the peak power obtained with the CMJ and CMJ height is the height attained. A standardized 15-minute warm-up was performed by all participants 10 minutes before the jump-and-reach tests.

### *The 5 m, 10 m, 15 m, and 30 m sprints tests*

The same day of the anthropometric measurements, the participants performed three 30 m sprints with 5 m, 10 m, 15 m lap-times on an indoor synthetic court, and the best performance was kept as their best performance for each distance. During the recovery period (2-3 minutes between sprints), the participants walked back to the starting line and then waited for the next sprint. Time trials were recorded using photo-cell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, USA, accuracy of 0.01 s) placed 1 m above the ground. The participants started the sprint at the starter signal 0.5 m behind the starting line. Stance for the start was consistent for each subject.

### *Repeated sprinting ability with and without change of direction*

The RSA consisted of straight-line sprints (6x25 m with 25 s active recovery) while the RSA-COD consisted of a 180-degree change of direction in the middle of the sprint distance [19] [6x(2x12.5 m with 25 s active recovery)]. During the active recovery, participants jogged slowly back to the starting line and waited for the next sprint. Time trials were recorded using photo-cell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, USA, accuracy of 0.01 s) placed 1 m above the ground. Investigators used a hand-held stopwatch to monitor recovery time. The participants started the sprint at the starter signal 0.5 m behind the starting line. The stance for the start was consistent for each subject.

The following data were recorded during the RSA and RSA-COD performances: the fastest time (FT), the average time (AT) and the total time (TT), the number of sprints x fastest sprint time (Ideal sprint time) of all sprints, and the percentage decrement (%Dec) score as reported by Glaister *et al.* [24]. The use of TT was recommended by previous studies of RSA and RSA-COD [25]. The %Dec has recently been reported as the most valid and reliable method for quantifying fatigue in RSA tests [24].

### *The T-Test*

The T-Test was organized using the protocol outlined by Semenick [26] with minor modifications proposed by Pauole *et al.* [18]. Three test trials were recorded using photo-cell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, Utah, USA, accuracy of 0.01 s) placed 0.4 m above the ground. The participants commenced the sprint when ready from a standing start 0.5 m behind the timing gate. The reliability and validity of the T-Test were reported by Pauole *et al.* [18].

### *30-15 intermittent fitness test*

The 30-15IFT was performed as described and validated by Buchheit [19] on an indoor synthetic track where ambient temperature ranged from 24 to 26°C. The 30-15IFT consisted of 30 s shuttle runs (40 m) interspersed with 15 s passive recovery periods. The initial running velocity was set at 8 km·h<sup>-1</sup> for the first 30 s and speed increased by 0.5 km·h<sup>-1</sup> every 30 s thereafter. Running pace was governed by a prerecorded audio signal. Participants were instructed to complete as many (30 s) "stages" as possible, and the test ended when the player could no longer maintain the required running speed (i.e., when players were unable to reach a 3 m zone near each marked line at the time of the audio signal on three consecutive occasions). The speed at the last completed stage (VIFT) showed good reliability.  $VO_{2\text{max}}$  can be estimated from the VIFT according to the following formula:  $eVO_{2\text{max}30-15IFT} (\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}) = 28.3 - 2.15 G - 0.741 A - 0.0357 W + 0.0586 A \times \text{VIFT} + 1.03 \text{VIFT}$ , where G stands for gender (female=2; male=1), A for age, and W for weight. Each player was encouraged verbally to make a maximal effort during all tests. During the 30-15IFT, heart rate at rest ( $HR_{\text{rest}}$ ) and heart rate peak during exercise ( $HR_{\text{peak}}$ ) were collected using a long-range telemetry system (Suunto t6, Suunto Oy, Finland) that enabled real-time exercise intensity checking. Data were recorded every second of the 30-15IFT until the end of the test.

### *Statistics*

All values are expressed as means ± standard deviation (SD). A two-way (time x group) ANOVA was applied for repeated measures. When statistical significance was observed, post-hoc analysis was performed: MEL-G was compared with NMEL-G through unpaired Student *t*-tests performed on all anthropometric, physiological and performance variables: height, weight, BMI, %FBM,  $eVO_{2\text{max}}$ ,  $CMJ_{\text{peakP}}$ , peak power output, T-Test, RSA and RSA-COD (FT, AT, TT, Ideal sprint time, %Dec) and 30-15IFT, as well as  $HR_{\text{rest}}$  and  $HR_{\text{peak}}$  of

the 30-15IFT. Pearson's product moment correlations describe the relationships between the individual anthropometric variables and the physiological parameters of performance in MEL-G and NMEL-G. A stepwise multiple linear regression was used to determine the best predictors of performance in MEL-G and NMEL-G. The Systat 5.0 statistical package was used. For all statistics, a significance level of  $P < 0.05$  was pre-set.

## RESULTS

The anthropometric data revealed significantly lower height for MEL-G compared with NMEL-G ( $P=0.05$ ) and a trend ( $P=0.06$ ) for BMI. The other anthropometric characteristics showed no significant differences, as noted in Table 1.

The jump-and-reach test showed significantly higher values for MEL-G compared with NMEL-G ( $P=0.03$ ; Table 2). The T-Test showed a significantly higher performance for MEL-G compared with NMEL-G ( $P=0.05$ ; Table 2). No significant differences were observed

**TABLE 1.** Anthropometric data observed in MEL-G and NMEL-G.

	MEL-G	NMEL-G
Height (m)	1.73 ± 0.05 *	1.80 ± 0.08
Body mass (kg)	72.11 ± 6.92	73.81 ± 11.45
Bicipital (mm)	4.46 ± 2.69	3.85 ± 0.65
Tricipital (mm)	7.11 ± 2.86	7.75 ± 2.26
Suprailiac (mm)	7.76 ± 3.57	8.78 ± 2.87
Subscapula (mm)	12.08 ± 3.67	11.3 ± 2.10
Total skin fold (mm)	31.41 ± 11.35	31.68 ± 6.85
BMI (kg·m <sup>-2</sup> )	24.24 ± 2.7	22.73 ± 1.90
Density	1.06 ± 0.01	1.06 ± 0.01
Fat body mass (%)	17.68 ± 4.01	18.15 ± 2.68
Lean body mass (kg)	59.17 ± 4.02	60.25 ± 8.45

Note: \*Significantly different between groups,  $P < 0.05$ ; 1-beta = 0.676.

**TABLE 2.** results of the first set of field tests for MEL-G and NMEL-G.

	MEL-G	NMEL-G
T-Test (seconds)	10.47 ± 0.58	11.01 ± 0.64
CMJ (cm)	50.44 ± 5.88	45.16 ± 4.34
CMJ <sub>peakP</sub> (W)	4292 ± 423	4030 ± 498
VIFT (km·h <sup>-1</sup> )	18.71 ± 1.33	19.5 ± 0.6
eVO <sub>2max</sub> (ml·kg <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	51.46 ± 3.2	52.74 ± 1.94
HR <sub>rest</sub>	67.44 ± 17.95	74.75 ± 12.16
HR <sub>peak</sub>	193.56 ± 8.26	187.88 ± 12.68
Lean body mass (kg)	59.17 ± 4.02	60.25 ± 8.45

Note: \*Significantly different between groups;  $P < 0.05$ . T-Test for agility (1-beta=0.487), counter-movement jump (CMJ; 1-beta=0.557) for explosivity, CMJ<sub>peakP</sub> for an estimation of peak power according to the Sayers formula [23] and the intermittent, incremental shuttle-run test (30-15IFT [19]) to obtain the speed at the last completed stage (VIFT), estimated VO<sub>2max</sub> (eVO<sub>2max</sub>) and values of heart rate at rest (HR<sub>rest</sub>) and at maximal exercise (HR<sub>peak</sub>).

for the 5 m, 10 m, 15 m, and 30 m sprint performances (Table 3) between groups or for the 30-15IFT ( $P=0.07$ ), including HR<sub>peak</sub> and eVO<sub>2max</sub> ( $P=0.06$ ; Table 2).

No significant between-group differences were observed for RSA. However, the first RSA sprint showed a significantly lower intra-group value for MEL-G compared with NMEL-G ( $P=0.01$ ; Table 3).

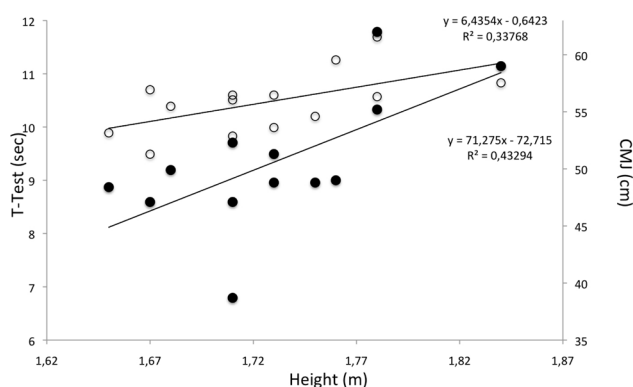
Within groups, RSA-COD and its components (i.e., FT, AT, TT, Ideal sprint time) showed significantly higher values compared with RSA components in both groups ( $P=0.001$ ; Table 3). However, between groups, no significant differences were observed between the %Dec of RSA and RSA-COD ( $P=0.697$ ), and the %Dec of RSA-COD was significantly lower in MEL-G compared with NMEL-G ( $P=0.05$ ).

**TABLE 3.** Results of the second set of field tests for MEL-G and NMEL-G

	MEL-G	NMEL-G
5m time (sec)	1.41 ± 0.11	1.35 ± 0.08
10m time (sec)	2.18 ± 0.12	2.13 ± 0.13
15m time (sec)	2.82 ± 0.15	2.84 ± 0.12
30m time (sec)	4.72 ± 0.17	4.80 ± 0.15
RSA 6x25m		
Time 1 (sec)	3.82 ± 0.23 <sup>§*</sup>	4.13 ± 0.22 <sup>§</sup>
Time 2 (sec)	3.95 ± 0.23 <sup>§</sup>	4.13 ± 0.28 <sup>§</sup>
Time 3 (sec)	3.98 ± 0.19 <sup>§</sup>	4.04 ± 0.19 <sup>§</sup>
Time 4 (sec)	4.05 ± 0.25 <sup>§</sup>	4.08 ± 0.19 <sup>§</sup>
Time 5 (sec)	4.01 ± 0.23 <sup>§</sup>	4.06 ± 0.11 <sup>§</sup>
Time 6 (sec)	4.15 ± 0.25 <sup>§</sup>	4.11 ± 0.19 <sup>§</sup>
Average time RSA	3.99 ± 0.17 <sup>§</sup>	4.09 ± 0.17 <sup>§</sup>
Fastest time RSA	3.77 ± 0.19 <sup>§</sup>	3.92 ± 0.19 <sup>§</sup>
Total sprint time RSA	23.96 ± 1.05 <sup>§</sup>	24.55 ± 1.01 <sup>§</sup>
Ideal sprint time RSA	22.64 ± 1.12 <sup>§</sup>	23.52 ± 1.13 <sup>§</sup>
%Dec score RSA	5.90 ± 3.11 <sup>§</sup>	4.44 ± 1.76
RSA-COD 6x(2x12.5m)		
Time 1 (sec)	5.38 ± 0.21	5.54 ± 0.23
Time 2 (sec)	5.41 ± 0.23	5.50 ± 0.22
Time 3 (sec)	5.43 ± 0.23	5.48 ± 0.11
Time 4 (sec)	5.51 ± 0.27	5.56 ± 0.17
Time 5 (sec)	5.50 ± 0.20	5.58 ± 0.18
Time 6 (sec)	5.57 ± 0.26	5.56 ± 0.24
Average time RSA-COD	5.47 ± 0.19	5.53 ± 0.15
Fastest time RSA-COD	5.29 ± 0.19	5.31 ± 0.18
Total time RSA-COD	32.79 ± 1.14	33.21 ± 0.92
Ideal sprint time RSA-COD	31.71 ± 1.15	31.86 ± 1.07
%Dec score RSA-COD	3.42 ± 0.96 *	4.25 ± 0.84

Note: \*Significantly different between groups for sprint 1 and %Dec score RSA-COD;  $P < 0.05$  and 1-beta=0.811 and 0.491; respectively. <sup>§</sup> Significantly different compared with RSA-COD within groups;  $P < 0.05$ . Sprint performances (5 m, 10 m, 15 m and 30 m) are presented. The repeated sprint ability test (RSA) consisted of straight-line sprints (6 x 25 m with 25 s active recovery) while the repeated sprint ability with change of direction test (RSA-COD) consisted of a 180-degree change of direction in the middle of the sprint distance [6x(2x12.5 m with 25 s active recovery)]. During RSA and RSA-COD, performances were recorded: the fastest time (FT), the average time (AT) and the total time (TT); ideal sprint time of all sprints; and the percentage decrement score (%Dec) as reported by Glaister et al. [24]

Simple regression analysis demonstrated some relationships between the anthropometric data and physiological parameters of performance. In particular, the height of MEL-G was significantly related to: CMJ ( $r=0.706$ ,  $P=0.01$ ),  $CMJ_{peakP}$  ( $r=0.709$ ,  $P=0.01$ ), T-Test ( $r=0.589$ ,  $P=0.02$ ), and %Dec RSA ( $r=-0.502$ ,  $P=0.04$ ). BMI was significantly and inversely related to CMJ ( $r=-0.583$ ,  $P=0.05$ ). LBM was significantly related to  $CMJ_{peakP}$  ( $r=0.619$ ,  $P=0.03$ ). In NMEL-G,  $CMJ_{peakP}$  was significantly related to height ( $r=0.894$ ,  $P=0.03$ ), body mass ( $r=0.866$ ,  $P=0.003$ ), bicipital ( $r=0.728$ ,  $P=0.04$ ) and subscapular ( $r=0.703$ ,  $P=0.05$ ) thicknesses, and LBM ( $r=0.846$ ,  $P=0.008$ ). The stepwise multiple linear regression demonstrated that height contributed to the physiological parameters of performance (T-Test,  $R^2=0.34$ ; CMJ,  $R^2=0.42$ ;  $CMJ_{peakP}$   $R^2=0.503$ ; Figure 1) in MEL-G.



**FIG. 1.** Prediction of performance ( $R^2$ ) between t-test and height (white circles), and t-test and CMJ (black circles), of MEL-G. Note:  $P=0.02$  and  $P=0.01$ , respectively.

## DISCUSSION

In this study, we provide for the first time the specific characteristics of Melanesian athletes and, more specifically, of elite futsal players. We also show significant relationships between height and both agility and explosivity in these Melanesian futsal players and suggest that the combination of these parameters may serve as a determinant for performance in futsal. Moreover, specific anthropometric and physiological characteristics were observed in the Melanesians, and these may contribute to building an anthropometric and physiological profile of Melanesian futsal players. All these parameters should be taken into consideration to improve talent identification and the training of Oceanian futsal players.

### Physiological parameters

#### Explosivity and agility

A significantly higher CMJ and better T-Test performance were observed in MEL-G compared with NMEL-G (Table 2). These observations were reinforced by significant correlations between height and the T-Test, CMJ and  $CMJ_{peakP}$  (Figure 1). The CMJ is considered to

be a stretch-shortening cycle (SSC) performance jump. This type of effort is important in the initial phase of sprinting because of the longer ground-contact phases during the first steps [17]. This physiological aspect could be an advantage in futsal, where players change their locomotion activity approximately every 3 seconds and 28 milliseconds [16], with 8.6 activities per minute and high-intensity exercise every 23 seconds [15]. Moreover, 5-12% of the game is sprinting or work at high intensity [15,27,28]. Explosivity is known to contribute to agility [29], and it surely contributed to the T-Test performances since MEL-G attained significantly better performances for this test (Table 2). Indeed, the participants performed five accelerations approximately every 2 seconds, with a mean time of 11 seconds, and greater explosivity would have enhanced agility during the T-Test. Among agility tests, the T-Test is reliable [18] even in soccer players ( $r=0.73$ ,  $P<0.05$ ; Sporis *et al.* [30]). In the present case, we can hypothesize that a lower centre of gravity (due to significantly lower height) combined with better explosivity and agility in MEL-G contributed to a specific motor pattern in the MEL-G futsal players, and we suggest that this would help technicians in defining a specific Oceanian playing style.

#### Sprints and repeated sprint ability with and without change of direction

It is interesting to note that MEL-G showed significantly lower %Dec in RSA-COD than in RSA. Furthermore, the fatigue index of RSA-COD was significantly lower in MEL-G than in NMEL-G (Table 3). In this context, one of the main performance determinants of futsal is the ability to repeat sprints whether or not they include diverse types of change of direction [3,4,5,30]. This ability has also been recently described in soccer [5,6], but it is even more important in futsal [31]. During RSA, energy is initially supplied by anaerobic metabolism (i.e., ATP-PC and glycolysis), which is gradually reduced during subsequent sprints as the participation of aerobic metabolism increases [32]. In contrast, no evidence of the source of energy metabolism in RSA-COD has been reported [6]. Even though RSA and RSA-COD are similar, with both requiring repeated short-duration, high-intensity efforts with brief rests, Wong *et al.* [6] suggested that these two types of abilities are independent. The authors based this suggestion on the report of Dellal *et al.* [5], who found that the physiological impact of intermittent shuttle sprints was substantially higher than that of intermittent in-line running. Also, Lakomy and Haydon [34] found that increased fatigue and slower sprint times during multiple (>10) sprint trials occurred for enforced deceleration within 6 m after the finish line as compared with sprints without forced deceleration. In addition, a specific running technique and neuromuscular adaptations have been implicated in tests similar to the RSA-COD [29]. Although a specific running technique does not seem likely to explain the significantly lower fatigue in RSA-COD than RSA in MEL-G, the hypothesis of greater neuromuscular adaptations, as indicated by higher explosivity, seems plausible for MEL-G. As explained above (i.e., in the explosivity and agility paragraph), the CMJ is considered to be a slow SSC performance jump. Castillo-Rodriguez

*et al.* [35] very recently demonstrated that the CMJ was the best predictor of the dominant COD sprint field test. This type of effort is thus considered to be important in the initial phase of sprinting because of the longer ground-contact phases during the first steps [17]. It may have contributed to each 180° directional change of the RSA-COD and consequently resulted in the significant difference between RSA-COD and RSA in MEL-G and the significantly lower %Dec in RSA-COD in MEL-G compared with NMEL-G. It is also possible that the lower centre of gravity in MEL-G due to lower height combined with better explosivity significantly reduced %Dec in the RSA-COD condition compared with NMEL-G. If this is so, it suggests a physiological determinant of performance in Melanesian futsal players.

#### *The intermittent, incremental shuttle-run test*

The 30-15IFT showed no differences in  $e\text{VO}_{2\text{max}}$  between MEL-G and NMEL-G, who had mean values of  $51.4 \pm 3.2 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  and  $52.7 \pm 1.9 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectively. These values are below those commonly observed for aerobic capacity in professional futsal players ( $>60 \text{ ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; Barbero-Alvarez *et al.* [27]). The VIFT values ( $18.7 \pm 1.3 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  and  $19.5 \pm 0.6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  for MEL-G and NMEL-G, respectively) agree with the literature regarding regional and national team-sport athletes tested with the 30-15IFT [33]. However, we expected some differences in VIFT between MEL-G and NMEL-G, given that VIFT is “a ‘composite’ of several physical qualities determinant in team sports” [19]. Indeed, VIFT is closely related to several physical abilities such as COD [33], acceleration, jump height, and repeated sprint ability [19]. Here we found no significant differences in VIFT between groups, whereas %Dec in RSA-COD indicated a better ability to repeat sprints with COD in MEL-G. The  $\text{HR}_{\text{peak}}$  measured at the end of the 30-15IFT ( $193.6 \pm 8.3$  and  $187.9 \pm 12.7 \text{ bpm}$  for MEL-G and NMEL-G, respectively) was in line with the values observed at the end of the futsal intermittent endurance test (FIET) of Barbero *et al.* [31] or those obtained using Carminatti’s intermittent shuttle running test [4]:  $\text{HR}_{\text{max}}$  of  $193 \pm 8$  and  $193 \pm 9 \text{ bpm}$ , respectively. Thus, the 30-15IFT showed high values of HR at the end of the test similar to those in the futsal literature, which indicates that it may also be an adapted field test for futsal.

#### *Anthropometric data*

The anthropometric parameters showed significantly lower height of MEL-G compared with NMEL-G,  $1.73 \pm 0.05 \text{ m}$  and  $1.80 \pm 0.08 \text{ m}$ , respectively (Table 1), although body mass was not significantly different:  $72.1 \pm 6.9 \text{ kg}$  and  $73.8 \pm 11.4 \text{ kg}$ , respectively (Table 1). According to the literature, top-level Spanish and Brazilian futsal players [1,2] have higher mean height (1.77 m and 1.76 m) and body mass (75.4 kg and 74.5 kg) than MEL-G. It is well known that height and body mass are reasonable predictors for participation in and success at the highest level in soccer [12,13,36]. While no data for the Melanesian players of the OFC were revealed in Wong’s review [12], other confederations showed systematically higher heights

for soccer players in comparison with the present study results, with a mean of 1.81 m for all confederations.

The BMI tended to be significantly higher in MEL-G than in NMEL-G ( $P < 0.07$ ):  $24.2 \pm 2.7\%$  and  $22.7 \pm 1.9\%$ , respectively. Once again, no data were revealed for the Melanesian players of the OFC in Wong’s review [12], but the BMI of elite soccer players showed a mean of  $23.1 \pm 1.3 \text{ kg/m}^2$  for all FIFA confederations analysed. Beyond this index, the %FBM measured in the present study showed higher values in both groups ( $17.6 \pm 2.4$  and  $18.1 \pm 2.6 \%$ FBM) when compared with Brazilian futsal players, who showed mean values of  $9.9 \pm 3.2 \%$ FBM [4]. Two observations could explain these differences. First, the level of practice of our Melanesian futsal players was lower than that of professional players. Second, the lifestyle of Pacific Islanders has changed because of the migration to and urbanization of Melanesia [14]. Indeed, sedentary lifestyles, diets high in fats and refined sugars, and decreased infant breastfeeding are now common among Pacific Islanders and have all been associated with obesity [14,37]. Although not obese, the present futsal players (MEL-G and NMEL-G) may have a lifestyle that partially explains the high percentage of FBM observed. Melanesian futsal coaches thus may have to promote healthier diets and lifestyles to improve the body composition of their players. The present anthropometric data could be considered as the first evidence of a distinct profile of Melanesian futsal players, as they had lower body height and a higher %FBM compared with non-Melanesian players.

## CONCLUSIONS

This study showed for the first time specific anthropometric and physiological parameters in Melanesian futsal players. Especially, significant relationships between height and both agility and explosivity were noted in the Melanesian players. This was accompanied by a significantly lower fatigue index for RSA-COD in MEL-G when compared with: (1) %Dec of RSA in MEL-G and (2) %Dec of RSA-COD in NMEL-G. These anthropometric and physiological performance parameters should help futsal coaches and fitness coaches to define an objective basis for talent identification and provide training perspectives to develop a specific Oceanian playing style. However, further studies are needed to improve anthropometric and physiological knowledge of Pacific Islanders, especially Melanesian athletes.

**Acknowledgments:** Special thanks to the players for kindly making themselves available for this study. Thanks also to the technical staff: William Bret, Steeve Laigle, Eric Michalak and Noam Tein. This study was supported by the Fédération Calédonienne de Football, a member of the Oceanian Football Confederation, FIFA.

**Conflict of interests:** the authors declared no conflict of interests regarding the publication of this manuscript.

### Authors' affiliations:

- <sup>1</sup> ESPE de la Nouvelle-Calédonie, CNEP EA 4242, Université de la Nouvelle-Calédonie, Campus de Nouville - BP R4 - 98851 Nouméa, New Caledonia
- <sup>2</sup> UPRES-EA 3596, Laboratoire ACTES, Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives Antilles-Guyane, Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre Cedex, France a
- <sup>3</sup> Athlete Health and Performance Research Centre, ASPETAR, Qatar Orthopaedic and Sports Medicine Hospital, Doha, Qatar
- <sup>4</sup> Research Laboratory "Sport Performance Optimization", National Centre of Medicine and Sciences in Sport (CNMSS), Tunis, Tunisia
- <sup>5</sup> FIFA Medical Center of Excellence, Centre Orthopedique Santy, Lyon, France
- <sup>6</sup> Football Training and Biomechanics Laboratory, Technical Department, Italian Football Federation (FIGC), Coverciano (Florence), Italy

### REFERENCES

1. Baroni BM, Leal Junior EC. Aerobic capacity of male professional futsal players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2010;50:395-9.
2. Castagna C and Barbero-Alvarez JC. Physiological demands of an intermittent futsal-oriented high-intensity test. *J Strength Cond. Res*. 2010;24:2322-9.
3. Castagna C, D'Ottavio S, Granda Vera J, Barbero Alvarez JC. Match demands of professional Futsal: a case study. *J Sci Med Sport*. 2009;12:490-4.
4. Dittrich N, Da Silva JF, Castagna C, De Lucas RD, Guglielmo LG. Validity of Carminatti's test to determine physiological indices of aerobic power and capacity in soccer and futsal players. *J Strength Cond Res*. 2011;25:3099-3106.
5. Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong DP, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3219-26.
6. Wong D. Characteristics of world cup soccer players. *Soccer Journal*. 2008;53(1):57-62.
7. Benvenuti C, Minganti C, Condello G, Capranica L, Tessitore A. Agility assessment in female futsal and soccer players. *Medicina (Kaunas)*. 2010;46(6):415-20.
8. Burns T. Holistic futsal: a total mind-body-spirit approach. New York (NY): Lulu; 2003.
9. Goncalves JT. The principles of Brazilian Soccer. Spring Agility assessment in female futsal and soccer players *Medicina (Kaunas)*. 2010;46(6) City (PA): Reedswain Inc; 1998.
10. Vaeyens R, Lenoir M, Williams AM, Philippaerts RM. Mechanisms underpinning successful decision making in skilled youth soccer players: an analysis of visual search behaviours. *J Mot Behav*. 2007;39:396-08.
11. Little T, Williams AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J Strength Cond Res*. 2005;19:76-8.
12. Wong PL, Chamari K, Dellal A, Wisløff U. Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(4):1204-10.
13. Wong DP, Chan GS, Smith AW. Repeated sprint and change-of-direction abilities in physically active individuals and soccer players: training and testing implications. *J Strength Cond Res*. 2011;26(9):2324-30.
14. Okihiro M, and Harrigan R. An overview of obesity and diabetes in the diverse populations of the Pacific Ethn Dis. 2005;15:S5-71-80, Review.
15. Barbero-Alvarez JC, Soto VM, Barbero-Alvarez V, Granda-Vera J Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *J Sports Sci*. 2008;26:63-73.
16. Dogramaci SN, Watsford ML. A comparison of two different methods for time-motion analysis in team sports. *Int J Perform Anal Sport*. 2006;6:73-83.
17. Jovanovic M, Sporis G, Omrcen D, Fiorentini F. Effects of speed, agility, quickness training method on power performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011;25:1285-92.
18. Pauole K, Madole K, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and Validity of the T-Test as a Measure of Agility, Leg Power, and Leg Speed in College-Aged Men and Women. *J Strength Cond Res*. 2000;14:443-450.
19. Buchheit M. The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res*. 2008;22:365-74.
20. Galy O, Ben Zoubir S, Hambli M, Chaouachi A, Hue O, Chamari K. Relationships between heart rate and physiological parameters of performance in top-level water polo players. *Biol Sport* 2014;31:33-38
21. Durnin JV, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr*. 2003;89:147-55.
22. Casartelli N, Muller R, Maffiuletti N. Validity and reliability of myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3186-3193.
23. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc*. 1999; 31:572-7.
24. Glaister M, Howatson G, Pattison JR, Mc Innes J The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: and issue revisited. *J Strength Cond Res*. 2008;22:1597-1601.
25. Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Med*. 2005;35:1025-1044.
26. Semenick D. The T-test. *NSCA J*. 1990;12:36-37.
27. Barbero-Alvarez JC, D'Ottavio S, Granda Vera J, Castagna C. Aerobic fitness in futsal players of different competitive level. *J Strength Cond Res*. 2009;23:163-2166.
28. Dogramaci SN, Watsford ML, Murphy AJ Time-motion analysis of international and national level futsal. *J Strength Cond Res*. 2011;25:646-51.
29. Sheppard JM and Young WB. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci*. 2006;24:919-932.
30. Sporis G, Jukic I, Milanovic L, Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24:679-86.
31. Barbero-Alvarez JC, Miladi I, Ahmaidi S. Relationship between a new futsal intermittent endurance test (FIET) and repeated-sprint ability in professional futsal players, In: 11th Annual Congress of the European College of Sport Science. Hoppeler RTH, Tsolakidis E, Gfeller L, and Klossner S, ed. Lausanne, Switzerland: ECSS, 2006. p. 537.
32. Spencer M, Fitzsimons M, Dawson B, Bishop D, Goodman C. Reliability of a repeated-sprint test for field-hockey. *J Sci Med Sport*. 2006;9:181-184.
33. Haydar B, Al Haddad H, Ahmaidi S, Buchheit M. Assessing inter-effort recovery and change of direction ability with the 30-15 Intermittent Fitness Test. *J Sports Sci Med*. 2011;10,346-354.
34. Lakomy J, and Haydon DT. The effects of enforced, rapid deceleration on performance in a multiple sprint test. *J Strength Cond Res*. 2004;18:579-583.
35. Castillo-Rodríguez A, Fernández-García JC, Chinchilla-Minguet JL, Carnero EA. Relationship Between Muscular Strength and Sprints with Changes of Direction. *J Strength Cond Res*. 2012;26(3):725-32.
36. Śliwowski R, Andrzejewski M, Wiecezorek A, Barinow-Wojewódzki A, Jadcak Ł, Adrian J, Pietrzak M, Wiecezorek J Changes in the anaerobic threshold in an annual cycle of sport training of young soccer players. *Biol Sport*. 2013;30(2):137-43.
37. Forshee RA, Anderson PA, Storey ML. The role of beverage consumption, physical activity, sedentary behavior, and demographics on body mass index of adolescents. *Int J Food Sci Nutr*. 2004;55:463-78.



**DEUXIEME ARTICLE DE LA THESE**

## Intensity, recovery kinetics and well-being indices are not altered during an official FIFA futsal tournament in Oceanian players

KEYNE CHARLOT<sup>1,2</sup>, PAUL ZONGO<sup>1,3</sup>, ANTHONY SCOTT LEICHT<sup>4</sup>, OLIVIER HUE<sup>1</sup> & OLIVIER GALY<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratory ACTES, (EA 3596), Faculty of Physical Activity and Sports, University of Guadeloupe, Pointe à Pitre, Guadeloupe, France, <sup>2</sup>UMR Inserm U1134 University of Guadeloupe, Pointe à Pitre, Guadeloupe, France, <sup>3</sup>Laboratory LIRE, Research unit of ESPE, University of New Caledonia, Noumea, New Caledonia and <sup>4</sup>College of Healthcare Sciences, Division of Tropical Health and Medicine, James Cook University, Townsville, Queensland, Australia

(Accepted 26 May 2015)

### Abstract

Physiological responses (intensity and recovery kinetics) and well-being indices were examined during a 4-day FIFA international tournament. Ten outfield New Caledonian players (age:  $25.5 \pm 3.8$  years; height:  $170 \pm 7$  cm; weight:  $70.7 \pm 8.6$  kg) were assessed during the four matches. Players' aerobic and anaerobic capacities were measured before the tournament while heart rate (HR), intra-matches recovery and well-being indices (Hooper index) were measured throughout the tournament. HR ( $168 \pm 8$  bpm), exercise intensity ( $83.4 \pm 2.3\%$  of HR reserve) and recovery indices were similar throughout the tournament. Well-being indices were largely alike during the tournament while rating of perceived exertion increased throughout the tournament that was not associated with HR or well-being indices. High aerobic and anaerobic capacities were associated with high match intensities and slow recovery indices. In summary, match intensity assessed by HR, recovery kinetics and well-being of Oceanian futsal players were not modified during a 4-day FIFA futsal tournament. Assessment of aerobic and anaerobic capacities may be useful to select players for optimal performance during this type of international tournament.

**Keywords:** repeated sprint ability, ethnicity, South Pacific, New Caledonia, Hooper index, rating of perceived exertion, Melanesian, soccer

### Introduction

Futsal is a relatively new sport discipline, accredited by the Fédération Internationale de Football Amateur (FIFA) since 1989. Despite its young age, several studies have assessed the physiological demands of a simulated or official futsal match (Barbero-Alvarez, Soto, Barbero-Alvarez, & Granda-Vera, 2008; Castagna, D'Ottavio, Granda Vera, & Barbero Alvarez, 2009; De Oliveira Bueno et al., 2014; Makaje, Ruangthai, Arkarapanthu, & Yoopat, 2012; Rodrigues et al., 2011). Futsal has been reported to be a very intense sport with mean heart rate (HR) and oxygen uptake ( $VO_2$ ) levels of greater than 80% and 70% of maximal values, respectively (Makaje et al., 2012; Rodrigues et al., 2011). Moreover, players spent more than 40% and 15% of time outfield with HR and  $VO_2$ , respectively, above 90% of maximal values (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009). Further, the

mean distance covered during official 40-min futsal matches has been reported to comprise between 3 and 4 km with at least 19% involving high-intensity running or sprints (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014). These characteristics confirm futsal as an activity requiring both high maximal oxygen uptake ( $VO_{2max}$ ) and an ability to complete repeat, short sprints (Castagna et al., 2009; Galy et al., 2015). Thus, the ability to quickly recover from multiple maximal efforts between substitutions is essential to maintain high-level intensity. Additionally, the recovery ability between matches may also be paramount for elite players, particularly when time between matches is short such as during international tournaments.

Prior studies have examined players' capacities and physiological responses during isolated simulated or official futsal matches (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012; Rodrigues et al., 2011) with little attention to

more complex competitions. Rodrigues et al. (2011) documented the matches' intensity using HR measurements of a Brazilian team during a whole season (13 matches). However, recovery periods between each match was long (>6 days) and the influence of acute fatigue was therefore not addressed. Recently, Freitas, De Souza, Oliveira, Pereira, and Nakamura (2014) examined a 4-match tournament and reported a decrease in explosive skills and recovery, assessed by subjective scales. However, the effect of accumulated fatigue resulting from prior matches on subsequent match intensity and recovery kinetics has not been examined extensively. As major international tournaments use a compact model of play with 0–2 days of recovery between matches, it is important that an examination of players' capacities and levels of intensity be undertaken during these tournaments to assist coaches in preparing athletes for optimal functioning. For example, physical characteristics such as body composition and physiological abilities (e.g. aerobic or anaerobic capacity assessed by field tests) may influence players' recovery and therefore performance over multiple matches in a short time frame. Further, identification of players' responses during these intense competitions may highlight the degree and time course of stress imposed on athletes and possible avenues to assist high-level performance in major competition.

The aims of this study were to (1) identify the physiological (exercise intensity and recovery kinetics derived from HR measurements) and perceptual (rating of perceived exertion [RPE] and subjective well-being indices [Hooper index]) responses of high-level players during a major international futsal tournament and to (2) investigate whether contributors to performance (e.g. anthropometry, anaerobic and aerobic capacities) could predict the ability to maintain a high level of intensity during a compact, multi-match, international tournament.

## Materials and methods

### Participants

Ten outfield well-trained futsal players (Table I) were selected by the Fédération Calédonienne de Football to participate in the Oceania Football Confederation (OFC) tournament that took place in Auckland (New Zealand) from the 23rd to the 27th of July, 2013. They were of Melanesian heritage and all gave informed written consent before participating in the protocol, which was in accordance with the country's legal requirements and the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of the University of New Caledonia.

Table I. Participant characteristics.

Characteristics	Mean ± SD
Age (years)	25.5 ± 3.8
Height (cm)	170 ± 7
Weight (kg)	70.7 ± 8.6
Fat mass (%)	17.3 ± 3.7
Fat-free mass (kg)	58.2 ± 5.1
Playing experience (years)	14.0 ± 5.5
Weekly training (h)	7.2 ± 2.2
$V_{IFT}$ ( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ )	19.2 ± 0.6
$e\text{VO}_{2\text{max}}$ ( $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	53.1 ± 2.1
5 m Sprint (s)	1.00 ± 0.07
10 m Sprint (s)	1.72 ± 0.07
15 m Sprint (s)	2.38 ± 0.05
30 m Sprint (s)	4.20 ± 0.11
Mean RSA (s)	3.84 ± 0.17
Total time RSA (s)	23.1 ± 1.1
%Dec RSA (%)	7.40 ± 3.94
Mean RSA-COD (s)	5.32 ± 0.17
Total time RSA-COD (s)	30.5 ± 2.3
%Dec RSA-COD (%)	4.13 ± 1.32

Notes:  $V_{IFT}$ , maximal velocity during the 30-15IFT;  $e\text{VO}_{2\text{max}}$   $\text{VO}_{2\text{max}}$  estimated from 30-15IFT test; RSA, repeated sprint ability; COD, change of direction.

### Design

Performance contributors were identified before the tournament with the following tests: 30–15 intermittent fitness test (30–15IFT); 5, 10, 15 and 30 m sprints and repeated sprint ability (RSA) test with and without changes of direction. During the tournament, players' responses were documented via pre-match completion of subjective scales to assess current stress levels, muscle soreness and fatigue and previous night's sleep quality; HR monitoring during each match, and post-match assessment of player's RPE to assess physical workload. A total of four matches (two 20-min halves by match) were undertaken by participants over four consecutive days.

### Before tournament

**Anthropometry.** After height and body mass measurements (Tanita HA 503, Tanita Corporation, Tokyo, Japan), body fat mass was estimated from 4 skinfold thicknesses (Durnin & Rahaman, 2003) measured by an experienced assessor on the right side of the body with Harpenden skinfold callipers (HSB-BI, Burgess Hill, West Sussex, UK).

**Sprint tests.** The participants performed three 30 m sprints with 5, 10, 15 and 30 m split-times recorded with the best performance for each split distance used for analysis. All sprints occurred on an indoor synthetic court with recovery between sprints (2–3 min). Sprints were recorded using photo-cell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, UT,

USA, accuracy of 0.01 s) placed 1 m above the ground. The volunteers started each sprint upon the starter's signal and 0.5 m behind the first photo-cell gate.

*RSA with and without change of direction (COD).* The RSA test consisted of straight-line sprints ( $6 \times 25$  m with 25 s active recovery) while the RSA with COD test (RSA-COD) consisted of a  $180^\circ$  COD in the middle of the sprint distance [ $6 \times (2 \times 12.5$  m) with 25 s active recovery] (Wong, 2008). During the active recovery, participants jogged slowly back to the starting line and waited for the next sprint. Time trials were conducted using similar stances and photo-cell gates as described earlier. Total time was calculated and as per the recommendations of Glaister, Howatson, Pattison, and McInnes (2008), %Dec ( $[100 \times (\text{total time/ideal sprint time})] - 100$ ) was used to assess RSA fatigue with %Dec known to be significantly influenced by aerobic power (Brown, Hughes, & Tong, 2007). All players were familiar with all the sprint tests before the study.

*30-15 IFT.* It was performed as described and validated by Buchheit (2008) on an indoor synthetic track. It consisted of 30 s shuttle runs (40 m) interspersed with 15 s passive recovery periods. The initial running velocity was set at  $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  for the first 30 s and increased by  $0.5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  every 30 s thereafter. Running pace was governed by a pre-recorded audio signal. Participants were instructed to complete as many 30 s "stages" as possible, and the test ended when the player could no longer maintain the required running speed. The speed at the last completed stage ( $V_{\text{IFT}}$ ) was recorded and used to estimate  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $e\text{VO}_{2\text{max}}$ ) (Buchheit, 2008). HR at rest ( $\text{HR}_{\text{rest}}$ ) was measured during the last minute of a 5-min period in a comfortable sitting position before the 30-15 IFT. All HR measurements ( $\text{HR}_{\text{rest}}$  and peak HR;  $\text{HR}_{\text{peak}}$ ) were recorded continuously using a HR monitor (Suunto t6, Suunto, Finland). All players had performed at least on 30-15 IFT before the study.

#### Measurements during tournament

*Hooper index.* Fifteen minutes before each match, participants subjectively rated their quality of sleep for the night preceding the match, their current perceived level of fatigue, stress, and delayed-onset muscular soreness (DOMS) on a 1–7 scale with 1 being "very very good" for sleep or "very very low" for the other three indices, and 7 being "very very bad" for sleep and "very very high" for the other indices (Hooper & Mackinnon, 1995). The sum of these four scores was used to calculate the Hooper index, a measure of player fatigue.

*Heart rate indices.* Prior to warm-up for each match, participants wore a HR monitor (Suunto t6, Suunto, Finland) around the chest and until 15 min after the end of each match. HR recordings were then extracted using the manufacturer's software as 10 s mean HR values.

Exercise intensity was assessed via the time spent on the field during the match within categories according to the percentage (%) of HR reserve (HRR: maximal HR – HR at rest). A classification based on %HRR was used in this study as it reflects precisely the actual workload above that of rest:

- High intensity: the percentage of time spent  $>80\%$  HRR ( $T > 80\%$ ),
- Moderate intensity: the percentage of time spent between 50 and 80% HRR ( $T_{50-80\%}$ ),
- Low intensity: the percentage of time spent  $<50\%$  HRR ( $T < 50\%$ ).

This classification is based on previous works (Barbero-Alvarez et al., 2008; Makaje et al., 2012). But in the present article, the classification was based on % of HRR instead of %  $\text{HR}_{\text{max}}$  since it takes into account HR at rest and reflects more accurately intensity.

*Recovery indices.* Reductions in HR provide a simple measure of player recovery with the absolute change between HR at the substitution (arrival on the bench) and HR at 60 s after the substitution ( $\Delta 60$ ) suitable when recovery time is short ( $<2$  min) (Dupuy et al., 2012). Additionally, the rate or time constant of HR reduction ( $\text{Tau}$ ) can also document recovery kinetics with the following mono-exponential function applied to the current study (Perini et al., 1989) with the greater the  $\text{Tau}$ , the slower the recovery. It has been proposed that  $\Delta 60$  was determined by parasympathetic reactivation while  $\text{Tau}$  was influenced by sympathetic withdrawal and clearance of stress system metabolites (Buchheit, Papelier, Laursen, & Ahmaidi, 2007). All HR recovery indices were calculated for each substitution during each match except when recovery duration was less than 2 min or when players did not remain quietly on the bench.

*Post-match rating.* Players rated their level of perceived exertion (RPE) during the match within the 10 min after the match using a scale from 0 to 10 with 0 being "rest" and 10 being "maximal" (Foster et al., 2001). These ratings have been used previously in futsal athletes (Milanez et al., 2011).

#### Statistics

All values are expressed as mean  $\pm$  standard deviation (SD) with analyses conducted using GraphPad

Prism version 5 for Windows (San Diego, CA, USA). Data were assessed for normality using Shapiro–Wilk tests. A Friedman test was applied for repeated measures (i.e. over time). When statistical significance was observed, post hoc analyses (Wilcoxon test) were performed to establish the significant differences. Differences between the match halves were assessed with Wilcoxon matched pair tests. The effect sizes (ES) of the differences ( $d$ ) were calculated. Cohen's categories were used to evaluate the magnitude of these ES (small if  $0 \leq d \leq 0.5$ , medium if  $0.5 < d \leq 0.8$  and large if  $d > 0.8$ ) (Cohen, 1988). Spearman's rank correlation coefficients were used to identify associations between non-normally distributed variables. A significance level of  $P < 0.05$  was set prior to the study.

## Results

### Match characteristics

At the exception of match 4 in which one player did not play due to injury and another was injured during the first half of match 4 and did not play the second half of this match, rotation was fixed during the tournament: the whole team (except the goalkeeper) was subbed for other players each 2 min. Thus, time spent on the field was balanced between players and comprised between 21% and 52% of match duration.

New Caledonia lost their three matches within their group (they were behind at half-time by 2–3 goals for each match), finished last and played off for 7th place within the OFC (defeat: 2–4). The number of appearances on the field, the time spent on the field for each appearance and the total time spent on the field were not different between matches (Table II). However, a small increase in number of appearances increased was observed during the 2nd half compared to the 1st half ( $P = 0.022$ ; ES = 0.30; 95% confidence interval [CI], 0.23–0.98, Table III).

Table II. Match characteristics.

	Match 1	Match 2	Match 3	Match 4
Day of week	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Match type	Group stage	Group stage	Group stage	7th place play-off
Opponent	Malaysia	Solomon Islands	New Zealand	New Zealand 2
Score (at half-time)	3–8 (2–5)	4–7 (2–4)	2–7 (2–4)	2–4 (2–2)
Number of player appearances per match	8.6 ± 2.7	9.0 ± 2.4	10.1 ± 2.5	9.1 ± 2.9
Duration of each player's appearance (s)	202 ± 21	190 ± 19	190 ± 27	194 ± 15
Time played by each player(s)	1665 ± 571	1784 ± 547	1887 ± 601	1763 ± 627
Time played/total time of the match (%)	38 ± 13	38 ± 12	35 ± 12	36 ± 13

Notes: Mean ± SD; HR, heart rate.

Table III. Differences between halves of futsal matches.

	Absolute difference	Relative difference (%)
Appearances	0.6 ± 0.6*	11 ± 13
Duration of each appearance (s)	-11.0 ± 21.3	-6.5 ± 11.6
Time played per player (s)	55 ± 163	22 ± 63
Time played/Total time of the match (%)	-0.71 ± 7.8	-8 ± 27
HR (bpm)	-2.4 ± 3.1*	-1.3 ± 1.9
Mean intensity (%HRR)	-2.0 ± 2.7*	-2.1 ± 3.1
$T > 80\%$ of HRR	-4.8 ± 9.3*	-2.7 ± 17.2
$T50-80\%$ of HRR	4.3 ± 8.0*	35.1 ± 29.6
$T < 50\%$ of HRR	0.2 ± 1.2	10.7 ± 50.5
$\Delta 60$ (bpm)	3.9 ± 5.4	12.1 ± 18.3
Tau (s)	-14.6 ± 15.8*	-10.4 ± 13.7

Notes: Mean ± SD. HR, heart rate; HRR, reserve HR;  $T > 80\%$ , time spent above 80% of HRR;  $T50-80\%$ , time spent between 50% and 80% of HRR;  $T < 50\%$ , time spent below 50% of HRR;  $\Delta 60$ : HR when returning immediately on the bench – HR 60 s after returning on the bench. \* $P < 0.05$  for values during 2nd half significantly different to those of 1st half.

### RPE and Hooper index

Analysis revealed a time effect for RPE ( $P = 0.015$ ), stress score ( $P < 0.001$ ) and DOMS score ( $P = 0.002$ , Figure 1). Post hoc analyses indicated that RPE were slightly higher after match 3 than match 1 ( $P = 0.040$ ; ES = 0.45; 95% CI, 0.31–3.09) and match 4 ( $P = 0.033$ ; ES = 0.40; 95% CI, 0.40–3.15). Small to moderate increases in stress scores were observed between match 1 than before match 3 ( $P = 0.031$ ; ES = 0.32; 95% CI, 0.20–1.26), before match 4 ( $P = 0.019$ ; ES = 0.40; 95% CI, 0.35–1.47) and after match 4 ( $P = 0.013$ ; ES = 0.57; 95% CI, 0.59–1.95). A moderate decrease in stress scores was noted before match 2 than after match 4 ( $P = 0.018$ ; ES = 0.55; 95% CI, 0.44–1.38). Scores for DOMS were lower (moderate differences) before match 1 than before match 2 ( $P = 0.007$ ; ES = -0.73; 95% CI, -2.26 to -1.20), match 3 ( $P = 0.014$ ; ES = -0.70; 95% CI, -2.78 to -1.04), match 4 ( $P = 0.013$ ; ES = -0.71; 95% CI, -3.23 to -1.32) and after match 4

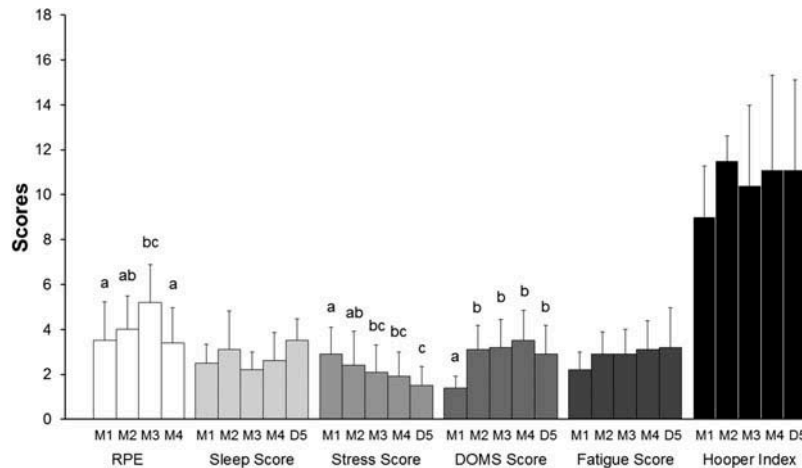


Figure 1. Ratings of perceived exertion (RPE) after each match and well-being indices before each match. Values are means  $\pm$  SD. RPE scales were completed just after the match. Well-being indices were completed just before the match. M1 refers to the score just before or just after the first match while D5 is the day after match 4. DOMS: delayed onset muscle soreness. Columns with different letters are statistically different ( $P < 0.05$ ).

( $P = 0.019$ ; ES =  $-0.61$ ; 95% CI,  $-2.37$  to  $-0.54$ ). Sleep and fatigue scores and Hooper index were not significantly different between matches (Figure 1).

#### Heart rate

A significant time effect for HR ( $P = 0.018$ ) and % HRR ( $P = 0.005$ ) was noted during the tournament. Small and moderate decreases in mean HR and % HRR, respectively, were observed in match 4 compared to match 1 ( $P < 0.001$ ; ES =  $-0.37$ ; 95% CI,  $-11.60$  to  $-5.40$  and  $P < 0.001$ ; ES =  $-0.72$ ; 95% CI,  $-9.18$  to  $-4.29$ , respectively), match 2 ( $P = 0.005$ ; ES =  $-0.25$ ; 95% CI,  $-8.81$  to  $-2.19$  and  $P = 0.023$ ; ES =  $-0.55$ ; 95% CI,  $-6.24$  to  $-1.23$ , respectively) and match 3 ( $P = 0.012$ ; ES =  $-0.24$ ; 95% CI,  $-9.25$  to  $-3.74$  and  $P = 0.031$ ; ES =  $-0.52$ ; 95% CI,  $-7.32$  to  $-3.06$ , respectively). A trivial decrease in mean HR ( $P = 0.036$ ; ES =  $-0.14$ ; 95% CI,  $-3.86$  to  $-0.92$ ) and a small decrease in %HRR ( $P = 0.004$ ; ES =  $-0.35$ ; 95% CI,  $-3.07$  to  $-0.69$ ) were observed in 2nd half compared with the 1st half (Table III).

A time effect was observed for the  $T > 80\%$  ( $P = 0.030$ ),  $T50-80\%$  ( $P = 0.009$ ) and  $T < 50\%$  ( $P = 0.040$ ) categorisations. Moderate decreases in  $T > 80\%$  and increases in  $T50-80\%$  were observed during match 4 compared to match 1 ( $P < 0.001$ ; ES =  $-0.63$ ; 95% CI,  $-30.30$  to  $-11.63$  and  $P = 0.002$ ; ES =  $0.55$ ; 95% CI,  $9.20-25.74$ , respectively), match 2 ( $P = 0.004$ ; ES =  $-0.60$ ; 95% CI,  $-23.65$  to  $-10.03$  and  $P = 0.007$ ; ES =  $0.49$ ; 95% CI,  $5.52-20.64$ , respectively) and match 3 ( $P = 0.023$ ; ES =  $-0.61$ ; 95% CI,  $-25.67$  to  $-7.29$  and  $P = 0.005$ ; ES =  $0.51$ ; 95% CI,  $2.81-22.89$ , respectively) while a moderate increase was

observed in  $T < 50\%$  during match 4 compared to match 2 ( $P = 0.031$ ; ES =  $0.48$ ; 95% CI,  $0.22-4.70$ ; Figure 2C). Moreover, mean  $T > 80\%$  was slightly lower and mean  $T50-80\%$  trivially higher during the 2nd half compared with the 1st half of matches ( $P = 0.049$ ; ES =  $-0.31$ ; 95% CI,  $-8.11$  to  $-0.81$  and  $P = 0.027$ ; ES =  $0.09$ ; 95% CI,  $1.26-8.74$ , respectively; Table III).

#### Recovery indices

During the OFC tournament,  $\Delta 60$  and Tau were not different between matches of the tournament (Figure 3). However, mean Tau was significantly altered between match halves being slightly lower during the 2nd half compared with the 1st half ( $P = 0.027$ ; ES =  $-0.30$ ; 95% CI,  $-23.04$  to  $-4.75$ ; Table III).

#### Correlations

During the OFC, significant negative correlations were noted between HR and %Dec RSA and between HR and RSA-COD, and positive correlations between %HRR and Tau, and between  $T > 80\%$  and estimated  $VO_{2max}$  (Table IV). Similarly, significant correlations were noted between recovery indices ( $\Delta 60$  and Tau) and performance capacities ( $eVO_{2max}$  and sprint times) (Table IV).

#### Discussion

This study was the first to assess the effect of an official international, multi-match futsal tournament on indices of player level of intensity and

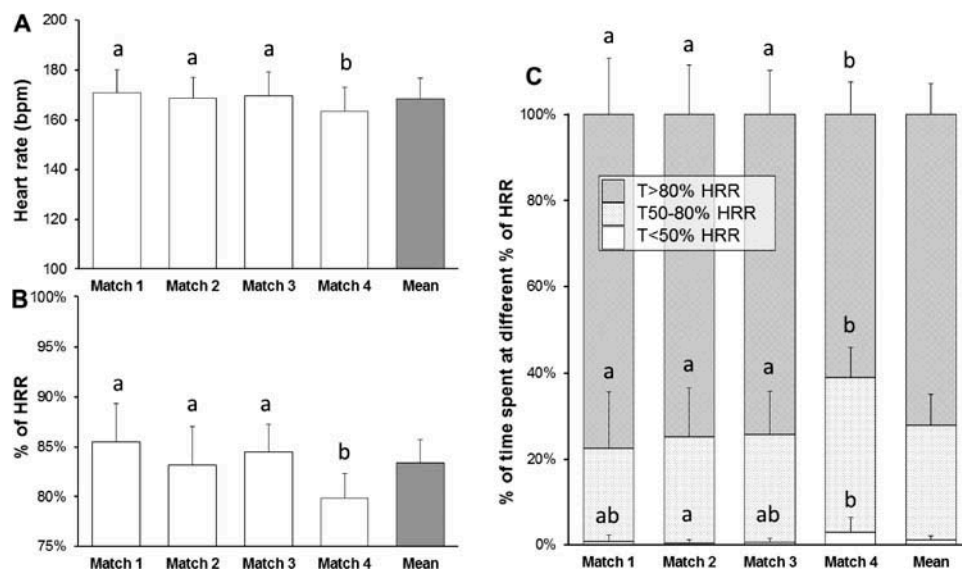


Figure 2. Heart rate (A), % of heart rate reserve (B) and time spent at different intensities (C) for each match. Values are means  $\pm$  SD.  $T > 80\%$ , time spent above 80% of HRR;  $T 50-80\%$ , time spent between 50% and 80% of HRR;  $T < 50\%$ , time spent below 50% of HRR. Columns with different letters are statistically different ( $P < 0.05$ ).

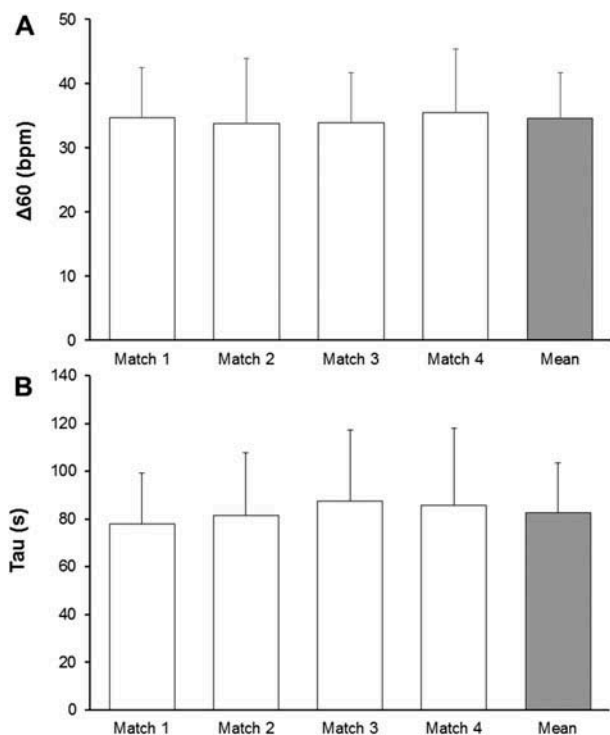


Figure 3. Recovery indices ( $\Delta 60$  [A] and Tau [B]) during each match. Values are means  $\pm$  SD.  $\Delta 60$ , HR when returning immediately on the bench – HR 60 s after returning on the bench.

quality of recovery. Importantly, most match physiological parameters and well-being (sleep, fatigue, Hooper index) indices were largely unaffected with successive matches indicating that international grade futsal players could maintain a high level of intensity during a compact tournament despite an

Table IV. Significant correlations between mean variables.

Variable 1	Variable 2	$\rho$	$P$
HR on the field	%Dec RSA	-0.662	0.039
	RSA-COD	-0.786	0.021
% HRR	Tau	0.639	0.049
$T > 80\%$	Estimated $VO_{2max}$	0.654	0.048
$\Delta 60$	Weekly hours of practice	-0.682	0.043
	Estimated $VO_{2max}$	-0.698	0.037
Tau	10 m sprint time	-0.731	0.025
	15 m sprint time	-0.835	0.005

Notes:  $\rho$ , Spearman rank correlation coefficient; DOMS, delayed onset muscle soreness;  $\Delta 60$ , HR when returning immediately on the bench – HR 60 s after returning on the bench; RPE, ratings of perceived exertion; HRR, heart rate reserve;  $T < 80\%$ , time spent above 80% HRR; %Dec RSA, decrement score during the repeated sprint ability test; RSA-COD, RSA with change of direction;  $VO_{2max}$ , maximal oxygen uptake from the 30-15IFT.

increase in RPE. HR, %HRR and  $T > 80\%$  decreased during the last match; however, these results may have been related to the opposition rather than an accumulative physiological consequence (discussed later). Despite similar match responses for player levels of intensity, there were small differences within matches with mean values of HR, %HRR,  $T > 80\%$  and Tau lower, and  $T 50-80\%$  higher, for the 2nd half compared with the 1st half that may indicate a degree of within match player fatigue. However, the differences between halves were similar across matches. Finally, significant correlations were identified between pre-match, well-being indices and HR-based and recovery indices during the match.

The mean exercise intensity (%HRR) during the four matches of the OFC tournament was approximately 83% (Figure 2B). This intensity equated to a level of ~ 89% maximum HR, a level that has been previously reported for athletes during simulated and official futsal matches (86–90% of maximum HR) (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; Makaje et al., 2012; Rodrigues et al., 2011). Players in the current study spent the majority (~73%) of their match time at high intensities ( $T > 80\%$ ) with only a very small (~1%) low-intensity component ( $T < 50\%$ , Figure 2C). These results confirm previous studies that players experience a prominent level of high-intensity activity during competitive futsal matches (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009). Overall, players' match activity profile was associated with measures relevant to both aerobic ( $eVO_{2max}$ , %Dec RSA) and anaerobic (RSA-COD) metabolism, clearly indicating the necessity of both systems for high-level futsal performance (Castagna et al., 2009; Galy et al., 2015). Current results re-enforce the importance to develop both aerobic and anaerobic capacities for sustained performance at major international competitions. Recent studies indicated that intense intermittent exercise performance assessed by Yo-Yo Intermittent Endurance Levels 1 and 2 tests were not correlated with  $VO_{2max}$  in trained futsal (Boullosa et al., 2013) and soccer players (Krustrup et al., 2015) while the association was significant in untrained soccer players (Krustrup et al., 2015). These results suggest that in elite players, anaerobic component is more important than aerobic one to maintain a high level of intensity during futsal matches.

For the first time, intensity and recovery kinetics via HR measurements were recorded during an entire international FIFA competition with matches played every day. It appears that HR-derived variables were not modified during the first three in-group matches indicating that players were able to sustain a high level of intensity. However, this level moderately decreased during match 4. It could be argued that a certain degree of fatigue appeared in athletes after the 3rd match. However, neither sleep, fatigue, DOMS scores or Hooper index were different just before or after the last match (Figure 1). The most likely explanation for this reduced intensity was a lack of player motivation as the team's overall position had been decided by the end of the 3rd match. Match 4 was for 7th place and it was very likely that motivation and competition-induced stress (Figure 1) were low resulting in a lower match intensity. Alternatively, the physiological demand of the final match could have been lower than the previous matches due to a poorer quality opponent. Indeed, context and tactical choices

affect motivation and physiological demands in soccer (Casamichana, Castellano, & Castagna, 2012; Casamichana, Suarez-Arrones, Castellano, & Román-Quintana, 2014; Castellano, Casamichana, & Dellal, 2013).

Interestingly, RPE was slightly higher after match 3. Given that HR parameters were not altered during the first three matches, RPE was unlikely to reflect an increase in internal load resulting from cardiovascular demand. Rodríguez-Marroyo, Villa, García-López, and Foster (2012) reported that RPE increased in cyclists during several-day races while HR remained stable. It was even suggested that RPE might be a better indicator of intensity than HR (Rodríguez-Marroyo et al., 2012) given its psychophysical nature (Borg, 1982). However, an alternative explanations suggest that higher RPE (as in match 3) combined with unchanged or decreased HR (as in match 4) might reflect a certain degree of fatigue (Halson, 2014; Martin & Andersen, 2000). Moreover, decrease in HR at rest or during exercises is generally detected in functional-overreached athletes (Le Meur et al., 2013) and is sometimes associated with decrease in performance (Aubry, Hausswirth, Louis, Coutts, & Le Meur, 2014). Thus, it is difficult to conclude that the decrease in HR during match 4 reflects fatigue given the match context (7th place play-off). Further research on more successful teams would more clearly establish whether fatigue influence HR measurements and whether or not these changes would be matched with RPE or subjective fatigue scales.

While no overall change in intensity was noted between matches, an important assessment of intra-match fatigue was the comparison of physiological variables between 2nd and 1st halves. Previous works (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014) reported that the proportion of match distance run at high intensity, the mean HR, %HRmax and the time spent at high intensity decreased while the percentage of distance walked and the time spent at moderate intensity increased during the 2nd half implying a degree of player fatigue during the 2nd half. Similar 2nd half changes were also observed in the current study indicating a degree of player fatigue that was evident over consecutive matches. Surprisingly, recovery indices were improved during the 2nd half with a slightly reduced Tau and a tendency for increased  $\Delta 60$ . Thus, players may have recovered more rapidly within the 2nd half than in 1st half during the OFC which was unexpected as slower recovery has been reported with lower intensity (Mann, Webster, Lamberts, & Lambert, 2014). Such findings may reflect the physiological determinants of recovery indices. While a rapid recovery depends on parasympathetic reactivation and sympathetic withdrawal,



clearance of stress system metabolites (e.g. epinephrine, lactate, etc.) has been proposed to also modulate HR recovery kinetics (Buchheit, Laursen, & Ahmaidi, 2007; Perini et al., 1989). Since lactate production was reported to be lower during the 2nd compared to the 1st half in soccer games (Bangsbo, Iaia, & Krstrup, 2007), it is possible that recovery during the 2nd half of matches would be faster. Further studies may clarify this hypothesis as epinephrine has been reported to increase gradually during an entire soccer match (Bangsbo, 1994; Schulpis et al., 2009) that may affect recovery HR. It should be noted that New Caledonia was behind by 2 or 3 goals in most matches and this deficit may have also impacted on HR-derived variables (intensity and recovery) to result in modifications between halves. However, others (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014) found similar changes in intensity with different outcomes at half-time that remain to be examined further.

Overall, significant correlations were noted between HR-based indices and physiological abilities. High levels of sprint endurance (%Dec-RSA, RSA-COD) and  $eVO_{2max}$  were associated with high intensity on-field (Table IV). These associations were concordant with previous works (Dogramaci, Watsford, & Murphy, 2011; Makaje et al., 2012; Mohammed, Shafizadeh, & Platt, Geoffrey, 2014) which showed that elite players with high physical abilities (Makaje et al., 2012; Pedro, Milanez, Boulosa, & Nakamura, 2013) were able to cover more distance, at higher speeds and HR, than sub-elite or amateur players. In contrast, Castagna et al. (2009) reported an inverse relationship between  $VO_{2max}$  and time spent above 90%HR<sub>max</sub>. These authors suggested that players with higher aerobic power may play more economically. The  $VO_{2max}$  values for the current athletes were very different to those of Castagna et al. (2009) (53.1 vs. 64.8 ml · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>, respectively). It is therefore possible that relationships between match intensity and  $VO_{2max}$  vary according to the athletes'  $VO_{2max}$ . Moreover, Melanesian players might compensate for their relative lower aerobic capacity with greater exhibition of high explosive skills (Galy et al., 2015). Indeed, in this population, both high  $VO_{2max}$  and sprint endurance seem necessary to maintain a high degree of match intensity.

An interesting finding of the current study was that training status (weekly hours of training), aerobic ( $eVO_{2max}$ ) or anaerobic/power/speed indices (10 and 15 m) were associated with slower recovery (Table IV). It is possible that this type of athlete (i.e. high  $VO_{2max}$ , very explosive/powerful) produced high levels of lactate that could impede HR recovery (Buchheit et al., 2007) as assessed by  $\Delta 60$  and Tau. Moreover, high  $VO_{2max}$  was associated with high

intensity (%HRR), and the ability to play at HR greater than 80% HRR was correlated with a slow recovery (Tau). Thus, athletes who exhibited greater physiological ability may be able to perform at high intensities with a less rapid recovery. In contrast, Mann et al. (2014) demonstrated that  $\Delta 60$  was higher and Tau lower after an exercise bout at 70–80%  $VO_{2max}$  than at 60%  $VO_{2max}$  indicating that players with the higher HR would recover rapidly. However, Mann et al. (2014) only examined submaximal exercises that did not require a high anaerobic energy contribution. Thus, lactate accumulation that contributes to HR recovery kinetics (Buchheit et al., 2007) may have only been moderate and incomparable to that experienced during futsal matches. Further studies are needed to identify the variables influencing the quality of recovery during futsal performance.

The team considered in this study (New Caledonia) lost its 4 matches. Thus, it is possible that this tournament scenario would have influenced physiological and psychological measurements performed in this study. We do not know whether a more successful scenario would have changed the measurements. It would therefore be very interesting to perform similar measurements in the same competition with different teams to observe the differences between the winner of the competition and the other teams. Regardless of the success during competition, we studied responses in only 10 high-level but not elite players. The influence of level in a larger sample would also be very interesting.

## Conclusion

The current results indicated that perceived exertion slightly increased during a compact, multi-match, FIFA futsal tournament without impeding the high level of intensity, the quality of recovery and well-being of high-level futsal players. These results suggest that futsal athletes perform at high intensities during an international competition over 4 days with well-being similar during the tournament and not correlated with HR-based indices. Athletes with higher training load,  $VO_{2max}$  and RSA were more likely to play at high intensities and to recover slower during this international tournament. Given the relationships between match HR, distances covered (Makaje et al., 2012) and physiological abilities (% Dec-RSA, RSA-COD,  $eVO_{2max}$ ), it is recommended that futsal athletes preparation involve both aerobic and anaerobic foci for sustained performance at major international competitions. Future studies should expand the current results to wider futsal populations (elite players) for a greater understanding of elite futsal athletes' preparation needed for the demands of major international competition.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## References

- Aubry, A., Hausswirth, C., Louis, J., Coutts, A. J., & Le Meur, Y. (2014). Functional overreaching: The key to peak performance during the taper? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(9), 1769–1777.
- Bangsbo, J. (1994). The physiology of soccer – With special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. Supplementum*, 619, 1–155. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8059610>
- Bangsbo, J., Iaiá, F. M., & Krstrup, P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(2), 111–127. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19124899>
- Barbero-Alvarez, J. C., Soto, V. M., Barbero-Alvarez, V., & Granda-Vera, J. (2008). Match analysis and heart rate of futsal players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 26(1), 63–73.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(5), 377–381. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154893>
- Boullousa, D. A., Tonello, L., Ramos, I., Silva, A. D. O., Simoes, H. G., & Nakamura, F. Y. (2013). Relationship between aerobic capacity and Yo-Yo ir1 performance in Brazilian professional futsal players. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(3), 230–234. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3880668/>
- Brown, P. I., Hughes, M. G., & Tong, R. J. (2007). Relationship between VO<sub>2</sub>(max) and repeated sprint ability using non-motorized treadmill ergometry. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 186–190. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17557056>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: Accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 22(2), 365–374.
- Buchheit, M., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 293(1), H133–41.
- Buchheit, M., Papelier, Y., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Noninvasive assessment of cardiac parasympathetic function: Postexercise heart rate recovery or heart rate variability? *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, 293(1), H8–10.
- Casamichana, D., Castellano, J., & Castagna, C. (2012). Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 26(3), 837–843.
- Casamichana, D., Suarez-Arrones, L., Castellano, J., & Román-Quintana, J. S. (2014). Effect of number of touches and exercise duration on the kinematic profile and heart rate response during small-sided games in soccer. *Journal of Human Kinetics*, 41, 113–123.
- Castagna, C., D'Ottavio, S., Granda Vera, J., & Barbero Alvarez, J. C. (2009). Match demands of professional futsal: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport/Sports Medicine Australia*, 12(4), 490–494.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Dellal, A. (2013). Influence of game format and number of players on heart rate responses and physical demands in small-sided soccer games. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 27(5), 1295–1303.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.; 567 pp.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- De Oliveira Bueno, M. J., Caetano, F. G., Pereira, T. J. C., De Souza, N. M., Moreira, G. D., Nakamura, F. Y., & Moura, F. A. (2014). Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches. *Sports Biomechanics/International Society of Biomechanics in Sports*, 13(3), 230–240.
- Dogramaci, S. N., Watsford, M. L., & Murphy, A. J. (2011). Time-motion analysis of international and national level futsal. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 25(3), 646–651.
- Dupuy, O., Mekary, S., Berryman, N., Bherer, L., Audiffren, M., & Bosquet, L. (2012). Reliability of heart rate measures used to assess post-exercise parasympathetic reactivation. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(4), 296–304.
- Durnin, J. V. G. A., & Rahaman, M. M. (2003). The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. 1967. *The British Journal of Nutrition*, 89(1), 147–155. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12572562>
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., & Dodge, C. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 15(1), 109–115. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11708692>
- Freitas, V. H., De Souza, E. A., Oliveira, R. S., Pereira, L. A., & Nakamura, F. Y. (2014). Efeito de quatro dias consecutivos de jogos sobre a potência muscular, estresse e recuperação percebida, em jogadores de futsal [Effect of four successive days of games in muscle power, perceived stress and recovery in futsal players]. *Revista Brasileira de Educação Física E Esporte*, 28, 23–30. Retrieved from [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-55092014000100023&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1807-55092014000100023&script=sci_arttext)
- Galy, O., Zongo, P., Chamari, K., Chaouachi, A., Michalak, E., Dellal, A., & Hue, O. (2015). Relationships between agility, explosivity and anthropometric characteristics in melanesian futsal players. *Biol Sport*, 32, 3–9.
- Glaister, M., Howatson, G., Pattison, J. R., & McInnes, G. (2008). The reliability and validity of fatigue measures during multiple-sprint work: An issue revisited. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 22(5), 1597–1601.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(Suppl S2), S139–47.
- Hooper, S. L., & Mackinnon, L. T. (1995). Monitoring overtraining in athletes. *Sports Medicine*, 20(5), 321–327. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8571005>
- Krstrup, P., Bradley, P. S., Christensen, J. F., Castagna, C., Jackman, S., Connolly, L., & Bangsbo, J. (2015). The Yo-Yo IE2 test: Physiological response for untrained men versus trained soccer players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(1), 100–108.
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueron, J., & Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45, 2061–2071. doi:10.1097/MSS.0b013e3182980125
- Makaje, N., Ruangthai, R., Arkarapanthu, A., & Yoopat, P. (2012). Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 52(4), 366–374. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22828458>

- Mann, T. N., Webster, C., Lamberts, R. P., & Lambert, M. I. (2014). Effect of exercise intensity on post-exercise oxygen consumption and heart rate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 114(9), 1809–1820.
- Martin, D. T., & Andersen, M. B. (2000). Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(3), 201–208. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11125762>
- Milanez, V. F., Pedro, R. E., Moreira, A., Boulosa, D. A., Salleneto, F., & Nakamura, F. Y. (2011). The role of aerobic fitness on session rating of perceived exertion in futsal players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 358–366. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21911861>
- Mohammed, A., Shafizadeh, M., & Platt, G. K. P. (2014). Effects of the level of expertise on the physical and technical demands in futsal. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14, 473–481. Retrieved from <http://www.ingentaconnect.com/content/uwic/ujpa/2014/00000014/00000002/art00012?crawler=true>
- Pedro, R. E., Milanez, V. F., Boulosa, D. A., & Nakamura, F. Y. (2013). Running speeds at ventilatory threshold and maximal oxygen consumption discriminate futsal competitive level. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 27(2), 514–518.
- Perini, R., Orizio, C., Comandè, A., Castellano, M., Beschi, M., & Veicsteinas, A. (1989). Plasma norepinephrine and heart rate dynamics during recovery from submaximal exercise in man. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 58(8), 879–883. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2767070>
- Rodrigues, V. M., Ramos, G. P., Mendes, T. T., Cabido, C. E. T., Melo, E. S., Condessa, L. A., & Garcia, E. S. (2011). Intensity of official futsal matches. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 25(9), 2482–2487.
- Rodríguez-Marroyo, J. A., Villa, G., García-López, J., & Foster, C. (2012). Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research/National Strength & Conditioning Association*, 26(8), 2249–2257.
- Schulpis, K. H., Parthimos, T., Papakonstantinou, E. D., Tsakiris, T., Parthimos, N., Mentis, A.-F. A., & Tsakiris, S. (2009). Evidence for the participation of the stimulated sympathetic nervous system in the regulation of carnitine blood levels of soccer players during a game. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 58(8), 1080–1086.
- Wong, D. (2008). Characteristics of world cup soccer players. *Soccer Journal*, 53(1), 57–62.

**TROISIEME ARTICLE DE LA THESE**

# Anthropometric Characteristics and Physical Fitness in Rural and Urban 11- to 16-Year-Old Melanesian Adolescents: A Cross-sectional Study in New Caledonian Schools

Asia Pacific Journal of Public Health  
2017, Vol. 29(7) 589–598  
© 2017 APJPH

Reprints and permissions:  
sagepub.com/journalsPermissions.nav  
DOI: 10.1177/1010539517735414  
journals.sagepub.com/home/aph



**Paul Zongo, MS<sup>1,2</sup>, Stephane Frayon, PhD<sup>2</sup>,  
Sophie Antoine-Jonville, PhD<sup>1</sup>, Guillaume Wattelez, MS<sup>2</sup>,  
Pierre-Yves Le Roux, MS<sup>2</sup>, Olivier Hue, PhD<sup>1</sup>,  
and Olivier Galy, PhD<sup>2</sup>**

## Abstract

We evaluated anthropometric characteristics and physical fitness in 556 Melanesian adolescents from rural and urban New Caledonia to build health education programs focused on physical activity. In 2013, body weight, height, skinfold thickness, lean body mass (LBM), percentage fat body mass (%FBM), physical fitness (power, agility, speed, maximal aerobic speed [MAS], estimated  $VO_{2max}$ ), and self-reported physical activity were assessed. Rural adolescents were significantly shorter and faster, had lower weight, %FBM, LBM, and power output and similar MAS and  $VO_{2max}$ , and were more active than urban adolescents. Rural girls were significantly shorter, had higher MAS and  $VO_{2max}$ , and were faster and significantly more active than urban girls while similar %FBM was observed in both groups of girls. Rural boys showed significantly lower height, weight, %FBM, and power and were significantly faster and more active than urban boys. In conclusion, rural Melanesian adolescents are more active, with good physical fitness (especially boys), although high %FBM was noted (especially in girls).

## Keywords

physical activity, exercise, physical fitness, adolescent, health education, Oceania, ethnicity

## Introduction

Physical activity (PA) is beneficial for people of all ages.<sup>1,2</sup> It positively affects psychosocial variables by channeling aggressiveness and increasing wellness<sup>3</sup> and improves physical fitness, with clear physiological benefits. A physically fit individual can perform sustained physical work with effective

---

<sup>1</sup>Université des Antilles, Pointe à Pitre Cedex, France

<sup>2</sup>School of Teacher Education, University of New Caledonia, Nouméa, New Caledonia

### Corresponding Author:

Olivier Galy, Interdisciplinary Laboratory for Research in Education, EA 7483, School of Teacher Education, University of New Caledonia, Campus de Nouville, BP R4, 98851 Nouméa Cedex, South Province 98800, New Caledonia.

Email: olivier.galy@univ-nc.nc

integration of cardiorespiratory endurance, strength, flexibility, coordination, and body composition.<sup>4</sup> Physical activity is especially related to physical fitness in children and adolescents.<sup>5,6</sup>

The Pacific region populations have gained faster access to modern modes of living in the past few decades, causing fundamental lifestyle changes (including food choices, physical activity, time spent on screens) and a dramatic increase in noncommunicable diseases.<sup>7</sup> Globalization, trade liberalization and increasing urbanization have all contributed to shifts in physical activity and nutrition, leading to a steadily increasing prevalence of overweight.<sup>8-11</sup> This is the case of the Melanesian population of New Caledonia, which is particularly exposed to this transitional environment. New Caledonia, a French territory in the Pacific, is fast approaching the socioeconomic level of Western countries because of the French influence and the growth in nickel mining and local transformation to ferronickel in the past few decades. Yet much of the Melanesian population continues to maintain a traditional Pacific tribal lifestyle, especially in the Loyalty Islands, which are characterized by fishing, agriculture, and cultural activities that follow traditional customs (eg, house construction, weddings, and mourning) and generally require a high level of daily physical activity. Conversely, Melanesian adolescents living in urban areas are less active and show signs of sedentary behaviors<sup>10,11</sup> that lead to obesity and its consequences. The literature is nevertheless very sparse,<sup>7</sup> although a few studies have described overweight in Oceanian adolescents and young adults,<sup>8-10,12</sup> underlining the importance of health education programs in the schools. To our knowledge, the physical activity level and physical fitness of rural and urban Melanesian adolescents of New Caledonia remain unknown. In a context of socioeconomic transition, we hypothesized that urban living would lower daily physical activity and thus physical fitness, which might affect body composition in 11- to 16-year-olds compared with rural adolescents.

This study explored the impact of living environment (rural vs urban) on physical fitness and anthropometric characteristics in Melanesian adolescents.

## Methods

### *Participants*

We analyzed data obtained from school-going adolescents. The sample was 556 students from the Melanesian community. Some were in urban area schools: Noumea in South Province. The others were in rural schools on Lifou and Ouvea Islands, 40 minutes from Noumea by plane. The schools were randomly selected and staff gave agreement, including the school nurses. Two classes were then randomly selected in each of four grades (levels) by a staff member. In each school, we obtained only 90% of the data due to student absences or parental refusal. Adolescents with missing data and those from ethnic groups other than Melanesian were thus excluded.

For the last census in New Caledonia,<sup>13</sup> the degree of urbanization was determined using a European standard.<sup>14</sup> Densely populated areas comprising at least 50 000 inhabitants in a continuous zone with more than 500 inhabitants per square kilometer are classified as urban (U). A semiurban area is a continuous area with more than 50 000 inhabitants and with more than 100 inhabitants per square kilometer, adjacent to an urban area. Rural (R) areas are those that do not fulfill the conditions required for urban or semiurban areas. Parents gave informed written consent prior to their adolescent's participation in the study, which met all legal requirements and the criteria of the Declaration of Helsinki. The protocol was also approved by the ethics committee of the University of New Caledonia.

### *Procedure*

For each adolescent, the study was conducted over 2 days of a school week. Each anthropometric measurement was made twice by a research team investigator who was the same for all schools

and was accompanied by a staff member (nurse or teacher). If the 2 measurements differed, a third was made to determine the better of the 2. On day 1, the adolescents met the school nurse individually for anthropometric measurements. Next, they responded to an individual survey for physical activity, including the amount of time they were physically active in the previous week at school, at home, and during social activities. The time was added and the sum was considered the time spent being physically active during that week. Adolescents completed the questionnaire individually in the classroom using tablets or personal computers. They then performed agility tests at the end of the morning and sprints and countermovement jump tests in the afternoon. On day 2, they performed the maximal aerobic speed (MAS) test. Unfortunately, for technical reasons, no measure of flexibility was made. Physical fitness tests were conducted during physical education lessons.

## Instruments

**Anthropometry.** After height and body weight measurements, the percentage of fat body mass (%FBM) was estimated from the skinfold thickness of the sum of 4 skin areas (biceps, triceps, subscapula, and suprailiac) measured on the right side of the body with Harpenden skinfold calipers, expressed in millimeters and following the method of Durmin and Rahaman.<sup>15</sup> Their<sup>15</sup> equation was used to determine the FBM. Lean body mass (LBM) in kilograms was determined with the formula: lean body mass = body weight – (body weight × body fat %).

Height was measured to the nearest 0.5 cm using a portable stadiometer (Leicester Tanita HR 001, Tanita Corporation, Tokyo, Japan). Body weight was determined using a scale (Tanita HA 503, Tanita Corporation, Tokyo, Japan) to the nearest 0.1 kg, with the adolescents in light clothing. Body mass index (BMI) was calculated by dividing mass in kilograms by height squared in meters. The BMI *z* scores and percentile were calculated by the lambda-mu-sigma LMS method using the International Obesity Task Force (IOTF) reference values from Cole et al<sup>16</sup> and demonstrated as reliable for Pacific youth.<sup>17</sup> Weight status was defined according to IOTF criteria<sup>16</sup>, which classify BMI values according to age and sex as thin (underweight), normal weight, overweight, or obese, based on adult BMI cutoffs at 18 years.

## Physical Fitness Tests

**Jump-and-reach test.** Jump-and-reach tests were performed using a Myotest Pro (Myotest SA, Sion, Switzerland). The participants performed 5 countermovement jumps (CMJ) beginning with a standing position; they dropped into the semisquat position and immediately jumped as high as possible using their arms. Between-jump recovery was 1 minute. The jump height was given automatically by the Myotest Pro, which is considered a valid method.<sup>18</sup> The power output during the test was determined by entering the best jump height and body weight variables into the Sayers<sup>19</sup> equation:  $CMJ_{peakP}(W) = 51.9 \times CMJ \text{ height (cm)} + 48.9 \times \text{body weight (kg)} - 2007$ .

**The 5-m, 10-m, 15-m, and 30-m sprint tests.** The participants performed three 30-m sprints with 5-m, 10-m, and 15-m lap-times on an indoor synthetic court, and the best performance was kept as their best performance for each distance. During the recovery period (3 minutes between sprints), the participants walked back to the starting line and then waited for the next sprint. Time trials were recorded using photocell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, UT, USA, accuracy of 0.01 s) placed 1 m above the ground. The participants started the sprint at the starter signal 0.5 m behind the starting line. Stance for the start was consistent for each subject.

**The T-Test.** The T-Test used the protocol of Paoule<sup>20</sup> to determine the adolescents' agility. Three test trials were recorded using photocell gates (Brower Timing Systems, Salt Lake City, UT, USA, accuracy of 0.01 s) placed 0.4 m above the ground. The participants commenced the

sprint when ready from a standing start 0.5 m behind the timing gate. The reliability and validity of the T-Test were reported by Pauole.<sup>20</sup>

**The maximal aerobic speed test.** The MAS test individually assessed running speed over gradually accelerating 1-minute increments.<sup>21</sup> The class was divided in 2 groups of 10 to 14 adolescents and 2 sessions were held for each class. A soundtrack imposed the rhythm around an indoor track with plastic cones placed at 20-m intervals. The aim was to reach each cone at each beep. The signal interval was gradually reduced, increasing the running speed by 1 km/h every minute, and the stages were announced. When a student stopped the test at maximum effort, the last stage reached was recorded and converted to MAS following the formula of Leger et al.<sup>21</sup> Estimated maximal oxygen uptake:  $VO_{2max}$  (Y, mL/min/kg) was predicted from the maximal aerobic speed ( $X_1$ , km/h) and age ( $X_2$ , year as the lower rounded integer):  $Y = 31.025 + 3.238X_1 - 3.248.X_2 + 0.1536X_1X_2$ .

## Data Analysis

Differences in physical fitness (MAS,  $VO_{2max}$ , speed, CMJ, agility, power), physical activity, and anthropometric variables (weight, height, BMI z-scores, skinfold thickness, %BFM, LBM) were assessed according to sex and living area (R or U). The significance of the differences between groups was determined by a means equality test (Student or Welch *t* test) for continuous variables. When conditions for the *t* test were not verified, the nonparametric Wilcoxon test was used. Differences in anthropometric and physical fitness indicators between R and U adolescents were examined by 1-way analysis of covariance (ANCOVA) including sex and age as covariates. When conditions for an ANCOVA application were not verified, a nonparametric ANCOVA was used. A *P* value <.05 indicated a significant difference between the two groups. All values are expressed as mean ± standard deviation (SD). The R statistical package was used for general tests and the R sm package was used for the nonparametric ANCOVA.

## Results

### Anthropometry and Physical Fitness

Of 556 study participants, 455 lived in rural area and 101 lived in urban area. Of the 255 girls, 204 lived in rural and 51 in urban area. Of the 301 boys, 251 lived in rural and 50 in urban area. In the entire population, BMI z-scores indicated that 24.7% and 31.3% of rural and urban adolescents, respectively, were “overweight-obese.”

Among the girls, no significant weight difference ( $P < .8$ ) was observed, with 29% and 28% of girls in rural and urban areas, respectively, classified as “overweight-obese.” Rural girls were significantly shorter than urban girls ( $P < .01$ ; Table 1). In addition, rural girls had significantly, subscapular ( $P < .001$ ) skinfold thicknesses compared with urban girls without difference of %BFM between groups. Physical fitness testing showed that rural girls had significantly lower MAS and  $VO_{2max}$  compared with urban girls ( $P < .02$ ; Table 2). Conversely, rural girls were significantly faster for the 5-m sprint ( $P < .001$ ), 15-m sprint ( $P < .01$ ), and 30-m sprint ( $P < .007$ ) than urban girls. Rural girls are significantly more physically active when compared with urban girls ( $P < .01$ ).

Among the boys, those from urban area showed a significantly higher proportion of “overweight-obese” compared with those from rural area: 34.6% and 20.3%, respectively ( $P < .03$ ). Rural boys showed significantly lower height ( $P < .001$ ), weight ( $P < .001$ ), tricipital ( $P < .003$ ), and total ( $P < .007$ ) skinfold thicknesses, lean body mass ( $P < .001$ ), and fat body mass ( $P < .002$ ) compared with their urban counterparts. Physical fitness testing showed that rural boys had



**Table 1.** Anthropometric Variables by Urban Versus Rural Areas and Sex: Melanesian Adolescents, 11 to 16 Years, New Caledonia.<sup>a</sup>

	Girls				Boys			
	Mean Urban ± SD	Mean Rural ± SD	Total	Rural (n)	Urban (n)	Total	Urban (n)	Rural (n)
Height (m)	1.59 <sup>b</sup> ± 0.08	1.56 ± 0.07	199	149	50	217	49	168
Weight (kg)	53.12 ± 10.45	53.40 ± 11.99	198	148	50	217	49	168
BMI z-score	0.60 ± 1.01	0.85 ± 1.04	198	148	50	217	49	168
Bicipal (mm)	8.80 ± 4.40	10.14 ± 5.31	175	140	35	182	21	161
Tricipital (mm)	13.77 ± 5.76	14.63 ± 6.20	175	140	35	182	21	161
Suprailiac (mm)	14.34 ± 6.41	17.67 ± 12.47	175	140	35	182	21	161
Subscapular (mm)	13.58 <sup>b</sup> ± 6.66	18.88 ± 12.28	175	140	35	181	21	160
Total skin fold (mm)	50.49 ± 19.15	61.33 ± 32.57	175	140	35	182	21	161
Lean body mass (kg)	37.37 ± 6.81	37.06 ± 6.17	173	138	35	179	21	158
Fat body mass (%)	27.54 ± 4.18	29.28 ± 5.65	175	140	35	182	21	161

Abbreviation: BMI, body mass index.

<sup>a</sup>Analyses were adjusted by age. Figures in italics indicate that a Welch or Wilcoxon test was conducted when variance of the 2 groups was significantly different or the Wilcoxon test when normality of the distribution was not observed.

<sup>b</sup>Significant difference for the Student test,  $P < .05$ .

**Table 2.** Physical Fitness Variables and Physical Activity by Urban Versus Rural Areas and Sex: Melanesian Adolescents 11 to 16 Years, New Caledonia.<sup>a</sup>

	Girls				Boys					
	Mean Urban ±SD	Mean Rural ±SD	Total (n)	Urban (n)	Rural (n)	Mean Urban ±SD	Mean Rural ±SD	Total	Urban (n)	Rural (n)
Maximal aerobic speed (km/h)	10.9 <sup>b</sup> ± 1.51	10.32 ± 1.24	132	34	98	11.66 ± 1.56	11.61 ± 1.61	149	40	109
VO <sub>2max</sub> (mL/min/kg)	45.36 <sup>b</sup> ± 8.19	42.96 ± 7.21	132	34	98	48.50 ± 8.38	49.37 ± 8.67	149	40	109
5-m sprint (seconds)	1.589 <sup>b</sup> ± 0.23	1.41 ± 0.19	173	32	141	1.46 <sup>b</sup> ± 0.16	1.29 ± 0.16	212	38	174
10-m sprint (seconds)	2.50 ± 0.26	2.44 ± 0.24	93	30	63	2.32 <sup>b</sup> ± 0.25	2.20 ± 0.21	84	35	49
15-m sprint (seconds)	3.31 <sup>b</sup> ± 0.31	3.17 ± 0.23	176	32	144	3.08 <sup>b</sup> ± 0.41	2.94 ± 0.27	216	38	178
30-m sprint (seconds)	5.84 <sup>b</sup> ± 1.46	5.09 ± 0.55	176	32	144	5.24 <sup>b</sup> ± 0.65	4.60 ± 0.65	217	38	179
50-m sprint (seconds)	9.25 ± 2.09	8.76 ± 0.90	93	32	61	8.08 ± 1.79	8.06 ± 0.85	84	38	46
T-Test (seconds)	12.51 ± 1.11	12.16 ± 0.97	174	31	143	11.51 ± 1.48	11.19 ± 1.03	209	37	172
Power output (W)	2363 ± 586	2114 ± 550	140	15	125	2690 <sup>b</sup> ± 572	2255 ± 869	172	17	155
CMJ (cm)	31.11 ± 6.26	30.32 ± 4.62	158	16	142	36.31 ± 5.79	34.12 ± 6.92	196	17	179
Physical activity (min/wk)	282 <sup>b</sup> ± 187	511 ± 561	255	51	204	249 <sup>b</sup> ± 185	625 ± 723	303	49	254

Abbreviation: CMJ, countermovement jump.

<sup>a</sup>Analyses were adjusted by age. Figures in italics indicate that the Welch test was conducted since variance of the 2 groups was significantly different.

<sup>b</sup>Significant difference for the Student test,  $P < .05$ .

MAS,  $VO_{2max}$  and agility similar to that of urban boys. However, they were significantly faster in the 5-m sprint ( $P < .001$ ), 10-m sprint ( $P < .02$ ), 15-m sprint ( $P < .04$ ), and 30-m sprint ( $P < .001$ ) than urban boys (Table 2). In contrast, urban boys showed a higher power output than rural boys ( $P < .04$ ; Table 2).

## Discussion

This study provides data on body composition, physical activity, and physical fitness outcomes in Melanesian adolescents living in rural and urban areas. We observed that the rural adolescents were more active (boys and girls) and maintained good physical fitness (especially boys), although high percentages of fat body mass were noted (urban and rural girls).

For both sexes, rural adolescents had lower %FBM and lean body mass, were shorter and faster with lower power output, had similar aerobic condition and agility performances, and were more physically active than urban adolescents. Concerning speed in the rural adolescents, similar results were observed in a Spanish population,<sup>22</sup> with the rural adolescents having significantly higher speed than their urban peers. Compared with their urban counterparts, rural adolescents had significantly lower power output as they reached similar CMJ heights for lower weight and they had significant lower LBM, also shown to be associated with power output.<sup>23</sup> MAS and  $VO_{2max}$ , however, did not significantly differ between groups, and 95% of adolescents were above the “healthy cardiorespiratory fitness level” of 42 and 35 mL/min/kg, respectively, for boys and girls as defined by Ruiz et al.<sup>24</sup>

We found that the living area was indeed implicated in body composition and physical fitness during adolescence.<sup>22</sup> Industrialization, mechanization, and “modernization” associated with social and economic development have spread across countries in the Pacific region over the past few decades. This socioeconomic transition has influenced the behavior of Pacific Islanders and, much to our concern, the Melanesian lifestyle.<sup>10,25,26</sup> We had already observed this impact, as 31.3% and 24.7% of the 11- to 16-year-olds of urban and rural areas, respectively, were found to be overweight or obese. These rates can be further understood through nutrition and physical activity behavior. For example, overweight in New Caledonian adolescents was associated with a rural lifestyle and low family socioeconomic status for girls and with skipping breakfast for boys.<sup>12</sup> Furthermore, the undernutrition observed in the rural areas of almost all low- and middle-income countries was shown to restrict children’s physical growth,<sup>27</sup> therefore possibly explaining why rural adolescents are smaller and lighter than their urban counterparts. Regarding physical activity and physical fitness, we provide empirical evidence for what was previously estimated in adolescents,<sup>12,26</sup> with anthropometric measurements demonstrating that living area affects %FBM and LBM. We also found that rural adolescents are significantly more physically active than urban adolescents, which is known to influence these parameters.<sup>1,25</sup> Overall, we also provide objective data and thus shed new light on the physical fitness of populations living in isolated areas of the Pacific.

The sex analysis revealed striking differences in the anthropometric and physical fitness data according to living area. While rural and urban girls had similar body composition, a lower height was observed in rural girls. The rural girls were faster but had lower MAS and  $VO_{2max}$ , reflecting a lower cardiorespiratory fitness level despite being more physically active. The undernutrition observed in the rural areas of almost all low- and middle-income countries was shown to restrict children’s physical growth,<sup>27</sup> therefore possibly explaining why rural girls are smaller than their urban counterparts. While no significant differences were observed in %BFM between rural and urban girls, it is important to note that these values were very high and that 29.7% and 28% of the rural and urban girls, respectively, were overweight or obese. This may be partly explained by their self-perception of body image: indeed, 48% of overweight but nonobese New Caledonian girls believe they are of normal weight.<sup>28</sup> This is most likely due to a normalization

of overweight because of more restricted access to media that cannot counterbalance the high overweight rate in the population.<sup>28</sup>

Rural and urban boys showed significant differences in anthropometric measurements, with rural boys having lower weight status (20.3% vs 34.6%), %FBM and LBM compared with urban boys for similar height. Rural boys were also significantly faster, although their power was lower and MAS and  $VO_{2max}$  were similar. As observed previously in young Melanesian athletes,<sup>29</sup> being shorter, hence having lower center of gravity, seems to be an advantage for running speed. Thus, the combination of lower height and lower weight may have helped rural boys to attain significantly better speed results than urban boys. However, this was not the case for lower limb power, as CMJ test performance is directly linked to lower limb muscle mass and total body weight: Urban boys attained significantly better results. In addition, rural boys were significantly more active than urban boys, which is consistent with the observation that rural areas provide young men with better opportunities for physical activities.

In summary, the differences in the physical fitness profiles of the rural and urban adolescents may be due to differences in the amount of moderate to vigorous physical activity typically performed in each living area and its consequences on body fat distribution. Adolescents living in rural areas typically have more opportunities for active play and transportation that solicit aerobic and anaerobic metabolisms, as well as reduced access to technologies like the internet, all of which contribute to meeting the recommended threshold of 60 minutes of moderate to vigorous physical activity per day.<sup>1</sup> In addition, the rural Melanesian community is characterized by family work and agriculture, which means that youth take part in these daily activities with their parents, hence having less sedentary time. The high prevalence of overweight-obesity and the sex differences in aerobic fitness and anthropometric parameters may be explained by the behavioral and environmental risk factors to which they are currently exposed, including diet, physical activity, and screen time. The lower physical fitness and the excess body weight of urban boys (rural and urban girls) may stem from excessive caloric intake, lower caloric expenditure (and reduced physical activity), or both, which can create a vicious circle. However, this is a cross-sectional study and our interpretations about the lifestyle impact need to be investigated. Other environmental and socioeconomic correlates must also be explored to set the basis of health education programs specific to isolated areas of the Pacific.

### **Limitations**

Some limitations should be noted. First, Melanesians in this age bracket make up 30% and 94% of the total school population in South Province and Loyalty Islands Province, respectively. This reflects the distribution of the Melanesian population of 11- to 16-year-olds<sup>13</sup> attending school in each province. Another potential limitation is the lack of a population-specific algorithm for skinfold thickness for Melanesian children and adolescents from Durnin and Rahaman.<sup>15</sup> Differences in maturation, especially among children and adolescents, might influence the physical fitness results; the lack of information about the sexual maturation status of the study sample is another limitation. Despite these limitations, our results are consistent with several international studies concerning the number of the subjects and the rural and urban distribution,<sup>12,17,28</sup> which suggests that these methodological concerns did not bias the results.

### **Conclusions and Recommendations**

This study presents for the first time the physical fitness and anthropometric characteristics of Melanesian adolescents in a school context. We conclude that living in an isolated rural area of New Caledonia at the beginning of the 21st century contributes to a good level of physical activity and good physical fitness, especially for boys, although a transition seems to be underway,

especially regarding the accumulation of percentage fat body mass, especially in rural and urban girls as well as in urban boys. The anthropometric characteristics and physical fitness might express the contemporary environment in rural and urban areas and the behaviors of young Melanesians, and they therefore need to be considered by the school community in the development of future health education programs promoting physical activity.

School health programs could use indicators like physical fitness and body composition, which are often neglected in physical education in most educational systems. Yet doing so would be a key point in managing health policies by using longitudinal physical fitness field tests associated with anthropometry as reliable indicators of physical health at school. A special issue concerns the tracking of physical activities, which would be helpful to understand the physical activity behavior of young Melanesian adolescents. In addition, anthropometric differences need to be considered for interventions by physical education teachers working in urban or rural areas in New Caledonia.

### Acknowledgments

We would like to thank the school teaching teams and administrative staffs for their help and support in our investigations, especially the Vice-Rectorat of New Caledonia. We would like to thank the “Asthme et bronches association” of New Caledonia.

### Declaration of Conflicting Interests

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

### Funding

The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

### References

1. Tofler IR, Butterbaugh GJ. Developmental overview of child and youth sports for the twenty-first century. *Clin Sports Med.* 2005;24:783-804. doi:10.1016/j.csm.2005.05.006.
2. Danish SJ, Forneris T, Wallace I. Sport-based life skills programming in the schools. *J Appl Sch Psychol.* 2005;21:41-62. doi:10.1300/J370v21n02\_04.
3. Fox KR. The influence of physical activity on mental well-being. *Public Health Nutr.* 1999;2:411-418.
4. Plowman SA, Meredith MD, eds. *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide.* 4th ed. Dallas, TX: Cooper Institute; 2013.
5. Lee SM, Burgeson CR, Fulton JE, Spain CG. Physical education and physical activity: results from the school health policies and programs study 2006. *J Sch Health.* 2007;77:435-463. doi:10.1111/j.1746-1561.2007.00229.x.
6. Riddoch CJ, Boreham C. Physical activity, physical fitness and children's health: current concepts. 2000. [http://research-information.bristol.ac.uk/en/publications/physical-activity-physical-fitness-and-childrens-health-current-concepts\(9e0da735-7187-4fbf-a38d-1e6c51198ac5\)/export.html](http://research-information.bristol.ac.uk/en/publications/physical-activity-physical-fitness-and-childrens-health-current-concepts(9e0da735-7187-4fbf-a38d-1e6c51198ac5)/export.html). Accessed October 30, 2016.
7. Okihiro M, Harrigan R. An overview of obesity and diabetes in the diverse populations of the Pacific. *Ethn Dis.* 2005;15(4 suppl 5):S71-S80.
8. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19.2 million participants. *Lancet.* 2016;387:1377-1396. doi:10.1016/S0140-6736(16)30054-X.
9. Thompson-McCormick JJ, Thomas JJ, Bainivualiku A, Khan AN, Becker AE. Breakfast skipping as a risk correlate of overweight and obesity in school-going ethnic Fijian adolescent girls. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2010;19:372-382.
10. Wate JT, Snowdon W, Millar L, et al. Adolescent dietary patterns in Fiji and their relationships with standardized body mass index. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2013;10:45. doi:10.1186/1479-5868-10-45.

11. Dietz WH. Periods of risk in childhood for the development of adult obesity—what do we need to learn? *J Nutr*. 1997;127:1884S-1886S.
12. Frayon S, Cherrier S, Cavaloc Y, et al. Nutrition behaviors and sociodemographic factors associated with overweight in the multi-ethnic adolescents of New Caledonia [published online April 10, 2017]. *Ethn Health*. doi:10.1080/13557858.2017.1315530.
13. ISEE. Structure de la population et évolutions. <http://www.isee.nc/population/recensement/structure-de-la-population-et-evolutions>. Published 2014. Accessed December 14, 2015.
14. European Communities. The European Union Labour Force Survey—methods and definitions. 2001 (Eurostat, Guidelines, Labour statistics, Survey). [TNJ: Kindly verify] <http://unstats.un.org/unsd/EconStatKB/KnowledgebaseArticle10230.aspx>. Published 2003. Accessed December 14, 2015.
15. Durnin JVGA, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr*. 1967;21:681-689. doi:10.1079/BJN19670070.
16. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatr Obes*. 2012;7:284-294. doi:10.1111/j.2047-6310.2012.00064.x.
17. Frayon S, Cherrier S, Cavaloc Y, Wattelez G, Lerrant Y, Galy O. Relationship of body fat and body mass index in young Pacific Islanders: a cross-sectional study in European, Melanesian and Polynesian groups. *Pediatr Obes*. 2017. doi:10.1111/ijpo.12229.
18. Casartelli N, Müller R, Maffiuletti NA. Validity and reliability of the myotest accelerometric system for the assessment of vertical jump height. *J Strength Cond Res*. 2010;24:3186-3193. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d8595c.
19. Sayers SP, Harackiewicz DV, Harman EA, Frykman PN, Rosenstein MT. Cross-validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc*. 1999;31:572-577.
20. Pauole K, Madole K, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and validity of the t-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *J Strength Cond Res*. 2000;14:443-450. doi:10.1519/00124278-200011000-00012.
21. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6:93-101.
22. Chillón P, Ortega FB, Ferrando JA, Casajus JA. Physical fitness in rural and urban children and adolescents from Spain. *J Sci Med Sport*. 2011;14:417-423. doi:10.1016/j.jsams.2011.04.004.
23. Copaver KB, Hertogh C, Hue O. Sprint performance changes and determinants in Afro-Caribbean adolescents between 13 and 15 years old. *J Hum Kinet*. 2012;34:89-98. doi:10.2478/v10078-012-0067-8.
24. Ruiz JR, Cavero-Redondo I, Ortega FB, Welk GJ, Andersen LB, Martinez-Vizcaino V. Cardiorespiratory fitness cut points to avoid cardiovascular disease risk in children and adolescents; what level of fitness should raise a red flag? A systematic review and meta-analysis [published online September 26, 2016]. *Br J Sports Med*. doi:10.1136/bjsports-2015-095903.
25. Sluyter JD, Scragg RK, Plank LD, Waqa GD, Fotu KF, Swinburn BA. Sizing the association between lifestyle behaviours and fatness in a large, heterogeneous sample of youth of multiple ethnicities from 4 countries. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2013;10:115. doi:10.1186/1479-5868-10-115.
26. Choudhary S, Khichar S, Dabi D, et al. Urban rural comparison of anthropometry and menarcheal status of adolescent school going girls of Jodhpur, Rajasthan, India. *J Clin Diagn Res*. 2016;10:SC08-SC12. doi:10.7860/JCDR/2016/21882.8757.
27. Pacione CJ, Stevens GA, Finucane MM, Ezzati M; Nutrition Impact Model Study Group (Child Growth). Children's height and weight in rural and urban populations in low-income and middle-income countries: a systematic analysis of population-representative data. *Lancet Glob Health*. 2013;1:e300-e309. doi:10.1016/S2214-109X(13)70109-8.
28. Frayon S, Cherrier S, Cavaloc Y, et al. Misperception of weight status in the Pacific: preliminary findings in rural and urban 11-16-year-olds in New Caledonia. *BMC Public Health*. 2017;17:25. doi:10.1186/s12889-016-3982-0.
29. Galy O, Zongo P, Chamari K, et al. Anthropometric and physiological characteristics of Melanesian futsal players: a first approach to talent identification in Oceania. *Biol Sport*. 2015;32:135-141. doi:10.5604/20831862.1140428.

#### IV. Lexique

%Déc	Pourcentage de décrémentation
AP	Activité physique
APH	Activité physique habituelle
API	Activité physique intense
APL	Activité physique légère
APM	Activité physique modérée
APMI	Activité physique modérée à intense
APS	Activité physique et sportive
APTI	Activité physique très intense
ASSNC	Agence sanitaire et sociale de la Nouvelle-Calédonie
CDC	Centers of disease Control
CED	Cycle d'étirement-détente
CP	Condition physique
CRS	Capacité à répéter des sprints
CRS-CD	Capacité à répéter des sprints avec changement de direction
CSP	Catégories socio-professionnelles
DET	Dépense énergétique totale
DEXA	Dual-energy x-ray absorptiometry
DOMS	Douleur musculaire retardée
DV	Détente verticale
ET	Ecart Type
eVO <sub>2</sub> max	Volume d'oxygène maximal estimé
FC	Fréquence cardiaque
FC <sub>max</sub>	Fréquence cardiaque maximale
FC <sub>repos</sub>	Fréquence cardiaque de repos
FC <sub>réser</sub>	Fréquence cardiaque de réserve
FIFA	Fédération Internationale de Football Associations
F <sub>max</sub>	Force maximale
GM	Groupe mélanésien
GNM	Groupe non-mélanésien
IFPSS	Institut de formation des professions sanitaires et sociales
IIC	Insatisfaction de l'image corporelle
IMC	Indice de masse corporelle
INPES	Institut national de prévention et d'éducation pour la santé
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
IOTF	International Obesity Task Force
MET	Metabolic Equivalent of Task
MG	Masse grasse
MM	Masse maigre
MNT	Maladie non transmissible
NC	Nouvelle-Calédonie
OFC	Fédération Océanienne de Football
OMS	Organisation mondiale de la Santé
PCS	Professions et catégories socio-professionnelles
PIB	Produit intérieur brut
PNNS	Programme National Nutrition Santé

POM	Pays d'Outremer
R	Rural
REM	Rapid eye movement
RPE	Niveau d'effort perçu
RVO <sub>2</sub>	Volume d'oxygène de réserve
SES	Statut socio-économique
SLP	Sommeil long et profond
TPA	Total d'activité physique
U	Urbain
VES	Volume d'éjection systolique
VIFT	Vitesse aérobie intermittente
VMA	Vitesse maximale aérobie
VO <sub>2max</sub>	Volume d'oxygène maximal