

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Alger 3 Ibrahim Sultan Cheibout**

**Institut d'éducation physique et sportive**  
**- DELLY BRAHIM-**

**Thèse De Doctorat troisième cycle LMD**  
**En Préparation physique sportive**

**L'impact de l'entraînement intermittent sur le développement  
de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire chez les  
footballeurs algériens des U21**

**« Cas Chabab Riadhi Belouizdad »**

**Présenté par :**

Nouadri Ayman

**Sous la direction de :**

Pr Hadjidj Mouloud

**Année universitaire : 2023/2024**

## **Remerciements**

Je remercie Dieu tout puissant pour m'avoir aidé à réaliser ce travail,

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mon promoteur, le Professeur Hadjidj Mouloud, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de diriger ce travail, sa rigueur et ses qualités humaines suscitent en moi un respect profond et une grande admiration.

Je souhaite également remercier l'ensemble des enseignants de l'Institut d'Éducation Physique et Sportive de l'Université Alger 3 pour leur soutien.

Un grand merci à la Direction du Club Chabab Riadhi Belouizdad, qui m'a facilité la tâche en contribuant à la réalisation de ce modeste travail de recherche.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à toutes les personnes, qui ont, de près ou de loin, apporté leur soutien ou leur expertise à l'aboutissement de ce travail.

# Dédicaces

C'est avec une profonde reconnaissance que je dédie ce  
travail à :

Mes parents, pour qui je ne rendrai jamais assez, la source  
de tendresse et de dévouement, qui n'ont jamais cessé de  
m'encourager et de prier pour moi.

Mon frère et mes sœurs à qui je souhaite, bonheur et  
succès.

Ma famille et mes proches.

Mon meilleur ami et frère, Fouad Boumdal, que Dieu le  
bénisse.

Tous mes amis de l'institut d'éducation physique et  
sportive de l'université d'Alger 3.

A vous tous : merci du fond du cœur : votre frère Nouadri  
Ayman

## SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Dédicaces .....	II
Sommaire .....	III
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures .....	V
Liste des abréviation .....	VI
Introduction:.....	1
1. Problématique : .....	2
2. Objectif de la recherche : .....	4
3. Hypothèses de l'étude : .....	4
3.1. HYPOTHESE PRINCIPALE : .....	4
3.2. HYPOTHESES SECONDAIRES : .....	4
4. Importance de la recherche : .....	4
5. Les mots clés :.....	5
6. Les études similaires : .....	7
<b>Chapitre I. Particularité du football moderne</b>	
I.1. Le football moderne :.....	26
I.2. Outils de mesures, d'observation et d'analyse des efforts en football :.....	26
I.2.1. LES SYSTEMES MANUELS : .....	27
I.2.2. LES SYSTEMES D'ANALYSE TECHNOLOGIQUES AVANCES :.....	27
I.3. Evolution du jeu, aspect technique, tactique et physique :.....	30
I.3.1. AU NIVEAU TECHNIQUE : .....	30
I.3.2. AU NIVEAU TACTIQUE : .....	31
I.3.3. AU NIVEAU PHYSIQUE :.....	34
I.3.3.1. Distance moyenne d'équipe en match : .....	35
I.3.3.2. Distance totale parcourue d'une mi-temps à l'autre : .....	37
I.3.3.3. Distance de course à haute intensité, à très haute intensité, et des sprints :.....	39
I.3.3.4. Analyse physiologique de l'activité footballistique :.....	39
I.3.3.5. La fréquence cardiaque : .....	41
I.3.3.6. La lactatémie : .....	42

## **Chapitre II. Périodisation et planification de l'entraînement**

II.1. L'entraînement sportif :.....	45
II.2. La préparation physique en football :.....	45
II.2.1. LES PERIODES DE PREPARATION PHYSIQUE EN FOOTBALL : .....	47
II.3. La périodisation d'entraînement en football :.....	50
II.4. Le principe de surcompensation :.....	51
II.5. Les qualités physiques :.....	53
II.5.1. L'ENDURANCE :.....	53
II.5.1.1. Les formes d'endurance :.....	54
II.5.1.2. Méthodologie d'entraînement de l'endurance :.....	57
II.5.1.3. Principes méthodologies de l'entraînement de l'endurance :....	61
II.5.1.4. Evaluation de l'endurance : .....	61
II.5.2. LA VITESSE :.....	63
II.5.2.1. Concept : .....	63
II.5.2.2. Les formes de la vitesse :.....	63
II.5.2.3. Méthodologie d'entraînement de la vitesse :.....	64
II.5.2.4. Principe méthodologique de l'entraînement de la vitesse :.....	66
II.5.2.5. Evaluation de la vitesse :.....	69
II.5.2.6. Conclusion : .....	69
II.5.3. LA FORCE VITESSE :.....	69
II.5.3.1. Concept : .....	70
II.5.3.2. Les composantes de la force vitesse : .....	70
II.5.3.3. Méthodologie d'entraînement de force vitesse :.....	71
II.5.3.4. Principes méthodologiques de l'entraînement de la force vitesse : .....	73
II.5.3.5. Evaluation de la force vitesse : .....	74
II.5.3.6. Conclusion : .....	74
II.6. L'évaluation physique :.....	75
II.6.1. NOTION D'EVALUATION : .....	75
II.6.2. OBJECTIF DE L'EVALUATION : .....	76

II.6.3. LES TESTS :	76
II.6.3.1. Les critères de tests :	77
II.6.3.2. Périodisation des tests en football :	78
II.7. Les bases physiologiques de l'entraînement sportif :	78
II.7.1. LES PROCESSUS PRODUCTEURS D'ENERGIE :	78
II.7.1.1. La voie anaérobie (sans oxygène) :	78
II.7.2. NOTION DE VO <sub>2</sub> MAX :	80
II.7.3. LA PUISSANCE AEROBIE (PA) :	82
II.7.4. LA PUISSANCE MAXIMALE AEROBIE (PMA) :	82
II.7.5. LA VITESSE MAXIMALE AEROBIE (VMA) :	82
II.7.6. LA PUISSANCE ANAEROBIE :	82
II.7.7. LE RAPPORT VO <sub>2</sub> MAX ET VMA :	83
II.7.8. QUE PERMET LA CONNAISSANCE DE LA VMA :	83

### **Chapitre III. L'intermittent et le football moderne**

III.1. Concept :	87
III.2. L'historique :	87
III.3. L'intérêt des efforts intermittents :	89
III.4. Les formes de l'exercice intermittent :	90
III.5. Les méthodes des efforts intermittents :	90
III.6. Les caractéristiques des efforts intermittents :	91
III.7. L'intermittent et la PMA :	93
III.8. Physiologie d'un travail intermittent :	94
III.9. Modélisation de l'exercice intermittent :	95
III.10. Intermittent et récupération :	97
III.11. Type de récupération pour le travail intermittent :	98
III.12. Intermittent avec ballon :	98
III.12.1. DESAVANTAGE :	100
III.12.2. AVANTAGE :	101
III.13. Intermittent et entraînement :	102

### **Chapitre IV. Procédures méthodologique de la recherche.**

IV.1. Etude exploratoire.....	107
IV.2. Etude expérimentale :	108

IV.2.1. TYPE D'ETUDE ET METHODE DE LA RECHERCHE :.....	108
IV.2.2. ÉCHANTILLON ET METHODES DE SELECTION :.....	108
IV.2.2.1. Critères d'inclusion : .....	108
IV.2.2.2. Critères d'exclusion :.....	108
IV.2.2.3. Caractéristiques générales de l'échantillon :.....	109
% MG : pourcentage de la masse grasse .....	109
IV.2.3. HOMOGENEITE DE L'ECHANTILLON : .....	109
IV.2.4. IDENTIFICATION DES VARIABLES MISES EN JEU : .....	110
IV.2.5. MOYENS DE COLLECTE DES DONNEES : .....	110
IV.2.6. LES PROTOCOLES DES TESTS PHYSIQUES ET BIOMETRIQUES :.....	111
IV.2.6.1. Evaluation des paramètres biométriques (taille, poids, pourcentage de la masse grasse).....	112
IV.2.6.2. Evaluation de la VMA (test VAMEVAL) (Broussal-derval & Bolliet, 2012, p. 224) :.....	113
IV.2.6.3. Evaluation de la VIFT (test IFT 30/15) (Laursen & Buchheit, 2019, p. 25) :.....	113
IV.2.6.4. Evaluation de la puissance horizontale des membres inférieurs (puissance en sprint et temps de course sur 30 mètres) :.....	115
IV.2.6.5. Evaluation de la puissance du saut vertical en CMJ avec l'application my jump2 (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015) :.....	116
IV.2.7. LES METHODES :.....	118
IV.2.7.1. Méthode d'analyse bibliographique :.....	118
IV.2.7.2. Mesures anthropométriques : .....	119
IV.2.7.3. Méthodes de tests : .....	119
IV.2.7.4. Méthode statistique : .....	119
IV.2.8. ORGANISATION DE LA RECHERCHE : .....	119
IV.2.8.1. Les démarches de la recherche :.....	119
IV.2.8.2. Le déroulement de la recherche : .....	120

## **Chapitre V. Présentation, interprétation et discussion des résultats**

V.1. Présentation et analyse des résultats de tests de normalité (shapiro-wilk) pour les paramètres étudiés :.....	124
---	-----

V.2. Présentation et analyse des résultats liés à l'hypothèse 1 :.....	124
V.2.1. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DU PRE ET POST TEST POUR LES DEUX GROUPES EXPERIMENTAUX :.....	125
V.2.1.1. Présentation et analyse des résultats du pré et post test pour le groupe expérimental 1: .....	125
V.2.1.2. Présentation et analyse des résultats du pré et post test pour le groupe expérimental 2: .....	129
V.2.2. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DE COMPARAISON ENTRE LE GROUPE EXPERIMENTAL 1 ET LE GROUPE EXPERIMENTAL 2 :.....	135
V.2.2.1. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités aérobies (VMA, VIFT) : .	135
V.2.2.2. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités de puissance musculaire en saut vertical (CMJ, puissance du CMJ) :.....	135
V.2.2.3. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités de puissance musculaire en sprint (temps de sprint sur 30 mètres, puissance du sprint) : .....	136
V.2.3. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DU TEST COHEN D POUR LE GROUPE EXPERIMENTAL 1 .....	137
V.2.4. PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS DU TEST COHEN D POUR LE GROUPE EXPERIMENTAL 2 : .....	137
V.3. Discussion des résultats : .....	138
V.3.1. DISCUSSION DE L'HYPOTHESE PARTIELLE 1 : .....	138
V.3.2. DISCUSSION DE L'HYPOTHESE PARTIELLE 2 : .....	139
V.3.3. DISCUSSION DE L'HYPOTHESE PARTIELLE 3 : .....	140
V.3.4. DISCUSSION DE L'HYPOTHESE PRINCIPALE :.....	141
V.4. Conclusion de l'étude :.....	142
V.5. Etudes et perspectives d'avenir : .....	143
V.6. Conclusion générale :.....	143

## Liste des tableaux et figures :

### Liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> : Les sociétés de fabrication et les marques des GPS approuvées par la Fifa .....	29
<b>Tableau 2</b> : Pourcentage de duels et de dribble (Dellal, 2008, p. 17).....	31
<b>Tableau 3</b> : Les différentes organisations tactiques dans l'historique de la coupe du monde en fonction des résultats (Rapport FIFA., 1990, 1994, 1998, 2002, 2006, 2010, 2014, 2018).....	33
<b>Tableau 4</b> : Relevé des distances totales parcourues par des footballeurs au cours de matchs officiels (Dellal, 2020).....	37
<b>Tableau 5</b> : FC moyenne au cours d'un match de football selon différents auteurs (Dellal, 2008, p. 7) .....	42
<b>Tableau 6</b> : Terminologie employée pour décrire les exercices intermittents de haute intensité (Dupont, thèse de doctorat: Exercices intermittents brefs à haute intensité :Influence de la modalité de récupération sur le temps limite d'exercice et le temps passé à un haut pourcentage de Vo2 max, 2003).....	88
<b>Tableau 7</b> : Classification et objectifs des séances intermittentes (Dupont & Bosquet, 2007).....	91
<b>Tableau 8</b> : Caractéristiques des efforts intermittents (Dellal & Mallo, 2017, p. 6) ....	92
<b>Tableau 9</b> : Caractéristique de l'échantillon .....	109
<b>Tableau 10</b> : Représentation du degré d'homogénéité entre les échantillons du groupe expérimental N°1 et le groupe expérimentale N°2 à un seuil de signification de $p < 0.05$ .....	110
<b>Tableau 11</b> : Tests de normalité des paramètres étudiés.....	124
<b>Tableau 12</b> : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VMA du groupe expérimental 1 : .....	125
<b>Tableau 13</b> : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VIFT du groupe expérimental 1 : .....	126
<b>Tableau 14</b> : Différence des moyennes entre le pré et post test pour le CMJ et la puissance du CMJ du groupe expérimental 1 : .....	127
<b>Tableau 15</b> : Différence des moyennes entre le pré et post test pour le temps de sprint et la puissance du sprint sur 30m du groupe expérimental 1 : .....	128
<b>Tableau 16</b> : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VMA du groupe expérimental 2 : .....	130
<b>Tableau 17</b> : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VIFT du groupe expérimental 2 : .....	130

<b>Tableau 18</b> : Différence des moyennes entre le pré et post test pour le CMJ et la puissance du CMJ du groupe expérimental 2 : .....	131
<b>Tableau 19</b> : Différence des moyennes entre le pré et post test pour le temps de sprint et la puissance du sprint sur 30m du groupe expérimental 2 : .....	133
<b>Tableau 20</b> : Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres de la VMA et la VIFT après la réalisation du programme d'entraînement : .....	135
<b>Tableau 21</b> : Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres du CMJ après la réalisation du programme d'entraînement : .....	135
<b>Tableau 22</b> : Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres du sprint après la réalisation du programme d'entraînement : .....	136
<b>Tableau 23</b> : Le degré d'impact du programme d'entraînement sur le groupe expérimental 1 .....	137
<b>Tableau 24</b> : Le degré d'impact du programme d'entraînement sur le groupe expérimental 2 .....	137

## Listes des figures :

<b>Figure 1:</b> La position du footballeur sur les trois axes force, vitesse, endurance (Laursen & Buchheit, 2019, p. 548).....	26
<b>Figure 2 :</b> Comparaisons des distances parcourues en compétition entre la 1 <sup>ère</sup> et la 2 <sup>ème</sup> mi-temps depuis 1978 (barre bleue=1 <sup>ère</sup> mi-temps, barre rouge=2 <sup>ème</sup> mi-temps) (Hourcade, 2017).....	39
<b>Figure 3 :</b> Actions de match et évaluation des métabolismes sollicités (Jean-Paul, 2008, p. 23).....	41
<b>Figure 4 :</b> Un modèle d'analyse de l'entraînement au football (Adam & Dellal, 2016, p. 16).....	46
<b>Figure 5 :</b> Progression de la charge d'entraînement (volume, intensité) durant la période de préparation d'avant saison (Adam & Dellal, 2016, p. 39) .....	47
<b>Figure 6 :</b> Dynamique de la charge d'entraînement durant les trois périodes de la saison sportive en football.....	50
<b>Figure 7 :</b> Phases de surcompensation (Adam & Dellal, 2016, p. 20) .....	52
<b>Figure 8 :</b> Le lien entre la charge d'entraînement et les temps de récupération (Adam & Dellal, 2016, p. 20).....	53
<b>Figure 9 :</b> Intégration des efforts intermittents dans le processus d'entraînement et l'optimisation physiologique (Dellal & Mallo, 2017, p. 05) .....	87
<b>Figure 10 :</b> Déterminations des caractéristiques des efforts intermittents .....	92
<b>Figure 11 :</b> La FC lors d'un effort continue superposé à la FC d'un effort intermittent 30sec-30sec (Dellal, 2008, p. 37).....	94
<b>Figure 12 :</b> Représentation graphique du modèle proposé d'entraînement intermittent (Thiboult, 2002, p. 65) .....	96
<b>Figure 13 :</b> INBODY 770 (inbody) .....	112
<b>Figure 14:</b> Traçage de la piste de 200m pour le test VAMEVAL (Dellal & Mallo, 2017, p. 10).....	113
<b>Figure 15:</b> Dispositif du teste IFT 30/15 .....	114
<b>Figure 16 :</b> Application mobile du Martin Buchheit IFT30/15 (Buchheit) .....	114
<b>Figure 17 :</b> L'application my sprint sur ios.....	115
<b>Figure 18:</b> Système de référence utilisé par my sprint afin de corriger la parallaxe ..	116
<b>Figure 19:</b> La longueur de jambe. ....	117
<b>Figure 20:</b> La hauteur entre l'épine iliaque antéro supérieure et le sol dans une position de 90 degrés.....	117
<b>Figure 21:</b> Interface des résultats après l'analyse du counter mouvement jump.....	118
<b>Figure 22 :</b> Présentation graphique des résultats de la moyenne de VMA avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1 .....	125

<b>Figure 23</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VIFT avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1 .....	126
<b>Figure 24</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1. ....	127
<b>Figure 25</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1. ....	128
<b>Figure 26</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne du temps de sprint sur 30m avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1. ....	129
<b>Figure 27</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du sprint avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1. ....	129
<b>Figure 28</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VMA avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	130
<b>Figure 29</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VIFT avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	131
<b>Figure 30</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	132
<b>Figure 31</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne De la puissance du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	132
<b>Figure 32</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne du temps de sprint sur 30m avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	134
<b>Figure 33</b> : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du sprint avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2. ....	134

## Liste des abréviations :

GPS : système de positionnement

VMA : vitesse maximale aérobie

VIFT : vitesse intermittent fitness test

VO2 max : consommation maximale d'oxygène

Sec : seconde

SJ : squat jump

CMJ : contre mouvement jump

RSA : la capacité a répété des sprints

N : le nombre de la population

Lpm : mesure de la position locale

Mc : milieu central

RFA : le pays d'Allemagne

FC max : fréquence cardiaque maximale

Bpm : battement de cœur

EF : endurance fondamentale

CA : capacité aérobie

VES : volume d'éjection systolique

La : lactate

Pa : puissance aérobie

PMA : puissance maximale aérobie

Pcr : phosphocréatine

ATP : adénosine triphosphate

# **Définition de la recherche**

### **Introduction:**

Le football, en Algérie comme dans de nombreux autres pays à travers le monde, est la discipline sportive la plus populaire. Il occupe une place particulière dans le cœur de millions d'enfants et de jeunes qui le pratiquent activement, ainsi que de dizaines de millions de passionnés qui le suivent dans les stades, via les différents médias ou à travers les informations et événements diffusés dans les journaux et magazines spécialisés. Il ne faut pas oublier non plus l'ampleur des livres publiés sur ce sport captivant. Le niveau d'excellence du football mondial n'est pas le fruit du hasard, cependant, ce travail résulte de l'alliance entre la science et les efforts continus des chercheurs visant à améliorer les performances des joueurs (Reilly & Gilbourne, 2003). Plusieurs études ont été réalisées pour identifier les facteurs clés influençant la performance (Reilly & Gilbourne, 2003 ; Meylan, Cronin, Oliver, & Hughes, 2010). Ainsi, l'objectif principal d'un entraîneur est d'optimiser la performance des joueurs. Pour ce faire, les meilleurs gains de performance sont obtenus par un entraînement physique adapté, accompagné de périodes de récupération adéquates, afin d'atteindre des adaptations optimales avant les compétitions.

La performance sportive résulte de l'interaction entre les qualités techniques, tactiques, psychologiques et physiques des athlètes, et est également influencée par des facteurs variés tels que les conditions climatiques, l'altitude, l'heure de la journée, les conditions du terrain, le matériel utilisé et la diététique (Bangsbo J. , 1994a). En somme, l'amélioration de la performance sportive est un processus complexe qui exige l'optimisation de plusieurs qualités, un entraînement portant sur la planification, la conception, l'exécution et le contrôle des différentes tâches d'entraînement et dont le but est d'optimiser les performances des athlètes dans les compétitions auxquelles ils participent au cours de leur vie sportive (Romero & Tous, 2011). Ainsi, l'entraînement prépare essentiellement les joueurs à la compétition et exige qu'il soit réalisé dans un environnement et des éléments entièrement spécifiques au jeu.

En conséquent, on ne peut plus envisager aujourd'hui de parler de performance sportive sans évoquer la préparation physique qui lui est associée (Reiss & Prevost, 2013, p. 20).

Aujourd'hui, Il est bien acquis que la préparation physique des joueurs est une composante essentielle, fondamentale et importante dans la préparation d'une équipe de football.

La préparation physique est un processus continu et intégré, qui se déploie tout au long de l'entraînement sportif, à chaque étape et à chaque moment. Elle peut être définie comme « l'ensemble organisé et hiérarchisé des méthodes d'entraînement destinées à développer et à exploiter les capacités physiques de l'athlète » (Pradet, 1996). Le développement de ces capacités repose sur l'application de diverses méthodes d'entraînement. Parmi celles-ci, l'entraînement intermittent, cette approche repose sur l'intégration de plusieurs facteurs, notamment la durée et l'intensité de l'effort, le type de récupération (active ou passive), et la durée de récupération, ce qui permet d'améliorer aussi bien les performances anaérobies qu'aérobies (Tabata, et al., 1996). Le football, étant un « sport intermittent », se distingue par des changements rapides d'activité et une succession de gestes brefs et intenses (Krustrup, et al., 2006 ; Bangsbo J, 1994a), ce qui peut être décrit comme une alternance continue et imprévisible entre des phases d'effort et des périodes de récupération, qu'elles soient actives ou passives. Par conséquent, l'entraînement en football doit être global, complexe et en adéquation avec les réalités du jeu ainsi que les conditions de compétition.

Sur le plan physique, les principaux chercheurs soulignent que la pratique du football sollicite plusieurs qualités physiques, telles que l'endurance, la force, la vitesse et la coordination (Manouvrier, 2017).

Schumann & Rønnestad, (2019, p. 387) ont constaté que les sports collectifs nécessitent des efforts de haute intensité et que les joueurs doivent s'entraîner selon le type d'activité avec un travail combiné en intermittence de force et d'endurance, cela a un impact important sur les qualités aérobie et anaérobie. Et notre travail s'articulera autour de cet axe.

### **1. Problématique :**

Dans notre pays, particulièrement au niveau des club de football algériens de ligue 1 professionnel catégorie U21, le niveau physique des joueurs est l'obstacle principal pour atteindre un niveau supérieur (sénior) et passer professionnel, cela est dû à plusieurs

facteurs dont l'absence de suivi des joueurs durant la saison, la détermination du profil physique des joueurs, le manque de préparation physique d'avant saison et le facteur principal qui est l'utilisation des méthodes d'entraînement inappropriées pour un meilleur développement des qualités physiques, vue la complexité de la pratique sportive qui est définie par une alternance au cours desquelles l'intensité et la durée varie par intermittence, ce phénomène implique des alternances entre des périodes d'effort intense et des phases de récupération à faible intensité. Ainsi, les méthodes d'entraînement récentes se tournent vers des approches intermittentes combinées, visant à développer les qualités aérobies, anaérobies et neuromusculaires, telles que la VMA, la VIFT et la force des membres inférieurs.

Donc, la présente étude vise à apporter un éclaircissement aux questions suivantes :

### **A. La question principale :**

L'entraînement intermittent favorise-t-il le développement de la VMA (vitesse maximale aérobie) et de la puissance musculaire chez les joueurs professionnels de football âgés de moins de 21 ans ?

### **B. Les questions secondaires :**

- 1- Est-ce qu'un programme d'entraînement basé sur le travail intermittent course-course 10 secondes de travail contre 20 secondes de récupération active ou passive permet le développement de la VMA et la puissance musculaire des membres inférieurs ?
- 2- Est-ce qu'un programme d'entraînement basé sur le travail intermittent combiné force-course 10 secondes de travail contre 20 secondes de récupération active ou passive permet le développement de la VMA et la puissance musculaire des membres inférieurs en période de préparation d'avant saison ?
- 3- Est-ce qu'un programme d'entraînement basé sur le travail intermittent combiné force-course permet de développer la VMA et la puissance musculaire mieux qu'un programme d'entraînement basé sur le travail intermittent course-course en période de préparation d'avant saison ?

### **2. Objectif de la recherche :**

L'objectif de notre démarche est d'analyser et de quantifier l'influence, ainsi que les écarts d'impact entre deux formes de travail intermittents course/course ou force/course, 10 secondes de travail contre 20 secondes de récupération active ou passive sur les qualités aérobies exprimées en VMA et VIFT et les qualités neuromusculaires exprimées en puissance musculaire des membres inférieurs.

### **3. Hypothèses de l'étude :**

#### **3.1. Hypothèse principale :**

Une hypothèse émise que le programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente influe significativement sur les qualités aérobies exprimées en VMA et VIFT et les qualités neuromusculaires exprimées en puissance musculaire des membres inférieurs pour des joueurs d'une équipe U21 de ligue 1 professionnel.

#### **3.2. Hypothèses secondaires :**

- Oui, un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente course-course permet le développement de la VMA et la puissance musculaire des membres inférieurs pour des joueurs d'une équipe U21 de ligue 1 professionnel.
- Oui, un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente combinée force-course permet le développement de la VMA et la puissance musculaire des membres inférieurs pour des joueurs d'une équipe U21 de ligue 1 professionnel.
- Il existe une préférence pour le programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente force-course pour développer la VMA et la puissance des membres inférieurs au détriment de l'efficacité du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente course-course.

### **4. Importance de la recherche :**

L'importance de notre recherche est d'éclaircir l'intérêt de l'entraînement intermittent en période de préparation d'avant saison comme un travail de compensation, vu le manque

de temps réservé aux préparateurs physiques, et de définir l'impact réel de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire des membres inférieurs.

Selon la littérature scientifique, le but de notre étude est de déterminer les niveaux optimaux de volume et d'intensité d'entraînement pour maximiser les gains tout en évitant le surentrainement, et en favorisant la récupération selon l'impact physiologique et le type de fatigue, à la fin, nous avons opté pour la méthode intermittente 10 secondes de travail contre 20 secondes de récupération active ou passive avec différentes intensités de course ou d'impact musculaire on utilisant des brandissements.

### 5. Les mots clés :

- L'entraînement intermittent : Il s'agit d'un entraînement constitué de périodes de travail de différentes durées : courte, moyenne ou longue, entrecoupées de phases de récupération active ou passive (Phillips, 2015, p. 35)
- La capacité physique spécifique d'un joueur de football : Il fait référence à l'ensemble des facteurs essentiels à la performance sur le terrain. Selon la littérature scientifique, chaque joueur peut posséder un profil physique distinct, et l'entraînement doit être personnalisé afin d'optimiser ces capacités en fonction de sa position et de son style de jeu. (Rafel, 2011).
- L'approche physiologique du joueur de football : consiste à examiner la manière dont leur corps fonctionne et s'adapte aux exigences du sport ; permis les point clé le système énergétique et les différents systèmes aides à produire cette énergie, la nutrition, la récupération et les méthodes d'entraînement utilisé pour un meilleur fonctionnement physiologique.
- VIFT : vitesse intermittent fitness test c'est la vitesse de course atteinte à la fin du test IFT 30/15 (Laursen & Buchheit, 2019, p. 23)
- Puissance musculaire : c'est la capacité à exercer une force rapidement, ce paramètre représente la quantité de travail effectuée par unité de temps, considérée spécifiquement ici en termes de délais courts (Mark & Andy, 2013).

- Football moderne : se caractérise par des aspects techniques et tactiques, tels que l'utilisation de systèmes de jeu flexibles, impliquant des stratégies complexes pour maximiser les performances. De plus, Les dimensions physiques et sociales revêtent aujourd'hui une importance capitale, englobant non seulement le conditionnement, la nutrition et la prévention des blessures, mais aussi l'intégration des nouvelles technologies.
- Caractéristique morphologique en football : Les caractéristiques morphologiques jouent un rôle crucial dans les performances des joueurs de football. En ce qui concerne la taille, les études récentes montrent que les attaquants sont généralement plus grands que les milieux de terrain. Quant au poids, il doit être proportionnel à la taille, car un excès peut nuire à l'agilité et à l'endurance. En ce qui concerne la masse musculaire et le taux de graisse, il est important d'avoir un pourcentage élevé de masse musculaire, tandis que le taux de graisse ne doit pas dépasser 12 %. (Reilly & Williams, 2003)
- Entraînement de haut niveau : c'est un entraînement structuré, organisé et planifié de manière adéquate suivant le rythme des matches et quantifié avec des méthodes moderne pour objectif de prévenir les blessures et améliorer la performance de l'équipe (Adem, 2022)

## **6. Les études similaires :**

### **6.1. Etude d'Alexandre dellal (Dellal, 2008) :**

**Auteur :** Alexandre dellal

**Thème :** Analyse de l'activité physique du footballeur et de ses conséquences dans l'orientation de l'entraînement : Application spécifique aux exercices intermittents courts à haute intensité et aux jeux réduits.

**Type d'étude :** Thèse de doctorat

**Année :** 2008

**Edition :** université de strasbourg, France.

#### **Objectif :**

- L'impact physiologique des changements de direction lors d'un exercice intermittent en navette entrainerait une baisse de la performance physique comparativement à un exercice intermittent classique effectué en ligne
- Analyse des réponses cardiaques au cours d'exercices intermittents spécifique aux footballeurs comparativement à celles au cours des jeux réduits

**Méthodologie de recherche :** Méthode expérimentale

#### **Echantillon :**

Pour la première étude : Dix sujets entraînés et pratiquant une activité sportive collective (7 footballeurs et 3 handballeurs) en championnat national amateurs âgés de  $23.8 \pm 2.86$  ans

Pour la deuxième étude : Dix footballeurs professionnels jouant en Ligue 1 française

#### **Conclusion :**

- La première étude a démontré que les incidences physiologiques lors d'un exercice intermittent course de courte durée, effectué en ligne étaient différentes de celles trouvées lors d'un exercice intermittent course de courte durée réalisé en navette.

- Les résultats de la deuxième étude confirment que certains jeux réduits peuvent augmenter la fréquence cardiaque (FC) à un niveau similaire à celui observé pendant certains exercices intermittents de courte durée, les jeux réduits se présentent comme une méthode d'entraînement intégrant à la fois des éléments tactiques, techniques et physiques, en atteignant des intensités proches de celles des exercices intermittents courts.

### **6.2. Etude de Hervé Assadi (Assadi, 2012) :**

**Auteur :** Assadi Hervé

**Thème :** Réponses physiologiques au cours d'exercices intermittents en course à pied.

**Type d'étude :** Thèse de doctorat

**Année :** 2012

**Edition :** Université de Bourgogne, France.

#### **Objectif :**

- Comparaison de l'impact physiologique entre l'entraînement intermittent et l'entraînement continu.
- Comparaison du temps limite pendant les différents exercices intermittents course-course (60s/60s, 30s/30s, 15s/15s) avec une intensité identique de VMA.
- Comparaison entre deux types d'entraînement intermittent (30s/30s et 15s/15s) sur terrain et sur tapis roulant.

**Méthodologie de recherche :** Méthode expérimentale

#### **Echantillon :**

Les quatre études ont inclus des groupes d'étudiants issus de la faculté des sciences du sport de l'université de Bourgogne, formant un panel homogène de jeunes sportifs au niveau similaire :

Etude 1 : 20 sujets, Age  $20,0 \pm 0,6$

Etude 2 : 18 sujets, Age  $21,0 \pm 1,0$

Etude 3 : 13 sujets, Age  $20,6 \pm 0,8$

Etude 4 : 17 sujets, Age  $21,1 \pm 1,2$

**Conclusion :**

- **Première étude** : Les résultats montrent que le test incrémental intermittent de type 45s-15s est un test de terrain fiable pour évaluer la VO<sub>2</sub>max, et que la Vitesse 45/15 peut être utilisée dans le cadre d'un entraînement intermittent à haute intensité.
- **Exercices intermittents** : Les exercices intermittents de formats 15 sec-15 sec, 30 sec-30 sec et 60 sec-60 sec, réalisés à la vitesse maximale aérobie, constituent des protocoles d'entraînement couramment utilisés pour solliciter le système aérobie à une intensité élevée ( $\geq 90$  % de VO<sub>2</sub>max).
- **Fatigue musculaire** : La fatigue musculaire semble être influencée par le nombre d'accélération et de décélération réalisées pendant un exercice intermittent, ce qui pourrait limiter la durée maximale de l'effort soutenu à VMA.
- **Pré-fatigue musculaire** : Un exercice de pré-fatigue musculaire entraîne une réduction significative du temps d'effort maximal lors d'un exercice de type 30 sec-30 sec. Néanmoins, le niveau de sollicitation aérobie reste élevé et constant, peu importe l'impact de la pré-fatigue musculaire soit induite par des contractions volontaires ou évoquées.

**6.3. Etude de Saddouki Billel (Sadoki, 2020).**

**Auteur** : Saddouki Billel.

**Thème** : L'effet de l'entraînement intermittent et les jeux réduits sur la VMA et la vitesse d'exécution chez les footballeurs.

**Type d'étude** : Thèse de doctorat.

**Année** : 2020.

**Edition** : Université ALGER3 : institut d'éducation physique et sportive.

### **Objectif :**

- Etablir l'étendue de l'effet du programme d'entraînement, basé sur l'entraînement intermittent, dans le développement de la VMA et vitesse d'exécution chez les footballeurs ;
- Etablir l'étendue de l'effet du programme d'entraînement, basé sur les jeux réduits, dans le développement de la VMA et vitesse d'exécution chez les footballeurs ;
- Etablir le meilleur programme d'entraînement dans le développement de la VMA et la vitesse d'exécution chez les footballeurs

**Méthodologie de recherche :** Méthode expérimentale.

### **Echantillon :**

L'échantillonnage s'est fait par une méthode de sélection volontaire sur un groupe de 24 étudiants en troisième année, spécialité entraînement sportif en football, après exclusion de 05 étudiants en raison de blessures.

Le groupe a été divisé en deux groupes distincts comportant 12 étudiants chacun.

Le Groupe expérimental un, a subi un programme basé sur l'entraînement intermittent,

Le Groupe expérimental deux, a subi un programme basé sur l'entraînement avec jeux réduits.

### **Conclusion :**

- Tous les résultats indiquent que le programme d'entraînement basé sur les jeux réduits à un meilleur pourcentage, par son efficacité dans l'amélioration des compétences physiques et techniques et que la réussite de ce programme est liée à l'efficacité et le choix des exercices.

#### **6.4. Etude de Mansori Abdallah (Mansouri, 2019):**

**Auteur :** Mansori Abdallah

**Thème :** Étude comparative entre la méthode intermittente courte et la méthode intermittente longue ainsi que leur effet sur la VMA et la force caractérisée par la vitesse chez les footballeurs.

**Type d'étude :** Thèse de doctorat

**Année :** 2019

**Edition :** Université ALGER3 : institut d'éducation physique et sportive

**Objectif :**

- Déterminer l'étendue de l'effet du programme d'entraînement proposé, basé sur la méthode intermittente longue sur le développement de la VMA chez les footballeurs seniors
- Déterminer l'étendue de l'effet du programme d'entraînement proposé, basé sur la méthode intermittente courte sur le développement de la VMA chez les footballeurs seniors
- Déterminer l'étendue de l'effet du programme d'entraînement proposé, basé sur la méthode intermittente longue sur le développement de la force, caractérisé par la vitesse chez les footballeurs seniors
- Déterminer l'étendue de l'effet du programme d'entraînement proposé, basé sur la méthode intermittente courte sur le développement de la force, caractérisé par la vitesse chez les footballeurs seniors
- Mettre en évidence les différences statistiques entre les résultats des pré-tests effectués sur les deux groupes expérimentaux, pour la VMA et la force, définie par la vitesse.

**Méthodologie de recherche :** Méthode expérimentale

**Echantillon :**

L'échantillonnage a été effectué de manière volontaire et a inclus deux équipes : Amel Chelghoum El Aid, composée de 20 joueurs, et Hillel Chelghoum El Aid, également composée de 20 joueurs. Après l'élimination de 5 joueurs de chaque équipe, à savoir les gardiens de but et les joueurs blessés, les effectifs ont été ajustés.

**Conclusion :**

- Après comparaison des résultats des tests, il est conclu l'efficacité des deux méthodes dans le développement de la VMA ainsi que la force caractérisée par la Vitesse avec une évidente préférence pour l'entraînement intermittent court, chez les Footballeurs séniors.

**6.5. Etude de Yakoub Boussadia (Yakoub, 2022)**

**Auteur :** Yakoub Boussadia.

**Thème :** étude comparative entre l'intermittent court et l'intermittent moyen sur le temps limite VMA, la résistance de la vitesse et la vitesse de récupération chez les handballeurs U17.

**Type d'étude :** Thèse de doctorat.

**Année :** 2022/2023.

**Edition :** université Alger3, institut d'éducation physique et sportive

**Objectif :**

- Comparer les effets de l'entraînement intermittent, à courte et moyenne durée, réalisé à intensité supra-maximale, sur le temps limite à 100 % de la VMA, la résistance à la vitesse (RSA) et la vitesse de récupération chez les handballeurs
- Concevoir un programme d'entraînement fondé sur les deux types d'exercices intermittents les plus couramment utilisés dans la préparation physique des handballeurs.

- Les résultats de cette étude pourraient aider à optimiser la planification de la charge d'entraînement pendant la phase préparatoire spécifique (PPS) au handball
- Déterminer la méthode d'entraînement la plus efficace pour améliorer les facteurs de performance spécifiques au handball.
- Identifier quelle méthode d'entraînement, entre l'intermittent court et l'intermittent moyen, génère la plus grande fatigue chez les athlètes.

### **Hypothèses :**

- L'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) a un impact plus significatif sur le temps limite à la VMA par rapport à l'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) chez les handballeurs U17.
- L'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) est plus efficace pour améliorer la résistance à la vitesse RSA que l'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) chez les handballeurs U17.
- L'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) est plus significatif pour le développement de la vitesse de récupération comparativement à l'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) chez les handballeurs U17.

**Échantillon :** L'échantillon se compose de deux groupes de six athlètes masculins jeunes et sains, de niveau homogène, issus de la catégorie U17 de l'académie des talents sétifiens, choisis selon la méthode intentionnelle.

### **Conclusion :**

- L'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) est plus efficace pour améliorer le temps limite à la VMA comparativement à l'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) chez les handballeurs U17.
- L'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) est plus significatif pour améliorer la résistance à la vitesse RSA que l'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) chez les handballeurs U17.

- L'entraînement intermittent court (15 sec-15 sec) a un impact plus marqué sur le développement de la vitesse de récupération comparativement à l'entraînement intermittent moyen (30 sec-30 sec) chez les handballeurs U17.

#### **6.6. Etude de Marouf Said (Marouf, 2021).**

**Auteur :** Marouf Said

**Thème :** L'effet d'un entraînement intermittent court (10sec-20sec) et (05sec-25sec) sur le développement de la vitesse maximale aérobie (VMA) des joueurs de football u19

**Type d'étude :** article scientifique

**Année :** 2021

**Edition :** Journal « sports creativity », université de msila

#### **Objectif :**

- Elaborer un programme d'entraînement avec la méthode intermittente pour le développement de certaines qualités physiques.
- Connaître l'effet de l'entraînement intermittent court (10sec-20sec) et de l'entraînement intermittent (05sec-25sec) sur le développement de la vitesse maximale des joueurs de football U19.
- Connaître la meilleure façon d'entraînement intermittent (10sec-20sec) ou d'entraînement intermittent (05sec-25sec) pour développer la vitesse maximale aérobie des joueurs de football U19.

#### **Hypothèses :**

- Les entraînements intermittents courts (10sec-20sec) et (05sec-25sec) affectent positivement le développement de la vitesse maximale aérobie des joueurs de football U19.
- La méthode d'entraînement intermittent (05sec-25sec) développe mieux la vitesse maximale aérobie que la méthode d'entraînement intermittent (10sec-20sec) pour les joueurs de football U19.

**Méthode :** Expérimentale

**Echantillon :**

Groupe de joueurs des U19 du Club RCR Relizane divisé en 2 groupes, groupe expérimental 1, et expérimental 2 constituées de 10 joueurs chacun.

**Conclusion :**

- L'entraînement avec la méthode intermittente (10sec/20sec) a un impact positif sur le développement de la vitesse maximale aérobie.
- L'entraînement avec la méthode intermittente (05sec/25sec) a un impact positif sur le développement de la vitesse maximale aérobie.
- Il existe des différences significatives entre les groupes expérimental 1 et expérimental 2, au profit du groupe expérimental 1.

**6.7. Etude de Douida kaiss et Messaoud Boureghda Mohamed (Douida & Messaoud, 2020).**

**Auteur :** Douida Kaiss et Messaoud Boureghda Mohamed.

**Thème :** L'impact de l'entraînement intermittent sur le développement de certaines qualités physiques chez les footballeurs des U19.

**Type d'étude :** Article scientifique

**Année :** 2021

**Edition :** journal « sports creativity », université de msila

**Objectif :**

- Elaborer un programme d'entraînement avec la méthode intermittente pour le développement de certaines qualités physiques.
- Connaitre l'impact d'un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente sur le développement de vitesse de transition.
- Connaitre l'impact d'un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente sur le développement de la force et la force-vitesse.

- Connaitre l'impact d'un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente, sur le développement de l'endurance.

### **Hypothèses :**

- Il Ya un impact positif de l'entrainement intermittent sur le développement de certaines qualités physiques.
- Il n'y a pas de différences significatives entre le groupe témoin et expérimental pour les pré-tests des qualités physiques.
- Il n'y a pas de différences significatives avant et après l'application du programme pour le groupe témoin dans les qualités physiques.
- Il y a une différence significative avant et après l'application du programme pour le groupe expérimental dans les qualités physiques.
- Il y a une différence significative entre le groupe témoin et expérimental pour les post-tests des qualités physiques.

### **Méthode :** Expérimentale

### **Echantillon :**

Groupe de joueurs des U19 du club Ain OUALBANE divisé en 2 groupes, groupe expérimental et groupe témoin.

### **Conclusion :**

- L'entraînement avec la méthode intermittente a un impact positif sur le développement de certaines qualités physiques.
- Il n'y a pas de différences significatives entre le groupe témoin et expérimental pour les pré-tests des qualités physiques.
- Il n'y a pas de différences significatives avant et après l'application du programme pour le groupe témoin pour toutes les qualités physiques.
- Il y a une différence significative avant et après l'application du programme pour le groupe expérimental pour les qualités physiques étudiées.

- Il existe une différence significative entre le groupe témoin et le groupe expérimental pour les post-tests portant sur les qualités physiques étudiées.

**6.8. Etude de Benrabah Kheiredine, Bensassi Radhouane, Charef Silarbi, Bennadja Mohamed, Kharoubi Mohamed Fayçal et Kacem Abdelhadi (Benrabah, et al., 2021).**

**Auteur :** Benrabah Kheiredine, Bensassi Radhouane, Charef Silarbi, Bennadja Mohamed, Kharoubi Mohamed Fayçal et Kacem Abdelhadi.

**Thème :** L'effet de l'entraînement intermittent avec des exercices pliométriques sur les capacités aérobies et anaérobies.

**Type d'étude :** Article scientifique

**Année :** 2021

**Edition:** Journal «Physical education and sport through the centuries», la serbie

**Objectif :**

- Elaborer un programme d'entraînement avec la méthode intermittente avec des exercices pliométriques pour le développement des qualités aérobies et anaérobies.
- Connaître l'impact d'un programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente avec des exercices pliométriques sur le développement de vitesse maximale aérobie, RSA, squat jump, et le contre mouvement jump

**Hypothèses :**

- Il y'a un impact positif de l'entraînement intermittent avec des exercices pliométriques sur le développement de la VMA, la RSA, squat jump et le contre mouvement jump.
- Il y'a un impact positif de l'entraînement intermittent avec des exercices pliométriques sur le développement de la VMA, la RSA, squat jump et le contre mouvement jump comparativement à entraînement classique.

**Méthode :** Expérimentale

**Echantillon :**

Groupe de joueurs entre 18ans et 23ans, de l'université de Tissemsilet partagés en deux groupes de 10 joueurs de manière volontaire, un groupe expérimental et un groupe témoin.

**Conclusion :**

- L'utilisation de l'entraînement intermittent avec des exercices pliométriques permet le développement de la VMA, la RSA, et le contre mouvement jump.
- Il n'y a pas de différences significatives avant et après l'application du programme pour le groupe expérimental on ce qui concerne le squat jump (sj).
- Il existe une différence significative entre le groupe témoin et le groupe expérimental lors des post-tests, concernant la VMA, la RSA et le countermovement jump.

**6.9. Etude de Nouredine Ghennam et Abdelhak Abbed (Nouredine & Abdelhak, 2016).**

**Auteur :** Nouredine Ghennam et Abdelhak Abbed.

**Thème :** Etude Comparative De L'influence Des Exercices Intermittents Course à Haute Intensité Et Des Jeux Réduits Sur L'amélioration De L'endurance Chez Les Footballeurs (17ans-19ans)

**Type d'étude :** Article scientifique

**Année :** 2016

**Edition:** Journal «le défi», Université Larbi Ben Mhidi de Oum El Bouaghi

**Objectif :**

- Souligner l'efficacité des jeux réduits comme méthode d'amélioration de l'endurance, équivalente à celle des exercices intermittents.
- Offrir aux entraîneurs la possibilité de gagner du temps en se concentrant davantage sur la spécificité de l'activité.
- Mettre en lumière l'impact des jeux réduits sur l'aspect technique du jeu.

### **Hypothèses :**

- Les jeux réduits peuvent être utilisés pour améliorer l'endurance des footballeurs, tout comme les exercices intermittents.
- Il est possible de remplacer les exercices intermittents par des jeux réduits pour développer l'endurance.
- Les jeux réduits peuvent permettre d'améliorer davantage la technique des footballeurs.

### **Méthode :** Expérimentale

**Échantillon :** L'étude a impliqué 26 joueurs de deux clubs amateurs, catégorie Junior (17-19 ans). Le premier groupe (n=13) a suivi un entraînement basé sur des exercices intermittents, tandis que le deuxième groupe (n=13) a pratiqué un entraînement avec des jeux réduits. Les joueurs des deux groupes s'entraînaient 6 heures par semaine, réparties en séances de 1h30 chacune. En raison de leur VMA souvent inférieure à celle des joueurs de champ, les gardiens de but ont été exclus de l'étude.

### **Conclusion :**

Cette étude a confirmé les hypothèses initiales, démontrant que certains jeux réduits peuvent effectivement remplacer les exercices intermittents dans le cadre du développement de l'endurance.

### **6.10. Etude de Kharoubi Mohamed Fayçal (Kharoubi, 2016).**

**Auteur :** Kharoubi Mohamed Fayçal.

**Thème :** Etude des effets de l'entraînement intermittent (court vs long) sur le développement de la vitesse maximale aérobie chez des jeunes footballeurs « Cas des juniors »

**Type d'étude :** Article scientifique

**Année :** 2016

**Edition:** Journal des Sciences et Pratiques des Activités Physiques Sportives et Artistiques université Alger3

### **Objectif :**

- Comparer l'impact des exercices intermittents courts et longs sur le développement de la VMA (Vitesse Maximale Aérobie).
- Obtenir une évaluation plus précise des capacités aérobies des footballeurs de catégorie juniors.
- Élaborer de manière expérimentale les méthodes et les outils permettant d'évaluer les capacités aérobies (VMA) ainsi que les niveaux de performance.
- Développer des programmes d'entraînement basés sur des exercices intermittents, spécifiquement conçus pour optimiser les qualités aérobies.

### **Hypothèses :**

- Aucune différence significative dans le niveau de la VMA entre les deux groupes (3min/3min et 15sec/15sec) lors de la première évaluation (pré-test).
- Les résultats ne montrent aucune différence significative dans le niveau de la VMA entre le pré-test et le post-test pour le groupe ayant effectué l'entraînement intermittent long (3 min/3 min).
- Une différence statistiquement significative a été relevée dans le niveau de la VMA entre le pré-test et le post-test pour le groupe ayant suivi l'entraînement intermittent court (15 sec/15 sec).

**Méthode :** Expérimentale

### **Échantillon :**

Vingt footballeurs (17 ans ;  $174,96 \pm 4,2$  cm,  $64,57 \pm 3,23$  kg) évoluant en championnat « Division Une » région ouest ont participé à cette étude. Les participants ont été répartis en deux groupes : un groupe 15sec/15sec (G15/15, n=10) et un groupe 3min/3min (G3/3, n=10).

### **Conclusion :**

- Aucune différence significative du niveau de la VMA n'a été observée entre les deux groupes (3min/3min et 15sec/15sec) lors de la première évaluation (pré-test).
- Aucune différence significative du niveau de la VMA n'a été constatée entre le pré-test et le post-test pour le groupe ayant suivi l'entraînement intermittent long (3min/3min).
- Une différence significative du niveau de la VMA a été observée entre le pré-test et le post-test pour le groupe ayant suivi l'entraînement intermittent court (15sec/15sec).
- La méthode d'entraînement intermittent court (15sec/15sec) s'avère plus efficace pour le développement de la VMA par rapport à la méthode intermittente longue (3min/3min).

### **Commentaire sur les études similaires:**

Suite à la consultation et à la vérification des études similaires, nous avons observé qu'aucune recherche ne se concentre sur l'application d'un travail intermittent spécifique composé Des séquences de 10 secondes de course ou de bondissements, suivies de 20 secondes de récupération active ou passive, utilisées comme travail de compensation chez des joueurs professionnels, tout en respectant le cadre des différentes étapes de la préparation en pré-saison.

Par ailleurs, la diversité des méthodes d'entraînement intermittent, ainsi que des variables telles que l'intensité et la durée des intervalles, doivent être prises en compte pour rendre la conception d'études rigoureuses et comparatives d'autant plus complexe.

### **L'intérêt des études similaires réside dans :**

- La définition précise et détaillée de la problématique de recherche.
- L'expansion des connaissances existantes.
- L'énoncé des hypothèses, des questions de recherche et des objectifs visés dans le cadre de l'étude.

- La sélection des méthodes, des outils et du matériel les plus appropriés pour atteindre les objectifs de notre étude.

**Première partie**  
**Analyse de la littérature**

# **Chapitre I. Particularité du football moderne**

### **Préambule :**

Le football est un sport universellement apprécié, pratiqué avec passion à travers le monde. Il combine le plaisir du jeu, la combativité et l'habileté individuelle avec les stratégies collectives de l'équipe.

Dans ce chapitre, nous abordons les spécificités du football moderne, en mettant l'accent sur les systèmes d'analyse technique, tactique, physique et mentale. Nous évoquons également les tendances actuelles du football ainsi que les dernières statistiques qualitatives et quantitatives concernant les aspects techniques, tactiques, physiques, physiologiques et mentaux du jeu.

## I.1. Le football moderne :

Le football, par sa combinaison de force, de vitesse et d'endurance, représente un sport idéal pour ceux qui recherchent à la fois diversité et équilibre. En tenant compte de sa structure, on peut définir le football comme « un sport collectif où les participants interagissent de manière mesurable, en présence de partenaires et d'adversaires, sur un espace commun (standardisé et sans incertitude), avec une participation simultanée basée sur la coopération et l'opposition »

Paul Laursen et Martin Buchheit (2019) ont déterminé la position du footballeur sur les trois axes endurance, force, vitesse et aussi la spécificité footballistique sur le plan tactique, technique et physique



**Figure 1:** La position du footballeur sur les trois axes force, vitesse, endurance (Laursen & Buchheit, 2019, p. 548)

Il est important pour le joueur de football d'avoir des qualités physique, physiologiques, compétences techniques, pensée tactique et intelligence de jeu bien développés (Figure 1) Tous ceux-la sont les clés de réussites (Laursen & Buchheit, 2019)

En observant les grandes compétitions internationales et continentales de haut niveau (Coupe du Monde, Coupe d'Europe, Ligue des Champions), il est évident que le football est devenu plus rapide et plus intense, avec une réduction notable du temps d'arrêt de jeu. Cela concerne à la fois la vitesse acyclique des actions motrices (vitesse d'exécution des

gestes technico-tactiques) et la vitesse cyclique liée aux départs et aux déplacements (locomotion).

Ainsi, le football est une activité multifactorielle, où la performance d'un joueur dépend de l'interaction de ses capacités techniques, tactiques, physiques et mentales. Chaque poste de jeu présente des particularités spécifiques qui varient en fonction des exigences et des orientations technico-tactiques de l'équipe.

### **I.2. Outils de mesures, d'observation et d'analyse des efforts en football :**

L'analyse de l'activité footballistique pendant un match peut être réalisée à l'aide de divers outils tels que :

#### **I.2.1. Les systèmes manuels :**

Cette technique est très souvent couplée à la technique d'analyse vidéo avec l'aide des fiches d'observation.

Ces systèmes représentent des données statistiques ou des vidéos, elles sont utilisées très régulièrement et présentent un intérêt grandissant (Dellal, 2008, p. 10)

L'inconvénient de ces systèmes d'analyse manuels est qu'ils ne permettent pas d'apprécier des données telles que les distances de course avec différentes intensités et bornes de vitesse, en effet, elles sont juste limitées à des données plus restreintes du nombre de passes, de frappes, de duels gagnés...

#### **I.2.2. Les systèmes d'analyse technologiques avancés :**

##### **I.2.2.1. Les systèmes vidéo automatiques :**

Au début des années 2000, plusieurs systèmes vidéo automatiques ont émergé, tels que Prozone Sport Ltd (Royaume-Uni), Amisco ProR (France), TracabR (Suède), DVideoR (Brésil) et Feedback FootballR (Nouvelle-Zélande), ainsi que des systèmes de transmission électronique comme LPM Soccer 3DR (Pays-Bas) ou le système « CBT ». Ces technologies ont souvent servi de référence pour valider indirectement d'autres systèmes, tels que les unités GPS. Les systèmes d'analyse multi-caméras demeurent des outils techniques de choix pour quantifier les données, comme l'attestent de nombreux

clubs de haut niveau qui les ont adoptés en 2017 pour analyser non seulement leurs compétitions (Hourcade, 2017), mais aussi leurs entraînements. Cependant, l'un des principaux inconvénients de ces systèmes réside dans leur accessibilité financière, qui les rend difficilement accessibles à tous les clubs.

### **I.2.2.2. Les GPS :**

L'utilisation des systèmes de positionnement global (GPS) intégrant des capteurs inertiels (accéléromètres, magnétométries et gyroscope) en football ont augmenté au début des années 2000, selon les résultats de recherche (de 3 à 136 articles entre 2001 et 2018 dans les bases de données PubMed) l'objectif principal de l'utilisation des GPS par les entraîneurs est de quantifier la charge d'entraînement, analyser l'activité et déterminer le profil de joueur, cette technologie révolutionnaire est maintenant à disposition de tous les clubs professionnels et même amateurs dans certains pays, ces outils permettent de collecter des données telles que la distance totale parcourue, la distance parcourue à haute intensité, nombre d'accélération et décélérations, ainsi que la distance de sprint... (Malone, et al, 2019).

La FIFA selon la loi 17/18 autorise les joueurs de football à être équipés de GPS durant les matchs de football, à condition que la marque de GPS soit approuvée par la Fifa (FIFA, 2017).

**Tableau 1** : Les sociétés de fabrication et les marques des GPS approuvées par la Fifa

LA SOCIETE DE FABRICATION	LA MARQUE DU GPS
STATSport Group LTD	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SOMMET</li> <li>➤ APEX POD</li> </ul>
Advanced Sport Instruments SA	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ FIELDWIZ</li> <li>➤ FIELDWIZ V2</li> </ul>
Exelio Srl	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ GPEXE LT</li> <li>➤ GPEXE PRO2</li> </ul>
Catapult Sports	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ GPSPORTS EVO</li> <li>➤ GPSPORTS HPU</li> <li>➤ OPTIMEYE (X4, S5, G5)</li> <li>➤ PLAYERTEK</li> <li>➤ PLAYR</li> <li>➤ S5</li> <li>➤ VECTEUR (GPS)</li> <li>➤ VECTEUR (LPS)</li> <li>➤ VECTOR G7</li> <li>➤ VECTOR S7</li> <li>➤ VECTOR X7</li> </ul>
STATSport data and technology Ireland limited	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ K-50</li> <li>➤ STATS K-50</li> </ul>
Fitogther Inc	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ OHCOACH CELL B</li> </ul>
Polar Electro Oy	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Polar team pro</li> </ul>
Sports Performance Tracking Pty Ltd	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ SPT 2 GPS TRACKER</li> </ul>
Visuallex sport international LTD	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ VX FF5</li> </ul>
REALTRACK SYSTEMS SL	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ WIMU PRO</li> </ul>
Institut coréen de développement de l'industrie du sport	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ZEUS S</li> </ul>

### **I.3. Evolution du jeu, aspect technique, tactique et physique :**

#### **I.3.1. Au niveau technique :**

Plusieurs chercheurs, tels que Mombaerts (1991), Jones & Drust (2007), et Carling & Dupont (2011), ont étudié les qualités techniques et biomécaniques des footballeurs en compétition. Ils ont observé qu'à haut niveau, les actions de jeu, ainsi que le nombre de passes et de tirs, ont augmenté tant en qualité qu'en quantité, s'adaptant ainsi à l'évolution du football. Une équipe effectuait entre 200 et 350 passes par match, soit une moyenne de 20 à 35 passes par joueur. En Liga espagnole, les joueurs réalisaient en moyenne entre 35 et 52 passes, avec les milieux centraux (MC) des trois meilleures équipes atteignant parfois des moyennes de 70 passes par match (Liu et al., 2016). Parmi ces passes, on distingue les passes courtes ( $< 37$  m) et les passes longues ( $\geq 37$  m), avec une moyenne d'environ 23 passes courtes (19,1 à 27,7) et 4 passes longues (3,7 à 4,4) chez les professionnels de Serie A italienne (Djaoui, 2017).

Le jeu moderne exige que le joueur soit techniquement performant, capable d'exécuter avec précision les gestes nécessaires à chaque situation de jeu (Di Salvo et al., 2007). Le footballeur d'aujourd'hui doit réaliser le geste juste avec rapidité et efficacité, indépendamment de l'organisation tactique de l'équipe et du niveau d'expertise de celle-ci. Bien que ces gestes puissent être esthétiques et spectaculaires, leur efficacité reste primordiale, au service du jeu collectif.

Dans le football, le ballon est rarement immobile aux pieds du joueur. Une maîtrise technique solide permet à ce dernier d'ajuster son geste en fonction de l'évolution du jeu. Selon Dufour (1990), un joueur touche le ballon entre 60 et 120 fois par match, avec des séquences d'environ 2 secondes, soit un total de 4 minutes au maximum. Bangsbo & Lindquist (1992) rapportent qu'un joueur effectue en moyenne 30 conduites de balle par match, chaque conduite durant environ 3 secondes.

Dellal (2008), a quantifié l'activité des footballeurs par poste de jeu

**Tableau 2 : Pourcentage de duels et de dribble (Dellal, 2008, p. 17).**

	% de dribble réussis	% de duel aérien gagné	% de duel au sol gagné
<b>Attaquant</b>	50,87	34,98	46,61
<b>Milieux défensifs</b>	57,31	47,55	49,96
<b>Milieu excentrés</b>	51,30	49,05	49,67
<b>Milieu offensifs</b>	60,31	39,21	50,74
<b>Arrières latéraux</b>	61,96	59,41	55,42
<b>Défenseurs centraux</b>	59,07	61,89	55,84

Il est constaté que les défenseurs remportent le plus grand nombre de duels, que ce soit aériens ou au sol, avec des taux respectifs de 59% et 54%. En revanche, les attaquants réussissent le moins de dribbles, avec un taux de réussite de 51%, tandis que les milieux de terrain affichent un taux de réussite supérieur à celui des autres joueurs. Le football moderne est devenu très intense, et les joueurs sont constamment amenés à répéter des actions courtes et intenses tout au long du match, avec des variations selon le poste occupé.

- **Les attaquants** : Ils réalisent en moyenne 27 sprints, avec ou sans ballon, pour créer des solutions pour le porteur du ballon, notamment face à une défense solide et intelligente, et pour presser les défenseurs en cas de perte de possession (Rampinini et al., 2007).
- **Les milieux de terrain** : Ils doivent être capables de conserver le ballon, aussi bien individuellement que collectivement (avec 57% de dribbles réussis), de faire preuve de rapidité en phase offensive, et de contribuer au travail défensif collectif (24 sprints) et au marquage (avec des taux de réussite de 45,21% et 50,18% dans les duels).
- **Les défenseurs centraux** : Confrontés à des attaquants rapides et techniques, ils doivent être rapides, forts, intelligents et capables d'agir aussi bien individuellement (avec des taux de 59,44% et 56,04% de duels réussis) que collectivement (ils réalisent moins de sprints que les attaquants, se concentrant sur la couverture).

- **Les défenseurs latéraux** : En raison de leurs responsabilités à la fois en attaque et en défense, ils sont devenus des joueurs polyvalents, capables de défendre et d'attaquer avec un niveau de performance similaire (avec des statistiques telles que 53,10% de réussite au dribble, 54,20% et 61,48% de duels réussis). De nos jours, ils jouent un rôle clé dans les choix tactiques et la performance d'une équipe.

La technique, dans le football moderne, permet au joueur de répondre aux exigences du jeu actuel. Tous les experts en football s'accordent sur l'importance de développer les compétences techniques fondamentales et spécifiques des joueurs, quel que soit leur niveau, ceci dans le but de faciliter leur intégration dans une équipe de haut niveau et d'optimiser la cohésion au sein de la stratégie collective. Cela constitue un facteur clé pour permettre au joueur de s'adapter efficacement aux différentes situations de jeu et de match, en particulier en fonction des exigences techniques propres à son poste (Monkam, Tchokonté, Dellal, Keller, & Cometti, 2007).

L'évolution technique du football a conduit à ce que la maturité technique des joueurs devienne un critère essentiel de leur performance pour assurer un bon équilibre au sein de l'équipe. La maîtrise des différentes gammes gestuelles offre au footballeur moderne la possibilité de s'intégrer efficacement dans l'équipe, quel que soit son niveau d'expertise, et de réussir son adaptation à l'animation et à la dynamique du jeu. Pour remporter un match, une équipe doit marquer plus de buts que son adversaire.

Ainsi, la capacité à marquer des buts est une compétence fondamentale du football. Des études ont montré que le nombre de tirs, de tirs cadrés, ainsi que l'efficacité des tirs en buts, sont des facteurs déterminants pour la victoire en Ligue des Champions (Passos, Araujo, & Volossovitch, 2017). Le rapport de la Coupe du Monde 2014 au Brésil a également souligné que le nombre de tirs cadrés était l'indicateur le plus pertinent pour prédire la victoire (Djaoui, 2017), confirmant des observations similaires faites lors des Coupes du Monde 2002 au Japon/Corée, 2006 en Allemagne et 2010 en Afrique du Sud (Castellano, Casamichana, & Lago, 2012).

### **I.3.2. Au niveau tactique :**

Il est désormais bien établi que le résultat d'un match de football ne repose pas uniquement sur l'habileté technique des joueurs. En tant que sport collectif, Le football, au-delà des aspects techniques, repose sur des enjeux d'intelligence collective et de stratégies de jeu, qui ont évolué au fil du temps pour devenir des éléments de plus en plus déterminants dans la performance collective. En particulier, le positionnement dynamique des joueurs, leur synchronisation, ainsi que la cohérence de leurs actions lors des phases offensives, défensives et de conservation du ballon, constituent des atouts essentiels, exploités de manière stratégique par les équipes de haut niveau.

La stratégie et les tactiques jouent un rôle crucial en influençant non seulement les données d'un match, mais aussi son résultat final (Yiannakos & Armatas, 2006). La stratégie peut être définie comme un plan élaboré et mis en œuvre pour atteindre un objectif précis, en appliquant des tactiques spécifiques adaptées à l'activité (Carling, Mark, & Reilly, 2005).

Les entraîneurs tacticiens (tels que Mourinho, Raymond Goethals, Franz Beckenbauer, Carlos Bianchi, Jean-Claude Suaudeau, etc.) cherchent constamment à trouver la meilleure organisation et animation du jeu possible pour optimiser les résultats en match tout en offrant un spectacle captivant. Le tableau ci-dessous illustre comment l'innovation stratégique contribue à une meilleure performance sur le terrain.

**Tableau 3** : Les différentes organisations tactiques dans l’historique de la coupe du monde en fonction des résultats (Rapport FIFA., 1990, 1994, 1998, 2002, 2006, 2010, 2014, 2018)

Compétition	Equipe	Classement	Organisation
<b>Coupe du monde 1990</b>	RFA	1	1-3-5-2
	ARGENTINE	2	1-4-4-2
<b>Coupe du monde 1994</b>	BRESIL	1	1-4-4-2
	Italie	2	1-4-4-2
<b>Coupe du monde 1998</b>	FRANCE	1	1-4-2-3-1
	BRESIL	2	1-4-4-2
<b>Coupe du monde 2002</b>	BRESIL	1	1-5-4-1
	ALLEMAGNE	2	1-3-5-2
<b>Coupe du monde 2006</b>	Italie	1	1-4-4-2
	France	2	1-4-2-3-1
<b>Coupe du monde 2010</b>	ESPAN	1	1-4-2-3-1
	HOLLAND	2	1-4-2-3-1
<b>Coupe du monde 2014</b>	ALLEMAGNE	1	1-4-3-3
	ARGENTINE	2	1-4-4-1-1
<b>Coupe du monde 2018</b>	France	1	1-4-2-3-1
	CROATIA	2	1-4-3-3

Au cours des dernières années, les stratégies et tactiques de jeu ont subi une évolution marquante. Elles sont devenues des outils essentiels pour les entraîneurs, contribuant grandement à la performance des équipes. Cette évolution, Cette évolution, tant sur le plan de l’organisation de l’animation du jeu, découle d’un renforcement des compétences techniques des joueurs, ainsi que d’une augmentation du rythme et de la vitesse d’exécution des actions de jeu (Carling, Mark, & Reilly, 2005). Au cours des 20 à 30 dernières années, ces évolutions ont entraîné une réorganisation de l’évolution de l’occupation du terrain, débutant avec le système 1-4-2-4, puis passant au 1-4-3-3, au 1-4-4-2, au 1-5-4-1, et enfin au 1-4-2-3-1, peut fluctuer tout au long d’un même match, voire au cours d’une saison pour une équipe.

Récemment, Winter & Pfeiffer (2015) ont identifié quatre facteurs tactiques qui sont considérés comme les plus prédictifs de la victoire lors d’un match :

- La capacité à réagir rapidement après la perte du ballon pour éviter un déséquilibre défensif. Certains auteurs ont souligné que la vitesse de récupération du ballon était plus rapide chez les meilleures équipes de la Bundesliga (Vogelbein, Nopp, & Hökelmann, 2014).

- La capacité à exploiter un déséquilibre défavorable à l'adversaire lors de la récupération du ballon pour créer une opportunité offensive.
- La rapidité du jeu, mesurée à travers des indicateurs tels que la vitesse de circulation du ballon, le nombre de passes par minute, et la fréquence des touches de balle.
- L'efficacité dans le jeu dynamique, c'est-à-dire la capacité à utiliser les espaces libres pour créer des situations de but.

Selon Monkam (2007), l'évolution des stratégies et des tactiques en football a des répercussions directes sur l'organisation de l'entraînement, où l'attention se porte désormais, davantage sur les situations tactiques, reflétant ainsi un changement dans la préparation des joueurs. En mettant un focus particulier sur l'organisation de l'équipe et les directives tactiques concernant les animations de jeu, telles que définies par l'entraîneur. Ces stratégies sont intégrées au cours des sessions d'entraînement, adaptées aux exigences du jeu et souvent mises en œuvre à travers l'entraînement intégré, qui utilise de plus en plus de jeux réduits, tant pour la formation des jeunes que pour l'entraînement de haut niveau.

### **I.3.3. Au niveau physique :**

Dans le football professionnel moderne, les équipes accordent une importance croissante à la préparation physique et aux aspects athlétiques du jeu. Selon Willmore (1998), de nombreux dirigeants ont pris conscience que le manque d'entraînement physique peut être préjudiciable à une équipe, notamment en fin de match. Aujourd'hui, les programmes d'entraînement sont de plus en plus en adéquation avec les exigences du match et les capacités des joueurs (Cazorla & Farhi, 1998).

Ainsi, la préparation physique est désormais un élément clé pour toute équipe ou joueur visant à atteindre un niveau de performance optimal. L'évolution actuelle du football impose d'amener le joueur à être plus explosif dans ses efforts, plus puissant dans les duels et les démarrages, et plus rapide lors des contre-attaques.

Pour évaluer l'activité physique des joueurs de football, plusieurs technologies ont été utilisées, comparées et validées scientifiquement, telles que les systèmes semi-

automatiques à multiples caméras, l'analyse vidéo des déplacements en fonction du temps, et les dispositifs GPS (Djaoui, 2017).

Quel que soit le système employé, la littérature définit des seuils d'intensité prédéfinis pour mesurer l'intensité de l'activité, que ce soit en match ou à l'entraînement. Ces seuils incluent les distances parcourues en marchant (0 à 7 km/h), en courant à basse intensité (7 à 14 km/h), en courant à haute intensité (14 à 19 km/h), en courant à très haute intensité (au-delà de 19 km/h), et en sprintant (75 % de la vitesse maximale de l'athlète) (Hourcade, 2017).

D'un point de vue physique, le match de football est désormais analysé à la fois sous les aspects quantitatifs (distance totale parcourue, temps de jeu effectif) et qualitatifs (nombre de sprints, nombre de séquences de jeu, temps de récupération entre les efforts...), ce qui confirme que le football est un sport en constante évolution, qui s'adapte aux changements et aux paramètres physiques.

## I.3.3.1. Distance moyenne d'équipe en match :

Plusieurs études rapportent sur les distances totales parcourues en match (tableau 4)

**Tableau 4** : relevé des distances totales parcourues par des footballeurs au cours de matchs officiels (Dellal, 2020)

Auteurs	Niveau	Distance totale parcourue (m)
Gamblin et Winterbottom (1952)	Professionnel anglais	3361
Agnevik (1970)	Professionnel suédois	10200
Saltin (1973)	Amateur suédois	12000
Whithead (1975)	Professionnel anglais	11700
Samaros (1980)	Division 2 finlandaise	7100
Whiters et al (1982)	Sélection australienne	11500
Eklblom (1986)	Amateur suédois	10000
Gerisch et al (1988)	Amateur allemand	9000
Reilly (1994 et 1996)	Division 2 anglaise	9660
Bangsbo (1994)	International danois	10550
Rienzi et al (2000)	International sud-américain	8638
Mohr et al (2004)	Professionnel danois	10333
Hawkins (2004)	Professionnel anglais	15000
Di salvo et al (2007)	Professionnel espagnol	11393
Barros et al (2007)	Professionnel brésilien	10012
Rampinini et al (2007)	Professionnel anglais	10864
Dellal et al (2010)	Professionnel français	10427 – 11726
Dellal et al (2011)	Professionnel espagnol-anglais	10496 – 11780
LFP (2018) – saison 2017/2018	Professionnel français	9273 – 13200 Entre 108 et 180 m/min

La distance maximale parcourue par un footballeur de haut niveau durant un match est d'environ 14 km, tandis que la moyenne se situe autour de 10 km par match, cette dernière variant d'une saison à l'autre. En outre, des différences notables de distance parcourue existent entre les joueurs de différentes nationalités. Par exemple, Eklblom (1986) a observé que les footballeurs suédois parcouraient moins de distance que les joueurs australiens (11 km en moyenne), tandis que les joueurs anglais de haut niveau atteignaient en moyenne 13 km. De même, Rienzi et al. (2000) ont constaté que les joueurs sud-américains parcouraient moins de distance que leurs homologues anglais.

Bradley et al. (2009) expliquent que ces différences peuvent être attribuées à plusieurs facteurs :

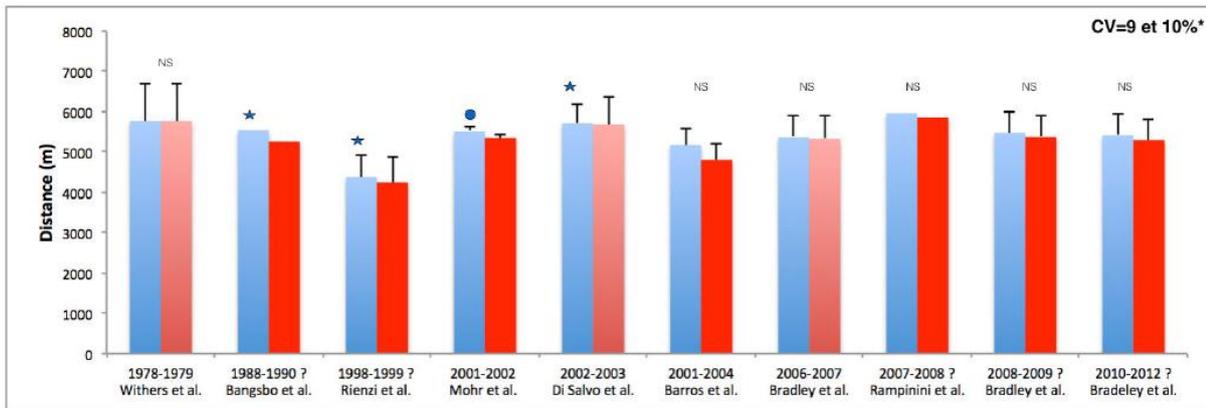
- La méthode expérimentale utilisée pour suivre les déplacements des joueurs pendant un match.
- La période des observations, marquée par l'évolution des systèmes de jeu et des règles, a eu une influence significative sur les résultats, ces derniers ayant évolué au fil des années.
- Le niveau de compétition et de performance des joueurs observés est un facteur clé. Les joueurs professionnels, par exemple, parcourent généralement une distance plus importante que les joueurs amateurs, ce qui s'explique par la fréquence plus élevée des sprints et des courses de remplacement (Dellal, 2008).
- L'intensité du match, qui impacte le volume et l'intensité des efforts fournis, ainsi que la rapidité d'exécution technique et les déplacements effectués à grande vitesse.
- Le système de jeu adopté, qu'il soit basé sur un jeu indirect et court ou un jeu direct et rapide, avec de nombreuses contre-attaques.
- Les postes occupés par les joueurs, qui influencent leur manière de se déplacer sur le terrain.

Il est important de noter que les résultats des différentes études varient considérablement et parfois de manière contradictoire. Cependant, la plupart des recherches proposent des résultats sans préciser clairement la procédure expérimentale utilisée, ce qui peut expliquer ces divergences.

### **I.3.3.2. Distance totale parcourue d'une mi-temps à l'autre :**

De nombreuses études se sont intéressées à ces analyses, qu'elles soient quantitatives (Barros, et al., 2007) ou qualitatives (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007). Par exemple, ces analyses ont révélé En moyenne, que la distance totale parcourue en deuxième mi-temps était inférieure de 4 à 9 % par rapport à celle réalisée en première mi-temps (Rienzi,

Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000). Cependant, toutes ces analyses se basent uniquement sur le temps de jeu total, sans tenir compte de l'activité du joueur durant le temps de jeu effectif.



**Figure 2 :** Comparaisons des distances parcourues en compétition entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> mi-temps depuis 1978 (barre bleue=1<sup>ère</sup> mi-temps, barre rouge=2<sup>ème</sup> mi-temps) (Hourcade, 2017)

### I.3.3.3. Distance de course à haute intensité, à très haute intensité, et des sprints :

Les analyses classiques de l'entraînement (Barros et al., 2007) indiquent que seulement 3 % de la distance totale parcourue durant un match est effectuée sous forme de sprints. Cependant, une analyse plus précise, prenant en compte uniquement le temps de jeu effectif, montre que cette proportion est bien plus élevée. En effet, le sprint représente environ 4,8 % de la distance totale parcourue pendant le temps de jeu effectif, soit une augmentation de 60 %.

Selon Hourcade (2017) :

- En fonction des postes et des systèmes de jeu, le nombre de sprints réalisés lors d'un match peut varier de 10 à 30, avec des ratios allant de 0,11 à 0,33.
- Les milieux excentrés, en moyenne, réalisent le plus grand nombre de sprints, avec un total de 19 sprints et un ratio de 0,21
- Les milieux excentrés et les attaquants sont également les plus nombreux à réaliser des accélérations, avec des moyennes respectives de 35 à 38 accélérations, et des ratios variant entre 0,38 et 0,42.

- En moyenne, 33 accélérations et 54 décélérations viennent compléter les efforts de haute intensité, avec des ratios allant de 0,36 à 0,61.
- Une hausse significative du nombre d'efforts de « haute et très haute intensité » est constatée entre 1976 et 2007, avec un passage de 62 à 98 en moyenne, et des ratios allant de 0,68 à 1,08.
- Les ratios, exprimés en pourcentage du temps de jeu, indiquent une augmentation de la fréquence des efforts de haute intensité, avec des intervalles de récupération qui se raccourcissent progressivement entre ces efforts.

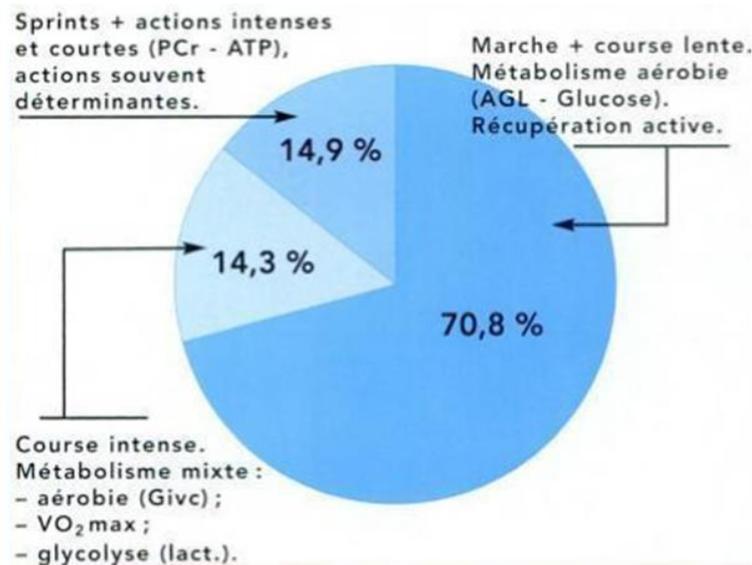
Enfin, il est possible de retenir deux ratios spécifiques, prenant en compte la vitesse de course et les accélérations au-delà d'un certain seuil, rapportés à la durée d'exercice. Ces ratios doivent être individualisés en fonction des postes et des profils des joueurs.

### **I.3.3.4. Analyse physiologique de l'activité footballistique :**

Lors d'un match de football, la fatigue survient temporairement après des périodes courtes et intenses, et progressivement vers la fin de chaque mi-temps. À ces moments-là, une équipe plus en forme peut être en mesure de fatiguer l'adversaire et de capitaliser en marquant un but (Tony, 2016).

Un match de football se caractérise par la réalisation de nombreuses actions d'intensité variable à des moments inconnus tout au long d'une période de 90 minutes (et dans certains cas de 120 minutes) selon la situation du match. Cette activité sollicite considérablement les systèmes physiologiques. En conséquence, les qualités anaérobies et aérobies sont importantes pour le footballeur professionnel. Cette section traite des exigences et de l'importance de ces qualités.

Selon Cazorla et Farhi (1998) , le métabolisme à priorité anaérobie alactique représenté avec 14,9% comme sprint et actions courtes et intenses, Alors que le métabolisme anaérobie lactique représenté avec 14,3% comme courses mixtes Aéro-anaérobie, et le métabolisme aérobie représenté avec 70,8% comme marche et course lente (Figure 3)



**Figure 3 : Actions de match et évaluation des métabolismes sollicités (Jean-Paul, 2008, p. 23)**

### I.3.3.5. La fréquence cardiaque :

En football, la fréquence cardiaque est utilisée depuis les années 1960 comme un indicateur de l'intensité de la charge interne, aussi bien pendant les matchs qu'au cours des entraînements. De nombreuses études ont démontré que la fréquence cardiaque moyenne des athlètes dépend de plusieurs facteurs externes, tels que le niveau de compétence technique du joueur, ses capacités physiques et la durée des efforts fournis pendant un match (Marion & Suzanne, 1989).

L'étude menée par Smolaka (1978) a révélé que, pendant l'effort, la fréquence cardiaque d'un footballeur demeure systématiquement supérieure à 85 % de sa fréquence cardiaque maximale (FCmax) pendant environ les deux tiers du match. Cette observation a été confirmée par Cazorla et Farhi (1998), qui ont précisé que la fréquence cardiaque se situait entre 85 et 90 % de la FCmax pendant 23 minutes de jeu, entre 90 et 95 % pendant 17 minutes, et entre 95 et 100 % durant 7 minutes. En moyenne, la fréquence cardiaque des joueurs se situe donc dans une plage de 72 à 93 % de la FCmax. Dellal (2008) a également noté que l'activité d'un footballeur pendant un match reste généralement entre 80 % et 90 % de sa FCmax.

**Tableau 5** : FC moyenne au cours d'un match de football selon différents auteurs  
(Dellal, 2008, p. 7)

<b>Auteurs</b>	<b>Fc moyenne en bpm</b>	<b>%Fc max</b>	<b>Population</b>
<b>Seliger (1968)</b>	165	80%	Professionnels tchécoslovaques
<b>Agnevik (1970)</b>	175	93%	Internationaux suédois
<b>Smolaka (1978)</b>	171	85%	Internationaux russes
<b>Reilly (1986)</b>	157	72%	Professionnels de 1ère League anglaise
<b>Van Gool et al (1988)</b>	169 en 1ère MT et 165 en 2ème MT	84%	Joueurs universitaires belges
<b>Ali et Ferrally (1991)</b>	168-172	-	Professionnels et mateur Ecosais
<b>Bangsbo (1992)</b>	164 en 1ère MT et 157 en 2ème MT	80%	Internationaux danois
<b>Brewer et Davis (1994)</b>	175	89-91%	Professionnels suédois
<b>Helgerud et al (2001)</b>	-	82,2%	Internationaux juniors norvégiens
<b>Mohr et al (2004)</b>	160	-	Professionnels danois

### I.3.3.6. La lactatémie :

La lactatémie constitue un marqueur permettant d'évaluer les variations d'intensité (Mujika, et al., 1996). Le dosage du lactate est réalisé par le biais d'un prélèvement sanguin intraveineuse ou de micro-prélèvements sanguins, effectués à l'oreille ou à la pulpe du doigt, à l'aide d'un petit appareil portatif (Pyne, Boston, Martin, & Logan, 2000). La seule contrainte de l'utilisation de la lactatémie réside dans le coût élevé des prélèvements.

La lactatémie peut être corrélée avec d'autres marqueurs de l'intensité de l'exercice comme la RPE et les mesures de la FC (Coutts, Reaburn, Piva, & Rowsell, 2007).

Chez les footballeurs la concentration en lactatémie sanguine au cours d'un match varie entre 1 et 15,5 mmol. L-1 (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005).

# **Chapitre II. Périodisation et planification de l'entraînement**

### **Préambule :**

Depuis les premières théories de l'entraînement sportif, par l'URSS et au fil du temps, la programmation de l'entraînement a cessé de reposer sur des méthodes empiriques, pour donner naissance aux sciences appliquées. Autrement dit, sur la base de toutes les données que la science peut nous fournir à la suite de la recherche, de nouveaux programmes d'entraînement sont développés pour différentes populations d'athlètes qui donneront plus tard naissance à de nouveaux paradigmes ou courants d'entraînement sportif.

Dans ce chapitre, nous traiterons brièvement le concept de la périodisation de l'entraînement, avant de nous pencher plus en détail sur la planification et la programmation de l'entraînement dans le contexte du football. Nous aborderons également les différentes qualités physiques, en mettant l'accent sur les paramètres physiologiques et les filières énergétiques qui contribuent au développement de ces qualités.

### **II.1. L'entraînement sportif :**

L'entraînement en sport de haut niveau implique une interaction entre athlètes et entraîneurs, visant la performance maximale lors des compétitions. Il existe de nombreuses définitions de l'entraînement sportif, influencées par les différentes orientations intellectuelles et politiques des écoles orientales et occidentales, en termes d'objectifs, de principes et de fondements.

Martin définit que l'entraînement constitue un processus continu d'adaptation à la charge de travail, influençant à la fois les dimensions cognitives, affectives, et moteur (Saddam, 2018, p. 24).

Selon Matveiev, l'entraînement sportif englobe la préparation physique, technique, intellectuelle et morale de l'athlète par le biais d'exercices physiques. Bien que cette définition soit limitée, elle sous-entend la possibilité d'un développement et d'une amélioration progressifs (Saddam, 2018, p. 24).

Platonov, quant à lui, considère l'entraînement sportif comme l'ensemble des tâches permettant d'assurer une bonne santé, une éducation, un développement physique harmonieux, ainsi qu'une maîtrise technique et tactique, avec un haut développement des qualités spécifiques (Sadoki, 2020, p. 77).

Traditionnellement, l'entraînement en football mettait l'accent sur le développement technique et tactique des joueurs, au détriment de leur profil physique. Cependant, ces dernières années ont vu une évolution vers l'utilisation de sessions polyvalentes, visant à maximiser le contact et le temps de travail passé avec le staff technique et médical (Adam & Dellal, 2016, p. 12).

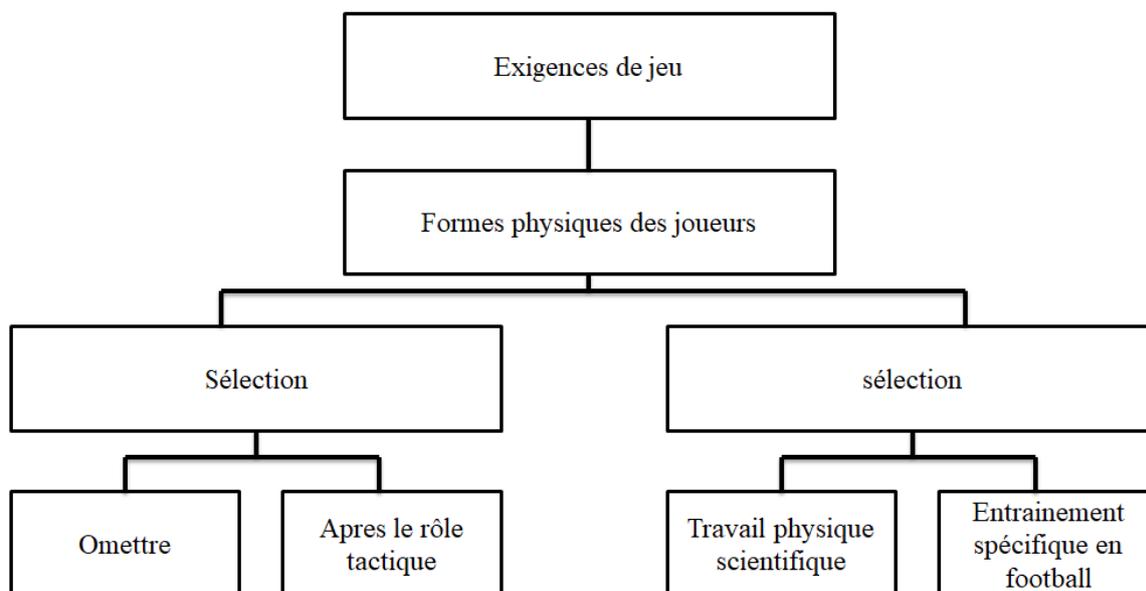
Le processus d'entraînement se déroule dans un contexte dynamique où les objectifs à court terme peuvent évoluer, souvent de manière irrégulière ou imprévue (Thomas, 2007).

### **II.2. La préparation physique en football :**

La préparation physique en football était, auparavant, principalement perçue comme un ensemble d'activités se déroulant hors ballon. Si nous sommes au-delà du débat philosophique entre la dualité corps et âme, il devrait en être de même pour le footballeur.

Un footballeur est une unité fonctionnelle qui se comporte comme un tout, donc sa performance ne peut pas être découpée en parcelles indépendantes. La formule d'entraînement classique qui comprend une composante physique initiale, suivie d'un exercice technique et concluant la séance par un petit jeu semble obsolète par rapport à la perspective holistique qu'exigent réellement les tendances modernes de l'entraînement. Ce changement substantiel nécessite que les préparateurs physiques aient une connaissance approfondie du jeu, car toutes les tâches d'entraînement proposées dans une séance doivent s'articuler dans une pensée commune à l'abri de l'équipe (organisation tactique) (Javier, 2014, p. 13).

Le joueur peut être considéré en bonne forme physique lorsqu'il a les capacités nécessaires pour répondre aux exigences du match sous tous ses aspects (Figure 4). D'autres améliorations de la condition physique permettront au joueur d'opérer à un niveau de performance et de rythme de match encore plus élevé.



**Figure 4** : Un modèle d'analyse de l'entraînement au football (Adam & Dellal, 2016, p. 16)

Des recherches récentes ont montré des corrélations significatives entre les principaux indicateurs de performance en football (par exemple, la distance à haute intensité parcourue en/sans possession, la distance de sprint, les passes réussies) et le classement d'une équipe en championnat.

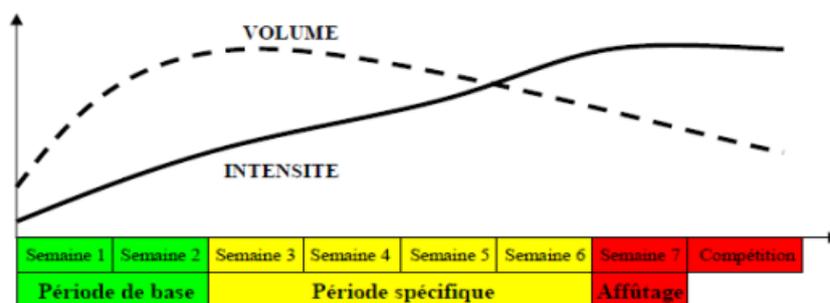
Cette formule particulière a mis en évidence la relation clé entre les marqueurs de performance et le succès relatif au cours de la saison, mais des recherches supplémentaires de qualité sont nécessaires pour valider ces suggestions. Des études plus approfondies ont révélé une corrélation significative entre les résultats des tests de performance et le succès des équipes de football scandinaves évoluant à un niveau élevé (Arnason, et al., 2004), (Hoff & Helgerud, 2004).

### II.2.1. Les périodes de préparation physique en football :

#### A. La période de préparation physique d'avant saison :

Tester les principales qualités physiques des joueurs avant le début de la préparation d'avant saison est un processus qui permettra aux entraîneurs d'exposer les faiblesses de leurs joueurs et de tenter ensuite de les améliorer grâce à un entraînement spécifique.

Tout au long de la période de préparation avant-saison, l'accent est mis sur l'entraînement afin d'assurer que les principaux groupes musculaires et systèmes énergétiques spécifiques au sport soient sollicités pour but de provoquer des adaptations positives, se traduisant par des améliorations de l'endurance aérobie, de la force, de la vitesse et de la puissance. La présaison suit une progression logique, débutant par la construction de la condition physique générale, puis se concentrant sur la condition physique spécifique, avant de passer à la phase de préparation pré-compétition. (Figure 5) (Adam & Dellal, 2016)



**Figure 5** : Progression de la charge d'entraînement (volume, intensité) durant la période de préparation d'avant saison (Adam & Dellal, 2016, p. 39)

Des recherches récentes confirmant positivement les effets de l'entraînement de la force musculaire simultanée avec des courses à haute intensité tout au long de la phase de présaison ont conclu que :

- Pendant la période de présaison, le travail de force simultané avec la course à très haute intensité peuvent être utilisés afin d'améliorer les performances explosives des joueurs de football professionnels en conjonction avec leur endurance aérobie.
- Afin de minimiser le « phénomène d'interférence » (décrit précédemment) lors de l'utilisation simultanée des modes d'entraînement de force et course, une charge élevée et moins de répétitions sont recommandées dans l'entraînement de force musculaire (6 répétitions pour 4 séries, avec 3 minutes de repos entre les séries).
- De même, les exercices intermittents à haute intensité, par ex. 15 secondes à 120% de la VMA avec récupération passive pourraient être utilisées pour améliorer efficacement l'endurance aérobie (Dellal, Wong, Wassim, & Karim, 2010)

### **B. La période de préparation physique durant la saison :**

Afin de rester en forme physique tout au long de la saison, cela nécessite une bonne combinaison entre la charge de travail et la récupération. Cette approche garantit que les paramètres d'entraînement peuvent être analysés et surveillés afin de fournir la charge d'entraînement adéquate pour se développer, réduisant en même temps le risque de surentraînement et de blessures liées à la fatigue. Bon nombre de recherches sur le football professionnel de niveau élite déterminent que la charge d'entraînement a été surveillée et rapportée de différentes manières. Il est désormais courant pour les équipes de football professionnelles de haut niveau de suivre la charge d'entraînement à l'aide de différents équipements techniques, tels que les moniteurs de fréquence cardiaque (Owen et al, 2011 ; Bangsbo et al, 2006) et les systèmes de positionnement global (GPS) (Koklu et al, 2012 ; Owen et al, 2013). Les systèmes HR et GPS fournissent des informations importantes concernant les charges d'entraînement externes (la distance, la vitesse) et internes (la fréquence cardiaque) imposées aux joueurs. Des études récentes ont défendu l'utilisation

de la méthode RPE comme méthode alternative, valide et efficace pour calculer la charge d'entraînement durant la saison sportive.

Par conséquent, le microcycle est la base des nouvelles méthodologies d'entraînement. En cela, il y'a différents composants en fonction des objectifs poursuivis, que nous verrons ci-dessous (Rafel, 2011):

- Assurer la récupération après les matchs, à la fois physiquement et mentalement.
- Se concentrer sur le développement du modèle de jeu.
- Possibilité de développer de nouveaux principes ou sous-principes, tant en attaque qu'en défense.
- Renforcement des points faibles et correction des erreurs détectées lors des matchs précédents.
- Contrôle de la charge d'entraînement pour arriver au prochain match dans des conditions optimales.
- Mettre des priorités en fonction du classement de l'équipe en championnat et les autres compétitions.

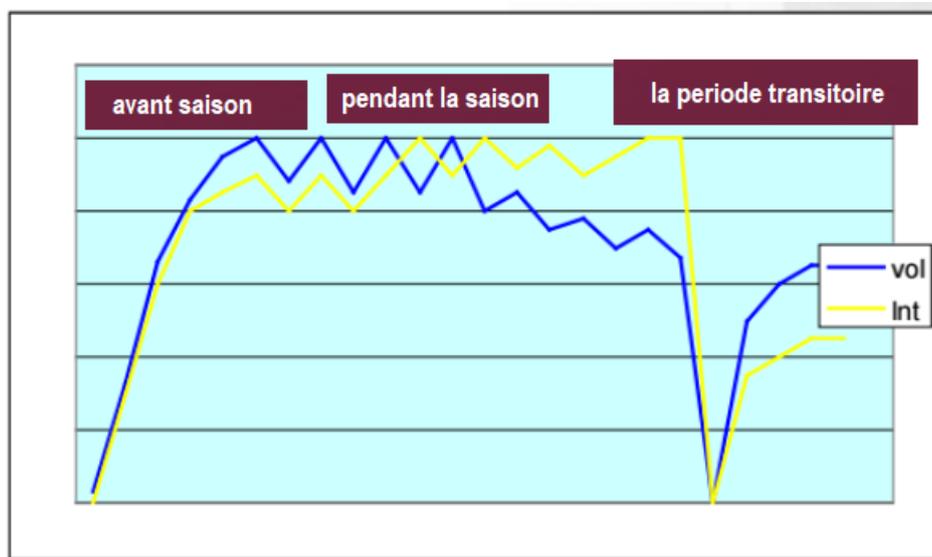
Rafel Pol (2011) dans son livre Préparation physique ? Dans le football, parle de microcycles comme l'unité de temps optimale pour obtenir un contrôle efficace de la charge. La base fondamentale de cette proposition est, tout d'abord, le nombre de variables qui doivent être pris en compte lors de la programmation de l'entraînement et donc, la charge, le joueur, l'équipe, le match et le match précédent. D'autre part, nous savons que chaque week-end pendant la période de compétition, nous avons un match, donc l'objectif du processus d'entraînement de cette semaine sera de gagner le match suivant (Rafel, 2011).

### **C. La préparation physique pendant la période de transition :**

Rafel (2011) propose comme objectif de cette phase le maintien des paramètres physiques, en différenciant deux moments :

- Arrêt total. La durée de cette phase dépendra des caractéristiques de la saison écoulée, des objectifs pour la saison à venir, ainsi que de la durée prévue pour cette phase transitoire.
- L'augmentation de la charge d'entraînement se caractérise par une prédominance du volume sur l'intensité, pour se rapprocher de ceux stipulés pour le premier microcycle du début de saison, pour que les blessures musculaires soient évitées dans les premières semaines d'entraînement.

Donc, nous allons montrer dans la figure suivante comment se répartissent les paramètres de la charge durant les trois périodes de la saison en football.



**Figure 6 :** Dynamique de la charge d'entraînement durant les trois périodes de la saison sportive en football

Pour conclure, La phase de transition représente l'union entre deux saisons. Son objectif principal est le repos psychologique, la relaxation, la régénération au niveau physiologique et le maintien d'un état de forme physique acceptable (O Bompa & A. Buzzichelli, 2016)

### II.3. La périodisation d'entraînement en football :

La périodisation de l'entraînement est l'une des approches théoriques les plus largement employées dans la planification de l'entraînement dans de nombreux sports individuels et collectifs à travers le monde. Le concept initial de périodisation a été formé dans les années 1960 et était initialement basé sur l'expérience dans le sport de haut niveau l'ex-URSS, parallèlement aux publications de physiologistes et de scientifiques à cette époque

(Yakovlev, 1955 ; Zimkin, 1961). Des années plus tard, le terme périodisation de l'entraînement a été développé, formalisé et reproduit dans de nombreux pays et est devenu l'une des théories les plus utilisées lors de la planification et l'analyse de l'entraînement (Matveyev, 1964 ; Zheliazkov, 1981 ; Bompa, 1984). Selon Issurin (2010), l'évolution continue du sport et des sciences du sport a contribué à améliorer les connaissances, les preuves et les technologies d'entraînement, mais le modèle traditionnel de périodisation établi il y a environ 50 ans n'a pas changé de manière significative. Ces dernières années, des rapports professionnels et des magazines de coaching ont suggéré des approches alternatives à la conception de l'entraînement, mais ont fait l'objet d'un examen scientifique sérieux, limité (Adam & Dellal, 2016, p. 19).

Donc La périodisation est la planification systématique de l'entraînement. Elle s'entend comme l'organisation de la saison en périodes, des semaines et des séances d'entraînements (Issurin, 2008) pour objectif d'optimiser la performance.

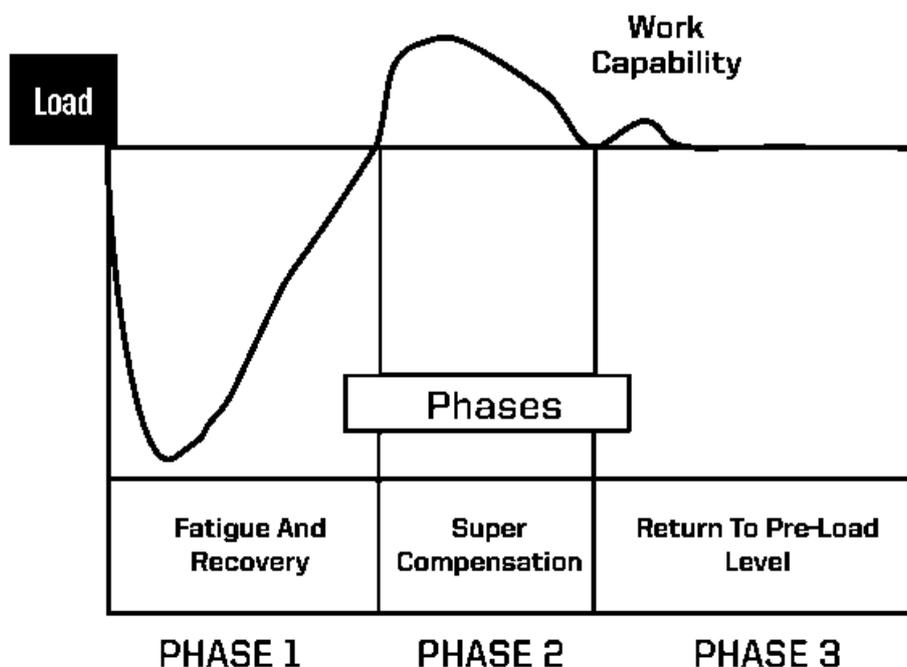
Planifier notre entraînement de cette manière nous aide à nous assurer que l'intensité et la durée correctes de nos entraînements sont utilisées aux différentes périodes de la saison, c'est-à-dire, la présaison et les différentes périodes du calendrier selon la compétition (Javier, 2014). La périodisation aide un entraîneur à sélectionner les meilleurs moments pour introduire certains types d'entraînement. Autrement dit, une fois que l'entraîneur a tous les paramètres (pratiques d'entraînement avec des détails sur la complexité, la durée et l'intensité), la périodisation l'aiderait à construire le puzzle de performance (Javier, 2014).

Ainsi que la périodisation de l'entraînement tente de résoudre le problème de l'organisation des charges d'entraînement afin d'atteindre des performances plus élevées possibles aux différentes étapes d'une saison. La saison peut également être divisée en périodes, des cycles et des blocs...etc.

### **II.4. Le principe de surcompensation :**

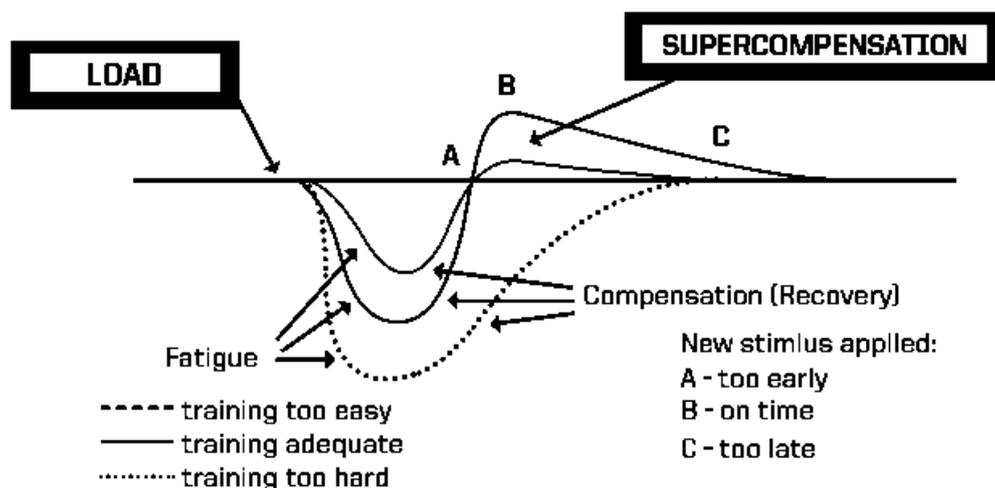
La surcompensation est un processus passant par 3 étapes. La première étape est l'application d'un stress d'entraînement qui engendre une réaction ultérieure du corps à ce stress, qui est la fatigue. Donc il y a une baisse prévisible des performances à cause de ce stress. L'étape 2 est la phase de récupération qui doit être suffisante, pour assurer une

augmentation des capacités de travail de l'athlète vers la fin de cette phase, atteignant les niveaux de pré-entraînement. Au cours de la phase suivante de la séquence, la capacité de travail continue d'augmenter, se développant au-delà de son niveau précédent, c'est la phase finale appelé la surcompensation (Figure 7)



**Figure 7 :** Phases de surcompensation (Adam & Dellal, 2016, p. 20)

Il faut souligner cependant, que l'effet de surcompensation ne sera prédominant que s'il y'a un équilibre entre la charge d'entraînement et la récupération, comme illustré à la Figure 8.



**Figure 8** : Le lien entre la charge d'entraînement et les temps de récupération (Adam & Dellal, 2016, p. 20)

### II.5. Les qualités physiques :

#### II.5.1. L'endurance :

L'endurance est une qualité essentielle pour la performance en football (Hoff, Wisløff, Engen, Kemi, & Helgerud, Soccer specific aerobic endurance training, 2002). Elle permet au joueur de parcourir une distance considérable, généralement comprise entre 9995 m et 11233 m au cours d'un match (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007), et contribue également à augmenter le volume de jeu. Selon Helgerud et al. (2001), une augmentation de 6 ml/kg/min du VO<sub>2</sub>max Une amélioration de 13 % de la performance et une amélioration de 7 % de l'économie de course sont observées lors d'un match de football.

(Dellal, 2008), à affirmer que :

- La distance parcourue augmente de 20 %, soit 1 800 mètres par joueur.
- Les engagements avec le ballon connaissent une hausse de 24 %.
- Le nombre de sprints double, soit une augmentation de 100 %.
- L'intensité du jeu s'intensifie, passant de 83 % à 86 % de la fréquence cardiaque maximale.

L'endurance, en tant que facteur de performance, influence directement l'expression des autres qualités physiques, techniques et tactiques pendant un match. Elle permet une meilleure utilisation de ces qualités, quel que soit le niveau de jeu (Billat, Renoux, Pinoteau, Petit, & Koralsztein, 1994). Toutefois, il est important de noter que l'endurance spécifique au football diffère de l'endurance cyclique, utilisée par les athlètes dans les sports d'endurance tels que le marathon. En football, l'entraînement doit être spécifique à ce sport, car il est de nature « intermittente » (Dellal, 2008).

### **Concept :**

L'endurance est définie comme la capacité à résister à la fatigue physique et mentale, ainsi qu'à la souffrance, selon Larousse. D'après Weineck (1997), l'endurance générale est la capacité psycho-physique du sportif à supporter la fatigue.

Pour Mombaert (1991), l'endurance représente la capacité à maintenir un pourcentage élevé de puissance, de mouvement, de métabolisme, de gestuelle technique spécifique, ou d'exécution d'actions dans le cadre d'un entraînement ou d'une compétition sur une période donnée. En termes footballistiques, l'endurance peut être définie comme la capacité à faire face aux exigences physiques, techniques et tactiques imposées par un système de jeu.

### **Les formes d'endurance :**

D'après Sassi (2001), l'endurance est une qualité qui permet de développer les systèmes cardiovasculaire et cardiorespiratoire en réalisant des actions soutenues à une intensité et sur une durée spécifiques. Cette capacité est ajustée en fonction des objectifs, qu'il s'agisse d'améliorer l'endurance fondamentale, la capacité aérobie, la puissance aérobie, la résistance anaérobie, la VMA (Vitesse Maximale Aérobie), ou encore la vitesse liée à la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max).

Ainsi, on distingue deux types d'endurance :

- L'endurance générale ;
- L'endurance spécifique.

### **D. Endurance générale :**

L'endurance générale désigne la capacité de l'organisme à maintenir un effort d'intensité modérée, sollicitant presque tous les groupes musculaires, pendant une période prolongée. On distingue deux types d'endurance générale :

- L'endurance fondamentale (EF)
- L'endurance de capacité (CA)

#### **A.1. L'endurance fondamentale :**

L'endurance fondamentale représente l'intensité de base de l'entraînement physique, favorisant l'utilisation des lipides comme source d'énergie.

#### **Elle permet :**

- D'exploiter les acides gras libres, ce qui aide à maintenir un taux de glycémie stable dans le sang.
- D'augmenter l'utilisation des cellules graisseuses, d'améliorer la circulation sanguine et l'irrigation du système cardiovasculaire.
- Stimulation de la capillarisation musculaire augmente la surface d'échange métabolique, favorisant ainsi une meilleure gestion des ressources énergétiques et une plus grande capacité de stockage en oxygène dans les muscles. (Billat, 1998).
- Augmenter le volume cardiaque et le volume d'éjection systolique (VES), ce qui contribue à réduire la fréquence cardiaque, améliorant ainsi l'efficacité cardiovasculaire, tant au repos qu'en activité physique..

#### **L'endurance fondamentale se travaille :**

- À une intensité supérieure à 50 % de la VO<sub>2</sub>max (Bangsbo, 1994b).
- En début de saison, pour établir une base solide de condition physique avant de commencer un travail spécifique (Balsom, 1995).
- Dans les grandes équipes où la période entre les saisons est courte et où les joueurs bénéficient d'une bonne condition physique, certains staffs techniques privilégient

des séances de travail en capacité aérobie, négligeant parfois l'endurance fondamentale (Sassi, 2001).

### **A.2. La capacité aérobie :**

L'endurance capacité fait référence à l'intensité à partir de laquelle le footballeur développe ses qualités d'endurance (Weineck, 1997).

#### **Elle permet :**

- Activer le processus glycolytique, entraînant une accumulation de lactate et une augmentation des réserves de glycogène musculaire (Billat, 1998).
- Améliorer le fonctionnement des systèmes cardiovasculaire et cardio-respiratoire, avec une augmentation du nombre et de la surface des mitochondries, ce qui favorise l'endurance et augmente la capacité de réserve en oxygène dans les cellules et le sang (Wilmore & Costill, 2006).
- Augmenter la densité capillaire des fibres musculaires et améliorer l'activité des enzymes aérobies, ce qui facilite le transport et l'utilisation de l'oxygène lors des efforts prolongés.

#### **Elle se travaille :**

- À une intensité se situant entre 70 % et 85 % de la VO<sub>2</sub>max ou de la VMA, selon les critères de référence (Billat, 1998).
- Par le biais d'exercices techniques prolongés ou de circuits techniques.
- En utilisant la méthode continue ou l'entraînement par intervalles longs.
- Dès le début de la saison, des séances de footing continu sont planifiées afin de préparer les structures physiologiques spécifiques à l'endurance et d'améliorer l'aisance respiratoire, facilitant ainsi une meilleure gestion des efforts prolongés (McArdle, Katch, & Katch, 2001).
- Pendant une période variant entre 10 et 21 jours, selon la méthodologie et les auteurs (Pradet, 2002).

- Cette intensité sert de référence de base pour les séances de récupération et de régénération, permettant ainsi une récupération optimale.

### **A.3. Endurance spéciale (puissance aérobie) :**

La puissance aérobie représente l'intensité au-delà de laquelle nous parvenons à maximiser notre potentiel en endurance tout en améliorant notre aptitude à soutenir des efforts à haute intensité (Billat, 1998). Les exercices à privilégier sont soit continus, basés sur des intervalles ou intermittents, et comportent des ajustements dans les charges, les types de récupération et les formes de course pour mieux adapter l'entraînement à l'objectif visé

#### **Elle permet :**

- Une augmentation significative du lactate sanguin, passant de 7,5 à 16 mmol/L, tandis que le glycogène devient le substrat énergétique prédominant pour répondre aux besoins de l'effort (McArdle, Katch, & Katch, 2001).
- Une augmentation des enzymes clés du métabolisme énergétique, telles que la phospho-fructo-kinase (PFK), la malate-déshydrogénase (MDH) et la succinate-déshydrogénase (SDH), qui jouent un rôle crucial dans les voies glycolytiques et oxydatives.
- Une meilleure utilisation du glycogène, entraînant une accumulation de lactate qui augmente les réserves de glycogène musculaire par des processus de dégradation (glycolyse aérobie ou anaérobie).
- Une amélioration du VO<sub>2</sub>max et de la VMA.
- Une activation combinée des filières aérobies et anaérobies, visant à optimiser la production d'énergie à la fois par voie aérobie et anaérobie (Lacour, Coudert, Fellmann, & Flandrois, 1992).

#### **Elle se travaille :**

- À une intensité allant de 90 % à 120 % de la VO<sub>2</sub>max ou de la VMA, correspondant à des efforts supra-maximaux et sollicitant intensivement la puissance aérobie (Billat, 1998).

- À l'aide de méthodes continues ou intermittentes, adaptées selon les objectifs spécifiques de la séance d'entraînement.
- Avec des variations dans l'intensité, les types de récupération, les durées des efforts, le nombre de blocs et les formes d'exercice, en fonction des objectifs précis de chaque séance d'entraînement.
- Dès la 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> semaine d'entraînement, avec une progression graduelle de l'intensité, de la durée des blocs, du nombre de blocs de travail et du format de l'exercice (en ligne ou en navette), pour favoriser l'adaptation physique.
- Cette méthode est aussi intégrée dans les séances de réathlétisation, car elle permet de stimuler et de renforcer à la fois les filières aérobies et anaérobies, essentielles pour un retour sur terrain optimal (Dellal, 2008).

### **II.5.1.2. Méthodologie d'entraînement de l'endurance :**

En termes physiologiques, les méthodes d'entraînement de l'endurance se subdivisent en quatre grandes catégories, chacune visant à solliciter des systèmes énergétiques spécifiques

#### **A. La méthode continue :**

L'objectif principal de cette méthode est d'améliorer la capacité aérobie. Elle se distingue par un volume d'exercice élevé et une intensité modérée, sans périodes de repos. Elle est également utilisée pour favoriser la récupération.

Cette approche permet de développer de manière significative l'« endurance générale » et l'« endurance de force ». Elle est surtout employée lors d'exercices cycliques à intensité modérée à moyenne. Selon le type d'exercice (aérobie, anaérobie, mixte) et le niveau de préparation physique des athlètes, la fréquence cardiaque peut varier entre 130 et 170 battements par minute.

D'après Turpin (2002), cette méthode vise à augmenter la capacité aérobie, c'est-à-dire la capacité à maintenir un effort d'intensité modérée sur une longue période. Pour travailler cette capacité, on utilise les exercices suivants :

- La course continue à 50-60% de la VMA pendant 45 minutes à une heure.

- La course continue à 75% de la VMA pendant 30 minutes.
- La course continue à 85-90% de la VMA pendant 15 à 20 minutes.

### A.1. Limites de la méthode continue :

- L'organisme s'adapte rapidement aux charges d'entraînement, ce qui entraîne une diminution progressive de son efficacité.
- L'assimilation et l'adaptation aux fréquences de travail habituelles, ainsi qu'aux rythmes et vitesses d'action et de placement, deviennent de plus en plus définies, limitant ainsi les progrès.

### B. La méthode variable :

Cette méthode se caractérise par la variation de la vitesse et de la technique, ainsi que par des changements ciblés de l'intensité des efforts, réalisés sur des durées différentes. Elle influence l'organisme en modifiant l'intensité des efforts au cours de l'entraînement. Il existe plusieurs variantes d'application de cette méthode :

- **Variation rythmée de l'intensité** : Il s'agit d'alterner, sur une période de travail donnée, entre des phases à intensité élevée et d'autres à faible intensité, de durée équivalente (Weineck, 1997).
- **Variation non rythmée de l'intensité et du volume** : Le fartlek est un exemple typique, consistant en une course de longue durée avec des rythmes variables, allant de 30 minutes à 2 heures. Les vitesses, les durées et les distances parcourues ne sont pas prédéfinies.
- **Variation non rythmée de l'intensité** : Cette approche s'applique notamment lors des compétitions en athlétisme, des jeux et des sports collectifs, où le rythme et la nature des efforts varient en fonction des besoins tactiques. Les changements dans les efforts pendant les exercices cycliques et acycliques permettent de perfectionner les qualités physiques, ainsi que les compétences techniques et tactiques.

### B.1. Avantages de cette méthode :

- Elle prévient la monotonie de l'entraînement.

- Les changements de rythme et de nature des efforts, dans les exercices cycliques et acycliques, permettent une amélioration continue des qualités physiques, des mouvements et des actions technico-tactiques.

### **E. La méthode intermittente :**

Le football est un exemple de sport intermittent, caractérisé par une alternance continue et aléatoire de périodes d'effort et de récupération active ou passive. Ce constat a suscité l'intérêt pour les entraînements intermittents spécifiques (Bangsbo J., *Fitness Training in Football: A Scientific Approach*, 1994a).

Cette méthode se divise en quatre formes :

- Intermittent de longue durée
- Intermittent de durée moyenne
- Intermittent de courte durée
- Intermittent très court (Pradet, 2002)

### **C.1. Bénéfices de la méthode intermittente :**

- Elle favorise l'augmentation du volume cardiaque ainsi que la production d'énergie par la glycolyse aérobie et anaérobie, selon l'intensité, le volume et la distance choisis.
- Elle améliore la quantité et la qualité de l'entraînement.

### **F. La méthode de compétition :**

La méthode de compétition est la plus complexe, car elle implique le développement de toutes les capacités spécifiques à une discipline. Elle est particulièrement utile lors d'une série de compétitions programmées à intervalles rapprochés et intégrée dans la planification de l'entraînement. Cette méthode se concentre sur le développement des capacités d'endurance spécifiques à la discipline compétitive. Malgré cette spécificité, elle permet aussi de gagner de l'expérience en compétition, d'améliorer le comportement tactique et d'analyser les actions de l'adversaire (Weineck, 1997).

Elle peut être utilisée dans des exercices élémentaires, pour perfectionner certaines techniques ou tactiques, mais aussi sous forme de compétitions officielles ou semi-officielles, dans le cadre de la préparation des athlètes. L'efficacité de cette méthode dépend des compétences pédagogiques et comportementales de l'entraîneur, ainsi que de la qualité de son intervention.

### **II.5.1.3. Principes méthodologies de l'entraînement de l'endurance :**

L'entraînement en endurance doit respecter les principes suivants :

- Pour les débutants et durant la période de préparation, les méthodes principalement utilisées sont la course continue et l'entraînement par intervalles « extensifs ».
- Pour les athlètes de niveau avancé, ainsi que pendant la phase de « préparation physique spéciale », l'intensité des méthodes d'entraînement augmente.
- L'entraînement spécifique repose sur des méthodes et des contenus adaptés à la discipline pratiquée.
- Un entraînement efficace nécessite une programmation rigoureuse ainsi que des moyens de contrôle. Il est impossible de mener un processus d'entraînement à long terme sans rétroactions et ajustements appropriés.
- L'efficacité de l'entraînement en endurance dépend non seulement de la charge optimale d'entraînement, mais également des méthodes de récupération utilisées, telles que des périodes de repos suffisantes et une alimentation adaptée aux besoins du moment (Weineck, 1997).

### **II.5.1.4. Evaluation de l'endurance :**

Pour évaluer l'endurance, les spécialistes en physiologie ont mis au point plusieurs tests en laboratoire pour estimer la  $VO_{2max}$ . Cependant, en raison de limitations matérielles, des tests de terrain ont été développés. Voici les plus utilisés :

### **A. Test Cooper :**

Ce test consiste à courir (ou marcher) pendant 12 minutes sur un terrain plat, en parcourant la plus grande distance possible. Une fois l'épreuve terminée, la distance parcourue est mesurée.

### **B. Test VAMEVAL :**

Le VAMEVAL est un test continu maximal à incrémentation progressive (course continue), validé par l'Université de Montréal (Cazorla et Léger, 1993). Il commence à une vitesse de 8 km/h, avec une augmentation de 0,5 km/h chaque minute, sur une piste de 200 ou 400 mètres, jusqu'à épuisement du participant.

### **C. Test Luc-Léger :**

Il consiste à réaliser des allers-retours de 20 mètres, avec une accélération de 0,5 km/h à chaque palier. Le temps de passage pour chaque segment de 20 mètres est signalé par un bip sonore. Le premier palier commence à 8 km/h, et les intervalles entre les bips diminuent progressivement. Le dernier palier atteint correspond à la VMA du participant.

### **D. Test YOYO de Bangsbo :**

Ce test d'endurance intermittent se compose de courses sur 20 mètres, avec une courte période de récupération de 5 secondes entre chaque navette, ou une récupération de 10 secondes dans une version plus difficile.

### **E. Hoff Test :**

Ce test évalue la capacité aérobie lors d'un exercice spécifique basé sur la conduite de balle et le dribble individuel. Le participant doit parcourir le parcours de Hoff avec un ballon pendant 10 minutes, en visant la plus grande distance possible.

### **F. IFT 30/15 de Martin Buchheit :**

Ce test mesure la vitesse intermittente sur une distance de 40 mètres, divisée en deux sections. Le participant doit effectuer un aller-retour, suivant un rythme avec une augmentation progressive de la vitesse.

### **Conclusion :**

L'endurance, en particulier sur le plan physique, joue un rôle crucial dans la performance technico-tactique lors des compétitions. Il est essentiel de privilégier l'aspect athlétique des joueurs pour pouvoir ensuite évaluer leurs carences techniques et tactiques. En effet, comme le souligne Vahid Halhodžić (cité par Dellal, 2008) : « Les joueurs bien entraînés en endurance se fatigueront moins vite, seront plus frais, plus lucides pour faire les bons choix tactiques, se déplaceront au bon rythme en phase offensive et défensive, et exécuteront correctement les gestes techniques sous pression. Une bonne condition physique a également un impact positif sur l'état psychologique des joueurs. »

### **II.5.2. La vitesse :**

Le joueur de football effectue 4 à 5% de sa distance totale parcourue à très haute intensité et en sprints (Dellal, 2008), Bangsbo J (2007) estime que la distance de sprint parcourue se situerait entre 247m et 400m. Un joueur rapide a la possibilité de gagner du terrain et du temps sur son adversaire, et donc il peut résoudre avec plus de réussite la tâche tactique durant un laps de temps libre. En football la vitesse est non seulement la rapidité de déplacement sur le terrain, mais aussi la vitesse de la pensée et la vitesse de travail avec la balle. Turpin (2002), affirme que La vitesse est la caractéristique essentielle du football moderne, ce qui fait que le joueur doit être rapide.

#### **II.5.2.1. Concept :**

La définition la plus simple de la vitesse, selon Zatsiorsky & Spivak (1966), est la capacité d'un sportif à exécuter des actions motrices en un minimum de temps.

Weineck (1997) propose une définition plus détaillée, d'un point de vue physiologique : « La vitesse est la capacité qui permet, grâce à la mobilité des processus du système neuromusculaire et aux propriétés des muscles à développer de la force, de réaliser des actions motrices dans un délai minimum sous des conditions données. »

Le football n'étant pas un sport cyclique, les joueurs sont souvent amenés à sprinter, effectuer des feintes d'accélération avec des changements de direction, rarement en ligne

droite, tout en contrôlant le ballon ou en tirant au but à grande vitesse. Ainsi, la vitesse du footballeur se manifeste sous diverses formes au cours d'un match.

Weineck (1997), avec une définition plus spécifique, précise : « La vitesse du footballeur est une capacité multifacette. Elle comprend non seulement la rapidité d'action et de réaction, la vitesse de départ et de course, mais aussi celle du maniement du ballon, du sprint, de l'arrêt, ainsi que la rapidité d'analyse et d'exploitation de la situation en cours. »

### II.5.2.2. Les formes de la vitesse :

On distingue trois formes de vitesse :

- **Vitesse de réaction**
- **Vitesse d'action**
- **Vitesse gestuelle (cyclique)**

#### A. La vitesse de réaction :

La vitesse de réaction correspond à la capacité de réagir rapidement à un signal (auditif, tactile, ou visuel) dans un temps très court, parfois de l'ordre de quelques centièmes de seconde (comme dans un sprint). Elle fait appel aux facultés de perception, d'analyse et d'action, en lien direct avec l'activité pratiquée (Lambertin, 2000).

Selon Pradet (1996), on distingue deux types de réactions :

- **Réaction simple** : La capacité à réagir rapidement à un signal sonore ou visuel. Elle repose principalement sur la rapidité de réaction.
- **Réaction complexe** : La capacité à réagir rapidement et de manière appropriée dans une situation nécessitant un choix ou impliquant un objet en mouvement. Elle sollicite à la fois la vitesse de réaction et la vitesse de décision.

Le footballeur doit être capable de réagir de manière rapide et immédiate face à des situations en constante évolution sur le terrain (par exemple, réagir rapidement à un changement de jeu). Cette réactivité implique une interaction entre des facteurs physiologiques et psychologiques.

La vitesse de réaction passe par cinq stades :

- Perception du stimulus (auditif, visuel, tactile)
- Transmission du stimulus à l'organe de réception
- Envoi du signal vers le système nerveux central (SNC)
- Traitement et élaboration de la réponse musculaire
- Transmission du signal vers les muscles concernés

La vitesse de réaction à un mouvement simple peut être développée par la répétition de gestes en réponse à un signal. Pour la réaction à des mouvements complexes, on commencera par des situations simples qui deviendront progressivement plus complexes.

### **A.1. Comment travailler la vitesse de réaction :**

- Par des exercices ludiques (concours, jeux)
- En créant des situations de jeu spécifiques pour générer des automatismes et développer l'anticipation
- Par l'intégration avec ballon, en simulant des actions réactives qui se concluent par un tir ou une passe précise

### **B. La vitesse d'action :**

La vitesse d'action est la capacité à réaliser des actions rapides (avec ou sans ballon) durant quelques secondes, tout en changeant de direction rapidement (Bangsbo J., 2007). Elle dépend de la qualité des appuis et de la coordination. Le joueur doit exécuter des gestes techniques (dribbles, contrôles, passes) à une vitesse optimale.

### **B.1. Comment travailler la vitesse d'action :**

- Sur des distances de 2 à 14 mètres (Carminati & Di Salvo, 2003)
- Par des jeux sur surface réduite
- Avec un délai de récupération de 24 heures, car le principal substrat énergétique, le PCR, se régénère rapidement lorsque les efforts sont peu répétitifs

### C. La vitesse gestuelle :

La vitesse gestuelle se réfère à la « vélocité » d'un geste cyclique (comme la course, la nage ou le cyclisme) (Lambertin, 2000). En football, elle varie selon les joueurs et peut être adaptée à des distances spécifiques en fonction des postes et de l'organisation du jeu. Elle fait appel à la vitesse de déplacement et, pour les mouvements complexes, à la vitesse de coordination (Carminati & Di Salvo, 2003).

#### C.1. Comment travailler la vitesse gestuelle :

- **Vitesse-puissance en côte** : En effectuant des exercices sur des pentes inclinées (10-15 %).
- **Sur-vitesse** : Faire courir les joueurs à une vitesse supérieure à leur vitesse optimale, sur des pentes inclinées (3 à 5 %) pour les habituer à des fréquences gestuelles plus élevées et à d'autres aspects de la technique de vitesse (Bangsbo J., 2008).
- **Vitesse maximale** : La vitesse maximale atteinte lors d'un sprint, généralement entre 40 et 46 mètres (Gissis, et al., 2006; Bangsbo J., 2008).
- **Vitesse-endurance** : La capacité à maintenir un effort à vitesse maximale pendant un certain temps. Ce type d'effort implique principalement le métabolisme anaérobie alactique. Il peut être développé par des exercices courts (6-8 secondes) réalisés à la vitesse maximale. Ce type d'exercice sollicite la phosphocréatine (PC), dont les réserves peuvent être réduites de manière significative (jusqu'à 10 %).

Le temps de récupération recommandé pour ce type d'effort est de 1 à 2 minutes entre les répétitions et de 5 à 8 minutes entre les séries (Carminati & Di Salvo, 2003).

#### II.5.2.3. Méthodologie d'entraînement de la vitesse :

Les méthodes d'entraînement visent à développer et perfectionner les qualités physiques. Deux facteurs principaux déterminent le contenu de chaque méthode :

- **Le système d'organisation de la charge** (continue ou discontinue)

- **Le caractère de l'exercice**, qui peut être constant (comme pour le demi-fond) ou varié (comme dans les sports collectifs)

### **A. La méthode par répétitions :**

L'entraînement par répétition repose sur le principe de pauses de récupération complète pour éviter l'accumulation de la fatigue. Cela est particulièrement vrai pour les différents types de course (Weineck, 1997). Cette méthode est très efficace pour améliorer l'endurance spécifique et contribue à l'optimisation des systèmes cardiovasculaire, respiratoire et métabolique.

L'entraînement par répétitions favorise l'hypertrophie des fibres musculaires de type FT, en raison des charges maximales et sub-maximales qu'il impose, particulièrement dans les courses de 400 mètres ou d'une durée d'environ une minute. Ainsi, cette méthode est particulièrement adaptée aux disciplines nécessitant à la fois de la vitesse et une grande endurance, comme le football (Weineck, 1997).

### **B. La méthode intermittente :**

Améliorer la vitesse d'un joueur est une tâche complexe et souvent limitée. Toutefois, lui permettre de réaliser plusieurs sprints à son maximum de potentiel est essentiel. Dans ce cadre, l'entraînement intermittent court s'avère efficace pour maintenir la vitesse maximale du joueur tout au long d'un match. Ce type d'exercice permet également de réduire le risque de lésions musculaires, contrairement aux exercices de vitesse maximale qui peuvent entraîner des sollicitations musculaires plus intenses et donc plus de risques de blessures.

### **C. La méthode de jeu :**

La méthode de jeu vise à développer les qualités physiques et les capacités psychologiques. Le jeu doit recréer les mêmes caractéristiques et la même intensité émotionnelle que celles rencontrées en compétition. L'entraîneur doit porter une attention particulière à la quantité et à la qualité des efforts, ainsi qu'aux facteurs influents comme les objectifs, le nombre de joueurs, les dimensions et la qualité du terrain, etc.

La méthode de jeu est la plus couramment utilisée pour le développement de la vitesse, car elle permet de travailler cette qualité de manière complète chez les footballeurs. La vitesse en football se manifeste souvent sous une forme complexe, combinant mouvements cycliques et acycliques, ce qui implique que son entraînement doit s'adapter aux exigences d'un match.

Young et Farrow (2006) ont étudié les sprints en ligne droite et ceux avec changements de direction, et ont démontré que ces deux qualités sont distinctes. En effet, l'amélioration des sprints linéaires n'améliore pas nécessairement les sprints avec changements de direction. Par conséquent, ces deux qualités doivent être travaillées en parallèle.

### **II.5.2.4. Principe méthodologique de l'entraînement de la vitesse :**

- Les volumes de charge d'entraînement sont nettement inférieurs à ceux d'un entraînement des facteurs de force ou endurance (Weineck, 1997).
- Les temps de pause de 5 à 10 minutes entre les séries suffisent.
- Le nombre de série doit être compris entre 4 et 6.
- Il ne faut pas prévoir plus de deux séances d'entraînement par semaine, essentiellement axées sur la vitesse élémentaire, si on ne veut pas risquer une accumulation de la fatigue (Weineck, 1997).
- L'entraînement de la vitesse doit se situer en début de séance et s'exécuter à l'état reposé.
- Les manifestations de fatigue sont le signe qu'il faut mettre un terme à l'entraînement de la vitesse.
- L'entraînement de la vitesse doit veiller à ce que d'autres facteurs qui agissant sur la vitesse ou sur la capacité d'actions rapides répétées, comme la force, la coordination, l'endurance et la mobilité soient suffisamment entraînés parallèlement.

### **II.5.2.5. Evaluation de la vitesse :**

#### **A. La mesure de la vitesse courte avec un chronomètre :**

Lorsque les entraîneurs ne disposent pas de matériel spécialisé comme des cellules photoélectriques, le chronomètre constitue l'outil le plus simple pour évaluer la vitesse, quel que soit le modèle utilisé. Un membre du staff, généralement un juge, se place à la ligne d'arrivée et donne le départ selon un signal prédéfini (gestuel, sonore ou tactile). Le sportif doit fournir un effort maximal, en continuant à sprinter quelques mètres après la ligne d'arrivée pour s'assurer de traverser cette dernière à pleine vitesse (Dellal, 2008).

#### **B. Le test de vitesse sur 30 mètres :**

Le test de 30 mètres avec départ debout (sans élan) vise à évaluer la capacité du sportif à démarrer rapidement. Chaque sujet effectue trois essais, et le meilleur temps parmi les essais est retenu pour l'évaluation.

#### **C. Test de vitesse courte ou moyenne avec cellules photoélectriques :**

Ce test permet de mesurer la vitesse courte et maximale en utilisant des cellules photoélectriques. Ces cellules sont placées à des distances spécifiques : au départ, puis à 10m, 20m, 30m et 40m, selon les données recherchées (généralement entre 10-15m, puis 20-30-40m). Le sportif adopte une position stable et équilibrée au départ, sans mouvement de balancier, et s'élanche pour couvrir la distance le plus rapidement possible (Dellal, 2008).

### **II.5.2.6. Conclusion :**

La capacité à voir rapidement et à courir vite sont des qualités essentielles pour le football de haut niveau, car elles permettent d'exécuter des gestes techniques plus rapidement, ajoutant ainsi de la vitesse au jeu. De plus, une grande vitesse de course permet de jouer plus haut sur le terrain : les défenseurs rapides choisissent souvent de jouer plus près du but adverse. La vitesse et l'explosivité sont particulièrement cruciales pour un attaquant, que ce soit avec ou sans ballon, à condition que le timing de l'appel soit bien maîtrisé. Dans le cadre du recrutement, la rapidité à courir et à réagir rapidement sont des critères déterminants.

### II.5.3. La force vitesse :

Au fil des années et à travers les différentes Coupes du Monde, on observe des évolutions notables dans les systèmes de jeu, développés par des entraîneurs tels que Rinus Michels, qui a introduit un football plus athlétique, surnommé le football de harcèlement. Dans le football moderne, le jeu se caractérise par une forte composante « force-vitesse ». Mombaert (1991) démontre que 33 % des séquences de jeu durant un match durent 15 secondes ou moins, ce qui lui permet de qualifier ce sport de jeu explosif.

Selon Letzelter.H et Letzelter.M (1990), le football met l'accent sur la combinaison force-vitesse, car l'essentiel réside dans la rapidité d'exécution des gestes tout en maintenant une force optimale.

#### II.5.3.1. Concept :

La qualité « force-vitesse » désigne la capacité du système neuromusculaire à surmonter des résistances tout en maximisant la vitesse de contraction possible (Weineck, 1997). Elle fait référence à l'aptitude à générer une forte accélération, permettant à un individu de propulser son propre corps (comme dans un saut ou une course), un objet (comme un poids), ou une partie du corps (par exemple en judo, karaté, lutte ou boxe), à une vitesse élevée, qu'il y ait ou non accessoire.

Selon Letzelter.H et Letzelter.M (1990), la force explosive et la force-vitesse sont indissociables et forment une seule capacité. Ils définissent la force-vitesse comme la capacité à effectuer des mouvements rapides contre une résistance submaximale. D'autres auteurs, cependant, considèrent la force explosive comme l'une des composantes de la force-vitesse.

Les principales composantes de la force-vitesse identifiées par Letzelter.H et Letzelter.M (1990) sont les suivantes :

- Force de départ
- Force maximale
- Capacité de réalisation dynamique
- Force explosive

Il est donc évident que l'accélération constitue l'élément central de la force-vitesse (Letzelter & Letzelter, 1990). De plus, selon Weineck (1997), l'importance de la force maximale dans le développement de la force-vitesse devient plus significative à mesure que la charge mobilisée augmente.

### II.5.3.2. Les composantes de la force vitesse :

Selon Letzelter.H et Letzelter.M (1990), les composantes de la force-vitesse se déclinent comme suit :

#### A.La force de départ :

Elle est définie comme la capacité à générer rapidement, au début de la contraction, une force importante (Letzelter & Letzelter, 1990). Cette force se manifeste par une augmentation rapide de la force dès le commencement du mouvement.

#### B.La force maximale :

Letzelter.H et Letzelter.M (1990) définissent la **force maximale** comme la plus grande force que le système nerveux et musculaire peut générer lors d'une contraction volontaire maximale.

Weineck (1997) distingue deux aspects fondamentaux de la force maximale :

- **Force maximale statique** : Il s'agit de la plus grande force qu'un système neuromusculaire peut exercer lors d'une contraction volontaire contre une résistance insurmontable. Ce type de force est mesuré lorsqu'il n'y a pas de mouvement et que le muscle est soumis à une résistance qu'il ne peut pas déplacer, comme lorsqu'on pousse contre un objet immobile.
- **Force maximale dynamique** : Cette forme de force correspond à la plus grande force qu'un système neuromusculaire peut déployer lors d'une contraction volontaire pendant l'exécution d'un mouvement. Elle est mesurée pendant des actions dynamiques, comme soulever un poids ou sprinter.

### **C. La force explosive :**

Elle représente la capacité à produire une grande quantité de force dans un délai très court. Elle est cruciale pour réaliser des actions rapides et intenses, comme les sprints, les sauts ou les changements de direction, qui sont fréquentes dans le football.

### **D. La capacité de réalisation dynamique :**

Cette capacité est déterminée par la rapidité de contraction des fibres musculaires, la longueur des bras de levier formés par l'attache des tendons, ainsi que par la capacité à inhiber l'action des muscles antagonistes. En ce qui concerne la force explosive, elle dépend principalement de la vitesse de contraction des fibres musculaires, laquelle est influencée par la typologie de l'individu.

### **II.5.3.3. Méthodologie d'entraînement de force vitesse :**

Le développement de la qualité physique complexe qu'est la « force-vitesse » nécessite une approche méthodologique soigneusement étudiée, ainsi qu'une compréhension approfondie des différentes méthodes adaptées à son amélioration. Voici les méthodes les plus appropriées pour développer cette capacité physique, essentielle dans la pratique du football.

#### **A. La méthode de jeu :**

Cette méthode repose sur l'éducation des qualités physiques et mentales du joueur à travers le jeu. Elle vise principalement à perfectionner des aspects tels que le courage, la réflexion tactique, l'autogestion, et l'esprit d'équipe. Elle aide également à développer d'autres qualités morales et de personnalité, tout en régulant l'activité en fonction du plan de jeu défini (Weineck, 1997).

Les exercices de course, de force et de force-vitesse dominent cette méthode, mais des exercices non spécifiques peuvent aussi être intégrés, comme :

- Les cloches pieds, les sauts avec pieds joints, les foulées bondissantes.
- Les triples sauts sans élan. Tous ces exercices doivent être réalisés dans des conditions similaires à celles de la compétition, et peuvent être associés à des exercices technico-tactiques.

### **B. La méthode répétitive :**

Cette méthode consiste en une alternance de périodes de travail et de repos, avec des phases de récupération complètes permettant de maintenir la performance de l'athlète. L'exercice est répété plusieurs fois dans des conditions similaires. Les exercices doivent être réalisés de manière à ce que la vitesse du mouvement reste constante tout au long des répétitions, ce qui est possible si les intervalles de repos sont appropriés, en fonction de l'intensité de l'exercice et de la nature du mouvement.

La méthode répétitive engendre des tensions élevées, parfois maximales, sur le système énergétique et exerce une influence notable sur d'autres systèmes corporels, tels que les systèmes musculaire, végétatif et endocrinien.

### **C. La méthode intermittente :**

Le travail de force-vitesse en mode intermittent constitue une base essentielle de l'entraînement des footballeurs. Ce type d'exercice consiste à effectuer des contractions maximales répétées dans des intervalles de temps courts. Les avantages de cette méthode se manifestent par :

- Une amélioration de la synchronisation des unités motrices (UM) et de leurs fréquences de décharge, ce qui permet de réduire le temps nécessaire pour recruter les fibres musculaires rapides (Behm & Sale, 1993).
- Un développement de la coordination intra-musculaire, permettant une activation plus efficace d'un plus grand nombre de fibres musculaires.
- Une amélioration de la coordination intermusculaire, favorisant la coopération entre les muscles agonistes et antagonistes.

#### **II.5.3.4. Principes méthodologiques de l'entraînement de la force vitesse :**

Carminati et Di Salvo (2003) estiment qu'un joueur doit être physiquement prêt avant d'aborder les séances de force-vitesse. Pour ce faire, l'entraîneur doit mettre en place les étapes suivantes :

- Effectuer des séances de renforcement musculaire ciblant les muscles des membres inférieurs pendant la période de préparation en début de saison.

- Une fois que ces bases sont jugées satisfaisantes, l'entraîneur prépare les joueurs à réaliser des actions explosives, brèves et intenses, à travers des exercices intermittents de courte durée, tout en continuant à travailler sur le renforcement musculaire en explosivité.
- Ensuite, les joueurs peuvent intégrer des séances de force-vitesse tout au long de la saison, tout en minimisant les risques de blessures.

### **II.5.3.5. Evaluation de la force vitesse :**

#### **A. Le test de la navette :**

Le test de la navette permet d'évaluer la capacité à changer rapidement de direction, combinée à des accélérations courtes. Il consiste à effectuer une course en navette de 10x5 mètres à la vitesse maximale. Le temps est mesuré soit avec un chronomètre, soit avec des cellules photoélectriques. Deux lignes parallèles, espacées de cinq mètres, sont tracées au sol, chacune mesurant 1,20 mètre de long. Le participant doit franchir les lignes en s'assurant que chaque pied les traverse. L'évaluateur annonce à haute voix le nombre de cycles réalisés. Le temps enregistré correspond à celui nécessaire pour compléter cinq cycles et est exprimé en secondes.

#### **B. Test de navette spécifique aux postes :**

Ce test évalue la capacité de changement de direction combinée à des accélérations courtes adaptées aux exigences des différents postes sur le terrain. Il permet d'évaluer la motricité d'un joueur en fonction des besoins spécifiques à son poste. Les distances et le nombre de répétitions doivent être ajustés en fonction des exigences de chaque poste. Pour cela, on peut se baser sur les données collectées lors de l'analyse de l'activité des joueurs pendant les matchs, ce qui permet d'adapter le test à chaque position spécifique.

#### **C. Test de l'explosivité via Abalakov :**

Le test d'Abalakov évalue l'explosivité et la puissance des membres inférieurs. Il mesure la détente verticale d'un sportif en se basant sur un saut effectué depuis un socle. Une ceinture est fixée autour du bassin du participant et reliée à ce socle par un fil. Lors du

saut, le fil se déroule, et la hauteur atteinte est déterminée par la longueur de déroulement du fil, permettant ainsi de mesurer l'explosivité du saut.

### **II.5.3.6. Conclusion :**

L'entraînement en force-vitesse permet non seulement d'améliorer et de maintenir les qualités de vitesse d'un joueur, mais aussi de renforcer ses capacités de force. Selon une étude de Widrick et al. (2002), trois séances de force-vitesse par semaine permettent d'augmenter la force maximale volontaire de plus de 60%. Ils ont également observé que ce type d'entraînement entraînait une amélioration de 30 à 40% de la force maximale isométrique. Par conséquent, le travail de force-vitesse doit être intégré régulièrement tout au long de la saison, avec environ cinq séances par mois, comme le suggèrent Carminati et Di Salvo (2003).

## **II.6. L'évaluation physique :**

### **II.6.1. Notion d'évaluation :**

L'évaluation, dans son sens commun, est l'acte par lequel on émet un jugement de valeur sur un objet, une personne ou un événement. Cette notion recouvre toutes ces assertions en la situant dans un processus d'apprentissage.

On peut distinguer :

- **L'évaluation prédictive :** permettant de faire l'état des capacités avant d'entreprendre un apprentissage.
- **L'évaluation formative :** qui consiste en un bilan de parcours, vérifiant la progression dans la démarche pédagogique adoptée par rapport aux objectifs à atteindre. Cette évaluation permet d'optimiser l'apprentissage en définissant des processus de remédiation ou de régulation favorisant les acquisitions attendues.
- **L'évaluation sommative :** qui permet de situer les performances à la fin du processus d'apprentissage. Elle fait l'état des compétences acquises par rapport à des normes déterminées. On parle alors d'évaluation certificative.

Évaluer, c'est déterminer une valeur chiffrée dans un secteur de la conduite motrice d'un athlète, et la comparer à une norme ou une échelle. Domaine possible d'investigation : le

psychologique ; le bio-informationnel, le biomécanique et la bioénergétique. L'entraîneur dispose d'un ensemble d'outils : la batterie de tests, issus de la recherche (laboratoire) et du terrain.

En football, l'évaluation est une phase indispensable dans la prise en charge d'une équipe afin d'établir une carte d'identité footballistique précise de chaque joueur. Elle permet d'actualiser le potentiel ou l'état de forme, d'orienter l'entraînement, de déterminer les forces et les faiblesses, de fixer des objectifs individuels et collectifs ou encore d'établir des groupes de niveau.

### **II.6.2. Objectif de l'évaluation :**

En milieu sportif, l'évaluation revêt une importance toute particulière, puisqu'elle a pour objectif :

- Détecter les sujets à fortes potentialités.
- Sélectionner les sportifs aux qualités confirmées.
- Contrôler et individualiser l'entraînement.
- Orienter les athlètes vers l'activité la plus conforme selon les aptitudes et goûts de chacun.
- Favoriser leurs progrès.
- Fixer les objectifs accessibles et réalisables par rapport au niveau actuel.
- Déterminer les surcharges d'entraînement en fonction des aptitudes actuelles des athlètes.

### **II.6.3. Les tests :**

Selon le Petit Larousse (2009), le test est défini comme étant un examen diagnostique basé sur l'apparition ou la non-apparition d'un phénomène chimique (coloration d'un liquide, par exemple), biologique (œdème cutané, par Exemple), physiologique (mouvement réflexe, par exemple), après mise en œuvre d'un procédé, administration d'une substance ou action d'un stimulus.

Un test est une tâche spécifique à accomplir, identique pour tous les sujets à évaluer, avec une méthode précise pour mesurer le succès ou l'échec, ou en attribuant une notation numérique.

Il existe deux types de tests :

### **A. Tests de laboratoire :**

Les tests de laboratoire nécessitent un matériel sophistiqué et sont réalisés dans des conditions expérimentales visant à mesurer un paramètre physiologique particulier. Bien que leurs résultats soient fiables, ils sont relativement éloignés des conditions réelles de terrain et sont difficilement accessibles à un grand nombre de participants.

### **B. Tests de terrain :**

Les tests de terrain, quant à eux, sont plus couramment utilisés. Ils évaluent la performance sportive à travers des mesures simples et directes, offrant plusieurs avantages par rapport aux tests de laboratoire, tels que la facilité de mise en œuvre, une durée plus courte et l'utilisation de matériel simple (par exemple, test VAMEVAL, IFT 30/15, etc.). Ces tests sont plus adaptés aux évaluations sur le terrain, dans des conditions plus proches de celles rencontrées en compétition ou à l'entraînement.

#### **II.6.3.1. Les critères de tests :**

Quand on effectue des tests, il est important de savoir qu'il existe des critères de précision qui sont :

- **Validité** : le test doit être l'indicateur exact des paramètres que l'on veut évaluer.
- **Fiabilité** : cette qualité que doit posséder le test permet de différencier les individus qui constituent le groupe où l'investigation est relaissée.
- **Objectivité** : Les résultats d'un test doivent être complètement indépendants de la personnalité ou des jugements subjectifs de l'évaluateur. L'objectif principal de ce type d'évaluation est de comparer les performances de l'individu testé avec celles d'une population ou d'un groupe auquel il appartient, assurant ainsi une évaluation objective et standardisée.

### II.6.3.2. Périodisation des tests en football :

- On peut effectuer les tests au début de la préparation physique.
- Éventuellement à la fin de saison.
- A la reprise de la trêve.
- On peut aussi effectuer des tests au milieu du premier tour.

### II.7. Les bases physiologiques de l'entraînement sportif :

#### II.7.1. Les processus producteurs d'énergie :

L'organisme va utiliser divers moyens, pour aboutir au réapprovisionnement permanent de cet élément de la production d'énergie qu'est l'adénosine triphosphate, le métabolisme des carburants tout d'abord, tous issus de ce que nous mangeons, dans l'ordre de préférence les glucides (40%), lipides (20%) et protides (10%), avec comme indispensable carburant l'oxygène inspiré, afin d'oxyder l'ensemble, lors de la combustion. Les glucides pour leurs parts transformés et stockés dans le foie et les muscles sous forme de glycogène, un composé riche en molécules de glucose dont les cellules productrices sont friandes.

Deux processus fondamentaux, l'un avec oxygène (aérobie) l'autre sans oxygène (anaérobie), vont alors mettre en action, conjointement, les grandes fonctions de l'organisme, intimement liées et parfaitement complémentaires. Notons que la dégradation d'une molécule de glucose par la voie aérobie produit treize fois plus d'ATP que par la voie anaérobie. Nous allons développer ces deux processus fondamentaux de base, dans un ordre croissant, sur le plan d'intensité de l'effort fourni et, fort logiquement, en parallèle, de l'énergie dépensée. L'oxygène n'est donc pas, indispensable à la production d'énergie !

Premier moyen de production ;

#### II.7.1.1. La voie anaérobie (sans oxygène) :

Le processus anaérobie va générer deux mises en action quasi similaires, complémentaires et d'intervention conjointes dès l'entrée en action, afin de renouveler le stock d'ATP dont nous avons le plus grand besoin. L'oxydation immédiate des substrats,

sera impossible étant donné la brièveté de l'effort, l'intensité réelle va déclencher d'emblée une dette d'oxygène, la quantité d'O<sub>2</sub> nécessaire n'ayant pu être utilisée parfaitement dans un laps de temps trop court. Ces processus métaboliques anaérobies producteurs d'énergie jouent un rôle évident d'autant plus important que l'intensité de l'exercice est plus grande.

### **A. Le processus anaérobie alactique :**

Sans oxygène (O<sub>2</sub>), rappelons-le ni d'ailleurs pratiquement pas d'accumulation intempestive d'acide lactique, on utilise d'abord comme combustible ce qu'il y'a d'immédiatement disponible, c'est-à-dire les réserves d'ATP et de la créatine phosphate. Cette mise en action, d'amorçage, soudain et explosif, à réaction immédiate, est inhérente aux efforts très brefs et très intenses, de l'ordre de quelques secondes : c'est la vitesse pure, une brièveté particulièrement affirmée lors d'un départ explosif, avant un ralentissement inévitable même pour les meilleurs.

### **B. Le processus anaérobie lactique :**

Sans oxygène (O<sub>2</sub>) avec production d'acide lactique :

Lorsque la filière anaérobie alactique arrive en bout de course, la filière anaérobie lactique prend les relais. Cette passation de pouvoir s'accompagne d'une baisse de la puissance mais d'une hausse de la capacité à endurer dans le temps.

La filière peut maintenir un rendement maximum pendant une période de 45'' à 1'. Sa capacité à produire une grande quantité d'énergie reste efficace jusqu'à 2' d'effort au maximum.

Malheureusement pour le sportif, le fonctionnement de cette filière à haut régime s'accompagne d'une production d'acide lactique. Ce dernier entraîne une baisse de l'activité enzymatique à l'intérieur de la cellule, ce qui se manifeste par une baisse de la production d'énergie nécessaire à la contraction musculaire.

Dans les cas extrêmes, les muscles du sportif ne peuvent plus fonctionner. Il a l'impression d'avoir les jambes très lourdes, d'avoir les muscles des jambes qui brûlent, il est alors obligé de ralentir son allure de course ou de s'arrêter.

### **C. La voie aérobie :**

Les exercices de longue durée, supérieurs à 10 minutes, nécessitent une oxydation complète des glucides et/ou des acides gras au niveau des mitochondries. L'oxydation des glucides et du glycogène permet de soutenir un effort pendant environ 93 minutes à 70 % de la VO<sub>2</sub>max. En revanche, les réserves d'acides gras peuvent fournir de l'énergie sur plusieurs jours et ne représentent pas une limitation pour des exercices à une intensité inférieure à 30-35 % de la VO<sub>2</sub>max.

Les qualités aérobies sont essentielles pour les footballeurs afin de maintenir un rythme élevé tout au long du match, surtout en seconde mi-temps. Elles sont généralement mesurées par la consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub>max), un indicateur physiologique majeur dans le football, ainsi que par le seuil d'accumulation de l'acide lactique.

Bien que le football présente une demande énergétique élevée, il est important de noter que les footballeurs n'ont pas besoin du même niveau d'endurance que ceux pratiquant d'autres sports d'endurance. Les joueurs de niveau inférieur, âgés de 20 à 30 ans, ont une puissance maximale aérobie (VO<sub>2</sub>max) de 45 à 50 ml/kg/min, souvent en raison d'un entraînement insuffisant (Ekblom, 1986). En revanche, les joueurs professionnels affichent des valeurs plus élevées. Par exemple, Carù et al. (1970) ont trouvé des valeurs de 56 ml/kg/min chez les footballeurs professionnels en Amérique du Nord. Une étude menée par ce même auteur sur des jeunes footballeurs de haut niveau a révélé une amélioration progressive de cette valeur au fil des ans.

Cependant, les recherches de Cazorla & Farhi (1998) contredisent la relation directe entre le niveau de pratique et le VO<sub>2</sub>max. Les joueurs professionnels ont un VO<sub>2</sub>max moyen compris entre 60 et 65 ml/kg/min, nettement supérieur à celui des athlètes de sports collectifs, avec des valeurs individuelles pouvant atteindre 70 ml/kg/min. Il semble qu'environ les deux tiers d'un match se déroulent à une intensité supérieure à 80 % de VO<sub>2</sub>max, et que ce niveau soit atteint plusieurs fois par rencontre (1 à 5 fois, selon l'intensité du jeu et la qualité de l'adversaire).

Ainsi, à qualité technique ou athlétique égale, les joueurs de haut niveau se distinguent par une capacité et une puissance aérobie plus élevées. Cette aptitude est indispensable non seulement pour l'entraînement de haut niveau, mais aussi pour faciliter la récupération entre actions intenses et entre entraînements, garantissant ainsi un rendement énergétique optimal pendant toute la durée du match.

### **II.7.2. Notion de VO<sub>2</sub>max :**

La VO<sub>2</sub>max représente le volume d'oxygène maximal utilisable par le processus oxydatif producteur d'énergie, c'est-à-dire sur le plan strict de métabolisme, le maximum de possibilités de fixation sanguines d'oxygène ne peut plus augmenter, par manque de capacité de fixation justement. Chacun à son propre niveau d'absorption maximale d'oxygène (Cordelette, 2003)

Ainsi, la consommation maximale d'oxygène se définit comme le volume (V) par unité de temps (t) le plus élevé (max) d'oxygène (O<sub>2</sub>) : VO<sub>2</sub>max, qu'un sujet peut prélever et utiliser lors d'un exercice qui le conduit à l'épuisement de deux à six minutes (Astrand, Astrand, Christensen, & Hedman, 1960).

Exprimé en litres par minute ou en millilitres par minute et par kilogrammes de poids corporel, la VO<sub>2</sub>max est essentiellement limité par le fonctionnement du système cardiovasculaire et l'épuisement enzymatique (mitochondrie) des fibres musculaires sollicitées. Sa capacité dépend de l'épuisement génétique et de l'entraînement effectué avant 25 ans.

D'un point de vue statistique, le VO<sub>2</sub>max est plus grand chez les hommes que chez les femmes.

Le VO<sub>2</sub>max varie avec l'âge, étant à son maximum à la 20<sup>ème</sup> année, se stabilisant jusqu'à 30 ans pour décroître progressivement et ne plus représenter à 60 ans que 70% de cette valeur.

Chez le sportif de haut niveau, on peut trouver des valeurs de 80ml/kg/min, alors que le sédentaire atteint difficilement 46 à 50 ml/kg/min (Cazorla G. , 2003).

Quoi qu'il en soit, la consommation maximale d'oxygène est considérée, depuis plus longtemps déjà, comme étant l'un des facteurs déterminant la performance des spécialités sportives à fortes demandes énergétiques.

### **II.7.3. La puissance aérobie (PA) :**

La puissance aérobie représente le débit d'énergie produit par le métabolisme cellulaire et dépend de la disponibilité et de l'utilisation de l'oxygène. La puissance maximale aérobie ou PMA, représente la capacité maximale de présynthèse de l'ATP par la voie aérobie. La PMA représente la puissance qui permet d'atteindre la consommation maximale d'oxygène ( $VO_{2max}$ ).

### **II.7.4. La puissance maximale aérobie (PMA) :**

La puissance maximale aérobie (PMA) désigne la quantité maximale d'oxygène qu'un organisme peut consommer par unité de temps (généralement par minute) lors d'un exercice musculaire intense d'une durée d'au moins quatre minutes. Elle correspond au  $VO_{2max}$  ( $V$  = débit ;  $O_2$  = oxygène ;  $max$  = maximal), c'est-à-dire la consommation maximale d'oxygène.

La puissance à laquelle le  $VO_{2max}$  est atteint est appelée puissance maximale aérobie (PMA) et est généralement exprimée en watts. Pour des disciplines comme la course, la natation ou le cyclisme, elle est souvent mesurée en termes de vitesse maximale aérobie (VMA) exprimée en km/h (Dekkar, Bricki, & Hanifi, 1990).

### **II.7.5. La vitesse maximale aérobie (VMA) :**

La vitesse maximale aérobie (VMA) correspond à la vitesse de course atteinte par un athlète lorsque sa consommation maximale d'oxygène ( $VO_{2max}$ ) est atteinte. Elle représente la vitesse suffisante pour solliciter la puissance maximale aérobie ( $VO_{2max}$ ) de l'athlète. Au-delà de cette vitesse, l'organisme ne parvient plus à maintenir un équilibre entre la production et l'élimination des lactates.

Bien que la  $VO_{2max}$  soit un paramètre mesuré principalement en laboratoire, sa connaissance n'est pas primordiale pour les entraîneurs sur le terrain. Ce qui importe réellement est la vitesse maximale aérobie (VMA). L'avantage de connaître la VMA est

qu'elle permet de personnaliser les séances d'entraînement de manière optimale, en utilisant des distances ou des vitesses relatives aux capacités maximales de chaque individu, plutôt que des distances ou vitesses absolues.

### **II.7.6. La puissance anaérobie :**

La puissance anaérobie se définit comme le débit d'énergie produit par le métabolisme cellulaire sans utilisation d'oxygène. La puissance maximale anaérobie représente la capacité maximale du système anaérobie (système ATP-PC et système glycolytique) à produire de l'ATP. Contrairement au métabolisme aérobie et son évaluation, il n'existe pas de tests de laboratoire permettant de mesurer la puissance anaérobie faisant l'unanimité. Plusieurs tests permettent d'estimer la puissance maximale anaérobie.

Bien que le football soit caractérisé par une très haute demande énergétique, il est intéressant de savoir que les footballeurs ne semblent pas avoir besoin d'un même niveau d'endurance (qui est reflétée par la puissance maximale aérobie) tel qu'il est exigé dans d'autres sports d'endurance.

### **II.7.7. Le rapport VO<sub>2</sub>max et VMA :**

La vitesse maximale aérobie (VMA) constitue la référence fondamentale à partir de laquelle l'entraîneur définit les intensités et les durées des charges de travail, tant pour les efforts aérobie qu'anaérobie. Un niveau optimal de VMA, comparable à la cylindrée d'un véhicule, est crucial pour améliorer les capacités aérobies, particulièrement lors d'efforts de moyenne durée.

La VMA représente de manière concrète et mesurable (en temps ou en distance) ce que l'on considère comme l'abstrait VO<sub>2</sub>max, ce qui la rend particulièrement utile pour l'entraîneur (Cordelette, 2003).

En cas de besoin d'une estimation rapide de la VO<sub>2</sub>max, une relation théorique établie par l'étude de Léger et Mercier (1983) permet de l'estimer via la VMA, selon la formule suivante :  $VO_2\text{max (ml/kg/min)} = 3,5 \times VMA \text{ (km/h)}$ .

### **II.7.8. Que permet la connaissance de la VMA :**

La connaissance de la VMA est précieuse pour plusieurs raisons :

- Elle permet d'exploiter efficacement la VO<sub>2</sub>max.
- Elle fournit des indications sur les intensités à utiliser lors des séances d'entraînement.
- Elle aide à gérer de manière optimale les vitesses d'entraînement.
- Elle offre une estimation des performances potentielles en course, à condition de suivre un entraînement adapté.

# **Chapitre III. L'intermittent et le football moderne**

### **Préambule :**

Bangsbo (1994b) a mis l'accent sur l'entraînement en endurance des footballeurs à travers des exercices intermittents. Il a qualifié le football de « sport intermittent », caractérisé par une succession continue et aléatoire de phases d'effort et de récupération active ou passive. Cette observation a conduit à un intérêt croissant pour l'entraînement de type intermittent, spécifique à ce sport.

Les exercices intermittents illustrent l'adaptation de l'entraînement en fonction des analyses des différents facteurs de performance. Ce type d'entraînement permet d'optimiser la performance physique des footballeurs. Cependant, Hoff, Wisløff, Engen, Kemi et Helgerud (2002) ont cherché à établir un lien entre ces données physiques et les aspects technico-tactiques du jeu. Ils ont exploré la sollicitation physiologique et physique d'exercices avec ballon, tels que les jeux réduits, en comparaison avec certains exercices spécifiques. Selon eux, les exercices intermittents représentent une méthodologie d'entraînement très proche des exigences physiques observées lors d'un match (Bangsbo J., 2008).

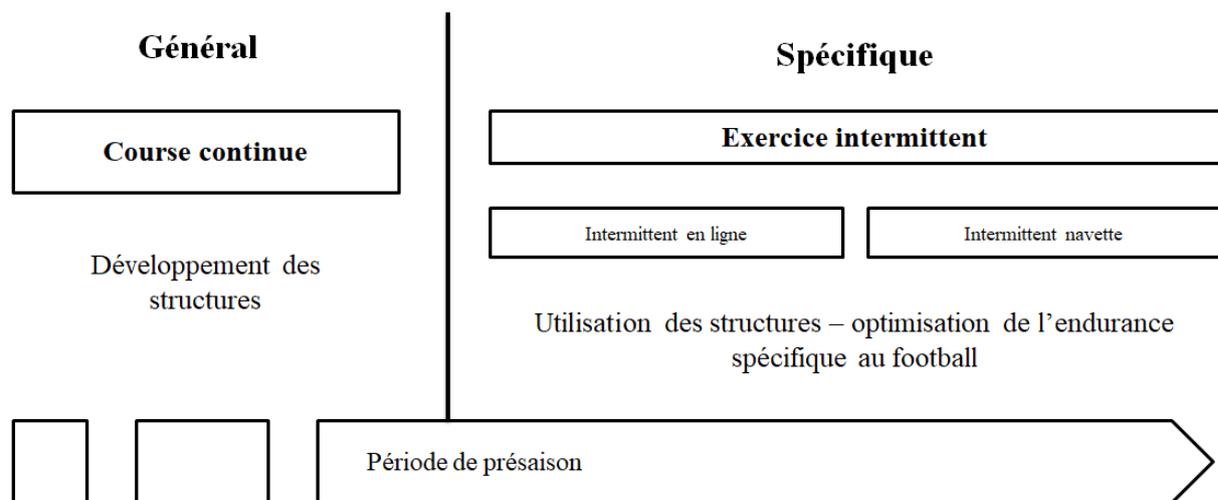
### III.1. Concept :

Les efforts intermittents correspondent à une alternance de temps de travail et de temps de récupération, active ou passive, durant un bloc de travail précis (Dellal & Mallo, 2017)

L'intermittent est un type d'entraînement où sont alternées pendant une ou plusieurs séries, des fractions d'efforts et des fractions de récupération.

Par conséquent, l'intermittent regroupe un large éventail de comportements puisque les êtres vivants alternent en permanence des phases d'action et de repos. Il en est de même des séances d'entraînement qui reposent régulièrement sur une alternance d'exercices et de récupérations.

En football, cette méthode d'entraînement a été relativement utilisée ces dernières décennies car elle permettrait de reproduire les efforts effectués en match. Pour l'utiliser correctement il faut suivre une certaine progressivité dans l'utilisation (**Figure 9**)



**Figure 9** : Intégration des efforts intermittents dans le processus d'entraînement et l'optimisation physiologique (Dellal & Mallo, 2017, p. 05)

### III.2. L'historique :

Dans le but d'améliorer leurs performances, les athlètes vont utiliser des exercices intermittents dans l'entraînement sportif dès la fin du 19<sup>ème</sup> siècle. En 1888, Lagrange en recommandait déjà l'usage et suggérait que « le fractionnement des efforts intervient à la manière d'un poison qui, par dilution, peut être toléré par l'organisme » (Lagrange, 1888). Au début du 20<sup>ème</sup> siècle, les Scandinaves pratiquent "le fartlek" (jeu de vitesse). Cette

méthode consiste à varier les allures de courses en fonction du relief géographique (pentes, côtes) dans un milieu naturel (bois, champs). Au début des années 1920, des athlètes vont commencer à standardiser les périodes courues à hautes intensités et les périodes courues à faibles intensités. Par exemple, le champion olympique Paavo Nurmi (Finlande) introduisait des répétitions de 400m en 1min dans un footing de 10 à 20km (Billat V. , 2001).

Dans les années 30, le cardiologue allemand Reindell codifie l'interval-training dans une perspective de réhabilitation des sujets cardiaques. Gerschler était son ami et a transposé cette méthode à l'athlétisme en entraînant notamment Rudolph Harbig. Les résultats spectaculaires des athlètes utilisant ce type d'exercice dans leurs entraînements vont contribuer à la notoriété de la méthode. Dans les années 1950, le champion olympique Emil Zatopek (Tchécoslovaquie) répétait jusqu'à 100 fois des distances de 400m en 80 s entrecoupées de distances de 200m courues à allures modérées.

Bien que l'interval training soit couramment utilisé dans la préparation physique des athlètes, les connaissances scientifiques de l'époque ne justifiaient pas son application. Les premières études sur les exercices intermittents à haute intensité publiées dans des revues scientifiques internationales remontent à 1960 (Astrand, Astrand, Christensen, & Hedman, 1960). Selon Fox et al. (1973), l'entraînement par intervalles, ou "interval training", est une méthode simple qui consiste à répéter des périodes d'efforts intenses entrecoupées de phases de repos ou d'exercices modérés. Cette méthode concerne principalement des exercices à haute intensité (égale ou supérieure à celle correspondant à la VO<sub>2</sub>max), et l'insertion de périodes de récupération permet d'allonger la durée totale de l'exercice.

**Tableau 6 : Terminologie employée pour décrire les exercices intermittents de haute intensité (Dupont, 2003).**

Références	Terminologie anglaise	Terminologie française
Astrand et al (1960)	Intermittent work	Travail intermittent
Christensen et al (1960)	Intermittent running	Course intermittente
Fox et al (1969)	Interval running	Course par intervalle
Margaria et al (1969)	Intermittent exercise of supramaximal intensity	Exercice intermittent a intensité supra maximal
Saltin et Essen (1971)	Intermittent exercise	Exercice intermittent
McDougall et al (1977)	High intensity intermittent exercise	Exercice intermittent à haute intensité
Rieu et al (1988)	Intermittent supramaximal exercise	Exercice intermittent supra maximal
Brookset al (1990)	Repeated brief maximal exercise	Exercice bref, maximal et répété
Lindiger et al (1990)	Intense intermittent exercise	Exercice intermittent intense
Gaitanos et al (1991)	Repeated bouts of sprint running	Répétition de courses de sprint
Balson et al (1992)	Maximal intensity intermittent exercises	Exercice intermittent à intensité maximal
Gaitanos et al (1993)	Intermittent maximal exercise	Exercice maximal intermittent
Mognoni et al (1997)	Intermittent all-out exercise	Exercice intermittent de sprint
Ratel et al (2002)	Repeated cycling sprints	Répétition de sprint sur ergocycle
Laursen et Jenkins (2002)	High intensity interval training	Entraînement par intervalles à haute intensité

### III.3. L'intérêt des efforts intermittents :

Selon Dellal et Javier (2017), l'intérêt de l'entraînement intermittent réside dans plusieurs avantages notables :

- Un retard de l'apparition de la fatigue et une récupération plus rapide entre les séances.
- Une possible augmentation des capacités tampons du muscle, ce qui améliore la tolérance aux déchets métaboliques.
- Une sollicitation complète des fibres musculaires, avec une utilisation simultanée des phosphocreatines (PCR), de l'oxygène des myoglobines et des hémoglobines.

- Une sollicitation réduite de la glycolyse anaérobie, ce qui permet de préserver les stocks de glycogène et de limiter l'accumulation de lactates.
- La possibilité de maintenir un travail mixte sur une plus longue durée qu'un entraînement continu.
- Une amélioration des temps de réaction.
- Un travail psychologique favorisant la persévérance et le dépassement de soi.
- Une reproduction plus fidèle des efforts rencontrés en match.

### **III.4. Les formes de l'exercice intermittent :**

Selon Dellal (2008), on distingue deux formes dans les exercices intermittents :

#### **A. intermittent en ligne :**

Les joueurs doivent effectuer des courses directes (pas de changement de direction) selon l'intermittent choisi. Par exemple (15sec-15sec), si le testé atteint le palier 10 soit 13Km/h (sur la table de conversion), alors on calcule  $13 \times 110\% = 14,3\text{Km/h}$  pour garantir un travail dans les Zones de la PMA (85 à 95% de la charge interne), on va appliquer la formule suivante :  $14,3 \times 1000 / 60 / 4 = 59,72$  mètres à parcourir en direct (intermittent en ligne).

#### **B. Intermittent en navette :**

L'intermittente navette est une forme appropriée de travail aérobic maximal pour des disciplines qui recherchent un compromis entre des qualités explosives et leur entretien dans le temps. Il s'agit également d'une modalité permettant de développer une qualité d'appuis plus élevée. Les joueurs doivent effectuer des courses allers retours (plus des changements de direction) à partir des distances désignées par le test VMA.

### **III.5. Les méthodes des efforts intermittents :**

Dupond et Bosquet (2007) proposent trois méthodes de travail intermittent selon le rapport entre le temps de travail et le temps de récupération (densité de la charge) et selon la vitesse maximale aérobic (VMA) (tableau 7)

**Tableau 7: Classification et objectifs des séances intermittentes (Dupont & Bosquet, 2007)**

Type de séance	Phase d'exercice	Phase de récupération	Nombre de répétitions	Nombre de série(s)	Objectif
<b>Long – long</b>	3 à 10min 90 à 100% de la VMA	2 à 3min récupération active	3 à 5	1	Endurance aérobie VO2max
<b>Moyen – moyen</b>	30s à 2 min 100 à 110% de la VMA	30s à 3min récupération active	5 à 12	1 à 3	VO2max
<b>Court – court</b>	10 à 20s 110 à 130% de la VMA	10 à 20sec récupération passive	10 à 15	3 à 5	VO2max capacité anaérobie

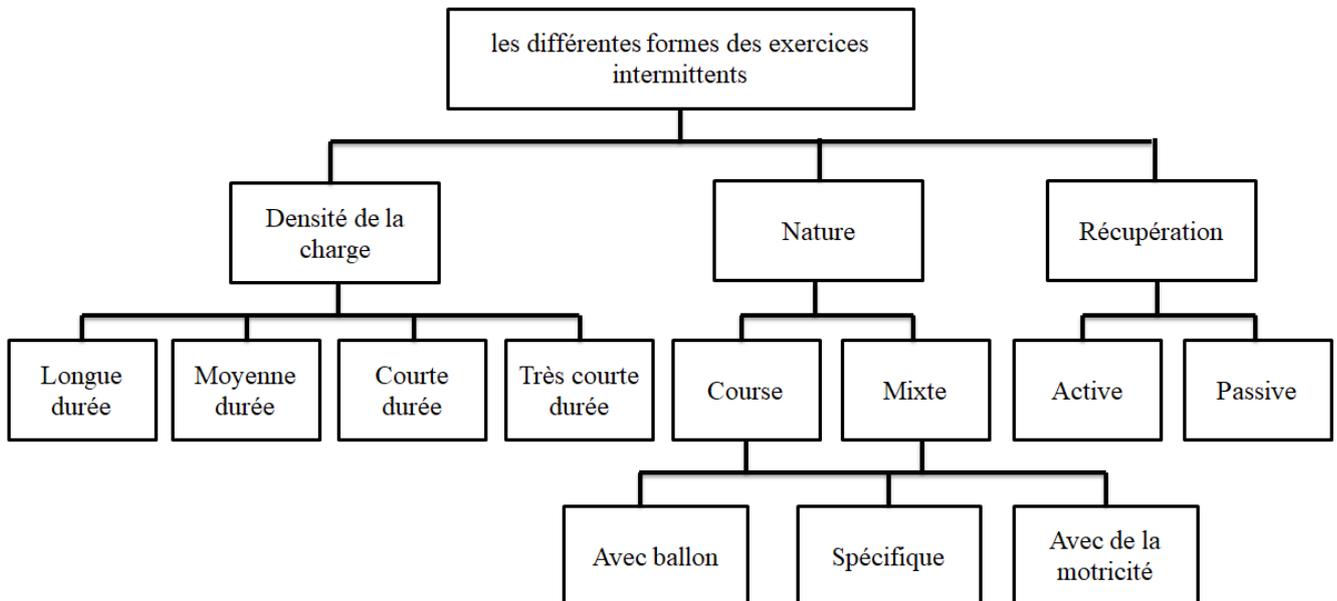
### III.6. Les caractéristiques des efforts intermittents :

Selon Dellal et Javier en (2017) chaque staff technique peut manipuler les différentes caractéristiques des efforts intermittents, comme la durée des temps de travail et des temps de récupération entre les répartitions et les séries, la nature de la récupération (active ou passive) la durée totale de l'exercice, la forme de travail (en ligne, navette ou avec ballon), le nombre des séries et l'intensité de travail (en fonction de la VMA). La variation de ces paramètres va permettre de solliciter, de manière équilibrée ou majoritaire, les composantes aérobie ou anaérobie.

Dellal et javier (2017) ont présenté chaque caractéristique des efforts intermittents et les ont synthétisées dans le tableau 8 et la figure 10

**Tableau 8 : Caractéristiques des efforts intermittents (Dellal & Mallo, 2017, p. 6)**

Efforts intermittent	Intensité en % de la VMA	Forme de récupération conseillée	Nombres et durées des blocs (min)	Nombre de temps de travail	Nombre de temps de récupération	Distance pour les efforts intermittents en navette et nombre de changements de direction
<b>30-30</b>	100, 105 et 110%	Active (40% de la VMA)	2* 10'-14'	10-14	9-13	42m / 3 demi-tour
<b>20-20</b>	105, 110 et 115%	Passive/active	2* 10'-12'	15-18	14-17	36m / 2-3 demi-tour
<b>15-45</b>	105, 110, 115 et 120%	Passive/active	2* 10'-12'	10-12	9-11	30m / 2 demi-tour
<b>15-15</b>	105, 110, 115 et 120%	Passive	2* 8'-10'	16-20	15-19	30m / 2 demi-tour
<b>10-20</b>	110, 115, 120 et 125%	Passive/active	1-2* 7'-10'	14-20	13-19	21m / 2 demi-tour
<b>10-10</b>	110, 115, 120 et 125%	Passive	1-2* 5'-8'	15-24	14-23	21m / 2 demi-tour
<b>5-25</b>	140% et vitesse max	Passive	1-2* 4'-7'	8-14	7-13	10-15m / 1 demi-tour
<b>5-5</b>	140% et vitesse max	Passive	1-2* 1'-2'	10-19	9-18	10m / 1 demi-tour



**Figure 10 : Déterminations des caractéristiques des efforts intermittents**

### III.7. L'intermittent et la PMA :

L'intermittent est donc un procédé d'entraînement spécialement dédié à l'amélioration de la puissance du système aérobie et particulièrement approprié.

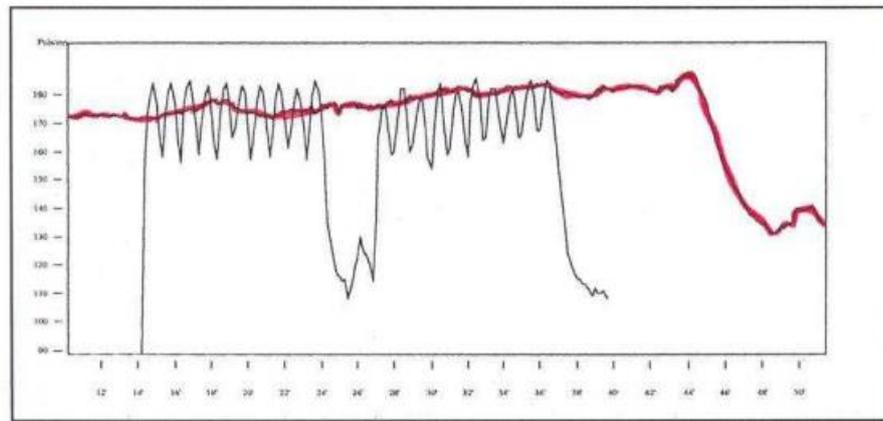
Pour y parvenir, il faut réunir 3 conditions :

- L'intensité des séquences de travail doit être suffisamment élevée pour solliciter notablement la  $VO_2max.$  et d'une durée relativement courte afin que la couverture énergétique soit assurée par la myoglobine, ce qui permettra de maintenir l'intensité sans baisse de régime, d'où une valeur moyenne de 30 secondes
- La durée des séquences de récupération doit être suffisamment réduite pour que le degré de sollicitation de  $VO_2max.$  reste le plus élevé possible d'où la valeur moyenne de 30 secondes.
- La durée totale ou le nombre de séquences enchainées doit être suffisamment long pour stimuler correctement le système aérobie, d'où la valeur moyenne de 6-8 minutes.

Du fait de son aspect « haut de gamme », il est recommandé de contrôler les effets du travail intermittent afin d'optimiser son évolution et la progression des exercices.

La fréquence cardiaque est le moyen le plus simple de vérifier facilement la qualité de tout travail aérobie (Figure 10).

L'observation de la fréquence cardiaque montre très clairement les différents degrés de sollicitation.



**Figure 11** : La FC lors d'un effort continu superposé à la FC d'un effort intermittent 30sec-30sec (Dellal, 2008, p. 37)

On peut remarquer que seul l'intermittent arrive à solliciter un haut degré de la puissance maximale aérobie, la fréquence cardiaque restant dans une fourchette très étroite et proche du maximum, ce qui n'est pas du tout le cas dans l'intervalle training.

### III.8. Physiologie d'un travail intermittent :

L'exercice intermittent à haute intensité et de courte durée représente une forme spécifique d'entraînement intermittent. Lors de ce type d'exercice, la resynthèse de l'adénosine triphosphate (ATP) se réalise principalement par le métabolisme anaérobie lors des premières répétitions. La brève période de récupération permet alors de reconstituer partiellement les réserves de phosphagènes et de réoxygéner en partie la myoglobine et l'hémoglobine. Au fur et à mesure de la progression de l'exercice, la contribution du métabolisme aérobie augmente progressivement avec chaque répétition (Gaitanos et al., 1993 ; Balsom et al., 1994a, 1994b). Par conséquent, cet exercice sollicite de manière significative les systèmes anaérobie et aérobie des pratiquants.

Durant les efforts avec une intensité supérieure à  $VO_{2max}$ , comme dans le travail intermittent, l'énergie ne provient pas seulement de l'oxygène qui provient de la grande circulation, mais aussi d'autres sources :

- L'oxygène lié à la myoglobine.
- Glycolyse anaérobie qui porte à la production d'acide lactique.
- Phosphagènes (dépôts locaux d'ATP et de phospho-créatine).

### III.9. Modélisation de l'exercice intermittent :

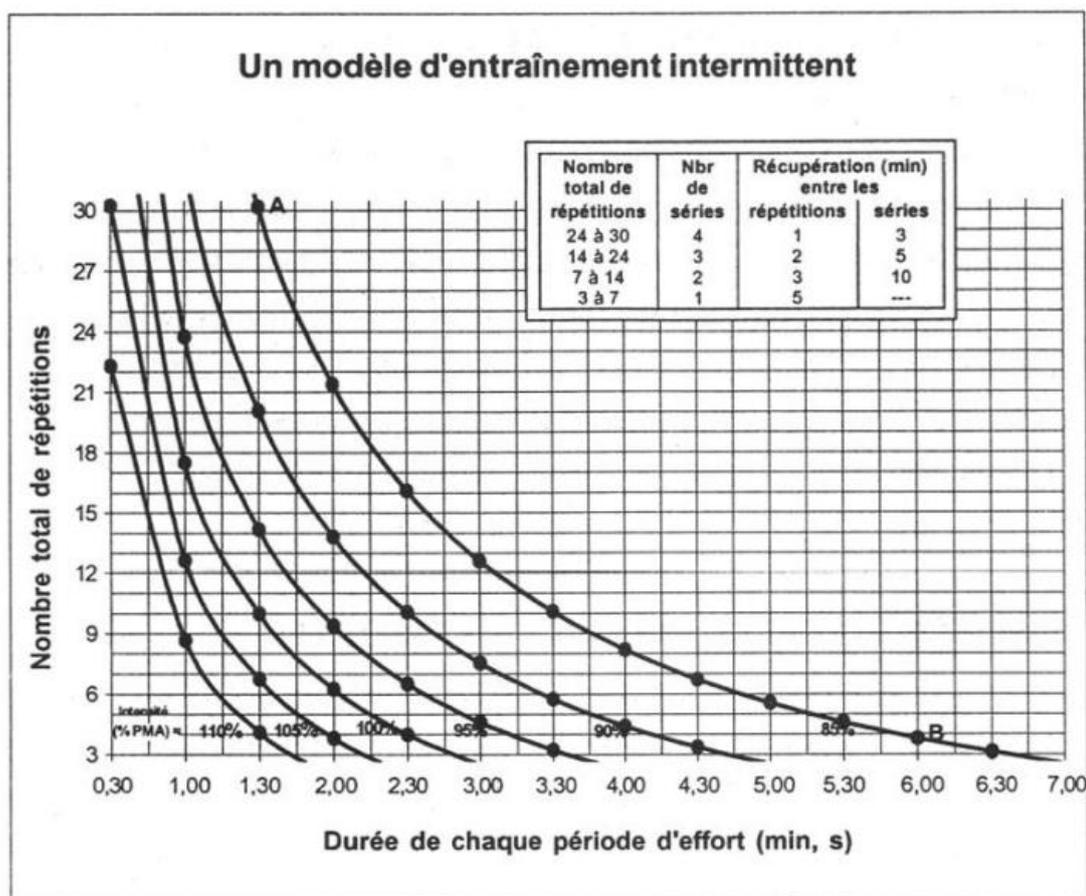
Saltin et al (1976) ont précisé que l'intensité correspond à l'intensité moyenne entre l'exercice et la récupération. Par exemple, lors d'un exercice de 15sec à 120% de la VMA alterné avec 15 s de récupération passive, l'intensité moyenne correspond à 60% de la VMA, alors que lorsque la récupération est active à 50% de la VMA, l'intensité moyenne est :  $[120+50/2] = 85\%$ .

L'amplitude correspond à la différence entre l'intensité de l'exercice et l'intensité de la récupération par rapport à l'intensité moyenne de l'exercice intermittent. Par exemple, lors de l'exercice de 15 s à 120% de la vitesse maximale aérobie (VMA) alterné avec 15 s de récupération passive, l'amplitude est de :

$$[120-0/60] \times 100 = 200\%$$

La classification proposée par Saltin et al (1976) a contribué à mieux décrire les exercices intermittents. Toutefois, une telle classification n'est que descriptive et ne permet pas de modéliser directement la performance lors d'exercices intermittents.

Plus généralement, Thibault (2002) a proposé un modèle empirique et graphique de l'entraînement intermittent. Ce modèle n'a pas été validé scientifiquement, mais présente un intérêt pratique pour l'entraînement. Il tente de mettre en relation de façon intégrée les interactions entre la durée de chaque fraction d'effort, le nombre de répétitions et l'intensité (figure 12).



**Figure 12 :** Représentation graphique du modèle proposé d'entraînement intermittent (Thiboult, 2002, p. 65)

Ce modèle met en relation trois des variables des exercices intermittents que sont la durée de chaque période d'exercice, l'intensité de ces périodes et le nombre total de répétitions. Sur la figure 11, chaque point représenté sur les courbes correspond à une séance d'entraînement intermittent. En abscisse, est présentée la durée des périodes d'exercice, et en ordonnée, le nombre de répétitions. Les courbes correspondent à des intensités relatives comprises entre 85% et 110% de la PMA. Ce modèle permet d'estimer le nombre de répétitions à une intensité relative donnée. Par exemple, lorsque l'intensité est de 95% de la PMA, les sujets pourront effectuer 3 répétitions lorsque la fraction d'effort est de 3,5 min et 24 répétitions lorsque la fraction d'effort est de 1 min. Ce modèle permet aussi de sélectionner des séances efficaces pour améliorer la puissance aérobie. Par exemple, le modèle indique qu'il n'apparaît pas utile de s'entraîner à 85% de la PMA sur des fractions d'effort de moins de 1,5 min (le nombre de répétitions devrait être supérieur à 30) ou de plus de 6,5 min (le nombre de répétitions serait plus petit que 3). Le nombre de séries et la durée de récupération entre les exercices et entre les séries sont fixés

arbitrairement selon le nombre total de répétitions de la séance. La récupération entre les répétitions et entre les séries est effectuée à moins de 60% de la PMA. Par exemple, la séance représentée par le point A du graphique consiste à effectuer 4 séries de 7 ou 8 répétitions (pour un total de 30 répétitions) d'une fraction d'effort à 85% de la PMA, alternées de récupération active de 1 minute entre les répétitions et de 3 minutes entre les séries. La séance représentée par le point B consiste à effectuer 1 série de 4 répétitions d'une fraction d'effort à 85% de la PMA, alternées de récupération active de 4 minutes entre les répétitions. Cette modélisation a donc un intérêt pratique pour les entraîneurs. Cependant, comme le souligne l'auteur, le modèle ne s'applique pas aux périodes d'exercices inférieures à 30 s et aux intensités supérieures à 110%. De plus, le modèle n'intègre pas les mécanismes liés à la récupération (durée et type de récupération).

La modélisation de la performance lors d'exercices intermittents est complexe puisque les paramètres sont nombreux. Par conséquent, les combinaisons peuvent être multiples et variées. Pour le moment, il s'agit donc de décrire l'influence de ces variables sur la performance pour songer à proposer un modèle qui engloberait tous les paramètres.

### **III.10. Intermittent et récupération :**

La question qui revient régulièrement concerne la durée de la récupération et consiste à savoir si elle doit être augmentée chez les jeunes ou les débutants.

La réponse est non, car toute augmentation de celle-ci réduit l'impact de la charge et baisse le degré de sollicitation. Donc si l'on juge que 30 secondes sont trop courtes, il faut d'une part réaliser la récupération sous forme marchée ou réduire la durée de travail (15 secondes par exemple).

Donc, lorsqu'il s'agit de solliciter de manière optimale le système de transport et d'utilisation de l'oxygène, la durée des phases dite de travail ne peut être que réduite et en général on delà de 30 secondes. C'est à cette seule condition que l'on peut solliciter à son plus haut niveau le métabolisme aérobie. Sur la figure 7, on peut observer que si pour la même intensité on double la récupération (60 secondes au lieu de 30), on abaisse du même coup la sollicitation du système cardio-vasculaire. La fréquence cardiaque de crête passant de 186/187 à 182/183 et celle de repos actif de 174 /175 à 170 /172.

### **III.11. Type de récupération pour le travail intermittent :**

Le choix entre récupération active, passive ou semi-active est influencé par l'intensité et la durée de l'effort, ainsi que par la durée et l'intensité de la phase de récupération, cette dernière jouant un rôle fondamental dans la restauration des réserves énergétiques et la régénération des muscles.

Selon Dellal (2017), la récupération peut être active, passive ou semi-active. Lorsqu'elle est active, les joueurs doivent effectuer des exercices de motricité, des gestes techniques ou courir à une allure déterminée. Le choix entre récupération active ou passive dépendra du type d'effort réalisé, de son intensité et des objectifs de l'entraînement. Par exemple, pour des efforts de type 30''/30'', il est recommandé d'opter pour une récupération active afin de maintenir la fréquence cardiaque, tandis que pour un effort de type 10''/10'', une récupération semi-active sera privilégiée. En résumé, le type de récupération dépendra des objectifs physiques et impact physiologique de l'entraînement qui devra être soigneusement calibré et pesé.

### **III.12. Intermittent avec ballon :**

L'évolution du football, marquée par des changements dans les paramètres de performance au fil du temps, a eu des incidences directes et qualitatives sur les méthodes d'entraînement intégré, ainsi que sur la préparation physique, comme le souligne Le Gall (2002)

Les exercices complexes sont programmés et réalisés durant toute la saison sportive. Ils sont caractérisés par un grand pourcentage de moyens spécifiques dans la résolution des tâches d'entraînement dans des délais limités. Cela se passe le plus souvent, lors de la grande fréquence de compétitions en période compétitive de la saison sportive.

Selon Sibaja Quesada (2005), L'objectif de ces séances est de mixer les facteurs de la performance (physique, technique, tactique, psychologique) dans une seule séance afin :

- De gagner plus de volume d'entraînement pour chaque facteur (surtout technique et tactique).
- D'Assurer la continuité et la progression d'entraînement de chaque facteur.

- De réaliser des séances d'entraînement proche à la compétition.
- De motiver les joueurs dans l'exécution des exercices (ballon = motivation).
- De travailler la maîtrise du ballon en état de fatigue et donc augmentation nécessaire de la vigilance et de la concentration.
- De réaliser des séances idéales le lendemain du match pour des remplaçants ayant peu ou pas joué.
- De réaliser des séances idéales en phase terminale de remise à niveau d'un blessé.

Dellal, (2008) propose deux types d'exercices intermittent avec ballon :

- Les jeux réduits.
- Les circuits techniques.

### **A. Les jeux réduits :**

Le football est composé de séquences de jeu qui peuvent être développées de manière spécifique en combinant divers protocoles de jeux réduits, adaptés aux objectifs d'entraînement et de compétition. C'est pourquoi les entraîneurs privilégient souvent ces exercices avec ballon au lieu des méthodes d'entraînement traditionnelles basées sur l'athlétisme.

Les jeux réduits sont des exercices avec ballon réalisés sur des terrains plus petits et avec un nombre de joueurs inférieur à celui d'un match standard (11c11). Ces jeux varient du 1c1 au 10c10, et on distingue plusieurs types : les jeux de duels (1c1, 2c2), les jeux réduits (3c3, 4c4, 5c5), et les jeux en format match (6c6, 7c7, 8c8, 9c9, 10c10). Certains peuvent intégrer des joueurs d'appui ou des gardiens de but, ou encore se jouer en situation de supériorité ou infériorité numérique. L'entraîneur peut choisir entre des jeux réduits intenses ou moins intenses, voire alterner les deux types selon la période d'entraînement, la séance ou le microcycle (Di Salvo, Collins, McNeill, & Cardinale, 2006). En effet, les jeux réduits sont un moyen optimal de développer simultanément la technique, la tactique, les capacités physiques, physiologiques et psychologiques, tout en améliorant la qualité du jeu chez les footballeurs.

Les jeux réduits représentent des exercices multifonctionnels qui permettent à l'entraîneur de travailler plusieurs aspects essentiels du football simultanément, à savoir :

- **Le travail technique** : Ces exercices favorisent le développement et l'entretien des compétences techniques des joueurs, en améliorant leur maîtrise du ballon, tant dans la conduite (passes, dribbles, centres, tirs, jeux de tête, volées, etc.) que dans le contrôle (réceptions, orientations, enchaînements, etc.), avec une variété de surfaces de contact.
- **Le travail tactique et l'intelligence de jeu** : Les jeux réduits offrent à l'entraîneur l'opportunité de répéter des situations de jeu spécifiques, de mettre en place des jeux à thème et de développer des séquences tactiques pertinentes en compétition. Ils permettent aussi de stimuler le domaine cognitif, en aidant les joueurs à repérer et à sélectionner les informations clés pour prendre des décisions tactiques et stratégiques.
- **Le développement des qualités physiques** : Ces exercices sont également un moyen efficace de travailler les capacités physiques des joueurs, telles que l'endurance, la vitesse, l'adresse, la coordination, et la puissance. Les jeux réduits permettent de solliciter les qualités aérobies et anaérobies en fonction de leur intensité, et peuvent être utilisés à des fins d'échauffement avec une charge contrôlée.
- **Le développement des compétences mentales, affectives et sociales** : Les jeux réduits favorisent la création d'un esprit d'équipe, de compétition, et de coopération. Ils permettent aux joueurs de travailler sur leur contrôle émotionnel, leur capacité à prendre des risques, à prendre en compte les autres et à mettre en œuvre des projets collectifs.

Les jeux réduits peuvent également entraîner des réponses cardiaques similaires à celles des exercices intermittents à courte durée. Par exemple, un jeu réduit de type 6c6 sur un demi-terrain ou un 8c8 sur trois-quarts de terrain peut avoir un effet physiologique comparable à celui d'un exercice intermittent de type 30-30 à 100 % de la VMA. De plus,

ces jeux sont particulièrement utiles pour travailler à la fois l'aspect tactique et physique du jeu.

Les résultats des études, notamment celles de Le Gall (2002) et Dellal (2011), montrent que l'intensité des jeux réduits peut atteindre des niveaux de fréquence cardiaque proches de la charge maximale (85-90 % de la fréquence cardiaque maximale). L'intensité de ces jeux est directement influencée par le nombre de joueurs et l'animation de l'entraîneur, comme le montrent les travaux de Rampinini et al. (2007). Cela suggère que les entraîneurs doivent ajuster la composition des équipes et l'intensité des jeux en fonction des objectifs d'entraînement.

En résumé, les jeux réduits combinent des bénéfices physiques et technico-tactiques, avec des effets cardiaques similaires à ceux des exercices intermittents courts et offrent une excellente plateforme pour l'amélioration continue des joueurs.

### **III.12.1. Désavantage :**

Le niveau technique du joueur a un impact direct sur sa performance. Un joueur avec une technique moyenne aura tendance à dépenser plus d'énergie pendant l'exercice, ce qui entraînera une augmentation plus rapide de sa fréquence cardiaque (FC) et une fatigue plus précoce au cours du circuit. En revanche, un joueur avec une technique avancée pourra économiser son énergie, ce qui réduira la sollicitation tant périphérique que centrale, et il se fatiguera moins rapidement. Ainsi, il est important que le staff ajuste la durée du circuit technique en fonction du niveau technique de chaque joueur.

### **III.12.2. Avantage :**

- Les jeux réduits et les circuits techniques représentent un outil précieux dans la phase de réadaptation et de réathlétisation, car ils facilitent la transition entre un entraînement cardio-vasculaire général et un entraînement plus spécifique au football, tout en intégrant l'utilisation du ballon (Bangsbo, 2008).
- Il s'agit d'un entraînement individuel intégré qui se pratique durant les 2 ou 3 séances précédant la reprise de l'entraînement collectif.

- La conduite de balle (d'une durée d'environ 10 minutes) agit directement sur la composante centrale et améliore la consommation d'oxygène. Un programme d'entraînement de 8 semaines axé sur la conduite de balle et les dribbles pourrait entraîner une augmentation de 8,6 % du VO<sub>2</sub>max et une amélioration de 10 à 12 % de l'économie de course chez des jeunes footballeurs de 14 ans. Bien que ces résultats concernent principalement les jeunes joueurs, ils illustrent l'impact positif de l'entraînement avec dribbles et conduite de balle sur la condition physique (Chamari, et al., 2005).

En résumé, les données sur les entraînements intégrés présentent des résultats contradictoires. Certains auteurs affirment qu'ils ne reproduisent pas suffisamment les exigences de l'activité en match, tandis que d'autres soutiennent qu'ils sont équivalents (Rampinini, Coutts, Castagna, Sassi, & Impellizzeri, 2007). L'exploitation des données scientifiques demeure complexe en raison des réactions physiologiques individuelles variées.

### **III.13. Intermittent et entraînement :**

Les effets des entraînements varient en fonction des différentes combinaisons d'exercices intermittents, telles que l'intensité, la durée des périodes d'effort et de récupération, ainsi que le type de récupération. Ils dépendent également du niveau initial et des habitudes d'entraînement des participants (Berg, 2003). Par conséquent, il est difficile de déterminer les modalités d'exercices les plus efficaces. De plus, dans de nombreuses études, l'impact cardio-respiratoire des exercices n'est pas toujours clairement précisé. Toutefois, plusieurs chercheurs, tels que Tabata et al. (1996, 1997) et Baquet et al. (2002), ont spécifiquement étudié la réponse respiratoire aux exercices d'entraînement.

Tabata et al. (1997) ont analysé les contributions aérobie et anaérobie lors de répétitions de 6 à 7 exercices de 20 secondes à 170 % de la VO<sub>2</sub>max, suivis de 10 secondes de récupération passive. Ils ont observé que le pic de VO<sub>2</sub> atteint pendant les 10 dernières secondes de l'exercice intermittent ( $55 \pm 6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ) n'était pas significativement différent de la VO<sub>2</sub>max mesurée lors du test incrémental ( $57 \pm 6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Après 30

séances d'entraînement, les participants ont montré une amélioration significative de leur VO<sub>2</sub>max (+14,1%) et de leur capacité anaérobie (+28%).

Baquet et al. (2002) ont étudié la réponse cardiorespiratoire d'enfants âgés de 8 à 11 ans, qui réalisaient 5 séries de 10 répétitions de courses intermittentes de 10 secondes à des intensités variant entre 100 % et 130 % de la VMA. Les VO<sub>2</sub> moyens observés variaient de  $66,4 \pm 8,6$  % à  $77,8$  % du pic de VO<sub>2</sub>, tandis que les fréquences cardiaques moyennes étaient comprises entre  $77,9 \pm 10,5$  % et  $94,5 \pm 1,9$  % de la fréquence cardiaque maximale. Dans tous les cas, le pic de VO<sub>2</sub> était atteint lors des dernières séries. Après 14 séances d'entraînement (7 semaines), une augmentation significative de la VO<sub>2</sub>max (+8,2 %) a été observée, bien que la performance anaérobie n'ait pas été mesurée.

Plusieurs études ont étudié les effets de l'entraînement sur les marqueurs anaérobies, tels que les performances lors de sprints courts, les activités enzymatiques et le déficit en oxygène. Certaines modalités d'entraînement ont conduit à une amélioration exclusive des marqueurs aérobiques (Gorostaiga et al., 1991 ; Helgerud et al., 2001 ; Weston et al., 1997), tandis que d'autres ont permis d'améliorer à la fois les marqueurs aérobiques et anaérobiques (Gaiga et Docherty, 1995 ; MacDougall et al., 1998 ; Rodas et al., 2000 ; Simoneau et al., 1987 ; Tabata et al., 1996 ; Weber et Schneider, 2002). Les améliorations combinées des deux types de marqueurs semblent être liées à l'intensité des périodes d'exercice. Lorsque les intensités sont sous-maximales ou maximales (Gorostaiga et al., 1991 ; Helgerud et al., 2001 ; Weston et al., 1997), seules les capacités aérobiques s'améliorent. En revanche, des intensités supérieures à la VO<sub>2</sub>max (Gaiga et Docherty, 1995 ; MacDougall et al., 1998 ; Rodas et al., 2000 ; Simoneau et al., 1987 ; Tabata et al., 1996 ; Weber et Schneider, 2002) entraînent des améliorations aussi bien des marqueurs aérobiques que anaérobiques.

En résumé, les progrès observés avec des entraînements basés sur des exercices intermittents dépendent principalement de l'intensité des efforts réalisés. Lorsque l'intensité dépasse la VO<sub>2</sub>max, à la fois les marqueurs aérobiques et anaérobiques peuvent être améliorés, tandis que lorsque l'intensité est égale ou inférieure à la VMA, seules les capacités aérobiques en bénéficient (Dupant, 2004).

**Deuxième partie**  
**Méthodologie de la recherche**

# **Chapitre IV. Procédures méthodologique de la recherche.**

### **Préambule :**

Ce chapitre a pour objectif de fournir une description détaillée de la méthodologie mise en œuvre dans le cadre de notre recherche, en suivant les étapes suivantes:

- Détail des caractéristiques de l'échantillon choisi pour l'étude.
- Présentation des instruments de mesure et des protocoles expérimentaux appliqués durant l'étude.
- Explication des différentes méthodes de recherche employées, telles que la recherche bibliographique, les tests de performance, les mesures anthropométriques et les méthodes statistiques pour l'analyse des données.
- Enfin, présentation détaillée du déroulement de la recherche, ainsi que du cadre organisationnel dans lequel elle a été réalisée.

### IV.1. Etude exploratoire

A travers les expériences que l'on a vécu pendant de longues années en football, peu de joueurs U21 signent en équipe première, et même beaucoup de joueurs permis finissent en chômage sportif.

Dans un premier temps, j'ai essayé de trouver des explicatifs à cet échec, conformément aux recommandations de mon encadrant, j'ai organisé des rencontres et des entrevues avec des spécialistes du domaine. Tous ont convenu que le principal problème des joueurs algériens réside dans le volume d'entraînement physique et la formation technico-tactique, ce qui entraîne une faiblesse notable des qualités aérobie, neuromusculaires et même mentales. De plus, tous les experts s'accordent sur l'importance d'utiliser des méthodes adaptées au développement des qualités nécessaires pour améliorer les performances des joueurs, leur permettant ainsi de progresser et d'atteindre un niveau suffisant pour intégrer l'équipe A.

Après cette première constatation, et après une revue bibliographique j'ai organisé une deuxième rencontre avec des préparateurs physique expérimentés pour leur expliquer ma démarche expérimentale, et la méthode d'entraînement que je souhaitais utiliser pour compenser les faiblesses physiques ainsi que les tests utilisés pour évaluer les qualités aérobie et neuromusculaires des joueurs.

Selon les recommandations des experts et avec l'aide et l'avis de mon encadreur j'ai opté pour l'utilisation de la méthode d'entraînement intermittent 10 secondes de travail avec 20 secondes de récupération active ou passive pour compenser le volume et l'intensité de travail manqué (la charge externe) et donner plus de temps à l'entraîneur pour travailler sur le plan technico-tactique ainsi que de mettre en comparaison la méthode d'entraînement intermittent 10sec/20sec course/course et la méthode intermittent 10''/20'' force/course.

Pour ce faire, et après une revue de littérature bien approfondie, j'ai opté aussi pour des tests physiques validés scientifiquement qui vont permettre une évaluation directe et précise des paramètres recherchés.

### **IV.2. Etude expérimentale :**

#### **IV.2.1. Type d'étude et méthode de la recherche :**

Dans le cadre de cette étude, il nous a paru essentiel de recourir à la méthode expérimentale pour tester nos hypothèses et répondre aux interrogations initiales.

La présente étude a pour but de déterminer l'impact d'un protocole d'entraînement basé sur la méthode intermittent 10 secondes de travail, 20 secondes de récupérations active ou passive, et aussi la comparaison entre deux méthodes d'entraînement intermittent course/course avec changement de direction et force/course.

Les tests optés, sont aérobies pour évaluer la VMA et la vitesse intermittente ainsi que les tests neuromusculaires pour l'évaluation de la puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour fournir des suggestions optimales sur l'utilisation de la méthode intermittente pour le développement de la VMA et la puissance musculaire.

#### **IV.2.2. Échantillon et méthodes de sélection :**

Cette étude implique 20 joueurs du club Chabab Riadhi Belouizdad, âgés de moins de 21 ans, qui évoluent en division 1 professionnelle. Ces joueurs, pratiquant un entraînement régulier avec une moyenne de 5 séances par semaine (soit 9 heures d'entraînement), sont engagés dans le championnat professionnel d'Algérie U21. Leur répartition est la suivante (voir Tableau 1) :

10 joueurs → Groupe expérimental N°1

10 joueurs → Groupe expérimental N°2

##### **IV.2.2.1. Critères d'inclusion :**

Les sujets sélectionnés pour cette étude étaient tous bien entraînés, en bonne santé, et se sont montrés assidus et motivés pour participer activement à notre étude expérimentale.

##### **IV.2.2.2. Critères d'exclusion :**

L'étude a exclu les gardiens de but, en raison de leur VMA généralement inférieure à celle des joueurs de champ, ainsi que les joueurs en surcharge pondérale et ceux ayant des blessures qui limitaient leur capacité à pratiquer l'entraînement de manière optimale.

**IV.2.2.3. Caractéristiques générales de l'échantillon :**

Sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 9:** Caractéristique de l'échantillon

Groupe		Age (ans)	Poids (kg)	Taille (cm)	%MG	Année de pratique (ans)
<b>Groupe expérimentale N°1</b>	Valeur	19.8	70.23	175.20	11.65	10.70
	Ecart type	0.25	4.96	4.15	1.20	1.05
<b>Groupe expérimentale N°2</b>	Valeur	19.8	70.05	173.70	11.53	11
	Ecart type	0.25	5.28	3.36	0.95	1.05

% MG : pourcentage de la masse grasse

**IV.2.3. Homogénéité de l'échantillon :**

Afin de contrôler les facteurs susceptibles d'influencer les résultats de l'étude, nous avons réalisé une vérification approfondie de l'homogénéité et de l'équivalence entre les deux groupes d'échantillons, concernant les variables suivantes :

L'âge, le poids, la taille, %MG, années de pratique, VIFT, VMA, CMJ, puissance maximale en saut vertical, puissance maximale en sprint et le temps de course en sprint sur 30 mètres.

**Tableau 10:** Représentation du degré d’homogénéité entre les échantillons du groupe expérimental N°1 et le groupe expérimentale N°2 à un seuil de signification de  $p < 0.05$

	Prétest groupe expérimental N°1		Prétest groupe expérimental N°2		ddl	T	Signification	
	moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>Age</b>	19.80	0.258	19.80	0.258	<b>9</b>	<b>0.000</b>	<b>1.000</b>	<b>NS</b>
<b>Poids</b>	70.23	4.966	70.05	5.284	<b>9</b>	<b>0.920</b>	<b>0.929</b>	<b>NS</b>
<b>Taille</b>	175.200	4.157	173.200	3.368	<b>9</b>	<b>0.813</b>	<b>0.437</b>	<b>NS</b>
<b>%MG</b>	11.65	1.203	11.53	0.951	<b>9</b>	<b>0.620</b>	<b>0.551</b>	<b>NS</b>
<b>Année pratique</b>	10.07	1.059	11	1.054	<b>9</b>	<b>-0.519</b>	<b>0.616</b>	<b>NS</b>
<b>VMA</b>	17.55	1.039	17.50	0.408	<b>9</b>	<b>0.148</b>	<b>0.885</b>	<b>NS</b>
<b>VIFT</b>	21.30	0.714	21.00	0.666	<b>9</b>	<b>0.919</b>	<b>0.382</b>	<b>NS</b>
<b>CMJ</b>	40.311	1.620	40.267	1.821	<b>9</b>	<b>0.058</b>	<b>0.955</b>	<b>NS</b>
<b>P saut vertical</b>	2504.860	212.562	2507.455	231.549	<b>9</b>	<b>-0.025</b>	<b>0.980</b>	<b>NS</b>
<b>P sprint</b>	1538.134	202.162	1519.952	219.530	<b>9</b>	<b>0.195</b>	<b>0.849</b>	<b>NS</b>
<b>T sprint 30m</b>	4.604	0.177	4.678	0.153	<b>9</b>	<b>-0.860</b>	<b>0.412</b>	<b>NS</b>

%MG : pourcentage de la masse grasse,

VMA : vitesse maximale aérobie,

VIFT: vitesse intermittente fitness test

CMJ: counter movement jump,

P saut vertical : puissance en saut vertical (CMJ),

P sprint : puissance en sprint

T sprint 30m : temps de sprint sur 30 mètres

D’après les résultats présentés dans le tableau 2, l’analyse effectuée à l’aide du test de comparaison de Student entre les résultats du prétest des groupes expérimentaux N°1 et N°2 montre que les différences entre les moyennes est non significatives (NS) pour tous les paramètres étudiés, avec un seuil de signification défini à  $p < 0,05$ . Par conséquent, cette analyse statistique valide l’homogénéité entre les deux groupes d’échantillons

#### IV.2.4. Identification des variables mises en jeu :

Dans le cadre des mesures expérimentales, les éléments observables, qui demeurent constants pendant l’étude, sont appelés « variables ». En fonction de leurs interactions, on distingue les variables indépendantes, dont les modalités sont fixées avant l’expérience, et la variable dépendante, qui représente l’effet ou la réaction générée par ces modalités (Berthiaume & Lamoureux, 1981).

- Les variables indépendantes : le programme d’entraînement basé sur la méthode intermittente, la tranche d’âge U21.

- Les variables dépendantes : les paramètres aérobies (VMA, VIFT), la puissance musculaire (CMJ, puissance de saut vertical, puissance de sprint, temps de course sur 30 mètres).

### IV.2.5. Moyens de collecte des données :

La collecte des données a été réalisée en utilisant des mesures et des tests physiques, permettant ainsi d'évaluer le niveau de développement des athlètes, tout en analysant l'impact et l'efficacité du programme d'entraînement axé sur des exercices intermittents.

Le choix des tests a été guidé par trois critères principaux :

- La facilité de réalisation sur le terrain avec le matériel disponible.
- L'exactitude des résultats obtenus.
- La familiarité des entraîneurs et des athlètes avec les tests.

Afin de sélectionner un test physique approprié pour évaluer les paramètres choisis, plusieurs critères ont été considérés :

- La pertinence : Ce critère est lié à l'objectif d'évaluer la VMA, le VIFT et la puissance musculaire des membres inférieurs, tant en saut qu'en sprint, afin de mieux orienter les spécialistes et proposer un suivi efficace.
- La validité : Pour vérifier la validité d'un test de terrain, il est essentiel de mesurer la corrélation entre le facteur évalué et le résultat obtenu. C'est le seul moyen de prouver expérimentalement que le test évalue réellement ce qu'il est censé mesurer, et c'est également un critère utilisé par les chercheurs de renom dans les sciences du sport et les revues scientifiques spécialisées.
- La fidélité : La fidélité d'un test est déterminée par la stabilité des résultats obtenus lorsque le même test est administré à plusieurs reprises à des sujets dans un court délai. Un test est dit fiable si les résultats restent constants entre la première et la deuxième passation.
- L'accessibilité : Les tests les plus accessibles sont ceux dont le protocole nécessite peu de compétences spécifiques et de matériel, qui sont de courte durée, autorisent

une évaluation collective et ne requièrent que peu d'évaluateurs. Le protocole que nous avons adopté peut être considéré comme accessible, car il est rapide, simple à comprendre et nécessite peu de matériel.

### IV.2.6. Les protocoles des tests physiques et biométriques :

#### IV.2.6.1. Evaluation des paramètres biométriques (taille, poids, pourcentage de la masse grasse)

- **La Taille** : à l'aide d'une toise l'athlète se met debout devant la toise sans chaussures ou chaussettes bien droit, la barre transversale de la toise repose doucement sur les cheveux, en appuyant légèrement pour compresser les cheveux si nécessaire et la taille est notée, en centimètres.
- **Le poids et le pourcentage de la masse grasse** : à l'aide d'une machine INBODY 770 (Figure 14), l'athlète réalise le teste le matin à jeun sans chaussures ou chaussettes et avec des vêtements légers et ajustés, lorsque l'athlète se met sur la machine et tenant les poignées de manière qu'elle soit bien en contact avec les mains toute en restant immobile, une fois le processus d'analyse est terminé les résultats sont affichés sur l'écran de l'appareil et sont imprimables.



**Figure 13 : INBODY 770 (inbody)**

### IV.2.6.2. Evaluation de la VMA (test VAMEVAL) (Broussal-derval & Bolliet, 2012, p. 224) :

- Sur une piste de 200m ou 400 m, les plots espacés de 20m (Figure 15).
- A l'aide d'un sport beeper cardisport.
- L'athlète réalise une course dont la vitesse est progressivement accélérée (palier d'une minute).
- La vitesse de départ est de 8 km/h.
- Les paliers sont incrémentés de 0,5 km/h selon le beep sonore.
- L'athlète cale son rythme de course sur les indicateurs sonores, s'il est distancé de plus de 2m, le test est terminé.
- Une voix sur la bande sonore annonce régulièrement les paliers franchis, il suffit alors à l'évaluateur de se reporter au référentiel pour découvrir la VMA estimée en conséquence.

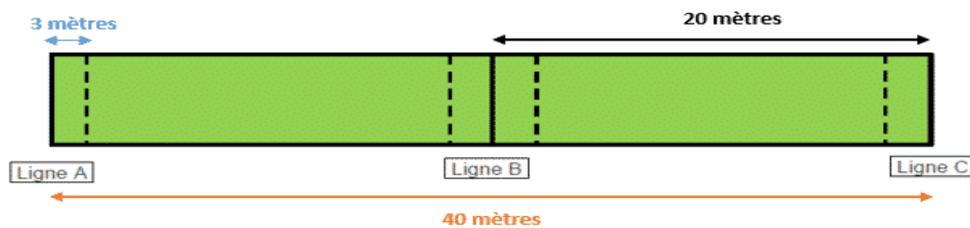


**Figure 14:** Traçage de la piste de 200m pour le test VAMEVAL (Dellal & Mallo, 2017, p. 10)

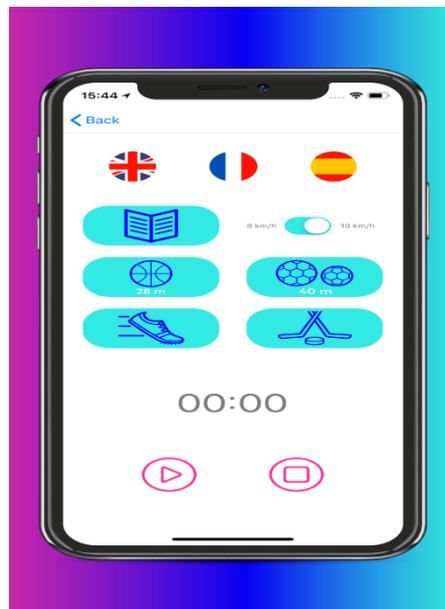
### IV.2.6.3. Evaluation de la VIFT (test IFT 30/15) (Laursen & Buchheit, 2019, p. 25) :

- Il s'agit d'un test intermittent qui a pour objectif d'évaluer la vitesse intermittente fitness test (VIFT), la VO<sub>2</sub>max et la vitesse de la réserve anaérobie

- Sur une distance de 40 mètres entrecoupé en deux par une zone de tolérance de 3 mètres sur chaque ligne (A, B, C) (Figure 16), et à l'aide de l'application IFT 30/15 de Martin Buchheit (Figure 17) l'athlète réalise une course de 30 secondes avec une période de récupération de 15 secondes.
- La vitesse de départ est de 8km/h incrémenté de 0.5km/h dans chaque palier.
- Pour les athlètes confirmés, il y a possibilité de débiter le test à 10km/h.
- Le test prend fin lorsque l'athlète n'est plus capable d'entrer dans les zones de tolérances 3 fois de suite.
- La VIFT est la dernière vitesse de course attendue lors du test.



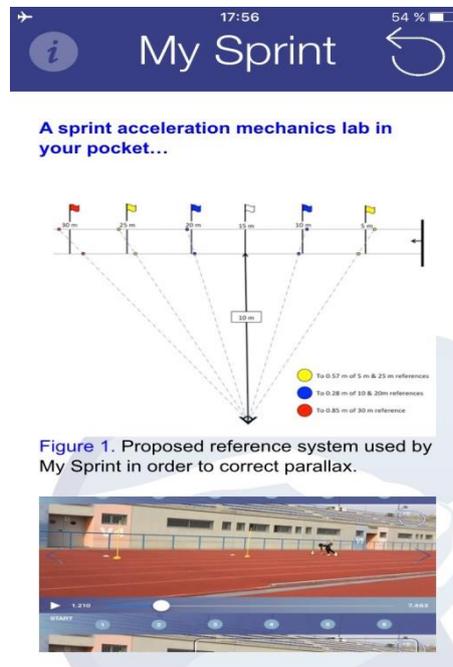
**Figure 15:** Dispositif du teste IFT 30/15



**Figure 16 :** Application mobile du Martin Buchheit IFT30/15 (**Buchheit**)

### IV.2.6.4. Evaluation de la puissance horizontale des membres inférieurs (puissance en sprint et temps de course sur 30 mètres) :

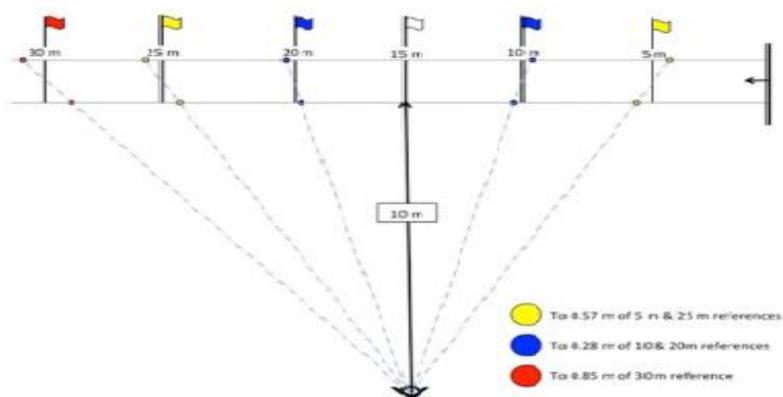
- Le test a pour objectif de mesurer la puissance musculaire des membres inférieurs grâce à l'application My sprint (Figure 18), disponible sur iOS.



**Figure 17** : L'application my sprint sur ios

- L'application permet de mesurer la force horizontale, la vitesse et la puissance du sujet lors de la course.
- Elle utilise les données anthropométriques et spatio-temporelles collectées pendant la course pour évaluer les différentes variables, grâce à la dynamique inverse (Silva et al., 2021). Les données spatio-temporelles sont obtenues par enregistrement vidéo et en isolant les temps aux différents passages (départ, 5,57 m, 10,28 m, 15 m, 19,72 m, 24,43 m et 29,5 m) (Figure 19). Les points de passage ne doivent pas nécessairement être placés tous les cinq mètres afin de réduire les erreurs dues à l'angle d'observation (parallaxe). L'isolement d'un temps de passage doit être effectué lorsque le piquet placé est aligné avec le centre de masse du sujet (Samozino et al., 2016).
- Un iPhone 7 a été utilisé pour exploiter l'application My Sprint, filmer horizontalement et enregistrer la vidéo à 240 images par seconde (IPS).

- Les sujets devaient effectuer un sprint en ligne droite sur trente mètres, en passant derrière six piquets disposés selon le protocole de l'application My Sprint, afin de mesurer la vitesse de course à chaque intervalle de cinq mètres.
- Les sujets ont démarré le sprint en position debout, un pied sur la ligne de départ.
- Tous les sujets ont réalisé trois sprints, avec un repos de trois minutes entre chaque essai. Le meilleur temps a été retenu pour les analyses statistiques. Les courses ont été filmées et analysées par le même chercheur afin de minimiser les biais interindividuels.



**Figure 18:** Système de référence utilisé par my sprint afin de corriger la parallaxe

### IV.2.6.5. Evaluation de la puissance du saut vertical en CMJ avec l'application my jump2 (Balsalobre-Fernández, Glaister, & Lockey, 2015) :

- Le CMJ ou counter movement jump, est un test d'évaluation de la force explosive et de la puissance musculaire des membres inférieurs.
- A l'aide d'une application mobile MY JUMP 2 développée par le professeur en Science du Sport Carlos Balsalobre et ses collaborateurs sur IOS.
- Avant de commencer le test l'athlète est prêt à réaliser des mesures du poids, la longueur des jambes bien tendues (Figure 20) et la hauteur entre l'épine iliaque antéro supérieure et le sol dans une position de 90 degrés (Figure 21).



**Figure 19:** La longueur de jambe.



**Figure 20:** La hauteur entre l'épine iliaque antéro supérieure et le sol dans une position de 90 degrés.

- L'athlète se tient debout sur la surface plane, les pieds écartés à la longueur des épaules, et les mains fixées sur les hanches.
- Lancer l'application my jump 2, choisir l'athlète et commencer l'enregistrement.

- L'athlète fléchit les genoux et descend en squat (counter movement) de manière contrôlée.
- L'athlète réalise un saut et le mouvement doit être rapide et fluide.
- A la redescente l'athlète fléchit les genoux pour absorber l'impact au sol.
- Après la réalisation du test, l'examineur analyse le saut à l'aide de la vidéo capturée avec l'application my jump2 (Figure 22).
- L'objectif et les résultats recherchés sont la hauteur du saut en centimètres et la puissance du saut en watt.



**Figure 21:** Interface des résultats après l'analyse du counter mouvement jump

### IV.2.7. Les méthodes :

Voici les méthodes que nous avons utilisées afin que notre recherche soit pertinente et parvienne à la concrétisation de notre objectif :

#### IV.2.7.1. Méthode d'analyse bibliographique :

Elle vise l'étude et l'analyse du contenu des sources bibliographiques, en vue d'élaborer une synthèse qui détermine l'intérêt de notre recherche. Pour notre étude nous avons eu recours à des recherches, des analyses et des synthèses, de différentes sources comprenant documents, ouvrages, revues, mémoires, articles, et littératures spécialisées de plusieurs auteurs ayant abordé dans leurs travaux les préoccupations qui sont les nôtres.

### IV.2.7.2. Mesures anthropométriques :

Elles sont représentées par les mesures de la taille, du poids et le pourcentage de la masse grasse.

- Une toise de la marque seca 213 pour la mesure de la stature debout.
- Impédance mètre Inbody 770 pour les tests de poids et pourcentages de masse grasse.

### IV.2.7.3. Méthodes de tests :

L'étude se concentre sur l'évaluation des qualités aérobies ainsi que les qualités neuromusculaires

- Le test IFT 30/15, pour évaluer la vitesse intermittente utilisé pour quantifier les distances de course.
- Le test de VMA, pour évaluer les paramètres aérobie est les comparer entre les deux groupes expérimentaux.
- Le test de puissance musculaire vertical en saut et horizontal en sprint avec l'utilisation d'un iphone7 doté des deux applications validées scientifiquement, my jump et my sprint.

### IV.2.7.4. Méthode statistique :

L'analyse des données a été réalisée à l'aide du logiciel statistique SPSS (version 20.0), permettant d'effectuer des tests paramétriques et non paramétriques. Les paramètres quantitatifs sont présentés sous forme de moyennes  $\pm$  écarts-types. Les comparaisons entre groupes ont été effectuées avec le test t de Student, tandis que la normalité des données a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk, et l'ampleur des effets a été évaluée à l'aide du coefficient Cohen's d.

### IV.2.8. Organisation de la recherche :

#### IV.2.8.1. Les démarches de la recherche :

Cette thèse a été initialement conçue autour d'un projet de recherche ambitieux, dont l'objectif principal était d'explorer l'influence de la méthode intermittente sur le

développement de la VMA et de la puissance musculaire chez les athlètes. ainsi que la comparaison entre deux méthodes intermittent 10 secondes de travail sous forme de course ou brandissement contre 20 secondes de récupération active, sous forme de course a 40 à 60% de la VIFT ou passives sur place.

Avant de commencer notre expérimentation, nous avons opté pour une réunion de travail, l'encadreur et moi-même, afin de m'orienter sur les principaux axes sur lesquels se focaliser et la validation de la démarche à suivre pour notre recherche, mais aussi le choix de la population à étudier, représentée par des joueurs algériens de moins de 21 ans.

La deuxième étape, fut les rencontres et les entrevues avec des experts du domaine pour collecter le maximum de données sur la constitution d'un programme d'entraînement et le choix des tests appropriés pour une meilleur analyse qualitative.

Après notre expérimentation a pu débuter, en phase de préparation d'avant saison pour l'année 2020 avec le club CHABAB ARRIADHI DE BELOUIZDAD, le recensement de l'effectif a été la première étape de notre processus, visant à sensibiliser les jeunes à l'importance scientifique et sportive de ce travail. Nous avons également voulu les rendre responsables de leur participation, afin d'éviter toute perturbation du bon déroulement du projet.

Sur le plan pratique, la recherche s'est étalée sur une période de 10 semaines avec l'instauration d'un programme d'entraînement sur 8 semaines avec 2 séances de travail intermittent, chaque microcycle prenant en considération les engagements sportifs de l'ensemble des éléments de l'échantillon et enfin, 1 semaine avant le début de l'application du programme et une semaine après, ont été consacrées aux tests physiques et biométriques.

### **IV.2.8.2. Le déroulement de la recherche :**

Le protocole expérimental s'est résumé en quatre phases :

- Prise de contact avec les joueurs et explication de l'expérimentation et les tests utilisés 01/09/2020.

- Première période de Tests de VMA, VIFT, puissance musculaire en saut et en sprint durant la période allant du 5/9/2020 au 12/09/2020.
- Application du programme d'entraînement durant la période allant du 15/09/2020 au 15/11/2020.
- Re-test de VMA, VIFT, puissance musculaire en saut et en sprint durant la période allant du 17/11/2020 au 19/11/2020.
- La dernière étape a consisté en l'analyse et le traitement statistique des données ainsi que leur interprétation.

### **Conclusion :**

La performance en football est associée, généralement, à une bonne tactique, une excellente condition physique, des compétences techniques et une cohésion d'équipe solide, et tout cela dépend des méthodes d'entraînement utilisées telles que la méthode d'entraînement intermittent.

La mise en place et la présentation des protocoles d'entraînement, des tests, des procédures, ainsi que des méthodes et moyens de la recherche, ont non seulement assuré le bon déroulement de l'étude, mais ont également permis une organisation claire et efficace, facilitant ainsi l'accomplissement de notre tâche à chaque étape.

La connaissance approfondie des méthodes de recherche est primordiale pour mener un travail de qualité, assurant ainsi le bon traitement et l'analyse pertinente des résultats obtenus lors de l'étude.

**Chapitre V. Présentation,  
interprétation et discussion des  
résultats.**

### **Préambule:**

Ce chapitre a pour but de présenter les résultats de notre recherche et de tester les hypothèses formulées précédemment auprès d'un groupe de joueurs professionnels de football de moins de 21 ans. Cette analyse a pour objectif non seulement de valider les hypothèses, mais également de fournir une vue d'ensemble sur l'impact de l'entraînement intermittent sur le développement de la vitesse maximale aérobie et de la puissance musculaire, mais aussi, la résolution des problèmes liés au manque de temps pour le préparateur physique et sur comment atteindre l'objectif lié à la charge externe que recherche l'entraîneur.

Notre étude porte sur trois volets :

- L'analyse des facteurs anthropométriques, qui se compose du poids, de la taille et du pourcentage de masse grasse, a été effectuée.
- L'évaluation de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire en saut et en sprint avant et après l'application du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente 10''/20'' pour le groupe expérimental 1 et le groupe 2.
- Comparaison entre les résultats de pré et post tests entre le groupe expérimental 1 (force/course) et le groupe expérimental 2 (course/course).

## V.1. Présentation et analyse des résultats de tests de normalité (shapiro-wilk) pour les paramètres étudiés :

**Tableau 11 : Tests de normalité des paramètres étudiés**

		Shapiro wilk		
		statistique	Ddl	Sig
VMA	prétest	0.913	20	0.071
	Posttest	0.960	20	0.544
VIFT	prétest	0.921	20	0.107
	Posttest	0.941	20	0.544
CMJ	prétest	0.946	20	0.306
	Posttest	0.953	20	0.408
Puissance CMJ	prétest	0.913	20	0.071
	Posttest	0.924	20	0.118
Puissance sprint (30m)	prétest	0.937	20	0.214
	Posttest	0.907	20	0.056
Temps sprint (30m)	prétest	0.964	20	0.619
	Posttest	0.976	20	0.878

%MG : pourcentage de la masse grasse,  
 VMA : vitesse maximale aérobie,  
 VIFT: vitesse intermittente fitness test  
 CMJ: counter movement jump,  
 P saut vertical : puissance en saut vertical (CMJ),  
 P sprint : puissance en sprint  
 T sprint 30m : temps de sprint sur 30 mètres

Le tableau 11 montre que la valeur du test (Shapiro-Wilk) est significative (supérieure à 0.05) pour tous les paramètres physiques étudiés. Cela reflète une distribution normale de l'échantillon dans ses paramètres. Donc on utilise directement les tests paramétriques pour trouver la nature de différence entre le Pré-test et Post-test.

## V.2. Présentation et analyse des résultats liés à l'hypothèse 1 :

Dans lequel, nous supposons que:

Le programme d'entraînement basé sur la méthode intermittent influe significativement sur les qualités aérobies exprimées en VMA et VIFT et les qualités neuromusculaires exprimées en puissance musculaire des membres inférieurs pour des joueurs d'une équipe U21 de ligue 1 professionnel.

**V.2.1. Présentation et analyse des résultats du pré et post test pour les deux groupes expérimentaux :**

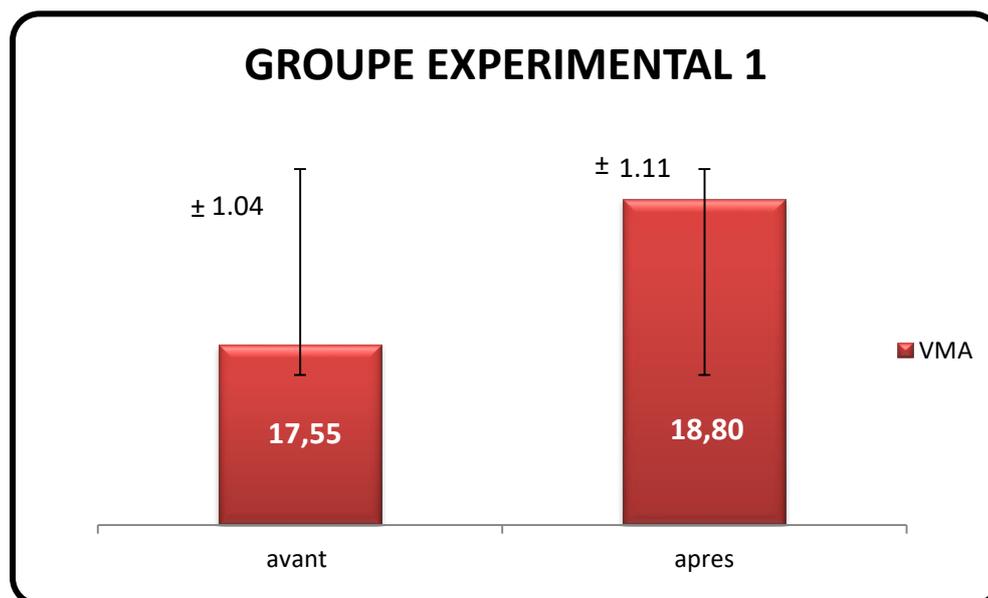
**V.2.1.1. Présentation et analyse des résultats du pré et post test pour le groupe expérimental 1:**

**V.2.1.1.1. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du VMA pour le groupe expérimental 1 :**

**Tableau 12 :** Différence des moyennes entre pré et post test pour la VMA du groupe expérimental 1 :

Groupe expérimental 1	Prétest		Posttest		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
VMA	17.55	1.039	18.80	1.110	9	-15	0.00	S

D’après le tableau 12, nous constatons que L’analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°1 entre les résultats du VMA prétest et posttest, après la réalisation du programme d’entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ , Le résultat le plus élevé est enregistré après l’expérimentation d’une moyenne de 18,80Km/h ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a donné ces résultats.



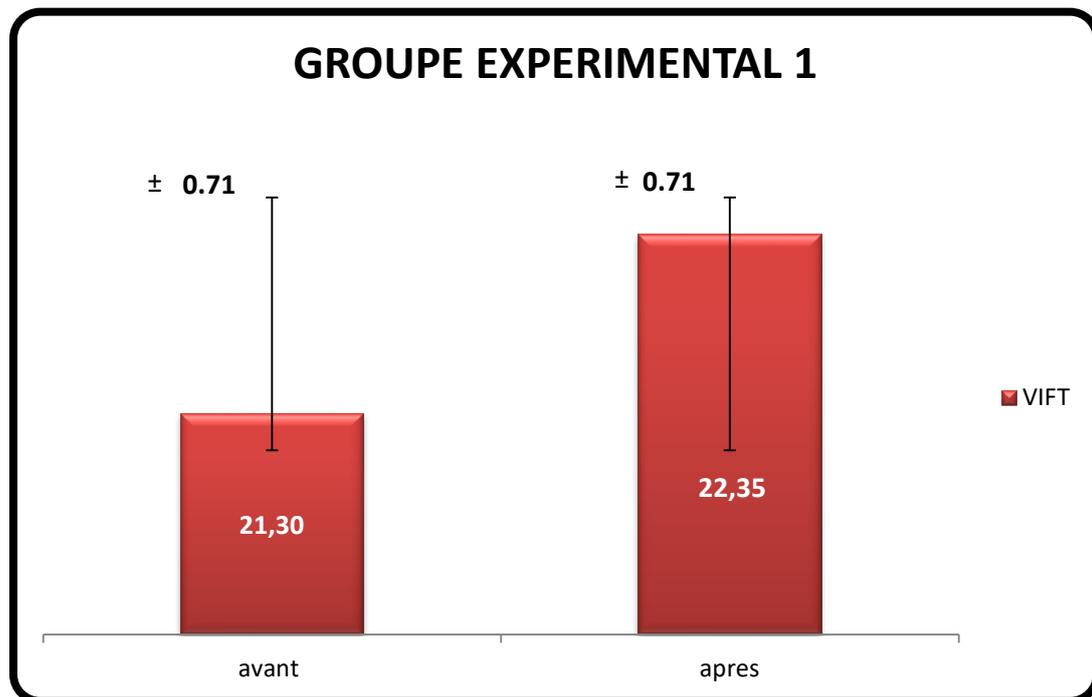
**Figure 22 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de VMA avant et après l’application du programme d’entraînement pour le groupe expérimental 1

**V.2.1.1.2. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du VIFT pour le groupe expérimental 1 :**

**Tableau 13 :** Différence des moyennes entre pré et post test pour la VIFT du groupe expérimental 1 :

Groupe expérimental 1	Prétest		Posttest		Ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
VIFT	21.300	0.715	22.350	0.709	9	-11.699	0.00	S

D'après le tableau 13, nous constatons que L'analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°1 entre les résultats du VIFT prétest et post test, après la réalisation du programme d'entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ , Le résultat le plus élevé est enregistré après l'expérimentation d'une moyenne de 22,35Km/h, ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a donné ces résultats.



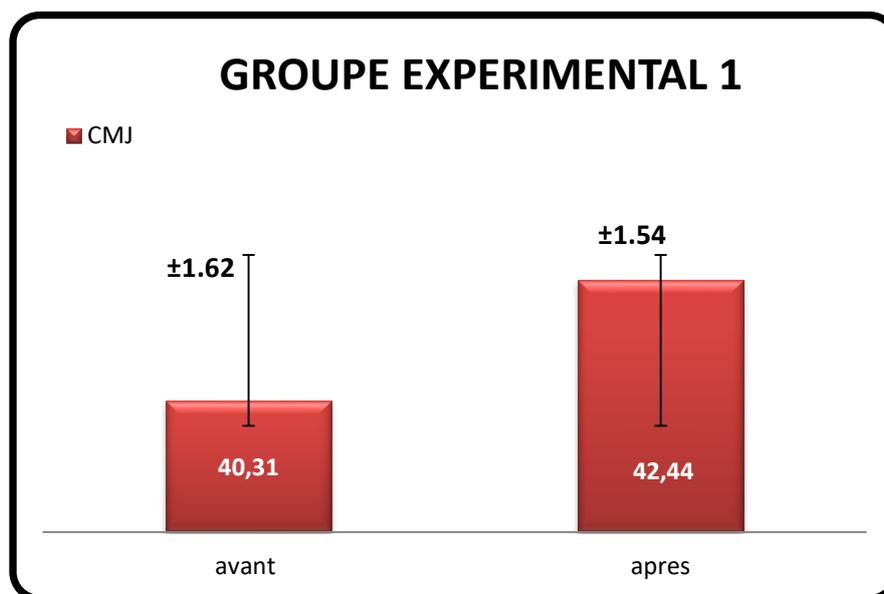
**Figure 23 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VIFT avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1

**V.2.1.1.3. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du CMJ et la puissance du CMJ pour le groupe expérimental 1 :**

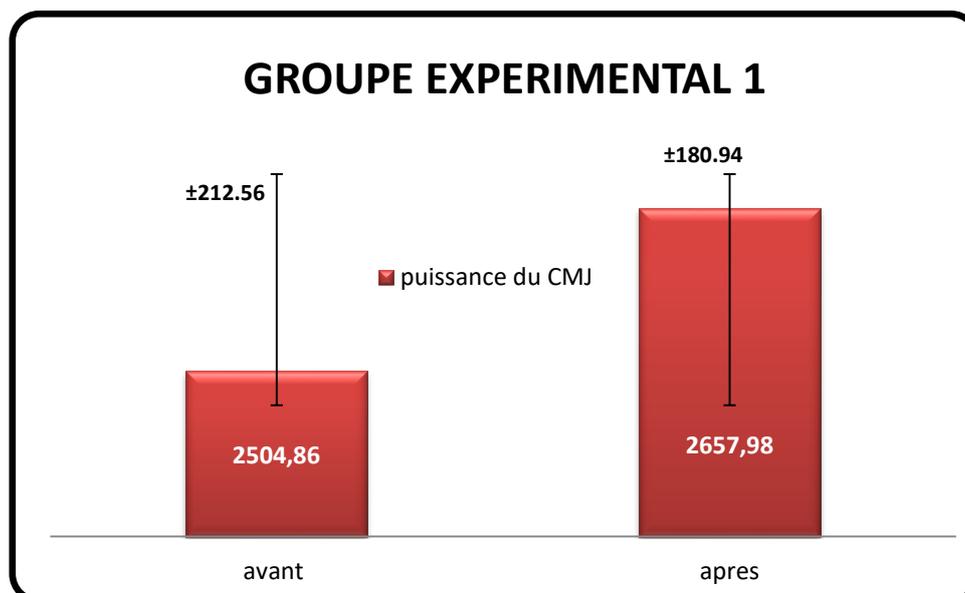
**Tableau 14 :** Différence des moyennes entre le pré et post test pour le CMJ et la puissance du CMJ du groupe expérimental 1 :

Groupe expérimental 1	Prétest		Posttest		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
CMJ	40.311	1.620	42.435	1.546	9	-13.096	0.00	S
Puissance CMJ	2504.860	212.562	2657.982	180.937	9	-8.178	0.00	S

D’après le tableau 14, nous constatons que L’analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°1 entre les résultats du CMJ et puissance du CMJ pour le prétest et post test, après la réalisation du programme d’entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ , Le résultat le plus élevé est enregistré après l’expérimentation d’une moyenne de 42.44cm pour le CMJ et 2657.94W pour la puissance du CMJ, ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a un effet sur la puissance musculaire des membres inférieurs en CMJ.



**Figure 24 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne du CMJ avant et après l’application du programme d’entraînement pour le groupe expérimental 1.



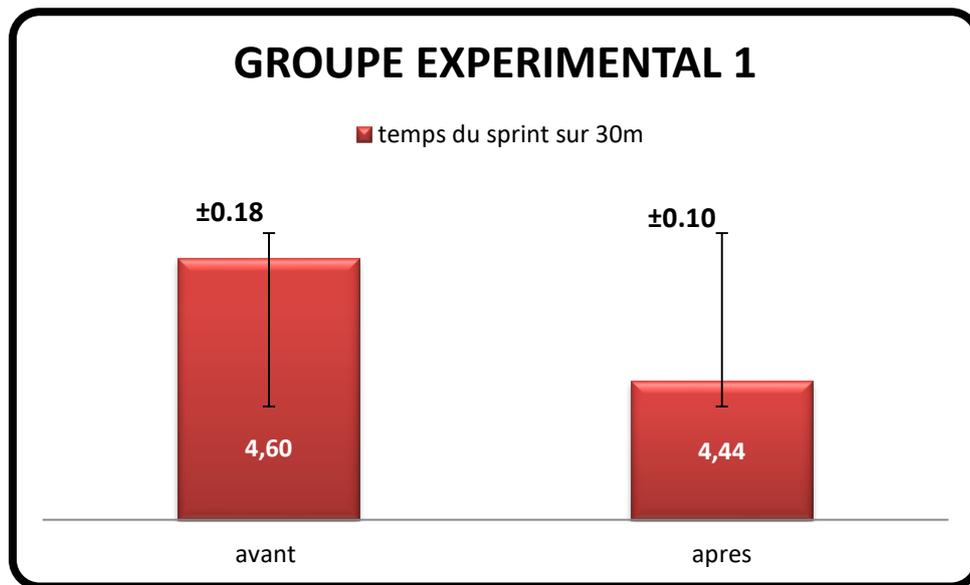
**Figure 25 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du CMJ avant et après l’application du programme d’entraînement pour le groupe expérimental 1.

**V.2.1.1.4. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du temps en sprint et la puissance de sprint sur 30 mètres pour le groupe expérimental 1 :**

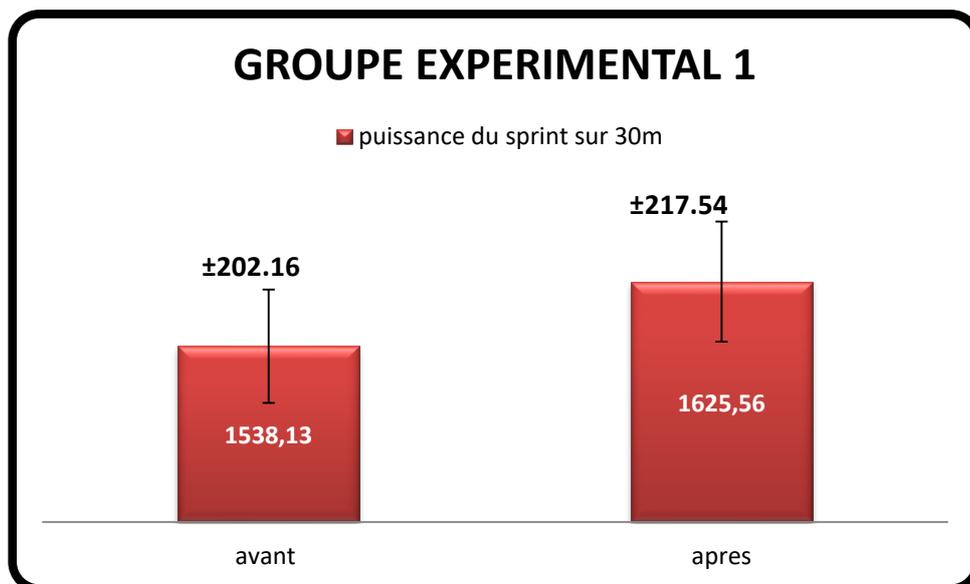
**Tableau 15 :** Différence des moyennes entre le pré et post test pour le temps de sprint et la puissance du sprint sur 30m du groupe expérimental 1 :

Groupe expérimental 1	Prétest		Posttest		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>Sprint 30m</b>	4.604	0.177	4.438	0.103	9	5.197	0.001	S
<b>Puissance du sprint</b>	1538.134	202.162	1625.561	217.544	9	-4.048	0.003	S

Selon l’analyse statistique des paramètres du sprint et la puissance du sprint sur 30 mètres pour le groupe expérimental N°1, cité dans le tableau 15, nous constatons que l’analyse du test de comparaison (student) entre les résultats du temps de sprint et la puissance du sprint sur 30 mètres pour le prétest et post test, après la réalisation du programme d’entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significatives (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ . Le résultat le plus élevé est enregistré après l’expérimentation d’une moyenne de 4.604 secondes pour le temps de sprint et 1625.561W pour la puissance du sprint sur 30 mètres ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a un effet sur la puissance musculaire des membres inférieurs en sprint.



**Figure 26 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne du temps de sprint sur 30m avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1.



**Figure 27 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du sprint avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 1.

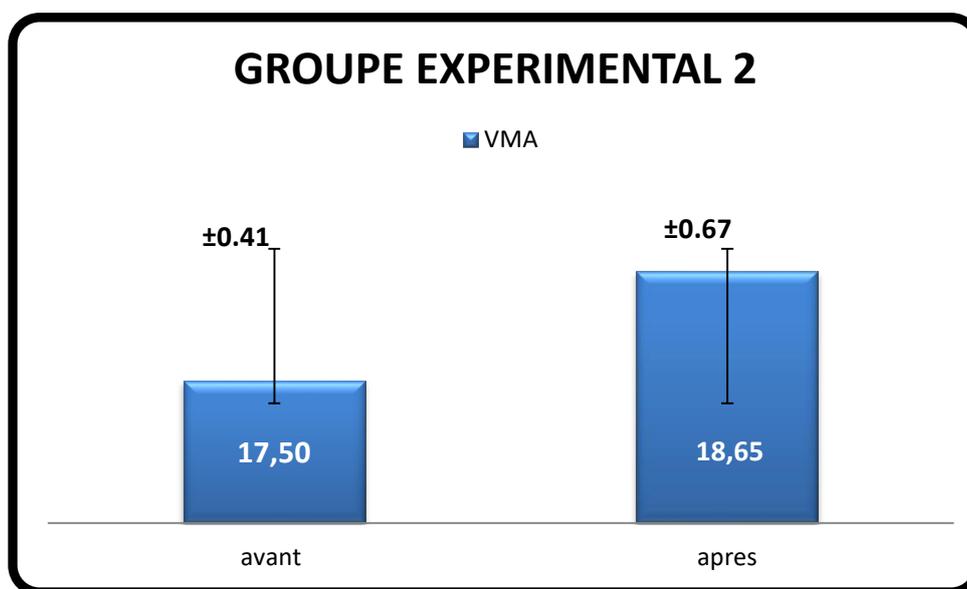
### V.2.1.2. Présentation et analyse des résultats du pré et post test pour le groupe expérimental 2:

#### V.2.1.2.1. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du VMA pour le groupe expérimental 2 :

**Tableau 16** : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VMA du groupe expérimental 2 :

Groupe expérimental 2	Prétest		Posttest		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
VMA	17.50	0.408	18.650	0.668	9	-7.667	0.00	S

D'après le tableau 16, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°2 entre les résultats du VMA prétest et post test, après la réalisation du programme d'entraînement montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ . Le résultat le plus élevé est enregistré après l'expérimentation d'une moyenne de 18,65Km/h, ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a donné ces résultats.



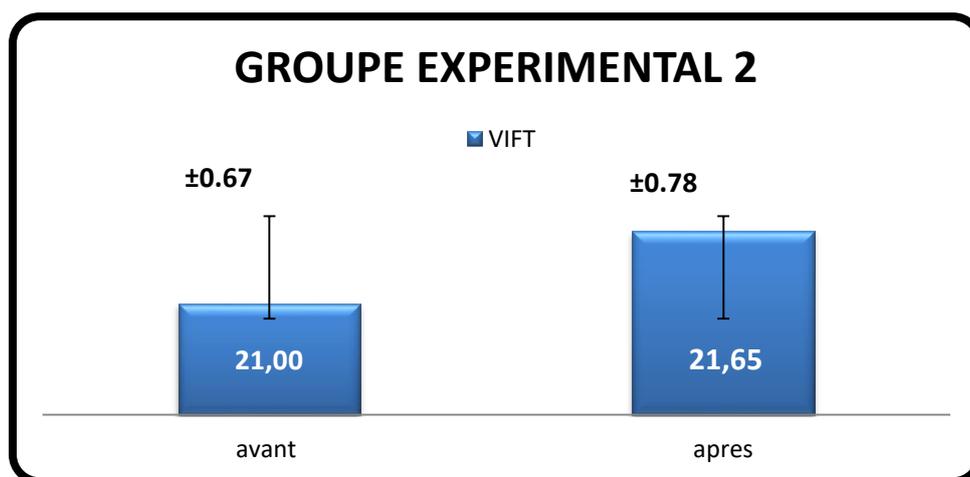
**Figure 28** : Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VMA avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.

### V.2.1.2.2. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du VIFT pour le groupe expérimental 2 :

**Tableau 17** : Différence des moyennes entre pré et post test pour la VIFT du groupe expérimental 2 :

Groupe expérimental 2	Prétest		Posttest		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
VIFT	21.00	0.666	21.65	0.783	9	-4.333	0.002	S

D'après le tableau 17, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°2 entre les résultats du VIFT prétest et post test, après la réalisation du programme d'entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05$ . Le résultat le plus élevé est enregistré après l'expérimentation d'une moyenne de 21,65Km/h, ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a donné ces résultats.



**Figure 29 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de la VIFT avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.

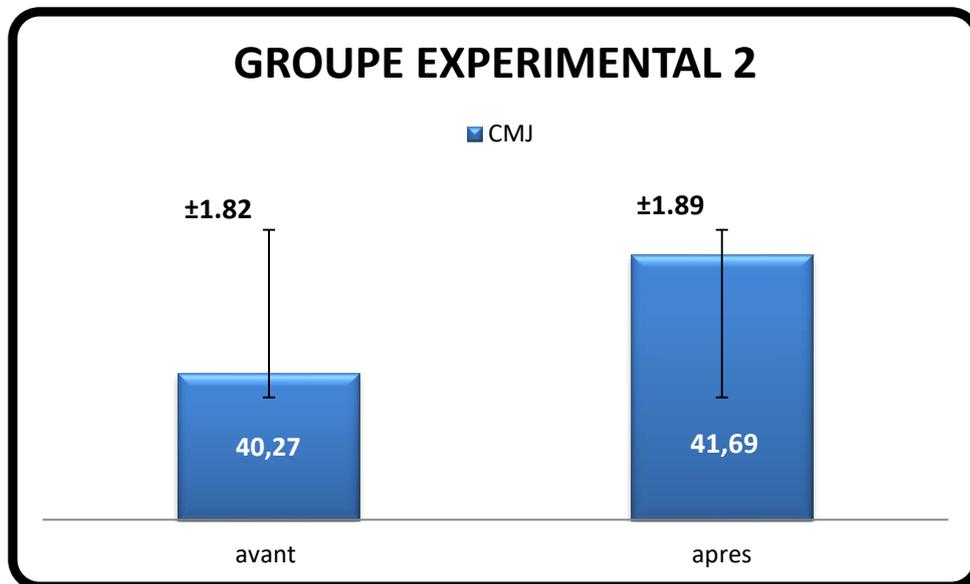
### V.2.1.2.3. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du CMJ et la puissance du CMJ pour le groupe expérimental 2 :

**Tableau 18 :** Différence des moyennes entre le pré et post test pour le CMJ et la puissance du CMJ du groupe expérimental 2 :

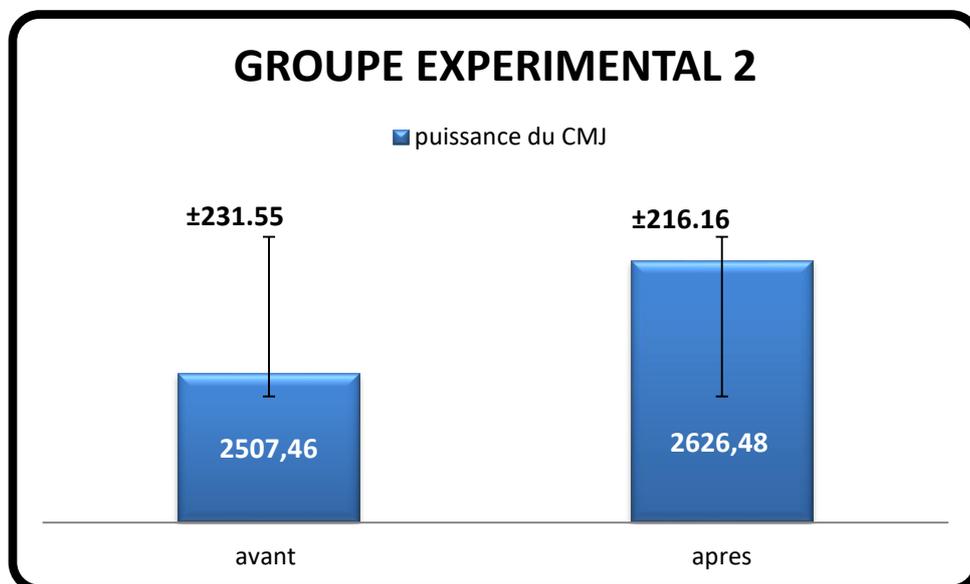
Groupe expérimental 2	Prétest		Posttest		Ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
CMJ	40.267	1.821	41.694	-8.224	9	-8.225	0.00	S
Puissance CMJ	2507.455	231.549	2626.478	216.160	9	180.227	0.00	S

D'après le tableau 18, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour le groupe expérimental N°2 entre les résultats du CMJ et puissance du CMJ pour le prétest et post test, après la réalisation du programme d'entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ . Le résultat le plus élevé est enregistré après

l'expérimentation d'une moyenne de 41.694cm pour le CMJ et 2626.478W pour la puissance du CMJ ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a un effet sur la puissance musculaire des membres inférieurs en CMJ.



**Figure 30 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.



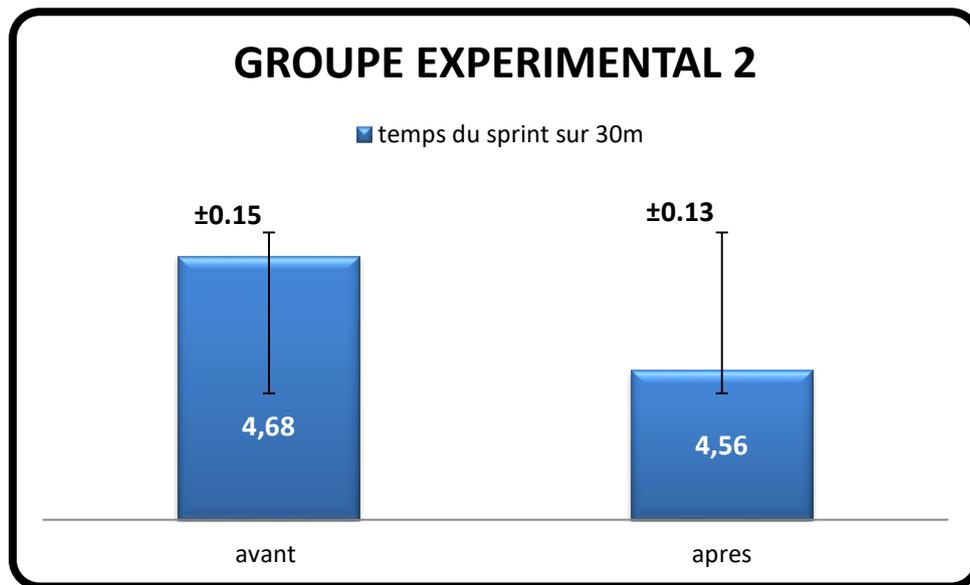
**Figure 31 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne De la puissance du CMJ avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.

**V.2.1.2.4. Présentation et analyse des résultats du pré et post test du temps en sprint et la puissance de sprint sur 30 mètres pour le groupe expérimental 2 :**

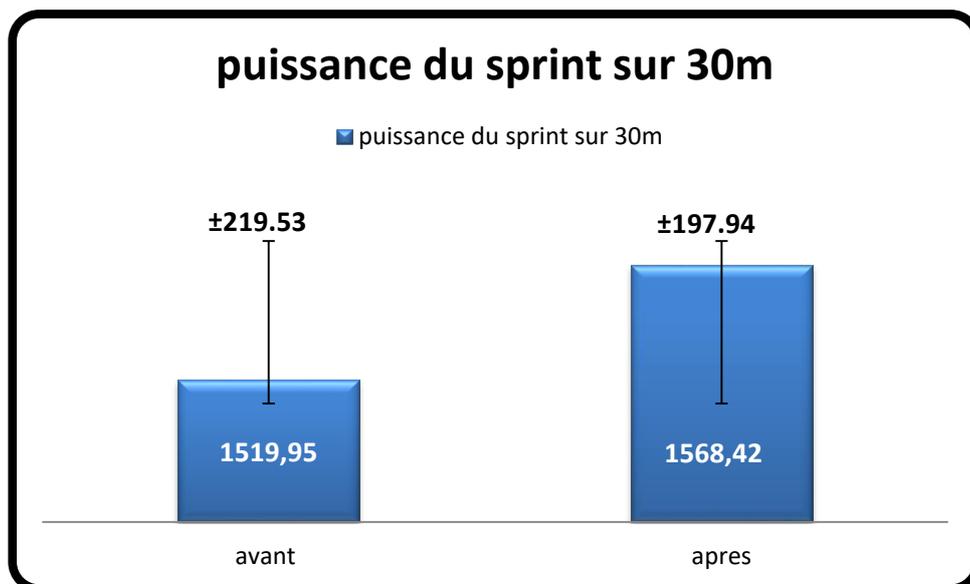
**Tableau 19 :** Différence des moyennes entre le pré et post test pour le temps de sprint et la puissance du sprint sur 30m du groupe expérimental 2 :

Groupe expérimental 2	Prétest		Posttest		ddl	T	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>Sprint 30m</b>	4.678	0.154	4.558	0.127	9	4.472	0.002	S
<b>Puissance du sprint</b>	1519.952	219.530	1588.424	180.226	9	-2.855	0.02	S

Selon l'analyse statistique des paramètres du sprint et la puissance du sprint sur 30 mètres pour le groupe expérimental N°2, cité dans le tableau 19, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) entre les résultats du temps de sprint et la puissance du sprint sur 30 mètres pour le prétest et post test, après la réalisation du programme d'entraînement, montre que la différence entre les moyennes est significative (S), en faveur des résultats du post test, ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05m$ . Le résultat le plus élevée est enregistré avant l'expérimentation d'une moyenne de 4.678 secondes pour le temps de sprint et pour la puissance de sprint après l'application de l'expérimentation avec 1625.561W pour la puissance du sprint sur 30 mètres ce qui prouve que le programme basé sur la méthode intermittente force/course que nous avons appliqué a un effet sur la puissance musculaire des membres inférieurs en sprint.



**Figure 32 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne du temps de sprint sur 30m avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.



**Figure 33 :** Présentation graphique des résultats de la moyenne de la puissance du sprint avant et après l'application du programme d'entraînement pour le groupe expérimental 2.

**V.2.2. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 :**

**V.2.2.1. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités aérobies (VMA, VIFT) :**

**Tableau 20 :** Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres de la VMA et la VIFT après la réalisation du programme d'entraînement :

Prétest	Groupe expérimental 1		Groupe expérimental 2		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>VMA</b>	18.800	1.110	18.650	0.668	9	0.380	0.713	NS
<b>VIFT</b>	22.350	0.709	21.650	0.783	9	2.201	0.055	NS

D'après le tableau 20, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour la comparaison entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2, après la réalisation du programme d'entraînement pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT), montre que la différence entre les moyennes est non significative (NS), ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05$ , ce qui prouve que les deux programmes basés sur la méthode intermittente force/course et course/course ont presque le même effet sur les paramètres aérobies statistiquement parlant.

**V.2.2.2. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités de puissance musculaire en saut vertical (CMJ, puissance du CMJ) :**

**Tableau 21 :** Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres du CMJ après la réalisation du programme d'entraînement :

Prétest	Groupe expérimental 1		Groupe expérimental 2		ddl	t	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>CMJ</b>	42.435	1.546	41.694	1.888	9	0.898	0.392	NS
<b>Puissance du CMJ</b>	2657.982	180.937	2626.478	216.160	9	0.359	0.727	NS

D'après le tableau 21, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour la comparaison entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2,

après la réalisation du programme d'entraînement pour les paramètres de puissance musculaires en saut vertical (CMJ, Puissance du CMJ), montre que la différence entre les moyennes est non significative (NS), ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05$ , ce qui prouve que les deux programmes basés sur la méthode intermittente force/course et course/course ont presque le même effet sur les paramètres de puissance musculaire en saut vertical statistiquement parlant.

### V.2.2.3. Présentation et analyse des résultats de comparaison entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 après la réalisation du programme d'entraînement pour les qualités de puissance musculaire en sprint (temps de sprint sur 30 mètres, puissance du sprint) :

**Tableau 22:** Différence des moyennes entre le groupe expérimental 1 et le groupe expérimental 2 pour les paramètres du sprint après la réalisation du programme d'entraînement :

Prétest	Groupe expérimental 1		Groupe expérimental 2		ddl	T	Signification	
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type				
<b>Temps sprint 30m</b>	4.438	0.103	4.558	0.126	9	-2.260	0.05	NS
<b>Puissance du sprint</b>	1625.561	217.544	1588.424	180.226	9	0.387	0.707	NS

D'après le tableau 22, nous constatons que l'analyse du test de comparaison (student) pour la comparaison entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2, après la réalisation du programme d'entraînement pour les paramètres de puissance musculaires en sprint (temps de sprint sur 30 mètres, Puissance du sprint), montre que la différence entre les moyennes est non significative (NS), ou le seuil de signification a été fixé à  $p < 0,05$ , ce qui prouve que les deux programmes basés sur la méthode intermittente force/course et course/course ont presque le même effet sur les paramètres de puissance musculaire en saut vertical statistiquement parlant.

### V.2.3. Présentation et analyse des résultats du test COHEN D pour le groupe expérimental 1

**Tableau 23 :** Le degré d'impact du programme d'entraînement sur le groupe expérimental 1

Groupe expérimental 1	Prétest	Posttest	Ecart-type	Cohen D	Interprétation
	Moyenne	Moyenne			
VMA	17,55	18,80	0,26	0,97	Elevé
VIFT	21,30	22,35	0,28	1,47	Elevé
CMJ	40,311	42,435	0,51	1,34	Elevé
Puissance du CMJ	2504,860	2657,982	59,21	0,77	Moyen
Sprint sur 30m	4,604	4,438	0,10	1,14	Elevé
Puissance du sprint	1538,1347	1625,5617	68,29	0,4	Faible

D'après le tableau 23 qui montre la taille de l'impact cohen D du programme intermittent force-course sur le groupe expérimental 1, nous constatons que les valeurs du cohen D sont élevées pour les paramètres du VMA, VIFT, CMJ et le temps du sprint sur 30m par contre est moyen pour le paramètre de la puissance du CMJ et faible pour la puissance du sprint

### V.2.4. Présentation et analyse des résultats du test COHEN D pour le groupe expérimental 2 :

**Tableau 24 :** Le degré d'impact du programme d'entraînement sur le groupe expérimental 2

Groupe expérimental 2	Prétest	Posttest	Ecart-type	Cohen D	Interprétation
	Moyenne	Moyenne			
VMA	17,50	18,65	0,47	2,07	Elevé
VIFT	21,00	21,65	0,47	0,8	Moyen
CMJ	40,27	41,69	0,55	0,7	Moyen
Puissance du CMJ	2507,46	2626,48	63,25	0,5	Moyen
Sprint sur 30m	4,68	4,56	0,08	0,85	Moyen
Puissance du sprint	1519,95	1568,42	73,18	0,23	Faible

D'après le tableau 24 qui montre la taille de l'impact cohen D du programme intermittent course-course sur le groupe expérimental 2, nous constatons que les valeurs du cohen D sont élevées que pour le paramètre du VMA, par contre elle est moyenne pour les paramètres du VIFT, CMJ, puissance du CMJ et le temps du sprint sur 30m, et faible pour la puissance du sprint

### V.3. Discussion des résultats :

#### V.3.1. Discussion de l'hypothèse partielle 1 :

Nous supposons qu'il existe une différence significative entre le prétest et le post test pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour le premier groupe expérimental en faveur du post test.

Grace à l'analyse statistique des résultats du prétest et post test pour le groupe expérimental N°1, nous avons observé qu'il y avait des différences significatives pour les tests aérobies (VMA, VIFT), les tests de puissance musculaire en saut vertical (CMJ, Puissance du CMJ) et les tests de puissance musculaire en sprint (temps de course sur 30 mètres, puissance de sprint), nous attribuons cela à l'effet de l'application du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente force/course.

Les résultats mentionnés dans les tableaux 12, 13, 14 et 15 montrent que la méthode intermittente force/course 10 secondes de travail de brandissements avec 20 secondes de récupération active ou passive appliquée sur le groupe expérimental 1 a créé des différences significatives entre le pré et le post test pour les paramètres aérobie et anaérobie. Cela est cohérent avec les résultats d'étude de (Mansouri, 2019). Ces résultats concordent également avec ce que disait (Gabbett & Mike, 2008), que l'entraînement intermittent permettait le développement des qualités aérobies et anaérobies. Les études de Billat aussi montrent que la méthode intermittente agit sur l'optimisation et le maintien du VO<sub>2</sub> max qui est en relation directe avec les paramètres aérobie (Benrabah, et al., 2021). De même, pour le développement des paramètres anaérobie, ces exercices sont utiles car ils ont une action sur la composante périphérique et conduisent à une activité accrue des enzymes clés impliquées dans la glycolyse anaérobie et la glycolyse anaérobie du muscle squelettique. (Roberts, Billeter, & Howald, 1982), Hammami et al (2021) affirment qu'un travail combiné en intermittent bandissement/course pendant 8 semaines améliore les performances de sprint, de changement de direction, de saut et les performances de course en navette de 20 mètres des jeunes joueurs de handball masculins. par rapport au programme d'entraînement standard.

En effet, certains auteurs démontrent que l'utilisation d'exercices intermittents de courte durée combinés à des exercices pliométriques développe de manière significative la force explosive des membres inférieurs, ainsi que la pratique d'exercices pliométriques selon la méthode intermittente, augmentant la quantité d'énergie produite pendant une unité de temps, le volume et l'intensité des exercices sont donc les facteurs décisifs de cette augmentation (Lantri, Ben Rabeh, & Bennaadja, 2020)

De ce qui précède, il nous apparaît clairement l'efficacité du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente force/course pour améliorer le niveau de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire

Dans ce contexte, nous confirmons l'hypothèse partielle numéro 1.

### **V.3.2. Discussion de l'hypothèse partielle 2 :**

Nous supposons qu'il existe une différence significative entre le prétest et le post test pour les paramètres aérobie (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour le deuxième groupe expérimental en faveur du post test.

Selon l'analyse statistique des résultats de comparaison entre le prétest et le post test pour les paramètres aérobie et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour le groupe expérimental 2, nous avons constaté qu'il existe des différences significatives en faveur des résultats du prétest, ces résultats attribués à l'effet du programme d'entraînement appliqué basé sur la méthode intermittente course/course avec 10 secondes de travail et 20 secondes de récupération active ou passive

Les résultats mentionnés dans les tableaux 16, 17, 18 et 19 montrent que la méthode intermittente course/course 10 secondes de travail de course avec 20 secondes de récupération active ou passive appliquée sur le groupe expérimental 2 a créé des différences significatives entre le pré et le post test pour les paramètres aérobie ainsi que pour les paramètres anaérobie, cela est cohérent avec les études de (Dellal, 2008 ; Hervé, 2012)

Cayla et Lacrampe en 2007 ont indiqué que l'application d'un programme intermittent sur plusieurs semaines entraîne des adaptations physiologiques au niveau du cœur.

Ainsi, un entraînement aérobie de haute intensité peut être introduit pendant la saison pour augmenter la VMA, mais l'effet dépend du volume d'entraînement aérobie et de l'habitude des joueurs à l'entraînement, (Jastrzębski, Rompa, Szutowicz, & Radzimiński, 2013).

Hostrup et Bangsbo en 2023 ont cité qu'un travail intermittent course/course à des intensités supérieures à 90 % de la fréquence cardiaque maximale provoque des adaptations bénéfiques concernant la puissance et la capacité aérobie. Mais lorsque les intervalles de travail sont effectués à des intensités beaucoup plus élevées, comme des efforts intenses ou des sprints d'une durée généralement de 10 à 40 secondes avec des périodes de récupération plus longues, cela provoque des adaptations bénéfiques liées aux systèmes énergétiques anaérobies et neuromusculaire.

De ce qui précède, il nous apparaît clairement l'efficacité du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente course/course avec 10 secondes de course contre 20 secondes de récupération active ou passive pour améliorer le niveau de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire.

Dans ce contexte, nous confirmons l'hypothèse partielle numéro 2

### **V.3.3. Discussion de l'hypothèse partielle 3 :**

Nous supposons qu'il existe une différence significative entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2 pour le prétest, pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint en faveur du groupe expérimental N°1 (force/course)

Selon l'analyse statistique des résultats de comparaison entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2 pour le post test pour les différents paramètres aérobies et anaérobies étudiés, nous avons trouvé qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux groupes.

Les résultats mentionnés dans les tableaux 20, 21 et 22 montrent que la méthode intermittente course/course et la méthode intermittente force/course appliquées sur les deux groupes expérimentaux ont créé des différences significative entre le pré et le post

test pour les paramètres aérobie ainsi que pour les paramètres anaérobie, par contre ils ont pratiquement le même impact statistiquement parlant, cela est cohérent avec la méta analyse de (Kang, Ye, Yin, Zhou, & Gong, 2022)

L'entraînement intermittent influence de manière significative la performance (c'est-à-dire la vitesse, l'agilité, la force, l'endurance, la puissance), donc il est d'un intérêt essentiel pour les entraîneurs d'améliorer ces paramètres quelle que soit la typologie du travail intermittent avec des course linéaires, en navette, avec utilisation du ballon, des exercices de force en pliométrie ou bien avec des charges externes (Adam & Dellal, 2016).

### **V.3.4. Discussion de l'hypothèse principale :**

Nous supposons que le programme d'entraînement basé sur la méthode intermittent influe significativement sur les qualités aérobie exprimées en VMA et VIFT et les qualités neuromusculaires exprimées en puissance musculaire des membres inférieurs pour des joueurs d'une équipe U21 de ligue 1 professionnel.

Selon l'analyse statistique des résultats de comparaison entre le pré et le post test pour les différents paramètres aérobie et anaérobie étudiés, nous avons trouvé qu'il existe des différences significatives entre le pré et post test pour l'application des deux méthodes intermittent course/course et force/course, avec une taille d'impact qui se varie entre un impact élevé pour la plupart des paramètres étudiés cela est cohérent avec les études de (Dellal, 2008) et (Assadi, 2012)

Sur la base de ce qui a été présenté précédemment dans la discussion des hypothèses partielles, considérées comme la composante fondamentale de l'hypothèse principale, et tous les résultats obtenus étant liés aux hypothèses précédentes, nous donnons la décision statistique finale liée à l'hypothèse générale d'un point de vue méthodologique et statistique, et donc nous acceptons l'hypothèse générale selon laquelle l'entraînement intermittent permet le développement de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire chez les footballeur algériens de moins de 21 ans. Sur la base des résultats obtenus en étudiant l'impact de deux méthodes intermittentes et à la lumière des valeurs statistiques, et de ce qui a été confirmé par des études similaires, cela donne une image

claire liée aux preuves scientifiques et statistiques sur l'acceptation de l'hypothèse principale et sa vérification méthodique.

### **V.4. Conclusion de l'étude :**

L'analyse des données et la discussion des résultats ont permis de conclure cette recherche qui a comme objectif, l'étude et la quantification de l'influence et la différence d'impact entre deux formes de travail intermittent sur les qualités aérobies exprimées en VMA et VIFT et les qualités neuromusculaires exprimées en puissance musculaire des membres inférieurs.

En effet, ce travail nous a permis, grâce à la planification d'un programme de 8 semaines de travail qui ont commencé avec des tests et des mesures et se sont terminés avec, non seulement, l'obtention d'un aperçu sur le niveau de développement aérobie et anaérobie des joueurs de moins de 21ans, mais également d'apporter des réponses aux hypothèses émises :

- Qu'il existe une différence significative entre le prétest et le post test pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour le premier groupe expérimental en faveur du post test.
- Qu'il existe une différence significative entre le prétest et le post test pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint pour le deuxième groupe expérimental en faveur du post test.
- Qu'il n'existe pas de différence significative entre le groupe expérimental N°1 et le groupe expérimental N°2 pour les paramètres aérobies (VMA, VIFT) et les paramètres de puissance musculaire en saut vertical et en sprint après l'application du programme d'entraînement basé sur la méthode intermittente course/course ou force/course.
- Qu'il existe des différences significatives après l'application d'un programme basé sur la méthode intermittente quelle que soit la typologie du travail intermittent en faveur du pré test pour les paramètres aérobies et les paramètres neuromusculaire.

### **V.5. Etudes et perspectives d'avenir :**

Grâce à ce que nous avons réalisé dans cette recherche, certaines études et perspectives d'avenir qui serviront de continuité à cette recherche et en feront un champ ouvert dans un avenir proche :

- Étudier l'effet de l'entraînement intermittent sur d'autres variables physiques en football.
- Étudier l'équation prédictive de l'entraînement intermittent sur les variables physiques en football.
- Étudier la relation entre l'entraînement intermittent et d'autres types d'entraînement plus spécifiques en football.
- Étudier l'impact physiologique et fonctionnel de l'entraînement intermittent en football.
- Etudier l'effet de la fatigue provoquée par l'utilisation de l'entraînement intermittent en football.
- Essayer de définir des paramètres précis pour codifier la charge d'entraînement dans la programmation de l'entraînement intermittent en football.
- Effectuer une comparaison de l'effet physiologique de différents impacts du travail intermittent en football.

### **V.6. Conclusion générale :**

Le rythme de jeu du footballeur moderne s'est considérablement accéléré qualitativement et quantitativement avec des conséquences directes sur l'évolution et la variation du type d'efforts, généralement intermittents.

Donc la méthode intermittente est la méthode appropriée pour perfectionner le niveau physique des joueurs lors de la saison sportive.

Le but de cette étude était de préparer un programme d'entraînement d'avant saison en respectant les différentes étapes avec l'utilisation de la méthode intermittente (10-20) pour objectif de développer la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire chez des

joueurs de football algérien de moins de 21 ans, et d'essayer, en même temps, de voir l'impact de ce travail lorsqu'on utilise la méthode intermittente course/course comparativement à l'utilisation de la méthode intermittente force/course, afin d'identifier la meilleure méthode d'entraînement intermittente et laquelle aurait le plus d'impact.

Sur la base des résultats et des analyses statistiques, nous avons conclu qu'il existe des différences statistiquement significatives pour les groupes expérimentaux n° 01 et n° 02 pour les paramètres aérobie exprimé en VMA et les paramètres neuromusculaires exprimés en puissance musculaire en saut et en sprint, de ce fait, les deux méthodes ont permis le développement des deux paramètres aérobie et neuromusculaire, nous avons également constaté qu'il n'existe pas des différences significatives entre les groupes expérimentaux n° 01 et n° 02 pour le développement des paramètres aérobie et les paramètres neuromusculaires

Ainsi, tous les résultats obtenus dans la présente étude indiquent que l'entraînement intermittent est efficace pour l'amélioration des paramètres aérobie et anaérobies, et que la réussite du travail à ce niveau est liée à l'efficacité des exercices proposés sur le terrain pour atteindre les objectifs fixés et ce qui a été réalisé, et cela reflète la capacité du programme d'entraînement proposé à avoir un impact direct sur les qualités physiques des joueurs de football.

Mais au vu du manque de moyens, nous avons éliminé quelques facteurs qui auraient pu améliorer les résultats et donner plus de valeur et de crédibilité à notre recherche. Nous citons ci-dessous quelques éléments qui auraient pu améliorer l'approche, la démarche et le résultat de cette recherche :

- Elargir l'échantillon pour pouvoir généraliser les résultats sur cette catégorie en Algérie.
- Utiliser d'autres tests pour évaluer d'autre facteur physiologique et physique (cardiofréquencemètres; lactatémie; test laboratoire ...etc).

# **Bibliographie**

**Bibliographie**

- Adam, O., & Dellal, A. (2016). Football conditioning a modern scientific approach. angleterre: Alex Fitzgerald - SoccerTutor.com.
- Arnason, A., Sigurdsson, S. B., Gudmundsson, A., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(2), 278–285.
- Assadi, H. (2012). Thèse de doctorat: Réponses physiologiques au cours d'exercices intermittents en course à pied. Université de Bourgogne: France.
- Astrand, I., Astrand, P. O., Christensen, E. H., & Hedman, R. (1960). Intermittent muscular work. *Acta physiologica Scandinavica*, 48, 448-453.
- Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*.
- Balsom, P. (1995). Thèse de médecine: High intensity intermittent exercise, performance and metabolic responses with very high intensity short duration work periods. Stockholm, Suède: Université de Karolinska.
- Bangsbo, J. (1994a). *Fitness Training in football: a scientific approach*. Denmark: Bagsvaerd.
- Bangsbo, J. (1994b). Energy demands in competitive soccer. *Journal of sports sciences*, 12 Spec No, S5–S12.
- Bangsbo, J. (2007). *Aerobic and anaerobic training in soccer*. Copenhagen, Denmark: Stormtryk.
- Bangsbo, J. (2008). *Entrenamiento de La Condición Física en El Fútbol*. Copenhagen, Denmark: Paidotribo.
- Bangsbo, J., & Lindquist, F. (1992). Comparison of various exercise tests with endurance performance during soccer in professional players. *International Journal of Sports Medicine*, 13(2), 125-132.
- Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C., & van Praagh, E. (2002). Effects of high intensity intermittent training on peak VO<sub>2</sub> in prepubertal children. *International journal of sports medicine*, 23(6), 439–444.

- Barros, R. M., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., . . . Leite, N. J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 233-242.
- Behm, D., & Sale, D. (1993). Velocity Specificity of Resistance Training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 15(6), 374-388.
- Benrabah, K., B. R., Charef, S., Bennadja, M., Kharoubi, M. F., & Kacem, A. (2021). The effect of intermittent training with plyometric exercises on aerobic and anaerobic capacities. *Physical education and sport through the centuries*, 8(1), 105-118.
- Berg, K. (2003). Endurance training and performance in runners: research limitations and unanswered questions. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(1), 59-73.
- Berthiaume, F., & Lamoureux, A. (1981). *Initiation à la recherche en Psychologie*. Montréal: Les Éditions HRW ltée.
- Billat, V. (1998). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement: De la théorie à la pratique*. France: Boeck.
- Billat, V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(1), 13-31.
- Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., & Koralsztein, J. P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at VO<sub>2</sub>max in subelite runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 26(2), 254-257.
- Bompa, P., T., & A. Buzzichelli, C. (2016). *Periodizacion del entrenamiento deportivo*. Barcelone, Espagne: Paidotribo.
- Bradley, P. S., Sheldon, W., Wooster, B., Olsen, P., Boanas, P., & Krustup, P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *journal of sports sciences*, 27(2), 159-168.
- Broussal-derval, A., & Bolliet, O. (2012). *les tests de terrain, plus de 130 protocoles pour mesurer la performance sportive*. France: 4trainer.
- Buchheit, M. (s.d.). Récupéré sur martin buchheit site officiel: <https://martin-buchheit.net/2018/08/20/30-15-intermittent-fitness-test-the-free-app/>

- Carling, C., & Dupont, G. (2011, Janvier). Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play. *Journal of Sports Sciences*, 29(1), pp. 63-71.
- Carling, C., Mark, W., & Reilly, T. .. (2005). *Handbook of Soccer Match Analysis*. London: Routledge.
- Carminati, d. I., & Di Salvo, V. (2003). *Allenamento della velocita' nel calciatore*. Italie: Calzetti Mariucci.
- Carù, B., Le Coultre, L., Aghemo, P., & Limas, F. P. (1970). Maximal aerobic and anaerobic muscular power in football players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 10(2), 100-103.
- Castellano, J., Casamichana, D., & Lago, C. (2012). The Use of Match Statistics that Discriminate Between Successful and Unsuccessful Soccer Teams. *Journal of Human Kinetics*, 31, pp. 139-147.
- Cayla, j.-l., & Lacrampe, R. (2007). *Manuel pratique de l'entraînement*. Paris: Amphora.
- Cazorla, G. (2003). Expertise des exigences physiques et physiologiques du football de haut niveau. Conséquences pour l'évaluation et la préparation physique du joueur. *Les Cahiers de l'INSEP: Expertise et sport de haut niveau*, 34, 39-42.
- Cazorla, G., & Farhi, A. (1998). Exigences physiques et physiologiques actuelles. *REVUE EPS*, 273, 60-66.
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., & Wisløff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(1), 24-28.
- Cordelette, R. (2003). *La course à pied - Du sprint au marathon*. Paris: Chiron.
- Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T., & Rowsell, G. (2007). Monitoring for overreaching in rugby league players. *European journal of applied physiology*, 99(3), 313-324.
- Dekkar, N., Bricki, A., & Hanifi, R. (1990). *Techniques d'évaluation physiologique des athlètes*. Algerie: Comité olympique Algérien. Alger .
- Dellal, A. (2008). *de l'entraînement a la performance en football*. France: Boeck.
- Dellal, A. (2008). *thèse de doctorat: analyse de l'activité physique du footballeur et de ces consequences dans l'orientation de l'entraînement: application spécifique aux*

exercices intermittents cources à haute intensité et aux jeux reduits. université de strasbourg: France.

Dellal, A. (2020). une saison de préparation physique en football (éd. 3). paris: Boeck.

Dellal, A., & Mallo, J. (2017). une saison de travail intermittent. Paris: 4 trainer.

Dellal, A., Hill-Haas, S., Lago-Penas, C., & Chamari, K. (2011). Small-sided games in soccer: amateur vs. professional players' physiological responses, physical, and technical activities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2371-2381.

Dellal, A., Wong, D. P., Wassim, M., & Karim, C. (2010). Physical and technical activity of soccer players in the French First League - with special reference to their playing position. *International Sportmed Journal*, 11(2), 278-290.

Di Salvo, V., Baron, R., Tschan, H., Calderon Montero, F. J., Bachl3, N., & Pigozzi, F. (2007, mars). Performance Characteristics According to Playing Position in Elite Soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 28(3), pp. 222-227.

Di Salvo, V., Collins, A., McNeill, B., & Cardinale, M. (2006). Validation of Prozone ®: A new video-based performance analysis system. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), 108-119.

Djaoui, L. (2017). thèse de doctorat: Analyse des performances physiques, des incidences physiologiques d'un match de football de haut niveau et des facteurs d'influence : mention spéciale au contexte d'enchaînement des matchs. Université Claude Bernard Lyon 1.

Douida, k., & Messaoud, B. M. (2020). The effect of a proposed training program using intermittent Training method on some ofthe physical qualities during physical preparation phase for football players junior under 19 years old. *journal "créativité sportive" université de msila*, 11(2), 469-490.

Duffour, W. (1990). Les techniques d'observation du comportement moteur. *Revue EPS*(217), 69-73.

Dupont, G. (2003). thèse de doctorat: Exercices intermittents brefs à haute intensité :Influence de la modalité de récupération sur le temps limite d'exercice et le temps passé à un haut pourcentage de Vo2 max. Lille : université Lille 2.

Dupont, G., & Bosquet, L. (2007). *Méthodologie de l'entraînement*. Paris: Ellipses.

Ekblom, B. (1986). *Applied Physiology of Soccer*. *Sports Medicine*, 3(1), 50-60.

- FIFA. (2017). *Lois du Jeu*. Suisse: The International Football Association Board.
- Fox, E. L., Bartels, R. L., Billings, C. E., Mathews, D. K., Bason, R., & Webb, W. M. (1973). Intensity and distance of interval training programs and changes in aerobic power. *Medicine and science in sports*, 5(1), 18-22.
- Gabbett, T. J., & Mike, J. M. (2008). Time-motion analysis of small-sided training games and competition in elite women soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 22(2), 543-552.
- Gissis, I., Papadopoulos, C., Kalapotharakos, V., Sotiropoulos, A., Komsis, G., & Manolopoulos, E. (2006). Strength and Speed Characteristics of Elite, Subelite, and Recreational Young Soccer Players. *Research in Sports Medicine*, 14(3), 205-214.
- Hammami, M., Gaamouri, N., Ramirez-Campillo, R., Shephard, R. J., Bragazzi, N. L., Chelly, M. S., . . . Gaied, S. (2021). Effects of high-intensity interval training and plyometric exercise on the physical fitness of junior male handball players. *European review for medical and pharmacological sciences*, 25(23), 7380–7389.
- Hervé, A. (2012). thèse de doctorat : Réponses physiologiques au cours d'exercices intermittents en course à pied. université de bourgogne dijon: dijon.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and Strength Training for Soccer Players. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 34(3), 165-180.
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British journal of sports medicine*, 36(3), 218–221.
- Hoff, J., Wisløff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., & Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *British journal of sports medicine*, 36(3), 218–221.
- Hostrup, M., & Bangsbo, J. (2023). Performance Adaptations to Intensified Training in Top-Level Football. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(3), 577–594.
- Hourcade, J. C. (2017). thèse de doctorat: Quantification de la charge d'entraînement pour les exercices spécifiques en football. Université paris descartes.
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., Castagna, C., Reilly, T., Sassi, A., Iaia, F. M., & Rampinini, E. (2006). Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *International journal of sports medicine*, 27(6), 483–492.
- inbody. (s.d.). inbody . Récupéré sur inbody : <https://inbodyusa.com/products/inbody770/>

- Jastrzębski, Z., Rompa, P., Szutowicz, M., & Radziński, L. (2013). Effects of applied training loads on the aerobic capacity of young soccer players during a soccer season. *Journal of strength and conditioning research*, 27(4), 916–923.
- Javier, M. (2014). Periodization fitness training a revolutionary football conditioning program. Spain: Alex Fitzgerald - SoccerTutor.com.
- Jean-Paul, A. (2008). *Football - Une préparation physique programmée*. France : Amphora.
- Jones, S., & Drust, B. (2007, janvier). Physiological and technical demand of 4 vs 4 and 8 vs 8 games in elite youth soccer players. *Kinesiology*, 39(2), pp. 150-156.
- Kang, J., Ye, Z., Yin, X., Zhou, C., & Gong, B. (2022). Effects of Concurrent Strength and HIIT-Based Endurance Training on Physical Fitness in Trained Team Sports Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International journal of environmental research and public health*, 19(22), 14800.
- Kharoubi, M. F. (2016). Etude Des Effets De L'entraînement Intermittent (court Vs Long) Sur Le Développement De La Vitesse Maximale Aérobie Chez Des Jeunes Footballeurs « Cas Des Juniors ». *Sciences et Pratiques des Activités Physiques Sportives et Artistiques, université alger 3*, 5(1), 12-18.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjaer, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*, 38(6), 1165-1174.
- Lacour, J.-R., Coudert, J., Fellmann, N., & Flandrois, R. (1992). *Biologie de l'exercice musculaire*. Paris: Masson.
- Lagrange, F. (1888). *Physiologie des exercices du corps*. Paris: Félix Alcan.
- Lambertin, F. (2000). *Football : préparation physique intégrée*. Paris, France: Amphora.
- Lantri, M., Ben Rabeh, K., & Bennaadja, M. (2020). the effect of a training program using the interval method and plyometric exercises on some physical variables of u19 soccer players. *journal of sport science technology and physical activities*, 17(1), 67-80.
- Laursen, P., & Buchheit, M. (2019). *Science and application of high-intensity interval training : solutions to the programming*. USA: Human Kinetics.
- Le Gall, F. (2002). *Tests et Exercices En Football: Suivi Medical et Physiologique*. Paris: Vigot.

- Letzelter, M., & Letzelter, H. (1990). *Entraînement de la force*. Paris: Vigot.
- Manouvrier, c. (2017). *thèse de doctorat: Développement d'un test spécifique de détection d'un jeune*. université de picardie jules verne.
- Marion, J. A., & Suzanne, L. B. (1989). An analysis of fitness and time-motion characteristics of handball. *The American journal of sports medicine*, 17(1), 76-82.
- Marouf, S. (2021). The Effect Of Short Intermittent Training (10-20) And (05-25) On The Development Of Maximum Aerobic Speed (mas) Of Football Players U19. *sports creativity*, 12(1), 426-444.
- McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (2001). *Physiologie de l'activité physique.: Energie, nutrition et performance*. Paris: Maloine.
- Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J., & Hughes, M. (2010). Reviews: Talent Identification in Soccer: The Role of Maturity Status on Physical, Physiological and Technical Characteristics. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 5(4), pp. 571-592.
- Mombaerts, E. (1991). *Football. De l'analyse du jeu à la formation du joueur*. Paris: Actio.
- Monkam, T., Tchokonté, S., Dellal, A., Keller, D., & Cometti, G. (2007). Quantifications et analyses temporelles des paramètres physiques de l'entraînement d'une équipe de football professionnelle en période pré-compétitive. 4èmes Journées Internationales des Sciences du Sport les 28-30 novembre 2006 (pp. 115-116). Paris: INSEP.
- Mujika, I., Busso, T., Lacoste, L., Barale, F., Geysant, A., & Chatard, J. C. (1996). Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(2), 251–258.
- Noureddine, G., & Abdelhak, A. .. (2016). Etude Comparative De L'influence Des Exercices Intermittents Course à Haute Intensité Et Des Jeux Réduits Sur L'amélioration De L'endurance Chez Les Footballeurs (17-19ans). *le défi*, 8(2), 11-48.
- Passos, P., Araujo, D., & Volossovitch, A. (2017). *Perdormance analysis in team sports*. New york : Routledge.
- Pradet, M. (1996). *La préparation physique*. Paris: INSEP.
- Pradet, M. (2002). *La préparation physique*. Paris: INSEP.

- Pyne, D. B., Boston, T., Martin, D. T., & Logan, A. (2000). Evaluation of the Lactate Pro blood lactate analyser. *European journal of applied physiology*, 82(1-2), 112–116.
- Rafel, P. (2011). *La Preparacion ¿fisica? en el futbol*. Espagne: MC Sports.
- Rampinini, E., Coutts, A., Castagna, C., Sassi, R., & Impellizzeri, F. (2007). Variation in top level soccer match performance. *International journal of sports medicine*, 28(12), 1018-1024.
- Reilly, T., & Gilbourne, D. (2003). Science and football: A review of applied research in the football codes. *Journal of Sports Sciences*, 21(9), pp. 693-705.
- Reiss, D., & Prevost, P. (2013). *La bible de la préparation physique*. Paris: Amphora.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 40(2), 162-169.
- Roberts, A. D., Billeter, R., & Howald, H. (1982). Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *International journal of sports medicine*, 3(1), 18-21.
- Romero, D. R., & Tous, J. F. (2011). *Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento deportivo óptimo*. Madrid: Panamericana.
- Saddam, A. (2018). thèse de doctorat: Analyse de l'évolution de quelques paramètres physiologiques, sanguins et anthropométriques au cours de la première période préparatoire chez les jeunes footballeurs algériens. mostaganem: Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.
- Saltin, B., Essén, B., & K.Pedersen, P. (1976). intermittent exercise: its physiology and some practical application. *Medicine and Sport*, 9, 23-51.
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J. B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 26(6), 648-658.
- Sassi, d. R. (2001). *La preparazione atletica nel calcio. 20 anni di esperienze Copertina*. italie: Eds Calzetti Mariucci.
- Schumann, M., & Rønnestad, B. R. (2019). *Concurrent Aerobic and Strength Training Scientific Basics and Practical*. Cham, Suisse: springer.

- Sibaja Quesada, L. R. (2005). Physical fitness with the ball. *International Journal of Soccer and Science*, 3(1), 3-12.
- Silva, R., Rico-González, M., Lima, R., Akyildiz, Z., Pino-Ortega, J., & Clemente, F. M. (2021). Validity and Reliability of Mobile Applications for Assessing Strength, Power, Velocity, and Change-of-Direction: A Systematic Review. *Sensors*, 21(8), 2623.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 35(6), 501–536.
- Tabata, I., Irisawa, K., Kouzaki, M., Nishimura, K. O., & Miyachi, M. (1997). Metabolic profile of high intensity intermittent exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(3), 390-395.
- Tabata, I., Nishimura, K., Kouzaki, M., Hirai, Y., Ogita, F., Miyachi, M., & Yamamoto, K. (1996). Effects of moderate-intensity intermittent training on anaerobic capacity and. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(10), 1327-1330.
- Thiboult, G. (2002). Un modèle pratique d'entraînement intermittent. *Cahiers de l'INSEP*, 33, 61-74.
- Thomas, R. (2007). *The Science of Training – Soccer A scientific approach to developing strength, speed and endurance*. angleterre: Routledge.
- Tony, S. (2016). *Soccer science*. United States : Human Kinetics.
- Turpin, B. (2002). *Préparation et entraînement du footballeur Tome 2*. Paris: Amphora.
- Vogelbein, M., Nopp, S., & Hökelmann, A. (2014, fevrier 07). Defensive transition in soccer – are prompt possession regains a measure of success? A quantitative analysis of German Fußball-Bundesliga 2010/2011. *Journal of Sports Sciences*, 32(11), pp. 1076-1083.
- Weineck, J. (1997). *Manuel d'entrainement*. Allemagne: vigot.
- Widrick, J., Stelzer, J., Shoepe, T., & Garner, D. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology*, 283(2), R408-416.
- Wilmore, J., & Costill, D. (2006). *Physiologie du sport et de l'exercice: Adaptations physiologiques à l'exercice physique*. France: Boeck.

- Winter, C., & Pfeiffer, M. (2015). Tactical metrics that discriminate winning, drawing and losing teams in UEFA Euro 2012®. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 486-492.
- Yakoub, B. (2022). thèse de doctorat "Étude comparative entre l'intermittent court et l'intermittent moyen sur le temps limite VMA, la résistance à la vitesse RSA et la vitesse de récupération chez les handballeurs U17". alger: université Alger 3.
- Yiannakos, A., & Armatas, V. (2006, juin). Evaluation of the goal scoring patterns in European Championship in Portugal 2004. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 6(1), pp. 178-188.
- Young, W., & Farrow, D. (2006). A Review of Agility: Practical Applications for Strength and Conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 28(5), 24-29.
- Zatsiorsky, V. M., & Spivak, M. (1966). Les qualités physiques du sportif : (bases de la théorie et de la méthodique de l'éducation). Russie : Culture Physique et Sport.

### Références en arabes :

- 1.منصوري عبدالله، (2019)، أطروحة دكتوراه: دراسة مقارنة بين طريقتي التدريب المتقطع طويل والمتقطع قصير و أثرهما على كل من السرعة الهوائية القصوى كالقوة المميزة بالسرعة للاعبين كرة القدم أكابر، جامعة الجزائر 3، الجزائر
- 2.صدوقي بلال، (2021)، أطروحة دكتوراه: تأثير التدريب المتقطع والتدريب بالألعاب المصغرة على السرعة الهوائية القصوى والسرعة الحركية لدى لاعبي كرة القدم ، جامعة الجزائر 3، الجزائر

# **Annexes**

# **Annexe 1 : le programme d'entraînement**

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
INSTITUT D'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE – DELLY IBRAHIM  
UNIVERSITE ALGER 3



EVALUATION ET JUGEMENT DU PROGRAMME D'ENTRAINEMENT

Ce programme d'entraînement est destiné aux enseignants universitaires et préparateurs physique en Algérie

Monsieur ;

Nous vous saurions gré de nous prêter main forte en jugeant le contenu de ce programme d'entraînement.

Cette collaboration va nous aider à préparer une thèse de doctorat intitulée :

**L'impact de l'entraînement intermittent sur le développement de la VMA et la puissance musculaire chez les footballeurs algériens des U21 (cas CRB)**

Etudiant chercheur :

NOUADRI AYMAN

Encadreur :

Pr HADJIDJ MOULOUD

Nous remercions tous les gens de terrain qui vont contribuer à la réalisation pratique de cette recherche.

Nom et prénom : .....

Grade/diplôme d'étude : .....

Années d'expériences : .....

## Programme d'entraînement avec la méthode intermittente course/course en 10'' de travail / 20'' de récupération

Séance	Microcycle	Objectif du microcycle	Intensité des exercices	RPE planifié	Typologie des exercices	Type de récupération entre les répétitions	Intensité de la récupération	Nombre de bloc et durée	Type de récupération entre les blocs	Durée de récupération entre les blocs
1	1	Capacité aérobie	55% VIFT	2	10''/20''	Actif	40% VIFT	3 * 8'	Actif	2'
2			60% VIFT	2	10''/20''	Actif	45% VIFT	3 * 9'	Actif	2'
3	2	Capacité aérobie	65% VIFT	3	10''/20''	Actif	50% VIFT	3 * 10'	Actif	2'
4			70% VIFT	3	10''/20''	Actif	55% VIFT	3 * 12'	Actif	2'30''
5	3	Puissance aérobie	75% VIFT	3	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
6			75% VIFT	3	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
7	4	Puissance aérobie	80% VIFT	4	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
8			85% VIFT	4	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
9	5	Puissance maximale aérobie	90% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	3 * 6'	Actif	3'
10			95% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	3 * 7'	Actif	3'30''
11	6	Puissance maximale aérobie	100% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	2 * 8'	Actif	4'
12			100% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	2 * 9'	Actif	4'30''
13	7	Capacité a répété des sprint	105% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	2 * 4'	Passif	4'
14			110% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	2 * 4'30''	Passif	4'30''
15	8	Affutage	100% VIFT	3	10''/20''	Passif	0	1 * 8'	Actif	4'
16			100% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	1 * 8'	Actif	4'

Le programme d'entraînement est basé sur une course, sans ballon.

## Les observations des spécialistes

### 1- Le choix des exercices :

.....  
.....  
.....  
.....

### 2- L'intensité des exercices :

.....  
.....  
.....  
.....

### 3- RPE planifié :

.....  
.....  
.....  
.....

### 4- La récupération entre les répétitions et les blocs :

.....  
.....  
.....  
.....

### 5- La dynamique et la variabilité de la charge d'entraînement :

.....  
.....  
.....  
.....

### 6- D'autres propositions :

.....  
.....  
.....

Signature

## Programme d'entraînement avec la méthode intermittente brandissement/course en 10'' de travail / 20'' de récupération

Séance	Microcycle	Objectif du microcycle	Intensité des exercices	RPE planifié	Typologie des exercices	Type de récupération entre les répétitions	Intensité de la récupération	Nombre de bloc et durée	Type de récupération entre les blocs	Durée de récupération entre les blocs
1	1	Capacité aérobie	55% VIFT	2	10''/20''	Actif	40% VIFT	3 * 8'	Actif	2'
2			60% VIFT	2	10''/20''	Actif	45% VIFT	3 * 9'	Actif	2'
3	2	Capacité aérobie	65% VIFT	3	10''/20''	Actif	50% VIFT	3 * 10'	Actif	2'
4			70% VIFT	3	10''/20''	Actif	55% VIFT	3 * 12'	Actif	2'30''
5	3	Puissance aérobie	75% VIFT	3	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
6			75% VIFT	3	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
7	4	Puissance aérobie	80% VIFT	4	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
8			85% VIFT	4	10''/20''	Actif	60% VIFT	2 * 12'	Actif	4'
9	5	Puissance maximale aérobie	90% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	3 * 6'	Actif	3'
10			95% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	3 * 7'	Actif	3'30''
11	6	Puissance maximale aérobie	100% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	2 * 8'	Actif	4'
12			100% VIFT	5	10''/20''	Passif	0	2 * 9'	Actif	4'30''
13	7	Capacité a répété des sprint	105% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	2 * 4'	Passif	4'
14			110% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	2 * 4'30''	Passif	4'30''
15	8	Affutage	100% VIFT	3	10''/20''	Passif	0	1 * 8'	Actif	4'
16			100% VIFT	4	10''/20''	Passif	0	1 * 8'	Actif	4'

Le programme d'entraînement est basé sur des bondissements et course, sans ballon.

# **Annexe 2 : les résultats bruts de notre recherche**

		Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		t	ddl	Sig. (bilatéral)
					Inférieur	Supérieur			
Paire 1	vift_av_exp1 - vift_apr_exp1	-1.05000	.28382	.08975	-1.25303	-.84697	-11.699	9	.000
Paire 2	vift_av_exp2 - vift_apr_exp2	-.65000	.47434	.15000	-.98932	-.31068	-4.333	9	.002
Paire 3	vma_av_exp1 - vma_apr_exp1	-1.25000	.26352	.08333	-1.43851	-1.06149	-15.000	9	.000
Paire 4	vma_av_exp2 - vma_apr_exp2	-1.15000	.47434	.15000	-1.48932	-.81068	-7.667	9	.000
Paire 5	cmj_av_exp1 - cmj_apr_exp1	-2.12400	.51288	.16219	-2.49089	-1.75711	-13.096	9	.000
Paire 6	cmj_av_exp2 - cmj_apr_exp2	-1.42700	.54866	.17350	-1.81948	-1.03452	-8.225	9	.000
Paire 7	puissance_cmj_av_exp1 - puissance_cmj_apr_exp 1	-153.122200	59.211336	18.724269	-195.479438	-110.764962	-8.178	9	.000
Paire 8	puissance_cmj_av_exp2 - puissance_cmj_apr_exp 2	-119.023000	63.246613	20.000335	-164.266902	-73.779098	-5.951	9	.000
Paire 9	puissance_sprint_av_exp 1 - puissance_sprint_apr_ex p1	-87.427000	68.294056	21.596477	-136.281625	-38.572375	-4.048	9	.003
Paire 10	puissance_sprint_av_exp 2 - puissance_sprint_apr_ex p2	-48.471900	73.183752	23.142734	-100.824403	3.880603	-2.094	9	.066
Paire 11	sprint30m_av_exp1 - sprint30m_apr_exp1	.16600	.10102	.03194	.09374	.23826	5.197	9	.001
Paire 12	sprint30m_av_exp2 - sprint30m_apr_exp2	.12000	.08485	.02683	.05930	.18070	4.472	9	.002

### Test des échantillons appariés

		Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		t	ddl	Sig. (bilatéral)
					Inférieur	Supérieur			
Paire 1	age_exp1 - age_exp2	.00000	.23570	.07454	-.16861	.16861	.000	9	1.000
Paire 2	poids_exp1 - poids_exp2	.18000	6.21160	1.96428	-4.26351	4.62351	.092	9	.929
Paire 3	taille_exp1 - taille_exp2	1.50000	5.83571	1.84541	-2.67462	5.67462	.813	9	.437
Paire 4	masse_grasse_exp1 - masse_grasse_exp2	.12000	.61246	.19368	-.31813	.55813	.620	9	.551
Paire 5	année_pratique_exp1 - année_pratique_exp2	-.30000	1.82878	.57831	-1.60823	1.00823	-.519	9	.616
Paire 6	vift_av_exp1 - vift_av_exp2	.30000	1.03280	.32660	-.43882	1.03882	.919	9	.382
Paire 7	vma_av_exp1 - vma_av_exp2	.05000	1.06589	.33706	-.71249	.81249	.148	9	.885
Paire 8	cmj_av_exp1 - cmj_av_exp2	.04400	2.39271	.75664	-1.66764	1.75564	.058	9	.955
Paire 9	puissance_cmj_av_exp1 - puissance_cmj_av_exp2	-2.595000	325.707008	102.997600	-235.591758	230.401758	-.025	9	.980
Paire 10	puissance_sprint_av_exp 1 - puissance_sprint_av_exp 2	18.182200	294.329898	93.075286	-192.368725	228.733125	.195	9	.849
Paire 11	sprint30m_av_exp1 - sprint30m_av_exp2	-.07400	.27200	.08601	-.26857	.12057	-.860	9	.412

# **Annexe 3 : l'article scientifique**



**Etude comparative entre l'impact de l'entraînement intermittent combiné et l'intermittent course-course avec changement de direction sur la VMA et la puissance horizontale chez les footballeurs des U21 (cas CR BELOUZDAD)**

**Comparative study between the impacts of combined intermittent training and intermittent running-running with change of direction on the MAS and horizontal power for footballers of U21 (case CR BELOUZDAD)**

Nouadri Ayman<sup>1</sup>, Hadjidj Mouloud<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des sciences de l'activité physique, université Alger 3

[nouadri.aymen@univ-alger3.dz](mailto:nouadri.aymen@univ-alger3.dz)

<sup>2</sup>Laboratoire des sciences de l'activité physique, université Alger 3

[hadjidj.mouloud@univ-alger3.dz](mailto:hadjidj.mouloud@univ-alger3.dz)

Reçu : 15/02/2023

Accepté : 13/06/2023

Publié : 24 /07/2023

**Résumé :**

L'objectif de cette étude est de comparer l'impact de l'entraînement intermittent combiné 10sec/20sec (brandissement-course linéaire) et l'entraînement intermittent 10sec/20sec course-course avec changement de direction sur la vitesse maximale aérobie et la puissance horizontale des membres inférieurs, 20 joueurs de football âgés de 19,80ans ± 0,25 ont participé à cette étude, deux groupes ont été constitués : un groupe 10sec/20sec bondissement, course linéaire (gr exp1) et un groupe 10sec/20sec course, course avec des changements de direction (gr exp2), Les joueurs ont réalisé une batterie de test avant et après l'application du programme d'entraînement, après le traitement statistique on nous a constaté une amélioration des variables étudiées (VMA, puissance musculaire) dû à l'application du programme sans aucune différence significative on comparant les deux groupes

**Mots clés:** intermittent combiné ; intermittent course ; VMA; puissance maximale horizontale ; U21

**Abstract:**

The objective is to compare the impact of combined intermittent training 10sec/20sec (linear running-jumping) and running-running intermittent training 10sec/20sec with change of direction on maximum aerobic speed and horizontal power. 20 football players aged 19.80 years ± 0.25 participated in this study, two groups of footballers were formed: 10sec/20sec group, jumping and linear running and a 10sec/20sec running group with changes of direction, The players carried out a test battery before and after the application of the training program, after the statistical treatment we saw an improvement in the variables studied due to program application without any significant difference comparing the two groups

**Keywords:** combined intermittent; intermittent running; MAS (maximum aerobic speed); horizontal maximal power; under 21

## Résumé :

**Nom :** Nouadri

**Prénom :** Ayman

**Thème : L'impact de l'entraînement intermittent sur le développement de la vitesse maximale aérobie et la puissance musculaire chez les footballeurs algériens des U21« Cas Chabab Riadhi Belouizdad »**

**Nature :** thèse de doctorat 3em cycle

**Spécialité :** préparation physique sportive

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact et de comparer deux méthodes d'entraînement intermittent : force-course et course-course, avec 10 secondes de travail suivies de 20 secondes de récupération active ou passive, sur le développement de la vitesse maximale aérobie (VMA) et de la puissance musculaire des membres inférieurs.

Vingt joueurs de football du club Chabab Riadhi Belouizdad (U21), évoluant en Division 1 professionnelle et s'entraînant régulièrement (en moyenne 5 séances par semaine, soit 9 heures d'entraînement), ont participé à cette étude. Ces joueurs étaient également engagés dans le championnat professionnel U21 d'Algérie. Ils ont été soumis à des tests anthropométriques et physiques (VMA, VIFT, puissance musculaire) avant et après l'application du programme d'entraînement.

Après le traitement statistique, une amélioration des variables étudiées a été constatée suite à l'application du programme, sans différence significative lors de la comparaison des deux groupes.

**Mots clés :** travail intermittent, la capacité physique spécifique d'un footballeur, l'approche physiologique du joueur de football, puissance musculaire, vitesse intermittent fitness test, football modern, caractéristiques morphologique en football, entraînement de haut niveau en football

**Promoteur :** Pr. Hadjidj Mouloud

## Abstract :

**First name:** Nouadri

**Second name :** Ayman

**Theme : The impact of intermittent training on the development of maximum aerobic speed and muscular power for Algerian U21 football players “Cas Chabab Riadhi Belouizdad”**

**Nature :** thesis of doctorat third cycle

**Spéciality :** sports physical preparation

The objective of this study is to determine the impact and comparison between two intermittent methods force-run and run-run, 10 seconds of work versus 20 seconds of active or passive recovery on the development of maximum aerobic speed and power of the lower limbs.

20 football players from the Chabab Riadhi Belouizdad club in the U21 category playing in the professional division 1, and who train regularly with an average of 5 sessions per week or 9 hours of training and committed to participating in the championship professional of Algeria U21, The participants underwent anthropometric and physical tests (MAS, VIFT, and muscular power) before and after the application of the training program.

After statistical analysis, we observed an improvement in the studied variables as a result of the program, with no significant difference when comparing the two groups.

**Keywords:** intermittent training, specific physical capacity of a footballer, physiological approach of the football player, muscle power, velocity intermittent fitness test, modern football, morphological characteristics in football, high level training in football

**Promoteur : Pr. Hadjidj Mouloud**

## الملخص:

الاسم: أيمن	اللقب: نوادري
<p>الموضوع: تأثير التدريب المتقطع على السرعة الهوائية القصوى و القوة العضلية لدى اللاعبين المحترفين تحت 21 سنة (عينة نادي شباب الرياضي بلوزداد)</p>	
<p>الطبيعة: أطروحة دكتوراه الطور الثالث</p> <p>التخصص: التحضير البدني الرياضي</p>	
<p>الهدف من هذه الدراسة هو تحديد التأثير والمقارنة بين طريقتين تدريب متقطع قوة-الجري والجري-الجري 10 ثوان من العمل مقابل 20 ثانية من الراحة النشطة أو السلبية على تطوير السرعة الهوائية القصوى والقوة العضلية للأطراف السفلية.</p> <p>20 لاعب كرة قدم من نادي الشباب الرياضي بلوزداد من فئة تحت 21 سنة يلعبون في القسم المحترف الاول، والذين يتدربون بانتظام بمتوسط 5 حصص في الأسبوع أو 9 ساعات من التدريب وملتزمون بالمشاركة في البطولة الاحترافية للجزائر تحت 21 سنة، خضعوا للاختبارات الجسمية والبدنية قبل وبعد تطبيق البرنامج التدريبي.</p> <p>وبعد المعالجة الإحصائية لاحظنا تحسناً في المتغيرات المدروسة نتيجة تطبيق البرنامج دون أي فرق معنوي عند المقارنة بين المجموعتين.</p>	
<p>الكلمات الرئيسية: التدريب المتقطع، القدرة البدنية المحددة للاعب كرة القدم، النهج الفسيولوجي للاعب كرة القدم ، السرعة المتقطعة لاختبار اللياقة، القوة العضلية، كرة القدم الحديثة، الخصائص المورفولوجية عند لاعبي كرة القدم، التدريب الحديث في كرة القدم</p>	
<p>المشرف: الأستاذ حجيج مولود</p>	