



HAL
open science

L'entraînement du préparateur physique chez des jeunes joueurs marocains de football en formation pour accéder au contrat professionnel

Thomas Pavillon

► To cite this version:

Thomas Pavillon. L'entraînement du préparateur physique chez des jeunes joueurs marocains de football en formation pour accéder au contrat professionnel. Education. Normandie Université, 2018. Français. NNT : 2018NORMR121 . tel-04357167

HAL Id: tel-04357167

<https://theses.hal.science/tel-04357167>

Submitted on 21 Dec 2023

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

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



Normandie Université

THÈSE

Pour obtenir le diplôme de doctorat

Spécialité STAPS

Préparée au sein de « Université de Rouen Normandie »

**L'ENTRAÎNEMENT DU PRÉPARATEUR PHYSIQUE CHEZ DES JEUNES JOUEURS
MAROCAINS DE FOOTBALL EN FORMATION POUR ACCÉDER
AU CONTRAT PROFESSIONNEL**

**Présentée et soutenue par
Thomas PAVILLON**

**Thèse soutenue publiquement le 20 Décembre 2018
devant le jury composé de**

| | | |
|---------------------|----------------------------|------------|
| Mr Omar Zanna | PU, Université du Mans | Rapporteur |
| Mr Hassane Zouhal | PU, Université de Rennes 2 | Rapporteur |
| Mr Olivier Sirost | PU, Université de Rouen | Examineur |
| Mr Maxime Lhermette | Dr, Université de Rouen | Examineur |

Thèse dirigée par Pr Claire TOURNY, laboratoire CETAPS EA3832



Résumé

Le football est en constant développement, la détection, le développement de jeunes talents sont devenus des priorités stratégiques et économiques pour les clubs et les fédérations. Les structures proposant un entraînement de football pour l'enfant se développent et sont de plus en plus nombreuses : les sections sport études, les centres de préformation, les centres de formation et les académies permettent aux jeunes de poursuivre leur passion et/ou leur rêve de haut niveau. Néanmoins, il est important de se rappeler que le développement du jeune ne peut être assimilé à celui de l'adulte et du joueur professionnel : « L'enfant est un petit d'homme et non pas un petit homme » (Jean Jacques Rousseau). Le contenu de l'entraînement se doit de respecter des principes adaptés à leur âge et à leur niveau. Mais quels contenus ?

La présente thèse a pour objectif principal de déterminer l'impact de six ans d'entraînement physique dans la stratégie technico-tactique sur des jeunes joueurs de football en formation pour accéder au haut niveau. D'apporter une revue de littérature complète sur l'ensemble des indicateurs de la performance et de la vitesse du joueur de football en formation, ainsi que sur les différents facteurs d'influence. Dans un second temps, l'objectif de cette thèse consiste à étudier l'influence d'un programme d'entraînement de deux types de travail de vitesse et d'analyser leur impact sur la vitesse de démarrage et les premiers mètres (0 à 10 mètres) appliquée à des joueurs de football marocains âgés de 12-17 ans (ETUDE 1). Ensuite nous avons analysé l'impact des différentes étapes évolutives des qualités physiques et de ces performances sur les compétences techniques et tactiques dans la performance du football (ETUDE 2). L'ETUDE 3 a permis d'étudier sur la façon dont la performance s'améliore chez les jeunes footballeurs d'élite marocains pendant six saisons de football (12 à 17 ans) liées à l'évolution des caractéristiques anthropométriques et des qualités physiques. Les résultats de cette troisième étude ont permis d'établir, pour la première fois en Afrique : le profil du jeune joueur de football nord-africain de 17 ans (U18). Pour finir, en complément, une étude clinique (ETUDE 4), durant six saisons de la préformation à la formation sur de jeunes apprentis footballeurs (U12 à U17), propose un constat, un bilan et des perspectives du projet de formation footballistique. Ainsi quels contenus les jeunes footballeurs de l'Académie ont réalisés durant les six de formation, en préformation (U12-U15) et formation (U16-U17) et quels sont les perspectives d'implication pratique pour le footballeur nord-africain ?

En conclusion, la connaissance des besoins des joueurs de football lors des périodes de formation (U12-U18 ans) est cruciale pour les formateurs et entraîneurs afin qu'ils puissent adapter les stratégies adéquates dans le but de former les futures joueur élites de demain et pour maintenir leur équipe la plus performante.

Summary

Football is in constant development, detection, the development of young talents have become strategic and economic priorities for clubs and federations. The structures offering a football training for the child are developing and are becoming more numerous: sports studies sections, pre-training centers, training centers and academies allow young people to pursue their passion and / or their dream high level. Nevertheless, it is important to remember that the development of the young can not be assimilated to that of the adult and the professional player: "The child is a little man and not a little man" (Jean Jacques Rousseau). The content of the training must respect principles adapted to their age and level. But what content ?

The main aim of this thesis is to determine the impact of six years of physical training in the technical-tactical strategy on young football players in training to reach the highest level. To provide a complete literature review on all indicators of the performance and speed of the football player in training, as well as on the various influencing factors. In a second step, the objective of this thesis is to study the influence of a training program of two types of work of speed and to analyze their impact on the speed of starting and the first meters (0 to 10 meters) applied to Moroccan football players aged 12-17 (STUDY 1). Then we analyzed the impact of the different evolutionary stages of physical qualities and performances on technical and tactical skills in the performance of football (STUDY 2). STUDY 3 examined how performance improves among young Moroccan elite footballers in six football seasons (12-17 years) related to changes in anthropometric characteristics and physical qualities. The results of this third study have established, for the first time in Africa: the profile of the young 17-year-old North African football player (U18). Finally, in addition, a clinical study (STUDY 4), during six seasons of training preformation on young apprentice footballers (U12 to U17), offers a report, a review and prospects of the football training project. So, what content did the young footballers of the Academy make during the six training, pre-training (U12-U15) and training (U16-U17) and what are the prospects of practical involvement for the North African footballer ?

In conclusion, the knowledge of the needs of football players during training periods (U12-U18 years) is crucial for trainers and coaches so that they can adapt the appropriate strategies in order to train future elite players of tomorrow and to keep their team the most efficient.

« Si on veut obtenir quelque chose que l'on n'a jamais eu, il faut tenter quelque chose que l'on n'a jamais fait » **Périclès**

« Fais de ta vie un rêve, et de ton rêve, une réalité » **Antoine de Saint-Exupéry**

« La vraie richesse est de ne rien attendre des autres, la vraie liberté est de ne rien devoir à personne » **Yasmina Khadra**

« Pour faire de grandes choses, il ne faut pas être un si grand génie, il ne faut pas être au-dessus des hommes, il faut être avec eux » **Montesquieu (Pensées)**

« Ne vous découragez pas, c'est souvent la dernière clef du trousseau qui ouvre la porte » **Paulo Coelho**

« Les batailles de la vie ne sont pas gagnées par les plus forts, ... ni par les plus rapides, ... mais par ceux qui n'abandonnent jamais » **Hassan II**

*À ma très chère femme France,
À mes très chers fils Antoine et Leo*

REMERCIEMENTS

A Madame le Professeur Claire TOURNY,

Je vous remercie sincèrement de votre disponibilité, votre confiance, votre patience, vos encouragements dans cette aventure humaine, sportive et universitaire durant ces années de recherches expérimentales depuis mon master. Merci de m'avoir guidé et orienté grâce à vos conseils, vos réflexions, votre expertise et vos connaissances scientifiques et footballistiques. Vous m'avez fait découvrir les exigences de la recherche. Soyez assuré de ma reconnaissance.

A Messieurs, Olivier SIROST et Maxime L'HERMETTE

Je vous remercie de m'avoir orienté dans l'exploitation des données des études. Je vous remercie d'avoir été conseiller lors de l'une des expérimentations. Chacune de nos discussions a été source d'apprentissage par votre sens de la recherche, de l'innovation et la cohérence de vos pensées. Vos conseils et réflexions sont toujours très enrichissants.

A Messieurs les Professeurs Said Ahmaidi, Hassane ZOUHAL et Omar ZANNA

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse. A travers vos expertises et connaissances scientifiques, votre présence au sein de ce jury est un honneur. Votre renommée dans le milieu de la recherche et dans le monde de l'entraînement vous confère toute ma considération et mon estime.

A l'Académie Mohammed VI de Football,

Je remercie le président, le conseil de pilotage et son directeur de m'avoir permis d'exercer mon métier avec passion, plaisir et professionnalisme. Ma présence au sein de cette institution de son ouverture en septembre 2009 à juin 2018 a été un honneur.

A Monsieur Nasser LARGUET,

Je vous remercie infiniment de votre écoute, vos conseils et de votre sagesse depuis notre première rencontre et le début de notre collaboration professionnelle. Votre enthousiasme, votre connaissance à la fois pratique et théorique, votre dynamisme et votre simplicité constituent pour moi un exemple à suivre. Merci d'avoir attiré mon attention sur l'importance de la recherche dans l'entraînement spécifique au football. Je vous serai toujours reconnaissant de m'avoir orienté dans le monde du football professionnel.

REMERCIEMENTS

A Monsieur Loïc BORIE,

Je te remercie ainsi que ta structure pour ta collaboration et me permettre de découvrir et d'utiliser les nouvelles technologies d'entraînement. Chacune de nos discussions a été source d'apprentissage par ton sens de la recherche, de l'innovation et la cohérence de tes pensées. Ta réactivité, ta passion font de toi et le CRESS-sport, les leaders. De futures collaborations nous attendent.

Au Docteur Jean-Christophe AUFFRET,

Je te remercie de ton aide, ton soutien, tes encouragements depuis notre rencontre et collaboration au Havre Athlétique Club de Football. Ta renommée dans le milieu de la médecine urgentiste et sportive, ton expérience, ton analyse, tes idées, ta curiosité et ta passion pour la performance sportive de haut niveau, ont été des échanges essentiels dans ma recherche du haut niveau de performance. Reçois toute mon estime « doki ».

A l'ensemble des sujets ayant participé à mon expérimentation. Ces jeunes ont toute ma gratitude et mon respect pour leurs investissements, leurs bonnes humeurs, leurs ponctualités, leurs sérieux, leurs courages et leurs efforts physiques, sans lesquels cette thèse n'existerait pas. Vous étiez des sujets parfaits. Je vous donne rendez-vous pour de nouveaux protocoles d'études !

A Antoine LEQUERE

Je te remercie de ton écoute, ton avis critique, ton enthousiasme, ton soutien et encouragements. Ta renommée dans le milieu de la recherche, ton expertise, ton perfectionnisme, tes connaissances universitaires et scientifiques ont été une présence essentielle à la réalisation de cette thèse. Reçois toute ma considération et mon estime.

A Nour L., Je vous remercie pour l'aide, réactivité et encouragements lors de mes démarches de mise en place du projet Master 2. Vous êtes le « starter » de cette belle aventure humaine.

A ma famille

A ma femme France, mes fils Antoine et Leo. Votre présence, votre patience et soutien m'ont été et me seront toujours indispensables.

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|----------------------|---|
| ANOVA | Analyse de la variance |
| Acc | Accélérations |
| AL | Arrière latéral |
| ATT | Attaquant |
| CDD | Changement de direction |
| CMJ | Contre mouvement jump |
| cm | Centimètres |
| DC | Défenseur central |
| Dec | Décélérations |
| DTP | Distances totales parcourues |
| E : R | Ratio « effort/récupération » |
| FC | Fréquence cardiaque |
| FCmax | Fréquence cardiaque maximale |
| GC | Groupe control |
| GE | Groupe expérimental |
| GPS | Global positioning system |
| h | Heure |
| HF | Hautes fréquences |
| HI | Hautes intensités |
| HIT | Exercices à haute intensité |
| kg | Kilogrammes |
| km | Kilomètres |
| L | Litres |
| m | Mètres |
| MC | Milieu central |
| MDC | Milieu défensif central |
| ME | Milieu excentré |
| MI | Moyennes intensités |
| min | Minute |
| mmol | Milimoles |
| MOC | Milieu offensif central |
| N | Nombre de participant |
| O ₂ | Oxygène |
| <i>P</i> | Seuil de signification |
| PP : | Phase de préparation |
| <i>r</i> : | Coefficient de corrélation de <i>Pearson</i> |
| RPE | Rate of perceived exertion (= fatigue perçue) |
| RSA | Repeated sprint ability |
| SJ | Squat jump |
| s | Secondes |
| SD | Standard deviation (= écart type) |
| SSG | Small sided games (= jeux réduits) |
| THI | Très haute intensité |
| VO ₂ | Consommation d'oxygène |
| VO ₂ max | Débit maximal d'oxygène |
| %VO ₂ max | Pourcentage de VO ₂ max |
| 1RM | Charge maximale soulevée une fois |
| < | Inférieur à |
| ≤ | Inférieur ou égal à |
| > | Supérieur à |
| ≥ | Supérieur ou égal |

LISTE DES TABLEAUX :

- Tableau 1. Synthèse des études analysant les matchs entre 1962-1990.
- Tableau 2. Différentes catégories de vitesses pour l'analyse de l'activité physique du joueur de football.
- Tableau 3. Exemple de rapport d'accélération (en vert) /décélération (en rouge) à haute intensité lors d'un match de Ligue 1.
- Tableau 4. Profil du footballeur de haut niveau en Europe (d'après Fifa, 2010).
- Tableau 5. Comparaison de la distance totale parcourue à différentes intensités de course en fonction du poste de jeu en mètre (m).
- Tableau 6. Distance totale couverte en situations offensives et défensives à différentes intensités de course en mètres (m) (d'après Dellal et al., 2010).
- Tableau 7. Comparaison des caractéristiques Physiques entre les matchs professionnels disputés en Première Ligue Anglaise et Espagnole (Dellal. A et al 2011a).
- Tableau 8. Comparaison des caractéristiques physiques et techniques entre les matchs professionnels de Première Ligue Espagnole (La Liga) et Anglaise (FAPL). (Dellal.A et al 2011a).
- Tableau 9. Performances athlétiques en match de football en fonction du poste de jeu en 2016.
- Tableau 10. Comparaison de la distance totale moyenne parcourue en sprint durant chaque mi-temps (m) (Burgess et al, 2006).
- Tableau 11. Distance totale parcourue aux différentes allures, selon le poste occupé et le niveau, d'après Verheijen (1998).
- Tableau 12. Comparaison de la distance totale moyenne parcourue en sprint durant chaque mi-temps (m) en fonction du système de jeu utilisé (Burgess et al, 2006).
- Tableau 13. Statistiques des 10 joueurs de champ d'Auxerre du 22/09/2017 contre Valenciennes, Ligue 2 Française (d'après Datawrapper, 2017).
- Tableau 14. Nombre de sprint réalisé en match en fonction des postes (Vigne. G et al 2010).
- Tableau 15. Présentation de la partie sprint du tableau intitulé « Performance Physique réalisée en Première Ligue Anglaise » (Bradley P S et al 2009).
- Tableau 16. Tests de terrain continus.
- Tableau 17. Tests de terrain intermittents.
- Tableau 18. Synthèses des performances Tests en CMJ et SJ de footballeurs réalisés par Stolen et al, 2005.
- Tableau 19. Les joueurs les plus rapides au Real Madrid, saison 2016-2017 (31 mars 2017, LFP Espagnol).
- Tableau 20. Les 10 joueurs les plus rapides de Premier League, saison 2017-2018 (1 octobre 2017, Opta Angleterre).
- Tableau 21. Performance en sprint pour des footballeurs selon différents auteurs (s).
- Tableau 22. Temps (S), Distance (m) moyens obtenus en match dans chaque catégorie d'accélération (moyenne \pm SD). Osgnach et al (2010).
- Tableau 23. Nombre de rotation et de changement de direction lors d'un match en regard des positions de jeu (Bloomfield. J et al 2007).
- Tableau 24. Répartition (en %) des contenus en formation (D'après Turpin, 1995).
- Tableau 25. Résumé sur la durée et le temps annuel de formation du joueur de haut niveau (d'après Larguet, 1999).
- Tableau 26. Caractéristiques physiques des sujets GSV = groupe sprint varié ; GSN = groupe sprint navette.

- Tableau 27. Séance d'entraînement de football hebdomadaire des jeunes joueurs durant l'expérimentation.
- Tableau 28. Résultats des tests des GSV et GSN.
- Tableau 29. Moyenne des tests des 2 groupes : GSV et GSN (NS : $p < 0,05$).
- Tableau 30. Caractéristiques physiques des sujets. GSV = groupe sprint varié ; GSN* = groupe sprint navette.
- Tableau 31. Evolution des caractéristiques morphologiques des 55 joueurs de T0 à T3.
- Tableau 32. Evolution des changements de performance des 55 joueurs.
- Tableau 33. Semaine type d'entraînement durant une saison.
- Tableau 34. Contenus de la formation.
- Tableau 35. Score physique pour les deux groupes par an et par test.
- Tableau 36. Caractéristiques des joueurs en formation pendant 5 ans des G1 et G2.
- Tableau 37. Effet de l'entraînement de 5 ans de G1 contre G2.
- Tableau 38. Caractéristiques anthropométriques des joueurs de football.
- Tableau 39. Semaine type d'entraînement durant une saison (a) et les caractéristiques des sujets pendant six ans (b).
- Tableau 40. Caractéristiques anthropométriques des joueurs de football pendant 6 ans (12 à 17 ans) (a). Effet de 6 années d'entraînement de 16 joueurs (b). Résultats bruts de performance de GE et GN sur 6 ans (c).
- Tableau 41. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons.
- Tableau 42. Les qualités physiques (en %) développées chez les jeunes joueurs marocains.

LISTE DES FIGURES :

- Figure 1. Profil de l'équipe et des joueurs de football de haut niveau (d'après Fifa, 2012).
- Figure 2. Répartition des efforts à haute intensité (%).
- Figure 3. Répartition des récupérations (%).
- Figure 4. Valeur physique du joueur de football.
- Figure 5. Exemple de rapport athlétique d'un match de Ligue 1.
- Figure 6. Position de jeu d'après Di Salvo et al, 2007.
- Figure 7. Distance totale parcourue en sprint ($> 24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) en fonction de la mi-temps selon différents auteurs (m).
- Figure 8. Représentation de trois dispositifs tactiques les plus utilisés en football moderne.
- Figure 9. Facteurs de développement de la vitesse.
- Figure 10. Test Intermittent de Performance Spécifique en Football (TIPS-FB).
- Figure 11. La navette-australienne.
- Figure 12. La ligne de temps de l'expérience.
- Figure 13. Le protocole d'entraînement : GSV.
- Figure 14. Le protocole d'entraînement : GSN.
- Figure 15. Valeurs obtenues de GSV et GSN sur le CMJ.
- Figure 16. Valeurs obtenues sur le 20 m rectiligne.
- Figure 17. Valeurs obtenues sur le 20 m slalom.
- Figure 18. Valeurs obtenues sur le 20 m football.
- Figure 19. La ligne de temps de l'expérience.
- Figure 20. Test vitesse slalom 20 m.
- Figure 21. Valeurs obtenues du GSV et GSN sur la vitesse.
- Figure 22. Valeurs obtenues du GSV et GSN sur le CMJ.
- Figure 23. Valeurs obtenues du GSV et GSN sur la VMA.
- Figure 24. Valeurs obtenues (m) du GSV et GSN sur la navette-Australienne.
- Figure 25. Valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur la navette-Australienne.
- Figure 26. Valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur le TIPS.

Figure 27. Valeurs obtenues (en litre/kg) du GSV et GSN sur le test spiromètre.

Figure 28. Valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur le test spiromètre.

Figure 29. Données descriptives (données moyennes par âge, scores moyens avec barres de dispersion) obtenues à partir de groupes de jeunes footballeurs masculins (G1, carrés et traits pleins) et (G2, carrés et lignes pointillées) enregistrées pendant 5 années consécutives pour l'anthropométrie (A. Taille = taille du corps, B. Poids = masse corporelle). Les différences entre 2 groupes pour un âge particulier sont indiquées (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).

Figure 30. Les données descriptives obtenu pendant 5 ans consécutif pour les variables de performance physique (A. SP10, B. SP20 et C. SP30 = sprint 10, 20, 30 m). Différences entre 2 groupes * $p < 0,05$.

Figure 31. Les données descriptives obtenu pendant 5 ans consécutif pour les variables de performance physique (A. CMJ = counter movement jump, B. VMA = vitesse maximale aérobie). Différences entre 2 groupes * $p < 0,05$.

Figure 32. Tests : 4 sessions par an pendant 6 ans.

Figure 33. Valeurs moyennes (M) pour la taille (a), le poids (b) et IMC (c). Evolution dans le temps du sprint de 10 m (d) dans un sprint de 20 m (e). Valeurs moyennes (M) pour CMJ (f) et VMA (g).

Figure 34. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons (préformation et formation).

Figure 35. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons.

LISTE DES PHOTOS :

Photos 1 et 2. Butte pour travailler la vitesse en côte.

Photos 3. Système de mesure de la vitesse (Smart Speed) et de le détente (Smart Jump).

Photo 4. Fit Light Trainer : système pour optimiser l'entraînement.

Photo 5. Test de CMJ.

Photo 6 et 7. Test de vitesse 20 m.

Photo 8. Test de vitesse en slalom 20 m.

Photo 9 et 10. Test spécifique football.

Photo 11. Sprint varié (SV).

Photo 12. Sprint navette (S).

SOMMAIRE

| | |
|--|-------------|
| INTRODUCTION | p 14 |
| PARTIE I. LITTERATURE | p 16 |
| CHAPITRE I. EVOLUTION DU FOOTBALL DE HAUT NIVEAU | p 16 |
| a) 1962 à 1990 | p 16 |
| b) 1990 à 2014 | p 17 |
| CHAPITRE II. PROFIL DES JOUEURS PAR POSTE | p 31 |
| CHAPITRE III. EVOLUTION TACTIQUE DU FOOTBALL | p 46 |
| CHAPITRE IV. EXIGENCES AU FOOTBALL ET PREPARATION PHYSIQUE | p 50 |
| a) Les tests athlétiques | p 50 |
| b) Qualités énergétiques : l'aérobie | p 54 |
| c) Qualités de force | p 54 |
| d) Qualités de proprioception | p 56 |
| e) Qualités d'agilité | p 57 |
| f) Qualités de vitesse | p 57 |
| CHAPITRE V. PREPARATION PHYSIQUE INDISPENSABLES ET INTEGREES | p 71 |
| a) Les jeux réduits : Small-Sided Games (SSG) | p 71 |
| b) Les tests spécifiques adaptés | p 71 |
| CHAPITRE VI. FORMATION DES JEUNES JOUEURS DE FOOTBALL | p 74 |
| PARTIE II. SYNTHESSES, PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES | p 78 |
| CHAPITRE VII. PROBLEMATIQUE GENERALE | p 79 |
| CHAPITRE VIII. ETUDE 1 : ANALYSE DES EFFETS DE DEUX FORMES D'ENTRAINEMENT EN SPRINTS, CHEZ DES JEUNES EN FORMATION, SUR L'AMELIORATION DE LA VITESSE DE DEMARRAGE DANS LA STRATEGIE TECHNICO-TACTIQUE | p 81 |
| Problématique générale | p 81 |
| Etude préliminaire | p 81 |
| a) Matériels et méthodes | p 81 |
| i) Sujets | p 81 |
| ii) Procédures expérimentales | p 82 |
| iii) Analyses statistiques | p 89 |
| b) Résultats | p 90 |
| c) Discussion et limites | p 94 |
| Etude expérimentale | p 95 |
| a) Matériels et méthodes | p 95 |
| i) Sujets | p 95 |
| ii) Procédures expérimentales | p 95 |
| iii) Analyses statistiques | p 100 |
| b) Résultats | p 100 |
| c) Discussion générale | p 106 |
| d) Conclusions et applications pratiques | p 109 |

| | |
|--|--------------|
| CHAPITRE IX. ETUDE 2 : ANALYSE DE L'ETUDE LONGITUDINALE DU POTENTIEL PHYSIQUE DE JOUEURS DE FOOTBALL ELITES MAROCAINS DE 13 A 17 ANS. | p 111 |
| a) Introduction | p 111 |
| b) Matériels et méthodes | p 112 |
| i) Sujets | p 112 |
| ii) Approbation éthique | p 112 |
| iii) Entraînement | p 112 |
| iv) Procédures expérimentales | p 113 |
| v) Analyses statistiques | p 115 |
| c) Résultats | p 115 |
| d) Discussion | p 122 |
| e) Conclusions et applications pratiques | p 125 |
| CHAPITRE X. ETUDE 3 : ANALYSE DU PROFIL PHYSIQUE DU JEUNE FOOTBALLEUR D'ELITE MAROCAIN AGES DE 12 A 17 ANS EN FORMATION. | p 127 |
| a) Introduction | p 127 |
| b) Matériels et méthodes | p 129 |
| i) Sujets | p 129 |
| ii) Procédures expérimentales | p 129 |
| c) Résultats | p 131 |
| d) Discussion | p 135 |
| e) Conclusions et applications pratiques | p 139 |
| CHAPITRE XI. ETUDE 4 : ANALYSE CLINIQUE DES CONTENUS DE FORMATION DES JEUNES FOOTBALLEURS MAROCAINS EN PREFORMATION ET EN FORMATION. | p 141 |
| a) Introduction | p 141 |
| b) Profil des joueurs analysés | p 143 |
| c) Bilan clinique | p 146 |
| d) Interprétation et discussion | p 150 |
| e) Conclusions et applications pratiques | p 151 |
| CHAPITRE XII. DISCUSSION GENERALE | p 153 |
| CHAPITRE XIII. CONCLUSION GENERALE | p 157 |
| BIBLIOGRAPHIE | p 158 |
| COMMUNICATIONS | p 158 |
| ANNEXES | p 171 |

INTRODUCTION

Le football moderne de haut niveau est une combinaison de technique, de vitesse et d'accélération. Ce football est conditionné par la vitesse de réflexion, de réaction et d'anticipation. Les actions de jeu mettent en évidence une grande réactivité et des temps d'actions très courts. La qualité de vitesse apporte l'intensité au jeu, et permet de faire la différence dans les actions décisives. Elle permet de réaliser des accélérations décisives, inattendues en favorisant des ruptures de rythmes et le déséquilibre chez les adversaires. En formation, cette qualité de réactivité est une priorité de travail et de recherche dès le plus jeune âge. Nous parlons alors d'un joueur qui a le potentiel de vitesse « mentale » ou de « réflexion ».

Le joueur de football doit être « vif » le plus longtemps possible durant l'intégralité d'un match. L'objectif principal est de pouvoir répéter des séries de sprints sans une baisse importante de performance. Le footballeur doit être capable d'effectuer et réaliser des actions spécifiques football comme un duel au sol, une passe ou un changement de direction, ceci le plus rapidement possible. Ces actions nécessitent des sprints avec la charge d'un adversaire, des courses en lignes droites, des courses en zigzag, des changements de direction avec des temps de récupérations aléatoires sur des surfaces de terrain différentes (synthétique, herbe, gras, sec). La capacité de démarrage est essentielle pour la réalisation et la performance de ces actions spécifiques. Le joueur effectue 4 à 5 % de sa distance totale parcourue pendant un match à une très haute intensité dont ~250 m de sprint et ~300 m de courses à haute intensité (Dellal, 2008). La capacité à répéter des sprints est un élément de plus en plus important dans la performance du footballeur (Brown et al, 2007 ; Lippi, 2007 ; Little et William, 2007).

En 2012, le profil de l'équipe de football de haut niveau sur la moyenne des distances, des intensités et du nombre de course par match sur les trois championnats européens (France, Angleterre, Allemagne) met en évidence l'importance de la capacité à réitérer des sprints à des vitesses comprises entre 21 et 24 km/h (**figure 1**). L'évolution physique du football est orientée vers des qualités indispensables et déterminantes comme la vivacité, la vélocité, le démarrage et l'accélération. Le football d'aujourd'hui et de demain réside dans le développement simultané et cohérent des qualités de vitesse et d'accélérations. L'approfondissement des connaissances permettant d'optimiser ou, au moins, d'améliorer la performance des joueurs en match est donc une démarche essentielle dans le contexte contemporain d'un football en perpétuelle évolution.

| Equipe | Moyenne +/- Écart Type |
|--|------------------------|
| Distance totale parcourue de l'ensemble de l'équipe (en m) | 115767 +/- 371 |
| Supérieur à 24 km/h (en m) | 2734 +/- 91 |
| 21-24 km/h (en m) | 3072 +/- 97 |
| Nombre de sprints de + 24 km/h | 123 +/- 4,24 |
| Nombre de sprints entre 21 et 24 km/h | 217,5 +/- 7,78 |

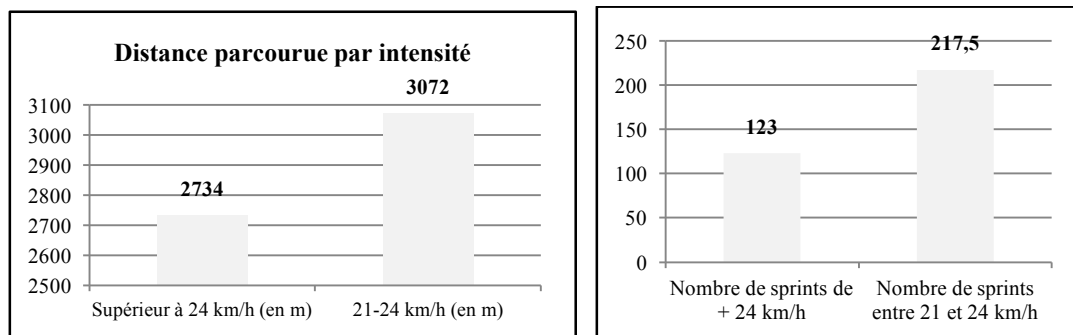


Figure 1. Profil de l'équipe et des joueurs de football de haut niveau (d'après Fifa, 2012).

Étant entraîneur formateur de football et responsable de la préparation athlétique du jeune joueur de haut niveau, je me dois de maîtriser toutes les données de la préparation athlétique et physique aux différents âges du joueur. La formation du joueur de haut niveau ne se fait pas à partir de 16-17 ans mais bien avant c'est à dire dès son arrivée à l'école de football soit à 8-9 ans. Je considère qu'en formation sportive il faut établir au même titre que dans le système de l'éducation nationale, une programmation qui tient compte des paramètres de croissance du jeune. L'objectif est d'obtenir une meilleure expression des différentes qualités indispensables pour le haut niveau. Ce paramètre est essentiel à mes yeux dans le processus de formation du futur joueur de haut niveau, j'ai donc cherché à mettre une expérimentation en place.

La présente thèse a pour objectif principal d'apporter une revue de littérature complète sur l'ensemble des indicateurs de la vitesse du joueur de football de haut-niveau. Dans un second temps, les objectifs sont i) d'étudier l'influence de deux types de travail de vitesse, et d'analyser leur impact sur les premiers mètres (0 à 10 mètres) dans la stratégie technico-tactique (ETUDE 1) ; ii) de montrer, grâce à des données longitudinales sur cinq années, les exigences physiques du jeune joueur en formation pour accéder au haut niveau (ETUDE 2) ; iii) d'établir le profil physique du jeune footballeur élite marocain âgés de 12 à 17 ans en formation (ETUDE 3). Et iv) de dresser un bilan, des constats et des perspectives des contenus d'entraînement en préformation et formation grâce à une étude clinique de six ans (ETUDE 4).

PARTIE I. LITTERATURE

CHAPITRE I. EVOLUTION DU FOOTBALL DE HAUT NIVEAU

a) 1962 à 1990

L'activité du footballeur peut être assimilée à une succession d'actions supra-maximales dites explosives, entrecoupées de nombreux temps de repos mis à profit pour récupérer. C'est une activité de type intermittent, faite de phases de déplacements rapides entrecoupées de périodes plus ou moins longues de récupération, le plus souvent actives. Le joueur de football réalise une multitude d'actions individuelles ou combinées. Il court, saute, tacle, frappe, passe et dribble. L'ensemble de ces gestes mobilise l'organisme dans sa totalité et de façon différenciée.

Le football de haut niveau met l'accent sur les problèmes technico-tactique et d'espace-temps. La notion de crise d'espace et de temps, est un paramètre à prendre avec une grande considération dans l'approche de l'entraînement. L'augmentation de la densité (bloc équipe compact sur 20 à 25 m) nécessite des joueurs plus rapides (vitesse de course, de réaction, de décision et d'exécution), plus forts dans les duels au sol et aérien (force physique et mentale) et capables de répéter les efforts dans le temps à hautes intensités (HI).

Les problèmes technico-tactiques ne peuvent être résolus que si l'on dispose de qualités physiques nécessaires et suffisantes à la réalisation de nos objectifs. Il ne peut y avoir de haut niveau sans qualités de vitesse, de vivacité, de puissance musculaire et d'endurance.

Les premières études dans le **tableau 1**, entre 1962 et 1990 ont essayé de montrer des évaluations en pourcentage des normes de vitesse de déplacement.

Dans la littérature, des catégories de vitesses prédéfinies pour mesurer l'intensité de l'activité, en match et à l'entraînement, distinguant les distances parcourues en : piétinant (0 à $0,7$ km.h⁻¹), marchant ($0,07$ à $7,2$ km.h⁻¹), trotinant ou courant à basse intensité (BI) ($7,2$ à $14,4$ km.h⁻¹), courant à intensité modérée ($14,4$ à $19,8$ km.h⁻¹), courant vite ou HI ($19,8$ à $25,2$ km.h⁻¹) et en sprintant (>7 m.s⁻¹ ou $>25,2$ km.h⁻¹) (Rampinini et al. 2007a). D'une étude à l'autre, piétiner, marcher et trotiner pouvaient être regroupés en une seule catégorie d'activités dite à « basse intensité » ($0-11$ km.h⁻¹) (Di Salvo et al, 2007). Les classifications des vitesses de HI et des sprints pouvaient avoir différentes limites (HI : $19,8$ à $23,4$ km.h⁻¹ ; sprint : $>23,4$ km.h⁻¹) (Di Salvo et al, 2007), ou être considérés quelque peu différemment en séparant les hautes ($>14,4$ km.h⁻¹) et très hautes intensités (THI) ($>19,8$ km.h⁻¹) (Rampinini et al, 2007a, 2009).

Tableau 1. Synthèse des études analysant les matchs entre 1962-1990.

| | |
|-------------------------|------------------------------------|
| WADE (1962) | 70 à 85 % vitesse et course lentes |
| | 15 à 30 % vitesse élevée |
| SALTIN (1973) | 50 % au trot |
| | 25 % intensité submaximale |
| | 25 % intensité maximale ou proche |
| REILLY et THOMAS (1976) | 22,8 % en marchant |
| | 37,5 % au rythme lent |
| | 20,6 % vitesse submaximale |
| | 10,7 % en sprint |
| BOEDA et Coll. (1984) | 50 % en activité lente |
| | 20 % en marche et course |
| | 30 % en course rapide |
| EKBLÖM (1986) | 50 à 70 % à base intensité |
| | 20 à 30 % à haute intensité |
| | 8 à 18 % à vitesse maximale |
| BOSCO (1990) | 70 % en marchant à vitesse modérée |
| | 20 % à vitesse submaximale |
| | 10 % à vitesse maximale |

b) 1990 à 2014

Les différentes catégories de vitesse rencontrées dans la littérature à cette période sont résumées dans le **tableau 2**.

Tableau 2. Différentes catégories de vitesses pour l'analyse de l'activité physique du joueur de football.

| Auteurs | En piétinant (km.h ⁻¹) | En marchant (km.h ⁻¹) | En trottinant (km.h ⁻¹) | Basse intensité (km.h ⁻¹) | Intensité modérée (km.h ⁻¹) | Haute intensité (km.h ⁻¹) | Très haute intensité (km.h ⁻¹) | En sprintant (km.h ⁻¹) |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|---|---|---------------------------------------|
| Mohr et al. (2003) | 0 | 6 | 8 | 12 | 15 | 18 | / | 30 |
| Di Salvo et al. (2007) | 0 à 11 | | | 11,1 à 14 | 14,1 à 19 | 19,1 à 23 | / | > 23 |
| Rampinini et al. (2007a) | / | / | / | / | / | > 14,4 | > 19,8 | > 25,2 |
| Rampinini et al. (2007b) | 0 à 0,7 | 0,7 à 7,2 | 7,2 à 14,4 | / | / | “En courant” 14,4 à 19,8 | “En courant vite” 19,8 à 25,2 | > 25,2 |
| Rampinini et al. (2009) | / | / | / | / | / | > 14 | > 19 | / |
| Bradley et al. (2009) | 0 à 0,6 | 0,7 à 7,1 | 7,2 à 14,3 | / | / | “En courant” 14,4 à 19,7 | “En courant à haute-vitesse” 19,8 à 25,1 | > 25,1 |
| Di Salvo et al. (2009) | < 7,2 | | < 14,4 | / | “En courant” < 19,8 | > 19,8 | / | > 25,2 |
| Vigne et al. (2010) | / | < 5 | 5 à 13 | “En dessous du seuil anaérobie” 13 à 16 | | “Au dessus du seuil anaérobie” 16 à 19 | | > 19 |
| Castellano et al. (2011b) | 0 à 11 | | | 11,1 à 14 | 14,1 à 17 | 17,1 à 21 | 21,1 à 24 | > 24 |

Le suivi de séquences de jeu d'attaque et de défense (répétitions et durée des actions) met en évidence une modélisation de l'effort en football : 75 % des enchaînements d'actions seraient inférieurs à 30 s, 52 % des temps de repos ont une durée de 15 s et 35 % des temps de jeu sont de 15 s (Montbaerts, 1991).

La synthèse des différents travaux, indique que le modèle empirique de l'effort au football serait des efforts de 15 à 30 m de sprint (4,4 s), 50 m de jogging (12 à 15 s) et 20 m de marche (20 s). Ce résultat respecte l'alternance des efforts et des poses du joueur en situation de jeu. Les courses sans ballon représentent près de 98% de la durée totale d'une rencontre (Reilly, Thomas et al, 1982).

Dans les années 1990 le joueur de haut niveau devait être capable de courir une distance comprise entre 8 et 13 km entrecoupée de pauses plus ou moins actives. On peut proportionnellement décomposer l'activité physique du joueur de haut niveau pendant un match à 25 % de marche (3,4 km), 37 % de jogging (3,2 km), 20 % de course intense (0,7 km), 11 % de sprint (3,2 km), et 7 % de course en arrière (0,2 km), (Bangsbo, 1994).

Le joueur de haut niveau doit avoir de bonnes bases physiologiques pour pouvoir exécuter des actions en discontinues à HI. Si durant 88 % du match l'activité du joueur est de type essentiellement aérobie, ce sont souvent les 12 % de type anaérobie qui fait la différence.

Par match, le nombre de sprints de 10-15 m est d'environ 195, et ce nombre ne cesse d'augmenter d'année en année et selon le niveau de compétition (Dufour, 1987). Cette analyse qualitative est très intéressante pour la compréhension et importante pour la planification et la méthodologie de l'entraînement. Différentes études se sont intéressés à mesurer les distances totales parcourue en sprint mais il n'existe pas de différences significatives entre elles. Ceci tend à montrer l'importance de l'entraînement au cours de la saison pour améliorer le développement des capacités athlétiques. La gestion des joueurs en formation et ceux ayant fini leur développement demandent une programmation précise. Bangsbo (1994b) puis Stølen et al (2005) indiquent que durant un match, chaque joueur réalise entre 1000 et 1400 actions de courte durée (2 à 4 s) dont 220 à HI. Ces efforts à HI se caractérisent par les sprints, les accélérations, les décélérations, les changements de direction, les sauts, les frappes de balle, les tacles, et ils sont décisifs pour le résultat d'un match (Taskin, 2008). Concernant les changements de direction Hawkins et al (2004) estimaient leur nombre à plus de 450, et Bloomfield et al (2007) constataient une relation entre le poste de jeu et leur nombre.

Il est intéressant de constater que les calibrations les plus élevées n'ont jamais dépassé $25,2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, sauf dans l'étude de Mohr et al (2003), et qu'il n'existe aucune étude s'étant attardée sur l'analyse de l'activité physique en match en décrivant des distances parcourues à des vitesses proches des vitesses maximales atteintes en match (observées entre 29 et $35 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ lors de matchs professionnels, (Dellal, 2008 ; Djaoui et al, 2017).

D'après l'étude de Bloomfield et al (2007), le football peut être considéré comme des efforts intermittents à HI entrecoupés de périodes de récupérations incomplètes : la capacité aérobie (Andrzejewski et al, 2012 ; Helgerud et al, 2001). Les courses linéaires avec et sans ballon (Faude et al, 2012), sont des facteurs de performance hautement prépondérants car les footballeurs courent en moyenne 10 à 12 km par match ce qui correspond à un rythme moyen de $7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (Young, 2014). La charge aérobie lors d'un match de haut niveau peut représenter 75 % de $\text{VO}_2 \text{ max}$ (débit maximal d'oxygène) avec une intensité moyenne (IM) proche du seuil anaérobie (80 à 90 % de la FC max) (Stølen et al, 2005). Bloomfield et al (2007) soulignent également les nécessités physiques particulières pour les joueurs de champ par poste (défenseur, milieu de terrain, attaquant), en termes de volume d'actions ou de jeu (temps passé à courir, sprinter, sauter, marcher, rester immobile) plus que d'intensité. « Pour être en forme en football, tu dois être capable de courir vite. À plusieurs reprises. Avec un minimum de récupération. » (Young, 2010). L'étude du temps de jeu effectif (durée du match hors arrêt de jeu) lors des différentes grandes compétitions internationales évolue et passe de 54'58 min en 1990 à 68 min en 2000 (Jacquet et al, 2002). En 2002, celui-ci est de 56'07 min et à la coupe du monde 2014 au Brésil, 60 min.

Cependant, la quantité d'action produite par les joueurs reste élevée. Dès lors, l'enchaînement du nombre d'actions à HI s'en trouvant ainsi augmenté.

L'utilisation des distances parcourues, aspect quantitatif, pour qualifier la performance à nécessité d'être affinée d'un point de vue qualitatif. La détermination de vitesses de course permet de segmenter la distance totale parcourue, d'identifier les distances parcourues au sein de ces différentes vitesses. Deux catégories de vitesse de course revêtent une grande importance : la haute et la très haute intensité de course. Certains auteurs, Mohr et al (2003), Krustup et al (2003), Anderson et al (2007), Rampinini et al (2007a), Bradley et al (2009), DiSalvo et al (2009) affirment que la performance athlétique en football ne devrait être décrite qu'au travers de la distance totale parcourue à haute intensité. En effet celle-ci, comme nous le précisons plus loin, est le support des actions décisives sur le plan défensif ou offensif d'un match. Ces auteurs ont mis en avant que celles-ci étaient en étroite corrélation avec :

- L'état d'entraînement du joueur (Krustup et al 2003 ; Mohr et al 2005 ; Bangsbo et al 2008)
- Le niveau de pratique (Mohr et al 2003)
- Le poste occupée (Mohr et al 2003 ; Di Salvo et al 2009)

Bradley et al (2009) définissent la notion de haute intensité de course comme tout déplacement $> 14,4 \text{ km.h}^{-1}$. Ce seuil de vitesse est similaire à celui utilisé précédemment par Bangsbo et al (1991), Mohr et al (2003), Rampinini et al (2007a). Les résultats obtenus par Bradley et al (2009) montrent que la haute intensité de course représente 9 % de la durée totale du match avec 6,4 % de running, 2 % de haute intensité de course et 0,6 % de sprint. Toutefois ces distances de course à haute intensité sont à nuancer en fonction des championnats. En effet, si les quantités de courses à haute intensité sont similaires à celles de série A italienne (Mohr et al 2003) et Liga (Di Salvo et al 2007), elles diffèrent de celles relevées dans le football danois (Mohr et al 2003) et suédois (Anderson et al 2007) où elles sont moins nombreuses. Cette différence pourrait être expliquée par le style de jeu pratiqué dans ces pays. Concernant la très haute intensité de course Bradley et al (2009) la définissent pour toute course qui est $> 25,1 \text{ km.h}^{-1}$ et renvoie aux sprints. A ce principe de course à très haute intensité une nouvelle notion de très haute intensité est apparue : l'accélération. Elle se caractérise par des changements de directions, de rythme et nous lui consacrerons plus loin une partie car elle est devenue un critère incontournable pour décrire l'intensité d'un entraînement (Gaudino et al, 2014). Elles sont le support des actions décisives d'un match que ce soit défensives ou offensives et s'appuient sur les qualités d'explosivité du joueur. L'une des clefs de la performance en football étant la capacité à répéter ces efforts à très haute intensité.

D'un point de vue général, les vitesses de course retenues par les différents auteurs sont plus ou moins proches. Di Salvo et al (2007) lors d'une étude sur Liga ont utilisé les seuils suivants :

- 0-11km.h⁻¹ (arrêt, marche, jogging)
- 11,1-14km.h⁻¹ (vitesse basse de running)
- 14,1-19km.h⁻¹ (vitesse modérée de running)
- 19,1-23km.h⁻¹ (haute vitesse de running)
- >23km.h⁻¹ (sprint)

Bradley et al (2009), dans une étude portant sur 370 joueurs de Première League (2005-2006) ont retenu les tranches de vitesses ci-après :

- 0-0, 6km.h⁻¹ = arrêt
- 0,7-7 km.h⁻¹ = marche
- 7,1-14,3 km.h⁻¹ = le jogging
- 14,4-19,7 km.h⁻¹ = le running
- 19,8-25,1 km.h⁻¹ = haute vitesse de course
- $\geq 25,1$ km.h⁻¹ = le sprint

Il apparaît que les catégories de vitesses utilisées par ces deux auteurs, sur deux championnats européens différents, sont très proches. Lorsque nous nous référons à des articles plus anciens (Bangsbo et al 1991 ; Mohr et al 2003 ; Rampinini et al 2007a) des vitesses de course similaires étaient utilisés. Sur un plan énergétique Bradley et al (2009) puis Di Salvo et al (2009) montrent, à partir de ces fourchettes de vitesse, que les systèmes aérobie et anaérobie fonctionnent simultanément, mais qu'il existe une prédominance de l'un par rapport l'autre selon le niveau de vitesse utilisée. Ainsi, toute activité se situant avant le seuil du running solliciterait majoritairement le système aérobie. En revanche toute activité dont la vitesse sera égale ou supérieure à ce seuil ferait d'avantage appel au système anaérobie. Cette première approche ouvre des pistes quant à l'analyse d'une séance, d'un match quant à la charge de travail réalisée par le joueur. La définition de ces vitesses de course, enrichie de la notion d'accélération pour la très haute intensité dans le cadre de l'analyse d'un match ou d'un entraînement est sans conteste un point important pour la préparation physique. Cependant nous pensons que ces fourchettes de vitesse et d'accélération personnalisées en regard des résultats à des tests du joueur donneront une autre dimension aux analyses de match, d'entraînement dans une perspective d'individualisation de la performance.

Bangsbo (1994) relève que les joueurs séniors effectuent 20 sprints de moins de 3 s. Quant à Stolen et al (2005), ils dénombrent entre 10 et 20 sprints par match. En 3 s, départ arrêté, un footballeur effectue une distance de sprint d'environ 20 m. Mohr et al (2003) évaluent le nombre de sprints de ce type à 39 pour des atteignant des vitesses supérieures à 30 km.h⁻¹. Pour des vitesses supérieures à 18 km.h⁻¹ (efforts à haute intensité), cela correspond à environ 256 efforts de haute

intensité (HI) et très haute intensité (THI). O'Donoghue et al (2002) notent, lors d'une période de 15 minutes de jeu, que les joueurs effectuaient 30 sprints dont 14 inférieurs à 2 s et 3 supérieurs à 6 s et plus. Sporis et al (2009) évaluent qu'un joueur réalise un sprint de 5 m en 1,44 s en moyenne, de 10 m en 2,27 s en moyenne et de 20 m en 3,38 s en moyenne. La part de la distance parcourue en sprint représente entre 0,5 et 3-4 % de la distance totale couverte par les joueurs au cours d'un match selon la définition du seuil de sprint ($>19, 21, 23, 25, 27 \text{ km.h}^{-1}$). O'Donoghue et al (2001) estiment que le ratio temps de travail/ temps de récupération se situe entre 1 :7 et 1 :10 en football. Ce ratio est dépendant du poste de jeu, de l'adversaire, de la possession de balle, de l'évolution du score, du système d'utilisé et des consignes données par le staff technique. Il s'agit de *ratio* moyens obtenus après l'analyse de la moyenne des efforts à HI et des durées de récupération suivant ces efforts. Le caractère intermittent de l'activité dont la clef de la réussite semble être les efforts à HI (entre $16 \text{ et } 19 \text{ km.h}^{-1}$) et THI (entre $19 \text{ et } 24 \text{ km.h}^{-1}$), il convient de rappeler qu'un joueur effectue environ 250 actions de haute intensité dans un match dont 90 % sont inférieures à 15 s (**figure 2**) et sont entrecoupées de récupérations variables dont 85 % sont inférieures à 15 s (**figure 3**). Au sein de ces actions, le footballeur effectue en moyenne 80 sprints ($>24 \text{ km.h}^{-1}$) par match qui représente entre 0.5 et 3-4 % de la distance totale parcourue.

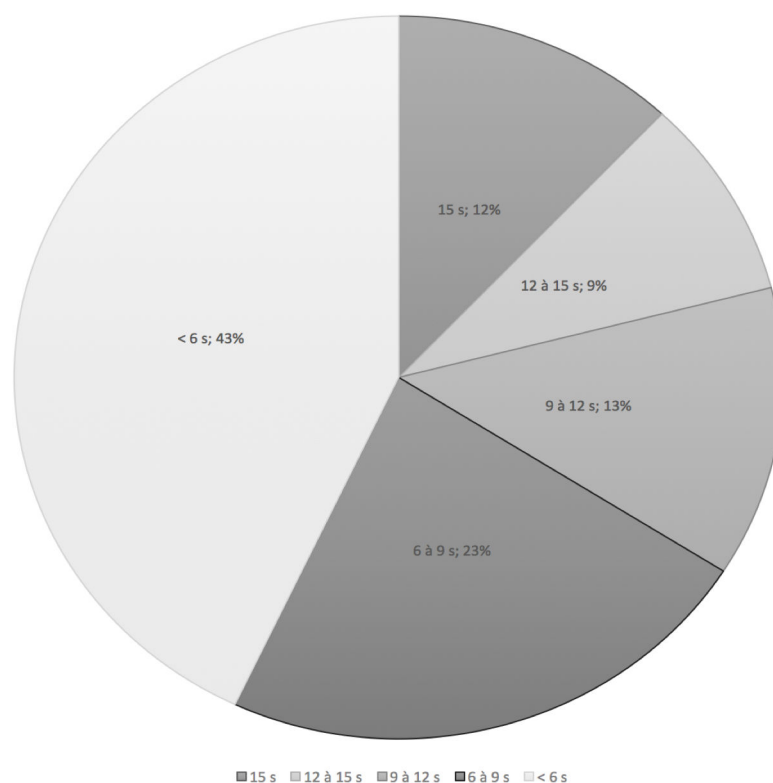


Figure 2. Répartition des efforts à haute intensité (%).

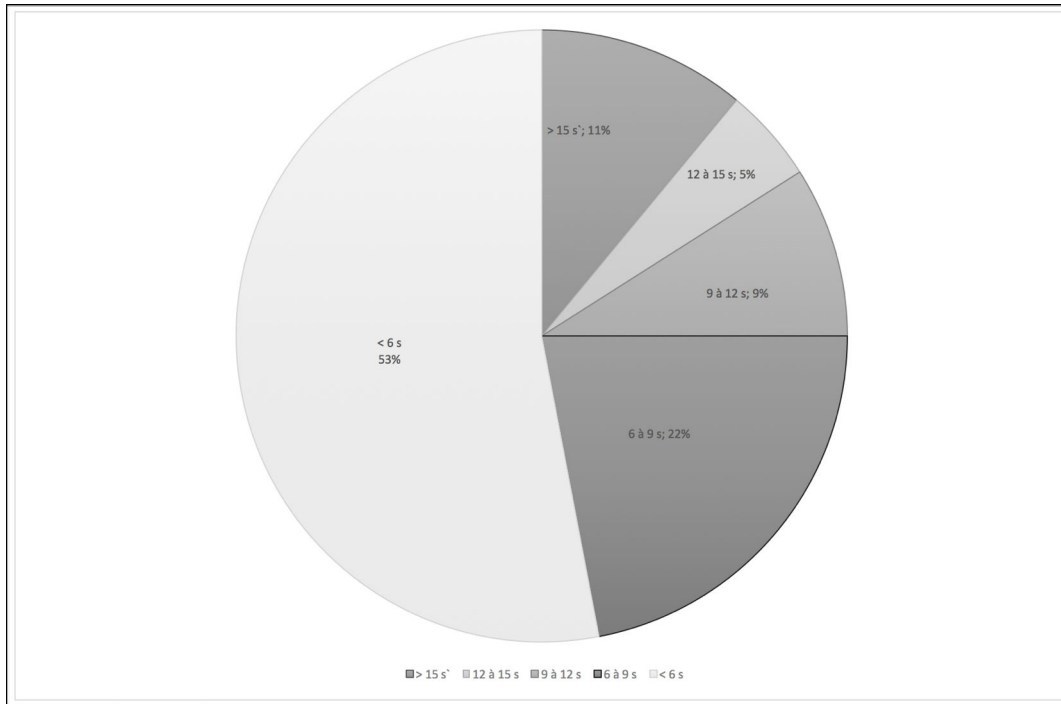


Figure 3. Répartition des récupérations (%).

Par conséquent, les efforts s'enchaînent de manière plus rapide ce qui a une incidence directe sur les capacités athlétiques des joueurs. Reilly et Thomas (1976) comptent 62 actions à HI et Bangsbo (1991) 76. Ce dernier en 1994, a montré une récurrence des actions toutes les 4 à 6 s. Strudwick et Reilly (2001) estiment qu'un joueur effectue une course à HI toutes les 60 s et un sprint toutes les 4 min. La quantité d'actions augmente avec le niveau de pratique d'après Mohr et al (2003), les joueurs de l'élite professionnelle parcourent plus de distances en sprint, en courses de HI et en course arrière que des joueurs de niveau inférieur. De même, le nombre de courses à basses et HI ainsi que le nombre de sprints sont supérieurs chez ces mêmes joueurs. Un joueur professionnel parcourt une distance plus importante qu'un joueur amateur. Mohr et al (2003) recensent entre 150 et 250 actions brèves et intenses au cours de l'analyse de match, dont 220 à HI entre 2 et 4 s. Stolen et al (2005), durant un match, chaque joueur réalise 1000 à 1400 actions. Burgess (2006) dénombre 58 courses à intensité maximale d'une durée minimale de 2 s. Taskin, (2008) montrent que ces efforts sont composés de sprints courts, d'accélération et de décélération rapides, de changements de direction, de sauts, de frappes de balle et de tacles. Plus récemment, Bradley et al (2010) comptabilisent 160 courses à THI ($7,76 \pm 0,31 \text{ m/s}^{-1}$).

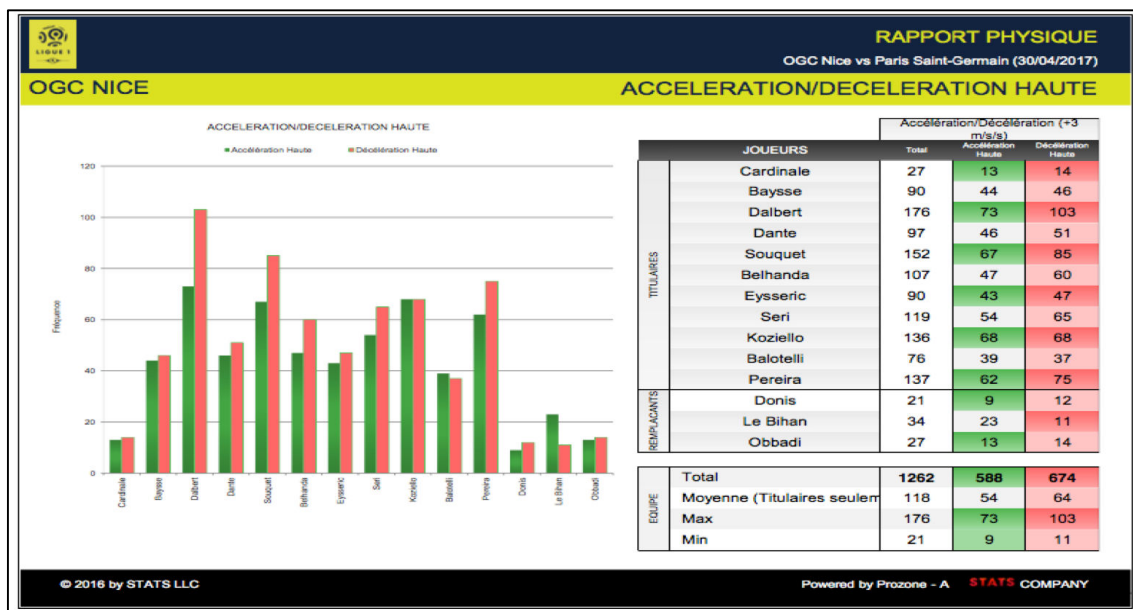
Carling. C (2010) sur 2 saisons du championnat de France de Ligue 1 (28 Joueurs, 2007-2008, 2008-2009) a analysé que les joueurs ont couru une distance totale moyenne de $191 \pm 38 \text{ m}$ avec le ballon, dont 34,3 % était couverte à des vitesses $> 19,1 \text{ km.h}^{-1}$, 25,6 % entre 14,1 et

19,0 km.h⁻¹, 12,5 % entre 11,1 et 14,0 km.h⁻¹, et 27,6 % <11,0 km.h⁻¹. La distance moyenne parcourue en possession était de 4,2 ± 0,7 m, la vitesse de réception de la balle était de 10,3 ± 0,9 km.h⁻¹ tandis que la vitesse moyenne et la vitesse de pointe étaient respectivement de 12,9 ± 1,0 km.h⁻¹ et 24,9 ± 2,4 km.h⁻¹. Le temps moyen de possession, la durée, et les touches de balle par possession étaient respectivement de 53,4 ± 8,1 s ; 1,1 ± 0,1 et 2,0 ± 0,2. Ces résultats fournissent des informations précieuses sur les exigences physiques et techniques de courses avec le ballon qui pourraient être utiles dans la prescription des programmes de formation générale et individualisés. Dellal et al (2011) sur une étude comparative des championnats de *Liga* (championnat Espagnol) et de *Première Ligue* (championnat Anglais) relevaient des différences techniques en fonction des postes et concernant la possession du ballon en match pour les défenseurs centraux, ils indiquaient une différence significative [54,4 ± 15,62 s (*Liga*) vs 59,76 ± 13,80 s (*Première Ligue*) ; P<0,01].

En observant les données d'accélération et de décélération d'entraînements de professionnels de *Premier League*, quelques différences entre les postes de jeu ont pu être mises en avant, notamment les milieux centraux qui parcouraient de plus grandes distances en accélération que les défenseurs centraux (Akenhead et al, 2016). Di Salvo et al (2009) ont proposé de différencier les types de sprints, entre ceux réalisés sur une accélération explosive et ceux réalisés sur une accélération progressive. Le sprint explosif serait caractérisé par un passage d'une position sur-place, ou de tous les déplacements (marche, jogging, course) inférieurs à 19,8 km.h⁻¹, à une vitesse de course supérieure à 25,2 km.h⁻¹ en ayant passé moins de 0,5 s entre 19,8 et 25,2 km.h⁻¹. Les attaquants sont ceux qui en réalisent le moins et les milieux centraux le plus. Quant aux sprints progressifs, ils sont caractérisés par un passage d'une position sur-place, marchée ou courue, à une vitesse de plus de 25,2 km.h⁻¹ en ayant passé plus de 0,5 s entre 19,8 et 25,2 km.h⁻¹. Dans ce cas, les rôles s'inversent et les attaquants en réalisent le plus et les milieux centraux le moins (Di Salvo et al., 2009). Toutes ces observations sont, bien entendu, à mettre en relation avec les rôles tactiques de chaque poste, puisque si les joueurs excentrés sont amenés à exécuter plus de courses aux plus hautes intensités, c'est parce qu'ils doivent déborder leurs adversaires directs pour exécuter des centres en phase offensive, et sprinter pour ne pas être débordés en phase défensive. Les attaquants sont également très présents dans les actions intenses pour faire la différence sur les défenseurs et se créer un maximum d'opportunités de marquer. C'est pour cette raison notamment qu'ils sont amenés à réaliser plus de sprints progressifs puisqu'ils ont le temps de préparer leurs courses en demandant souvent le ballon dans la profondeur pour faire la différence, ou en effectuant des courses en courbe. L'activité permanente des milieux centraux (MC) est due à leur rôle multifonctionnel. Celui-ci les oblige à défendre et à accompagner constamment les phases offensives sur toute la largeur du terrain.

Ce sont les joueurs les plus sollicités car plus souvent impliqués dans le jeu. D’ailleurs ils réalisent plus de sprints explosifs parce qu’ils sont énormément sollicités par les changements de statut offensif/défensif qui imposent une réaction rapide et immédiate. Les défenseurs centraux eux, sont surtout impliqués dans la relance, les déplacements du bloc de l’équipe et dans la défense directe face aux attaquants adverses. La possibilité pour les défenseurs centraux d’anticiper les courses, en lisant les trajectoires de balle et en prenant du recul sur le terrain leur permet d’avoir moins de sprints à réaliser, contrairement aux attaquants qui doivent multiplier les tentatives de débordement, via des appels de balle notamment, pour créer des déséquilibres.

Tableau 3. Exemple de rapport d’accélérations (en vert) /décélérations (en rouge) à haute intensité lors d’un match de Ligue 1.



Cette composante de démarrage est essentielle (**tableau 3**), car elle permet d’acquérir une vitesse dans un laps de temps bref nécessitant une force importante au niveau des muscles du train inférieur (Newman et al, 2004). Elle correspond à la phase de réaction et de poussée. Les joueurs doivent transformer l’énergie développée par la poussée au sol avec le minimum de perte énergétique au cours de la transmission (Carminati et Di Salvo, 2003). La force et l’explosivité sont deux facteurs essentiels à la capacité de démarrage (Gissis et al, 2006). Les facteurs de l’anticipation, la perception ou le temps de réaction viennent complexifier cette capacité d’accélération, durant un match de football (Lemmink et Visscher, 2005). Il est donc important de varier les stimuli de réaction, ou en effectuant des actions spécifiques : sauts, course arrière ou course latérale (Carminati et Di Salvo, 2003). La capacité d’accélération très proche de celle du démarrage et souvent assimilée comme telle, est essentielle car elle permet de combler son déficit de performance au démarrage. Elle est fonction de la capacité de réaction et de la puissance du joueur (Lemmink et Visscher, 2005).

Au mondial 2014, au Brésil, sur une rencontre de 90 min, 60 min correspondent au temps de jeu effectif. La distance totale parcourue est d'environ 11,25 km, répartis en 3000 m marchés entre 0 et 7 km.h⁻¹, 7900 m courus entre 7 et 23 km.h⁻¹ et 350 m courus en sprint. On en déduit que 72 % de la distance totale s'effectue entre 7 et 23 km.h⁻¹. La VO2 max moyenne mesurée en football professionnel est de 63 ml.kg.min⁻¹, ce qui donne une VMA de 18 km.h⁻¹. Dans ces 72 % du temps couru entre 7 et 23 km.h⁻¹, les intensités sont courues entre 40 et 127 % de VMA. Durant 90 % du temps d'une rencontre, l'intensité de la fréquence cardiaque se situe à 73 % de son maximum. La faculté de récupérer rapidement entre deux courses intenses constitue l'exigence corollaire de ces modalités de déplacements. L'alternance continue de phases très intenses et de périodes de repos relatif ou complet (fautes, touches, corners) se traduit par la mise en jeu des processus énergétiques aérobie et anaérobie. Les périodes d'effort sont courtes (80 % des actions sont inférieures ou égales à 5 s), suivies de phase de relative récupération de l'ordre du double ou du triple ; 30 % du temps total de jeu actif est constitué de temps forts et c'est durant ces temps forts que se passent les actions déterminantes du match grâce aux ressources anaérobiques. Le constat d'une différenciation entre les différents types d'effort en fonction des postes, incite à proposer une différenciation des procédures d'entraînement en fonction des systèmes de jeu et des postes. L'efficacité des efforts effectuée par un joueur de football dépend de plusieurs facteurs rendant l'entraînement de ce sport très complexe mais surtout de la valeur physique de l'organisme (**figure 4**).

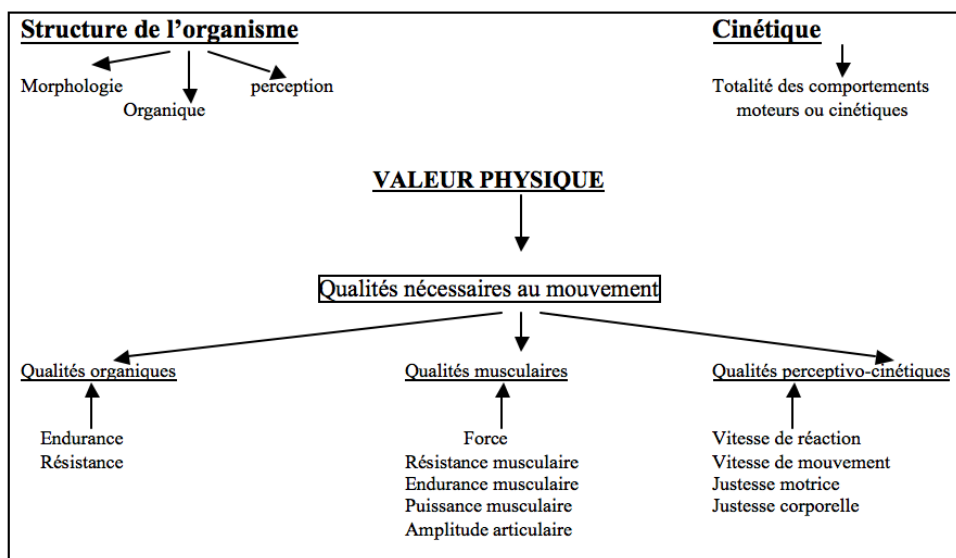


Figure 4. Valeur physique du joueur de football.

Les composantes tactiques/techniques de la performance sont grandement influencées par le style de jeu de l'équipe (Fernandez-Navarro et al, 2016) et l'influence de son championnat (Bosca et al, 2009). Le rapport de la coupe du monde 2014 a montré que le nombre de tirs lors de contre-

attaques était un facteur qui augmentait la probabilité de victoire en match (Liu et al, 2015), renforçant l'importante particularité des séquences de passes courtes. Winter et Pfeiffer (2016) ont analysé quatre facteurs tactiques comme étant les plus prédictifs de la victoire en match : (i) la capacité à changer de statut rapidement à la perte du ballon, afin de ne pas subir une situation de déséquilibre. Certains auteurs ont d'ailleurs reporté que la vitesse de récupération d'un ballon était plus grande chez les meilleures équipes de *Bundesliga* (Vogelbein et al, 2014) ; (ii) la capacité à changer de statut lors de la récupération du ballon, afin de profiter de la situation de désordre adverse et de possible déséquilibre favorable pour marquer (Tenga et al, 2010a, 2010b) ; (iii) la vitesse dans le jeu, mesurée grâce à la vitesse du ballon, le nombre de passes par minute ou le nombre de touches de balle, par exemple ; (iv) et l'efficacité dans le jeu ouvert, à savoir la capacité à profiter de l'espace libre pour créer une situation de but. Un récent rapport de la coupe du monde de 2006 complète ces facteurs tactiques en y ajoutant l'occupation de la zone du point de pénalty comme prédicteur d'une augmentation du nombre de buts marqués (Ruiz-Ruiz et al, 2013). Leurs recommandations sont doubles puisqu'au-delà de l'aspect offensif de l'intérêt d'avoir des joueurs dans cette zone du terrain, ils ont également suggéré, d'un point de vue défensif, d'empêcher les adversaires de faire de même dans leur surface de réparation (Ruiz-Ruiz et al, 2013). De telles informations sont extrêmement précieuses pour les entraîneurs vis-à-vis de la planification de leurs entraînements et de l'établissement des principes de jeu de leur équipe. La limite de tels indicateurs est qu'ils nécessitent un œil d'expert dans leur reconnaissance et leur quantification. Au niveau de la tactique, le contenu est axé sur les systèmes (zone, individuelle et mixte), les notions d'attaque-défense, d'équilibre et occupation du terrain (110 x 60 mètres), le changement de rythme, la stratégie (coup de pied arrêté, combinaisons, touches), la préparation à la compétition, la préparation du match, la maîtrise du ballon et du jeu, l'état d'alerte, la vision de jeu et sens du jeu, jouer juste, l'angle de jeu, le rapport espace-temps (rapport attaque-défense), le déséquilibre de l'adversaire (fixer pour jouer à l'opposer et surprendre l'adversaire), les relations : partenaires, lignes, côté droit et côté gauche, les distances de jeu, l'anticipation du jeu du partenaire et de l'adversaire (temps d'avance sur le jeu), la création de la supériorité numérique et la gestion de l'infériorité numérique (exemple du 2 contre 1).

La préparation physique est un passage essentiel à la pratique régulière et exigeante du football. Axée sur le développement et l'optimisation des nombreuses qualités physiques inhérentes à la discipline (endurance, puissance, explosivité, vitesse, coordination), l'organisation d'une saison et les processus de formation d'un jeune joueur sont rythmés par une contrainte quotidienne pour tout entraîneur : la contrainte de temps. Les périodes allouées à la préparation technique, tactique et « athlétique » (terme grandement utilisé dans le milieu du football) sont souvent limitées pour rendre en condition optimale complètement dès les premiers matchs

officiels, chaque joueur aux nombreuses exigences de la compétition. Pour la saison 2016-2017 de Ligue 1, et selon les calendriers communiqués, chaque club a bénéficié en moyenne de 46 jours de préparation entre la reprise et la première journée de championnat. Le premier match amical est intervenu en moyenne 13 jours après le premier jour. A titre de comparaison, pour la même saison en Premier League, les clubs ont eu en moyenne 41 jours de préparation pour 49 jours « off-season » (trêve estivale) entre la fin du championnat et le début de la « pré-season » (période de préparation estivale). Comparativement, en Ligue 1 (championnat français), la moyenne est de 44 jours. La première confrontation amicale ayant lieu en moyenne 11 jours après.

La préparation physique ne peut occulter tous les aspects technico-tactiques prédominants, qu'elle doit en revanche, obligatoirement consolider, tout en s'adaptant à l'environnement si particulier du football. Il est dès lors primordial d'être bien organisé et surtout efficace pour proposer des contenus efficaces et cohérents en adéquation avec la pratique, le profil du joueur, le niveau d'expertise et les objectifs fixés, le poste, le système de jeu (Bradley et al, 2010), sans toutefois omettre un axe également fondamental pour la performance aussi bien individuelle que collective.

Au-delà de l'activité de match, des charges d'entraînement au quotidien ont également été analysées et quantifiées avec ces mesures des distances parcourues. Ainsi, des DTP de 3500 à 7000 m ont été observées lors de séances d'entraînement de joueurs professionnels (Gaudino et al, 2013 ; Scott et al, 2013a; Malone et al, 2015; Owen et al, 2016). Dans une récente étude, l'activité de match a été comparée à l'activité d'entraînement de joueurs de football professionnels du championnat australien durant trois saisons consécutives (Scott et al, 2014). Afin que la comparaison soit pertinente, ils ont choisi comme indicateurs les pourcentages de distances parcourues et de temps passés aux différentes catégories de vitesse. Les joueurs avaient ainsi de plus grands % de temps passés en piétinant et de plus grands pourcentages de distances parcourues en marchant et en piétinant pendant les entraînements, alors que de plus grands pourcentages de temps à marcher et de plus grands pourcentages de temps et de distances à trotter, courir, courir vite, sprinter, avec un plus grand nombre d'efforts par heure à HI, THI et à sprinter étaient observés pendant les matchs (Scott et al, 2014). De telles informations sont cruciales dans le processus de suivi de la charge de travail du joueur au quotidien, car les matchs et les entraînements ne sont pas équilibrés de la même façon. Les différents types d'entraînement et les différentes intensités visées d'une séance à l'autre expliquent les différences observées dans l'activité physique à l'entraînement de l'expérimentation de Scott et al (2014). En effet, les joueurs ne s'entraînent pas tous les jours avec des intensités proches de celles du match, ils passent beaucoup de temps à récupérer pour être en forme le jour de match, et également certainement

pour réduire les risques de blessures (Owen et al, 2015). Un ratio effort/repos, défini par le rapport entre les distances parcourues $\geq 4 \text{ km.h}^{-1}$ (effort) et les distances parcourues $< 4 \text{ km.h}^{-1}$ (repos ou récupération) peut être utilisé comme un indicateur pour quantifier l'activité physique. Ce ratio a été mesuré aux alentours de 3,5 pendant des entraînements en jeux réduits et de 2,4 pendant des matchs de football de différents niveaux (Barbero et al, 2007 ; Casamichana et al, 2012). De telles mesures montrent que certains types d'entraînements, comme les jeux réduits, peuvent avoir des intensités plus élevées que la moyenne des entraînements, et même plus élevées que la moyenne des matchs. La maîtrise et la connaissance des charges induites par chaque type d'exercice permettent une meilleure efficacité et une planification optimale des séances de préparation.

Les entraîneurs trouveront ainsi un réel équilibre entre ces différents exercices et les différentes séances au sein d'une semaine compétitive, en faisant varier les intensités ciblées sur des volumes précis et variés, dans la perspective du (des) match(s) de la période (**figure 5**).

En résumé, un footballeur parcourt en moyenne 11 100 m lors d'un match. La répartition des efforts se catégorise en moyenne en 3600 m de marche ($< 7 \text{ km.h}^{-1}$), 3200 m de jogging (7 et 13 km.h^{-1}), 2000 m de course à IM (13-17 km.h^{-1}), 1200 de course à HI (17-21 km.h^{-1}), 600 m de sprint ($> 21 \text{ km.h}^{-1}$) et 500 m de course arrière ($> 10 \text{ km.h}^{-1}$). Lorsque l'on répartit ces efforts en fonction du temps de jeu, on note en moyenne 32 % de marche, 29 % de jogging, 18 % de course à IM, 11 % de course à HI, 5 % de sprint et 5 % de course arrière. Il convient de s'intéresser plus particulièrement aux efforts à HI puisqu'ils sont définis comme étant les clefs de la performance.

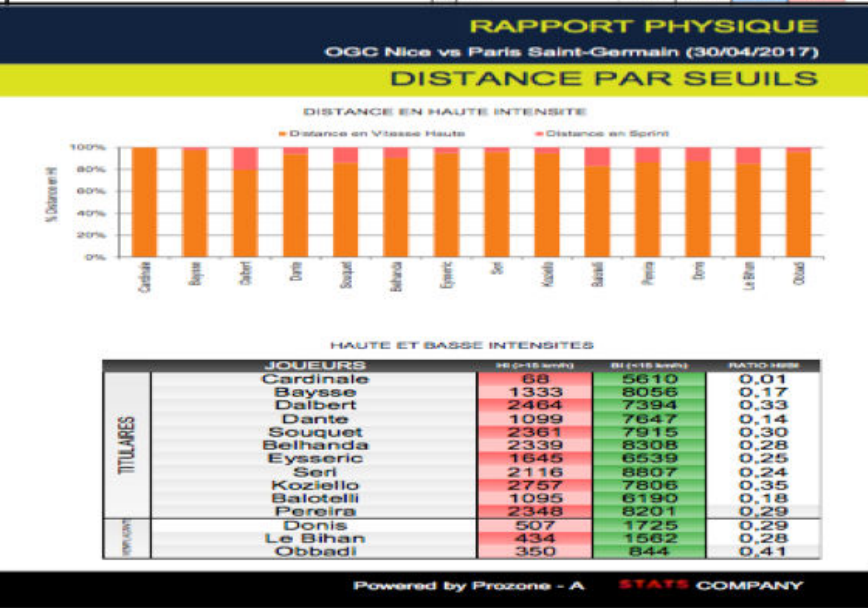
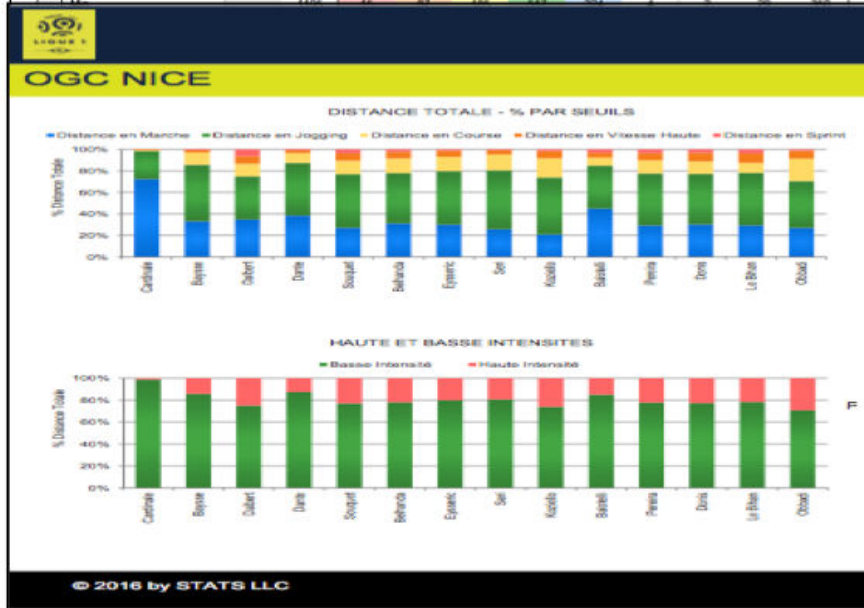
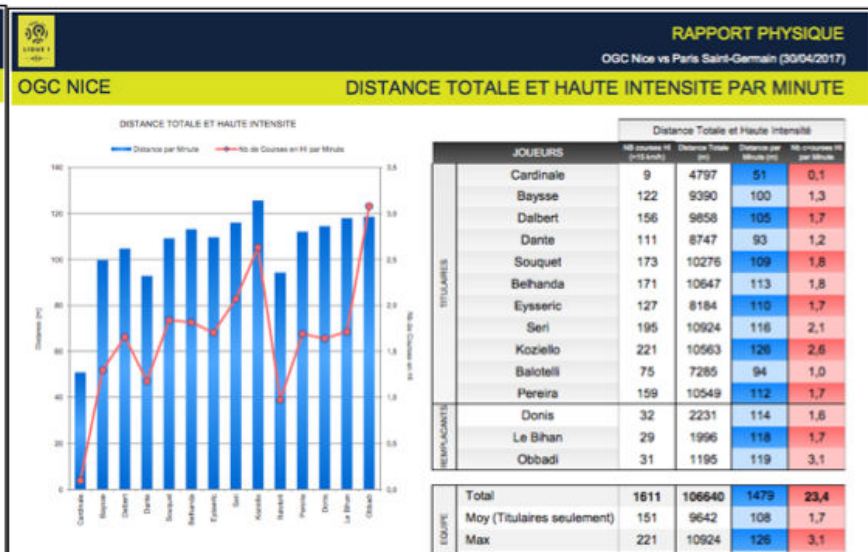
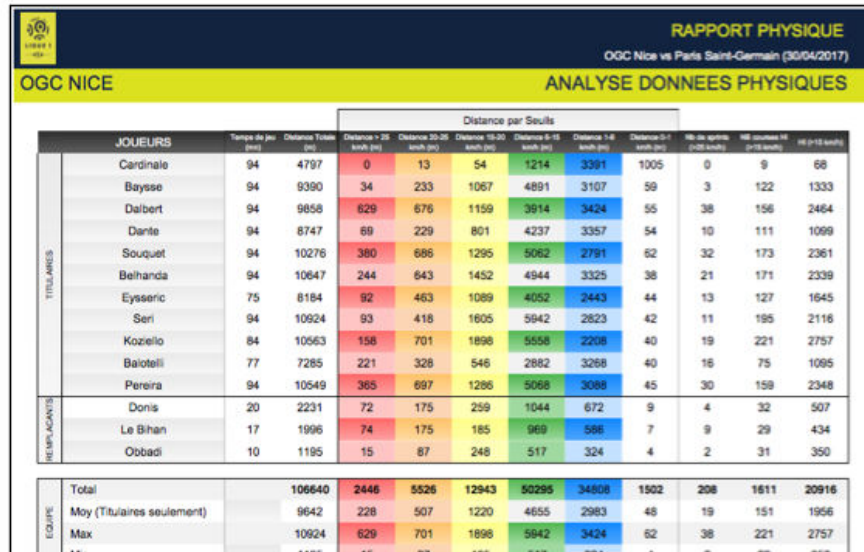


Figure 5. Exemple de rapport athlétique d'un match de Ligue 1.

CHAPITRE II. PROFIL DES JOUEURS PAR POSTE

Di Salvo et al, 2007 propose une répartition des positions de jeu (**Figure 6**) qui permet de caractériser de manière pertinente à la fois, l'occupation du terrain et les rôles des joueurs.

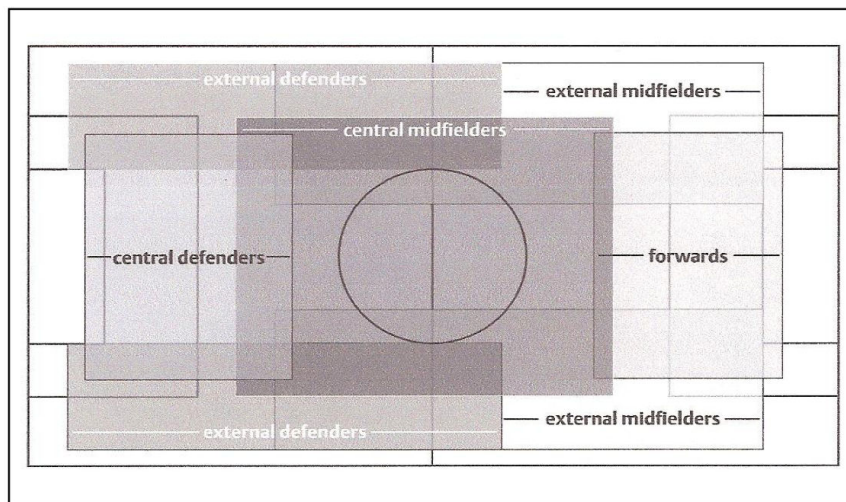


Figure 6. Position de jeu d'après Di Salvo et al., 2007.

Cette occupation du terrain correspond aux volontés des entraîneurs d'être présent à la fois sur la largeur du terrain mais aussi sur sa profondeur. Les joueurs dits de couloir et les joueurs plus axiaux sont distingués. L'étude de la performance athlétique de ces joueurs, en regard du championnat, du niveau, mais aussi des systèmes de jeu utilisés nous permettra d'avoir un regard plus pertinent en vue d'une planification des entraînements physiques.

Bangsbo. J et al (1991), Mohr. M et al (2005), Rampinini. E et al (2006) montrent qu'un joueur réalise entre 150 et 250 actions brèves et intenses lors d'un match et que cela est fonction du niveau de pratique mais aussi du poste de jeu. Les joueurs réalisant le plus grand nombre de sprint étant les défenseurs latéraux et les attaquants, alors que les défenseurs centraux en produisent le plus petit nombre.

En 2010, la distance moyenne en mètre parcourue sans différence du poste occupé est de l'ordre de 10 à 12 km. Au cours d'un match le joueur court selon son poste seulement 10 à 40 % du temps (**tableau 4**). Sur ce temps de course on compte en moyenne 3 km de marche et 7 km de course (64% course aérobie lente, 24% course moyenne anaérobie et 14% allure élevée). La durée des séquences de jeu en football (35%) est de 15 s et moins.

Tableau 4. Profil du footballeur de haut niveau en Europe (d'après Fifa, 2010).

| | Équipe | Attaquant | Milieu latéral | Milieu axial | Défenseur latéral | Défenseur axial |
|---|--------|-----------|----------------|--------------|-------------------|-----------------|
| Distance moyenne parcourue (en m) | 11577 | 10979 | 11366 | 11563 | 10898 | 10116 |
| Distance en sprint de + de 24 km/h (en m) | 273 | 325 | 355 | 211 | 330 | 173 |
| Possessions individuelles | | 44 | 52 | 56,7 | 54 | 44 |
| Duels au sol | | 8,7 | | 8 | 5,8 | 5,1 |
| Duels aériens | | 6,6 | | 3,2 | 3,7 | 5,3 |
| Ballons gagnés/ballons perdus | | | -2,7 | -1,3 | -2 | 2,3 |

Le footballeur effectue des efforts de type explosif et doit être capable de les répéter pendant la durée du match (de 90 min à 120 min). Ces contraintes bioénergétiques sont caractérisées par des sollicitations de type intermittent pour la plupart explosif et variée à répéter dans le temps (course avant, course arrière, marche, saut).

Actuellement, l'évolution du jeu tend vers une meilleure gestion des espaces sur le terrain. Le jeu moderne préconise davantage l'intensité des courses que leur longueur. Les formes du jeu privilégient les courses intenses et les sprints (**tableau 5**).

Tableau 5. Comparaison de la distance totale parcourue à différentes intensités de course en fonction du poste de jeu en mètre (m).

| Auteurs | Postes | Marche | Faible intensité | Moyenne intensité | Haute intensité | Sprint | Total |
|------------------------|------------|--------|------------------|-------------------|-----------------|--------|-------|
| Mohr et al (2003) | DC | | | | 1690 | 440 | 9740 |
| | AL | | | | 2460 | 640 | 10980 |
| | Milieux | | | | 2230 | 440 | 11000 |
| | Attaquant | | | | 2280 | 690 | 10480 |
| Burgess (2006) | Défenseur | 3200 | 3500 | 1500 | 600 | 300 | 8800 |
| | Milieu | 3500 | 4300 | 2100 | 800 | 400 | 10100 |
| | Attaquant | 3500 | 3700 | 1900 | 800 | 500 | 9900 |
| Rampinini et al (2007) | DC | 3846 | 1458 | 278 | 76 | 18 | 9995 |
| | AL | 3504 | 1601 | 211 | 123 | 31 | 11233 |
| | Milieu | 3341 | 1726 | 467 | 118 | 24 | 11748 |
| | Attaquant | 3844 | 1361 | 321 | 95 | 27 | 10233 |
| Bradley et al (2009) | DC | | | 1231 | 451 | 152 | 9885 |
| | AL | | | 1621 | 697 | 287 | 10710 |
| | MAD | | | 1898 | 723 | 204 | 11450 |
| | ME | | | 1924 | 868 | 346 | 11535 |
| | Attaquant | | | 1386 | 691 | 264 | 10314 |
| Dupont et al (2010) | DC | | | | 285 | 123 | 9924 |
| | AL | | | | 559 | 311 | 10762 |
| | MAD | | | | 631 | 293 | 11935 |
| | ME | | | | 650 | 298 | 11742 |
| | Attaquants | | | | 651 | 240 | 11317 |
| Dellal et al (2011) | DC | | | | 230 | 199 | 10426 |
| | AL | | | | 274 | 241 | 10656 |
| | MAD | | | | 302 | 221 | 11501 |
| | ME | | | | 336 | 235 | 12030 |
| | MAO | | | | 335 | 235 | 11726 |
| | Attaquant | | | | 300 | 290 | 10943 |

DC : défenseur central ; AL : arrière latéral ; MAD : milieu axial défensif ; MAO : milieu axial offensif ; ME : milieu excentré

Pour les efforts à THI, O'Donoghue (2002) relève qu'un défenseur effectue 28 sprints d'une durée moyenne de 3,1 s avec une durée moyenne de récupération de 32 s vs 32 sprints d'une durée moyenne de 3,2 s avec environ 27 s de récupération pour les milieux et 31 sprints d'environ 3,2 s avec une moyenne de récupération de 28 s pour les attaquants lors d'une période d'analyse de 15 min. Orendurff et al (2010) ont établi un modèle d'activité pour différents postes de jeu étudiés. Pour un milieu axial, ils montrent une activité variable de 3 à 45 s à une intensité

de 6 en début de match et ensuite supérieure à 5 au cours du match dans leur échelle analogique allant de 0 (debout à l'arrêt) à 6 (sprint) avec des périodes de récupération généralement courtes variant entre 3 et 15 s à une intensité moyenne (IM) de 4.

Pour un défenseur central, on remarque que lors du match, il réalise des efforts d'approximativement 3 s mais que l'intensité de l'effort diminue au cours du match passant d'environ 6 à 5 avec des périodes de récupération de 15 à 30 s à une intensité < 3 en début de match pour évoluer entre 12 et 45 s à une intensité > 3 au cours du match sans toutefois dépasser une intensité de 4 au maximum et 1 à 2 au minimum, ce qui suggère qu'un défenseur central est toujours en mouvement et au minimum en piétinant. Pour un attaquant, le modèle d'activité est sensiblement différent d'un milieu axial ou d'un défenseur central. En effet, jusqu'au début de la seconde mi-temps, l'attaquant reste capable de maintenir des efforts intenses de 9 à 30 s avec de très courtes périodes de récupérations allant de 3 à 6 s à une intensité rarement en-dessous de 4. Cependant, au cours de la seconde période, ce profil s'inverse complètement pour s'orienter sur des efforts de 3 à 6 s avec des récupérations de 18 à 48 s de très basse intensité. Bradley et al (2010) montrent que les milieux de terrain axiaux (62 s) et excentrés (51 s) ont une durée de récupération après des efforts de THI ($19,8 \text{ km.h}^{-1}$) significativement inférieure par rapport aux défenseurs centraux (101 s) et latéraux (74 s) et aux attaquants (73 s).

Dellal et al (2010) représentent la distance parcourue à haute intensité (21 à 24 km.h^{-1}) et en sprint ($>24 \text{ km.h}^{-1}$) selon la dichotomie de la situation : offensive et défensive. Le poste de jeu a une influence inévitable sur la distance totale parcourue lors de ces deux types de situation. Les joueurs à vocation défensive effectuent une plus grande distance lors de phases de jeu défensives que lors des phases de jeu offensives et inversement. Seuls les milieux excentrés et les milieux axiaux offensifs, qui participent à la fois aux phases défensives et offensives, ne semblent pas être significativement concernés par ces différences. Les résultats enregistrés par ces auteurs sont répertoriés dans le **tableau 6**.

Tableau 6. Distance totale couverte en situations offensives et défensives à différentes intensités de course en mètres (m) (d'après Dellal et al, 2010).

| | Distance totale couverte (m) | | Distance totale couverte en sprint (m) | | Distance totale couverte à haute intensité (m) | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------|--|--------------------|--|--------------------|
| | En phase offensive | En phase défensive | En phase offensive | En phase défensive | En phase offensive | En phase défensive |
| Défenseur central | 3343 | 4001 | 50 | 140 | 57 | 158 |
| Arrière latéral | 3499 | 4048 | 101 | 133 | 102 | 159 |
| Milieu axial défensif | 3941 | 4281 | 103 | 111 | 124 | 164 |
| Milieu excentré | 4358 | 4303 | 137 | 95 | 175 | 150 |
| Milieu axial offensif | 4122 | 4211 | 130 | 97 | 178 | 144 |
| Attaquant | 4046 | 3565 | 209 | 71 | 194 | 90 |

Si les distances parcourues informent sur la charge en termes de volume, la perspective relativisée en mètres par minute permet d'avoir un aperçu de la charge en termes d'intensité, puisqu'elle prend en compte les déplacements sans l'influence du temps de pratique (Casamichana et Castellano, 2014). Le nombre de sprints réalisés, mesuré entre 20 et 40 chez des joueurs de *Premier League* (Gregson et al, 2010), peut également être utilisé afin d'obtenir une information supplémentaire sur l'activité physique en termes de volume. Enfin, toutes ces distances parcourues à différentes vitesses peuvent également être exprimées en % des distances totales parcourues (DTP), avec ~62 % des distances effectuées à BI, ~15,5 % à trotter, ~10 % à courir, ~8 % à HI, ~2,5 % à THI et ~2 % à sprinter chez des joueurs de *Liga* (Castellano et al, 2011b).

Dellal. A et al (2011a), **tableaux 7 et 8** lors d'une étude effectuée sur la saison 2006-2007 sur 600 matchs et portant sur les championnats de Première Division Anglaise (FAPL) et Liga obtiennent les chiffres du **tableau 7**. Pour la DTP il n'y a pas de différence entre les 2 championnats pour l'ensemble des postes à part pour le milieu axial offensif de la Liga qui effectue la plus petite ($P<0,01$). Concernant la haute intensité de course ($21-24 \text{ km.h}^{-1}$) les défenseurs centraux parcourent la plus petite distance ($P<0,001$) et cela dans les 2 ligues. Toujours dans cette intensité de course les défenseurs centraux et les milieux axiaux offensifs de la Liga couvrent moins de distance que leur homologue anglais ($P<0,001$). Pour la distance de sprint ($>24 \text{ km.h}^{-1}$) les défenseurs centraux en parcourent le moins et les attaquants le plus et cela dans les 2 championnats. Cependant au travers de toutes les positions de jeu c'est en première League où l'on réalise les plus grandes distances en sprint ($P<0,01$). L'ensemble de ces références convergent

vers un même point, l'analyse de la performance physique en football, et se basent sur la définition de zones de vitesse, de position de jeu et de classement. Afin de nous inscrire dans cette logique nous allons porter notre attention sur la performance physique en regard des positions de jeu.

Tableau 7. Comparaison des caractéristiques Physiques entre les matchs professionnels disputés en Première Ligue Anglaise et Espagnole (Dellal. A et al 2011a).

| | Défenseur central | | Arrière latéral | | Milieu central défensif | | Milieu central offensif | | Milieu de couloir | | Attaquant | |
|--|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> | <i>La Liga</i> | <i>FAPL</i> |
| | (n=624) | (n=1704) | (n=212) | (n=132) | (n=616) | (n=1356) | (n=82) | (n=76) | (n=100) | (n=50) | (n=262) | (n=724) |
| Distance parcourue (m) | 10496,1 (720) | 10617,3 (857,9) | 10649,7 (786,2) | 10775,3 (645,9) | 11247,3 (913,8) | 11555,6 (811,2) | 11004,8* (1164,2)* | 11779,5 (705,9) | 11240,8 (761,8) | 11040,8 (757) | 10717,7 (901,4) | 10802,8 (991,8) |
| Distance totale sprint (m) | 193,6* (64,6) | 208,5 (69,4) | 248,9** (77,4) | 263,0 (69,9) | 203,3*** (76,4) | 245,8 (77,9) | 222,2*** (66,5) | 267,3 (64,2) | 250,8 (71,5) | 259,2 (84,9) | 260,0* (72,6) | 278,2 (78,0) |
| Distance totale haute intensité (m) | 226,1* (53,8) | 240,8 (63,9) | 284,4** (54,7) | 270,1 (55,0) | 279,6*** (66,2) | 319,1 (67,7) | 278,0*** (61,0) | 334,0 (60,7) | 310,6*** (67,0) | 298,0 5 (62,4) | 288,6 (56,1) | 299,8 (63,7) |

*Différence significative entre La Liga and FAPL: *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001*

Tableau 8. Comparaison des caractéristiques physiques et techniques entre les matchs professionnels de Première Ligue Espagnole (La Liga) et Anglaise (FAPL). (Dellal. A et al 2011a).

| | Défenseur central | | Défenseur latéral | | Milieu axial défensif | | Milieu axial offensif | | Milieu de couloir | | Attaquant | |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | <i>La Liga</i> (n=624) | <i>FAPL</i> (n=1704) | <i>La Liga</i> (n= 212) | <i>FAPL</i> (n=132) | <i>La Liga</i> (n=616) | <i>FAPL</i> (n=1356) | <i>La Liga</i> (n=82) | <i>FAPL</i> (n=76) | <i>La Liga</i> (n=100) | <i>FAPL</i> (n=50) | <i>La Liga</i> (n=262) | <i>FAPL</i> (n=724) |
| Distance totale parcourue (m) | 10496,1 (720) | 10617,3 (857,9) | 10649,7 (786,2) | 10775,3 (645,9) | 11247,3 (913,8) | 11555,6 (811,2) | 11004,8** (1164,2) | 11779,5 (705,9) | 11240,8 (761,8) | 11040,8 (757) | 10717,7 (901,4) | 10802,8 (991,8) |
| Distance totale sprint (m) | 193,6* (64,6) | 208,5 (69,4) | 248,9** (77,4) | 263,0 (69,9) | 203,3*** (76,4) | 245,8 (77,9) | 222,2*** (66,5) | 267,3 (64,2) | 250,8 (71,5) | 259,2 (84,9) | 260,0* (72,6) | 278,2 (78,0) |
| Distance totale sprint en possession | 47 (n=39,4) | 62,1 (44,4) | 99,3 (49,5) | 127,1 (51,0) | 93,3 (58,7) | 122,2 (59,9) | 138,1 ^{sss} (52,0) | 122,7 (46,4) | 137,5 ^{sss} (51,5) | 169,0 ^{sss} (78,5) | 181,1 ^{sss} (57,4) | 183,0 ^{sss} (63,3) |
| Distance totale sprint sans ballon | 133,4 ^{''''''} (44,1) | 136,7 ^{''''''} (46,6) | 140,7 ^{''''} (50,7) | 129,3 (41,5) | 103,3 ^{''} (41,5) | 116,4 (44,3) | 71,9 (35,0) | 126,6 (40,1) | 105,1 ^{''} (41,9) | 84,3 (34,8) | 68,1 (30,2) | 84,8 (37,7) |
| Pourcentage de la distance totale parcourue en sprint | 1,8 | 1,8 | 2,3* | 2,5 | 1,8*** | 2,2 | 2,0*** | 2,5 | 2,2 | 2,2 | 2,4* | 2,6 |
| Distance totale parcourue à haute intensité de course (HI) (m) | 226,1* (53,8) | 240,8 (63,9) | 284,4** (57,0) | 270,1 (55,0) | 279,6*** (66,2) | 319,1 (67,7) | 278,0*** (61,0) | 334,0 (60,7) | 310,6*** (67,0) | 298,0 5 (62,4) | 288,6 (56,1) | 299,8 (63,7) |
| distance totale HI en possession | 51,3 (29,8) | 67,5 (38,0) | 93,0 (35,1) | 106,2 (38,4) | 106,3 (46,4) | 143,0 (50,1) | 170,8 ^{sss} (52,7) | 160,6 (45,4) | 143,5 (48,2) | 152,7 ^{ss} (50,9) | 178,2 ^{sss} (40,0) | 181,0 ^{sss} (47,2) |
| distance totale HI sans ballon | 144,1 ^{''''''} (37,8) | 157,0 ^{''''''} (40,6) | 175,0 ^{''''''} (40,0) | 150,0 ^{''''''} (39,4) | 157,4 ^{''''''} (46,1) | 162,5 ^{''''} (41,9) | 94,2 (37,3) | 160,8 (43,5) | 152,7 ^{''} (42,6) | 137,5 (40,7) | 93,0 (32,2) | 101,4 (37,9) |
| Pourcentage de la distance totale parcourue HI | 2,1 | 2,2 | 2,5* | 2,7 | 2,9*** | 2,5 | 3,1*** | 2,5 | 2,5** | 2,8 | 2,8 | 2,7 |

*Différence significative entre La Liga (Espagne) et la Première Ligue (Angleterre): *P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001.*
Valeur de la distance totale parcourue par l'équipe en sprint en possession du ballon significativement plus haute (position d'attaque): ^sP<0.05, ^{sss}P<0.01.
Valeur de la distance totale parcourue par l'équipe en sprint sans ballon significativement plus haute (position défensive): ^{''}P<0.05, ^{''''}P<0.01, ^{''''''}P<0.001

L'étude d'Andrzejewski et al (2012) montre une moyenne de 11,3 km environ parcourus par l'ensemble des joueurs étudiés durant la saison 2008-2009. Les données obtenues par l'UEFA, montrent que les milieux de terrains courent plus que les attaquants et que les défenseurs (11,8 km > 11,4 km > 10,9 km) (Labsy et Tourny ; FiFa 2013). A la Coupe du Monde 2014, au Brésil, les distances moyennes par poste étaient pour le gardien de but : 5,3 km, le défenseur latéral : 11,4 km, le défenseur central : 10,6 km, le milieu : 12 km et l'attaquant : 11,1 km. La position d'attaquant exige des courses plus intenses et des contacts plus fréquents tandis que la position du défenseur nécessite une alternance d'actions plus constante que pour les deux autres postes, Bloomfield et al (2007). Ces distances sont amenées à varier d'un joueur à l'autre selon son poste de jeu (Sarmiento et al, 2014). Il a été démontré que tous les défenseurs et que tous les milieux de terrain n'avaient pas la même activité sur un terrain de football, qu'ils soient dans l'axe ou sur un côté, à vocation offensive ou défensive (Dellal et al, 2010a). Ainsi, jusqu'à six postes de jeu pouvaient être différenciés : les défenseurs centraux (DC), les arrières latéraux (AL), les milieux défensifs centraux (MDC), les milieux (ML), les milieux offensifs centraux (MOC) et les attaquants (ATT). Dans cette configuration, ce sont les distances parcourues à HI (21 à 24 km.h⁻¹) et en sprintant (>24 km.h⁻¹) qui se précisaient, avec les DC et AL couvrant le moins de distances à HI (respectivement ~230 et ~274 m), les ML et MOC le plus (~335 m), les DC sprintant le moins (~199 m) et les ATT sprintant le plus (~290 m), au sein d'une équipe de Ligue 1 (Dellal et al, 2010a). Au cumul, les DC couvraient la plus basse proportion de distance à plus de 21 km.h⁻¹, avec 4,1 %, et les ATT la plus grande avec 5,4 % (Dellal et al, 2010a). Dans les intensités de marche et de jogging, de 0 à 11 km.h⁻¹, pas de différences entre les postes (~7000 m), sur les courses à BI et MI (11,1 à 19 km.h⁻¹), les MC, poste combiné des MDC et MOC, parcouraient de plus grandes distances, suivi des ML, des AL et ATT, puis des DC, avec respectivement ~4100 m, ~3700 m, ~3200 m et ~2700 m, pour des joueurs de *Liga* (Di Salvo et al., 2007). Les données de 2016, sont résumées dans le **tableau 9**.

Tableau 9. Performances athlétiques en match de football en fonction du poste de jeu en 2016.

| Références | Performance | DC | AL | MC | ML | ATT | Observation principale |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------------|
| <i>Akenhead et al. (2016)</i> | Distances totales (m) « accélérées » | 421 | 463 | 502 | 461 | 435 | ML=MC > DC=AL=ATT |
| <i>Akenhead et al. (2016)</i> | Distances totales (m) « décélérées » | 360 | 405 | 441 | 411 | 378 | Pas de différences significatives |

Une analyse complémentaire, celle de Di Salvo et al (2009), qui ont quantifié les différentes activités de sprint en différenciant les sprints réalisés sur 0-5, 5,1-10, 10,1-15, 15,1-20 et >20 m de joueurs de *Premier League*, a montré que les DC réalisaient le moins de sprints et que les ML en réalisaient le plus, à égalité avec les ATT, sur toutes les distances de sprint entre 5,1 et 20 m. Les postes offensifs et les excentrés sont donc les plus impliqués dans les déplacements aux plus HI, les milieux axiaux dans l'activité globale.

D'un point de vue physique et physiologique les gardiens de but (Sporis et al, 2009), sont aujourd'hui parmi les plus grands (190,3 cm), les plus lourds (84,5 kg), les moins rapides de l'équipe. Testés en squat jump (SJ), 48,3 cm et counter movement jump (CMJ), 50,1 cm, ils sont très explosifs. L'étude confirme que les attaquants sont les joueurs les plus rapides sur 5, 10 et 20 m ; les milieux de terrain possèdent les valeurs physiologiques les plus élevées (VO₂ max, FC max, lactate sanguin) et les défenseurs sont très performants en détente vertical. Les performances des joueurs au cours d'un match dépendent du poste de jeu. Rampinini et al (2007) et Dupont et al (2010) ont montré que les distances totales parcourues aux différentes intensités varient selon les postes de jeu (**tableau 5**) Dupont et al. (2010), enregistrent qu'un défenseur central parcourt 9924 m dont 285 m en haute intensité (entre 19 et 24 km.h⁻¹) et 123 m en sprint (> 24 km.h⁻¹) vs 10762 m, 559 m et 311 m pour un arrière latéral vs 11935 m, 631 m et 293 m pour un milieu axial vs 11742 m, 650 m et 298 m pour un milieu excentré vs 11317 m, 651 m et 240 m pour un attaquant. Les disparités entre les différents auteurs peuvent résulter de la catégorisation des différentes intensités et de la prise en compte ou non de tous les joueurs ayant participé lors de la saison ou seulement de ceux ayant joué les deux mi-temps. Bradley et al (2011) se sont intéressés à la différence de la distance totale parcourue en fonction du poste de jeu et du système de jeu utilisé. Les défenseurs parcourent plus de distance dans un système en 4-4-2 (10452 m) que dans un système en 4-3-3 (10073 m) ou en 4-5-1 (10123 m). En 4-4-2, les défenseurs parcourent 11% de plus de distance à haute intensité qu'en 4-5-1 (2454 m vs 2207 m). Concernant les attaquants, ils parcourent entre 28 et 32 % de distance en plus à haute intensité en 4-3-3 (2988 m) qu'en 4-4-2 (2250 m) ou 4-5-1 (2333 m). A très haute intensité, les attaquants parcourent plus de distance en 4-3-3 qu'en 4-5-1 (1155 m vs 870 m). Au niveau des milieux, aucune différence significative n'apparaît en fonction du système du jeu. Cela peut s'expliquer par la non différenciation des milieux axiaux et excentrés. Il semble que le système de jeu en 4-4-2 soit plus exigeant physiquement pour les défenseurs que les systèmes en 4-3-3 et en 4-5-1. Cependant, leur pourcentage de passes réussies est supérieur dans ce système comparé aux autres systèmes. Pour les attaquants, le système en 4-3-3 est le plus exigeant pour eux.

Burgess et al (2006) ont rapporté que les distances parcourues en première et deuxième mi-temps au temps de jeu des joueurs (**tableau 10**). Ils enregistrent que les défenseurs effectuent $104.2 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ en première mi-temps et $93.1 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ en seconde mi-temps. Pour les milieux, cet auteur note $123.4 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ en 1^{ère} mi-temps et $114.9 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ en 2^{ème} mi-temps. Enfin, pour les attaquants, il relève $117.1 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$ et $116.7 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Tableau 10. Comparaison de la distance totale moyenne parcourue en sprint durant chaque mi-temps (m) (Burgess et al, 2006).

| Auteurs | Distance parcourue en sprint en 1 ^{er} mi-temps | 1ère mi- sprint Distance parcourue en sprint en 2ème | Distance totale parcourue en | Différence en % |
|------------------------|--|---|------------------------------|-----------------|
| Mohr et al (2003) | 350 | 210 | 650 | -22 |
| Rampinini et al (2007) | 613 | 591 | | -7 |
| Bradley et al (2009) | 459 | 468 | 905 | +1 |

Bradley et al (2009) ne trouvent pas de différence significative entre la distance totale parcourue en sprint en première mi-temps et celle parcourue en seconde mi-temps (**tableau 10** et **figure 7** ci-dessous). Cependant, il montre une diminution significative de la distance parcourue en sprint entre les 15 premières et les 15 dernières minutes de la première mi-temps. Le constat est similaire pour la seconde mi-temps. Bradley et al (2009) montrent que la durée moyenne des récupérations entre deux actions de THI ($19,8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) est de 72 s sur l'ensemble du match. Cependant, cette durée augmente de 15 % entre la première mi-temps (67 s) et la deuxième mi-temps (77 s). De même, il note que la durée augmente de 28 % entre les 15 premières minutes du match (65 s) et les 15 dernières (83 s). Il remarque également que la durée moyenne des récupérations, après un effort de THI, augmente au cours de chacune des deux mi-temps. Elles sont plus longues lors de la deuxième période de 5 min et lors des 5 dernières minutes au cours de la première mi-temps et dans les 3 dernières périodes comparées aux 5 premières minutes de la seconde mi-temps.

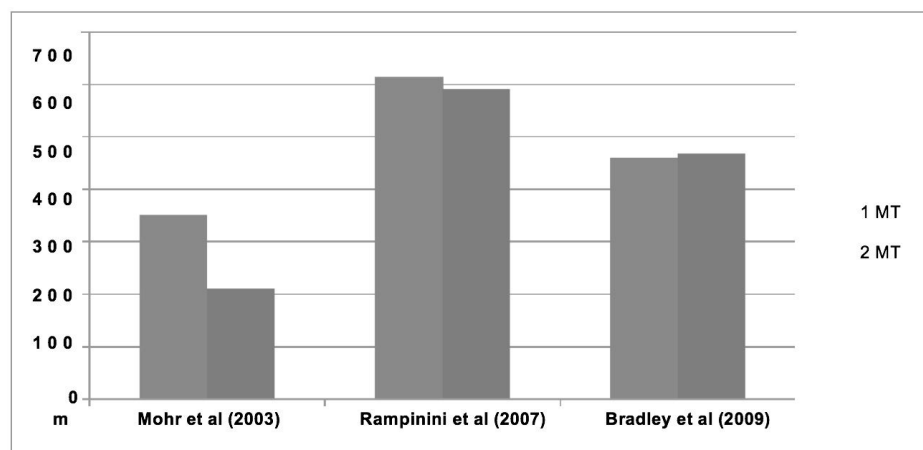


Figure 7. Distance totale parcourue en sprint (>24km.h⁻¹) en fonction de la mi-temps selon différents auteurs (m).

Dans le **tableau 11**, Verheijen (1998) relevait une distance entre 0,5 et 0,9 km de distance parcourue en sprint par match avec des distances maximales de sprints de 53 m pour les attaquants, 56 m pour les défenseurs et 63 m pour des milieux. La DTP en sprint correspond à une fourchette de 1 à 11% de la distance totale parcourue (Bangsbo, 1994 ; Di Salvo, et al, 2007). Le nombre de sprints par match évolue en fonction du poste du joueur (Rampinini et al, 2007). L'entraînement en vitesse peut être orienté selon des distances précises, des nombres de répétitions et des temps de récupération entre chaque exercice de sprint.

Tableau 11. Distance totale parcourue aux différentes allures, selon le poste occupé et le niveau, d'après Verheijen (1998).

| | International Junior A | | | Professionnel | | | | | |
|--------|------------------------|---------|------------|---------------|---------|----------|----------|------------|------------|
| | Défenseurs | Milieux | Attaquants | Défenseurs | | Milieux | | Attaquants | |
| | | | | Central | Latéral | Défensif | Offensif | De pointe | De soutien |
| Marche | 3 km | 1,9 km | 4,6 km | 4,2 km | 2,8 km | 2,4 km | 2,2 km | 4,4 km | 2,2 km |
| Trot | 2,5 km | 5,9 km | 2,2 km | 2,7 km | 4,2 km | 9,4 km | 6,8 km | 2,1 km | 5,0 km |
| Course | 1,2 km | 1,2 km | 1,0 km | 0,5 km | 1,3 km | 0,6 km | 2,6 km | 1,3 km | 0,6 km |
| Sprint | 0,9 km | 0,8 km | 1,4 km | 0,5 km | | 0,6 km | | 0,9 km | |

Di Salvo et al (2007), comparent l'activité du joueur en fonction des postes et par mi-temps. Il n'y a aucune différence significative de la distance parcourue en sprints entre la 1^{er} et la 2^{ème} mi-temps. Au contraire Verheijen (1998) montre une perte de 125 m entre la distance totale faite en sprints en 1^{er} mi-temps (621 m) et celle effectuée en 2^e mi-temps (496 m). Cette différence correspond à une perte de 11,2 %. Selon le niveau de jeu cette perte peut atteindre plus de 30 %, avec un minimum de 11,2 % (Hawkins, 2004). Dans le **tableau 12**, Bradley et al (2011), mettent en évidence que la distance totale moyenne sont décroissantes respectivement en 4-4-2, 4-3-3 et en 4-5-1.

Tableau 12. Comparaison de la distance totale moyenne parcourue en sprint durant chaque mi-temps (m) en fonction du système de jeu utilisé (Burgess et al, 2006).

| Auteurs | Distance parcourue en sprint en 1 ^{er} mi-temps | Distance parcourue en sprint en 2 ^{ème} mi-temps | Distance totale parcourue | Différence en % |
|------------------------|--|---|---------------------------|-----------------|
| Bradley et al (2011) * | 4-4-2 : 475 | 482 | 956 | -1 |
| | 4-3-3 : 478 | 447 | 924 | -4 |
| | 4-5-1 : 444 | 457 | 901 | -1 |

*En fonction du système de jeu utilisé

Durant la saison 2017-2018 (**tableau 13**), en ligue 2 française, les statistiques moyennes des 10 joueurs de champ (hors gardien de but) du match (90 min), Auxerre-Valenciennes du 22/09/2017, (victoire d'Auxerre 2-0) mettaient en évidence : une vitesse maximale de 26,20 km.h⁻¹, 14,20 sprints (> 23 km.h⁻¹), avec 9,4 répétitions en accélération (> 4 m.s⁻²) et 16,2 en décélération (> 4 m.s⁻²).

Tableau 13. Statistiques des 10 joueurs de champ d'Auxerre du 22/09/2017 contre Valenciennes, Ligue 2 Française (d'après Datawrapper, 2017).

| Données | Moyenne (sur 10 joueurs de champ) |
|--|-----------------------------------|
| Distance (km) | 7,76 |
| Vitesse moyenne (km/h ⁻¹) | 6,80 |
| Vitesse maximale (km/h ⁻¹) | 26,20 |
| Sprints (> 23 km/h ⁻¹) | 14,20 |
| Accélération (> 4m/s ⁻²) | 9,4 |
| Décélération (> 4m/s ⁻²) | 16,2 |

Le football actuel réclame une capacité à répéter des efforts de sprints, entre 13 et 16 à des vitesses de plus de 24 km.h⁻¹ par match, avec des distances comprises entre 20 et 25 m, chiffres issus de 3 championnats européens (France, Angleterre, Allemagne) sur la saison 2010-2011 (FIFA, 2013). Vigne.G et al (2010), à partir d'une étude portant sur 25 joueurs d'un club italien de Série A (30 matchs de championnat à domicile ; 6 matchs Ligue des Champions ; 4 matchs coupe d'Italie ; saison 2004-2005), répertorient les sprints (vitesse >19km.h⁻¹) en regard de leur nature, de leur nombre et en fonctions des positions de jeu. Ainsi les attaquants réalisent moins de sprint que les milieux sur 2-4 m ; 5-9 m et > 40 m (P<0,05). Pour ces auteurs dans le championnat italien 93 % des déplacements réalisés à THI le sont sur une distance comprise entre 2 et 19 m (**tableau 14**). D'autres auteurs se sont intéressés à cette étude de sprint et cela dans les championnats qui

représentent le haut niveau européen à savoir : Anglais, Italien et Espagnol. Le **tableau 15** évoque le sprint comme le support des actions décisives tant sur le plan défensif qu'offensif d'un match dont la fréquence d'apparition est aléatoire. La capacité à répéter des sprints est l'une des caractéristiques du joueur moderne et les événements d'un match influent sur leur fréquence, leur longueur, l'allure à partir de laquelle ils sont déclenchés. La faculté d'un joueur à récupérer ou non pendant ou après une série de ce type d'effort peut avoir des conséquences importantes sur les événements d'un match. En effet si après une (des) action(s) offensive(s) ou défensive(s), à haute, voire très haute intensité, le joueur ne peut se replacer à cause d'un besoin de récupérer, son équipe se trouvera alors en difficulté. Nous pensons que les clefs de la performance physique dans le football de haut niveau reposeraient sur le pouvoir à vite récupérer après une période à très haute intensité mais aussi d'être capable de produire à nouveau, et ce dans les plus brefs délais, un tel niveau d'intensité. Cette faculté renvoie à la notion de "capacité à répéter les sprints" et Rampinini. E et al (2007a) montrent une corrélation entre le niveau de cette capacité et la performance réalisée en match sur la distance parcourue à haute intensité.

Tableau 14. Nombre de sprint réalisé en match en fonction des postes. (Vigne. G et al 2010).

| | | Total | |
|-------------------------------|------------|---------------|--------------|
| | | Absolu | /Minutes |
| Nombre de sprint entre 2-4m | Défenseur | 27,10±17,79 | 0,34±0,19++ |
| | Milieu | 27,50±15,57 | 0,41±0,19** |
| | Attaquant | 20,99±20,29*+ | 0,3±0,2+++ |
| Nombre de sprint entre 5-9m | Défenseur | 24,93±12,90 | 0,31±0,16+++ |
| | Milieu | 26,64±14,56 | 0,4±0,17*** |
| | Attaquant | 21,78±13,33+ | 0,32±0,11+++ |
| Nombre de sprint entre 10-19m | Défenseur | 19,77±8,96 | 0,25±0,11++ |
| | Milieu | 19,86±11,07 | 0,3±0,13** |
| | Attaquant | 18,40±10,31 | 0,27±0,1 |
| Nombre de sprint entre 20-29m | Défenseur | 6,93±4,05 | 0,09±0,05 |
| | Milieu | 6,46±4,44 | 0,1±0,08 |
| | Attaquant | 6,68±3,84 | 0,1±0,04 |
| Nombre de sprint entre 30-39m | Défenseur | 2,69±2,09 | 0,03±0,03 |
| | Milieu | 2,20±1,81 | 0,03±0,04 |
| | Attaquant | 2,78±1,99 | 0,04±0,03 |
| Nombre de sprint >40m | Défenseur | 1,66±1,57 | 0,02±0,02 |
| | Milieu | 1,42±1,33 | 0,02±0,03 |
| | Attaquant | 1,92±1,54+ | 0,03±0,02* |
| Nombre total de sprint | Défenseur | 83,08±38,49 | 1,04±0,42+++ |
| | Milieu | 84,09±42,25 | 1,26±0,42*** |
| | Attaquants | 72,55±43,73 | 1,06±0,32+++ |

*Différent des défenseurs, *p<0,005; **p<0,001; ***p<0,001 Différents des milieux, †p<0,05; ††p<0,01; †††p<0,001*

Tableau 15. Présentation de la partie sprint du tableau intitulé ‘‘Performance Physique réalisée en Première Ligue Anglaise’’ (Bradley P S et al 2009).

| Variables de la performance en match | Défenseur central (n=92) | Défenseur latéral (n=84) | Milieu axial (n=80) | Milieu de couloir (n=52) | Attaquant (n=62) |
|---|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Sprint (m) | 152± 50 | 287±98 | 204±89 ^c | 346±115 ^c | 264±87 |

^c Différent des défenseur central, milieu axial et attaquant (P<0,01).

Nous venons de mettre en avant, par ces quelques références, les exigences du football moderne sur le plan des courses. Ainsi le joueur devra être capable de répéter, et ce le plus souvent possible ces actions à haute voire THI, ce qui donne à la filière aérobie un rôle prépondérant lors des phases de récupération. La possibilité de décrire ces actions à THI pourrait aussi résider dans la notion d'accélération. Cette dernière en fonction de son niveau d'intensité peut être incluse comme une action de THI.

Pour l'amélioration de cette vitesse de démarrage ou capacité d'accélération, trois composants sont importants : la force, la vitesse force et la vitesse courte.

Synthèse

Nous pouvons établir que ce sont les défenseurs centraux qui parcourent le moins de distance totale durant un match. Le profil d'activité à haute intensité représente environ 3 secondes d'effort pour une durée de récupération entre 15 et 30 secondes. Ce profil tend à évoluer au cours du match. En effet, plus le match avance, plus l'intensité de leur course tend à diminuer tout en augmentant leur durée de récupération. Les défenseurs restent toujours en activité par le fait de piétiner. En ce qui concerne les milieux, ce sont eux qui parcourent la plus grande distance totale au cours d'un match. Leur profil d'effort, consiste en des efforts de 3 à 45 secondes suivies de récupération de 3 à 15 secondes. Ce sont eux qui ont le moins de récupération suite à un effort de très haute intensité comparée aux autres postes. Ceci venant du fait de leur participation à la fois aux phases défensives et offensives. Les attaquants sont sensibles au système de jeu utilisé. Il semblerait qu'un système en 4-3-3 soit le plus exigeant pour les attaquants. Toutefois, leurs efforts se situent entre 9 et 30 secondes pour des récupérations allant de 3 à 6 secondes jusqu'au début de la seconde mi-temps. Ceci montre que l'activité des attaquants est très importante et semble nécessaire à l'équilibre de l'équipe.

Cependant, leur activité s'inverse totalement en seconde mi-temps pour passer de 3 à 6 secondes d'effort suivi de 18 à 48 secondes de récupérations. Il semblerait qu'un travail spécifique de répétabilité de sprint associé au choix d'un système de jeu soit tout particulièrement indiqué pour ce poste.

CHAPITRE III. EVOLUTION TACTIQUE DU FOOTBALL

L'évolution du football s'illustre par quatre notions que sont la vitesse (le rythme des matches est plus intense, notamment la vitesse collective du jeu), la notion d'espace-temps (la réduction des distances entre les lignes bouleverse les repères du joueur), l'exigence technique et tactique (contrôle, passe, déplacement, remplacement) et le physique (plus de courses, de duels, de sollicitations). Le football va de plus en plus vite, dans un minimum de temps et d'espace. Depuis le début du 21^e siècle, il existe des spéculations sur l'éventuel impact du système (ou formation) de jeu appliqué par une équipe sur l'activité des joueurs sur le terrain (Carling et al, 2005 ; Drust et al, 2007 ; Carling et al, 2008). L'objectif de tout système de jeu est d'assurer une organisation d'équipe optimale, tant dans l'exploitation des capacités physiques des joueurs que dans la réduction des efforts nécessaires à la récupération et l'utilisation du ballon (Doucet, 2007). Ce système de jeu est systématiquement exprimé en chiffre, pour représenter la répartition du nombre de joueurs par lignes, sur trois (défense, milieu, attaque) ou quatre (défense, milieu défensif, milieu offensif, attaque) lignes distinctes. Ainsi, il existe le fameux 4-4-2 (4 défenseurs, 4 milieux, 2 attaquants), le 4-3-3, le 4-5-1, ou encore le 4-2-3-1 parmi tant d'autres. Nous ne détaillerons pas les différentes possibilités d'organisation sur le terrain pour un même système, faute de références scientifiques sur le sujet. Car par exemple, un 4-4-2 peut être « à plat » : où les milieux sont sur la même ligne sur le terrain, ou en « losange » : où les milieux sont positionnés en losange sur le terrain, un milieu devant les défenseurs, un derrière les attaquants, et les deux autres sur les côtés. A noter qu'une équipe ne conserve pas forcément le même système de jeu au cours d'un match. Par exemple, il se peut qu'en phase offensive, elle s'organise en 4-3-3 pour avoir suffisamment de points d'appuis en attaque, et s'organise en 4-5-1 en phase défensive, afin de densifier le milieu de terrain, pour soutenir la défense. Les études qui ont analysé l'influence des systèmes de jeu sur l'activité des joueurs ont toutes été assez cohérentes sur la prise en compte de ces changements en cours de match.

La tendance tactique des équipes : le 4-1-4-1, 4-2-3-1, 3-5-2 ou chaque joueur à son jeu au poste, sans ou avec « dézonage » à partir d'un bloc compact positionné (suivant vitesse des défenseurs) le plus souvent médian. Le dispositif tactique recouvre le placement des joueurs, les uns par rapport aux autres, de leurs actions. Cela signifie que le placement des joueurs découle du déplacement de ses partenaires. Plus précisément, la distribution momentanée des joueurs est, selon Deleplace (2010) le résultat de l'activité selon laquelle ceux-ci occupent le terrain. Ces différents vocables illustrent sous l'appellation de dispositif tactique le double aspect spatial et opératoire de l'adaptation des équipes aux jeux sportifs collectifs. Bradley et al (2010) ont montré des différences significatives sur la composante athlétique en fonction du système de jeu utilisé.

Le système de jeu influence de manière globale l'activité des joueurs mais également en fonction du poste occupé dans chacun des trois systèmes représentés ci-dessous (**figure 8**).

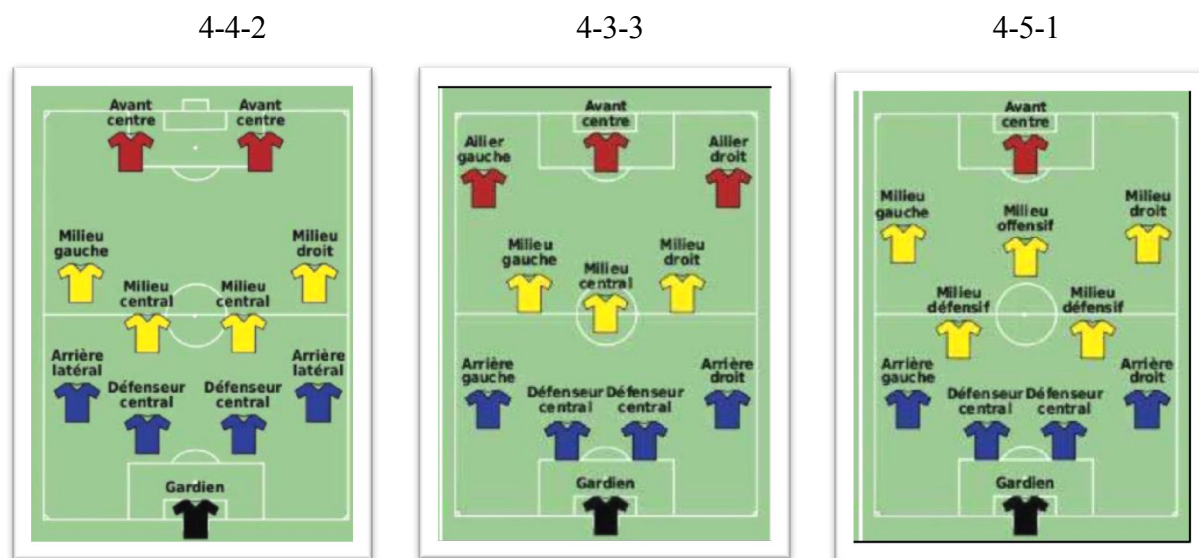


Figure 8. Représentation de trois dispositifs tactiques les plus utilisés en football moderne.

La demande physique générale serait plus importante en 4-4-2 et en 4-3-3 plutôt qu'en 4-5-1 (Bradley et al, 2011). Les différences observées n'étaient statistiquement pas significatives, néanmoins elles peuvent s'expliquer par l'augmentation de la densité des joueurs en zone défensive, avec le 4-5-1, qui réduit l'espace à couvrir par chaque joueur. Cette explication se confirme avec l'augmentation des courses à très haute intensité en 4-4-2 et 4-3-3 (vs. 4-5-1) lorsque l'équipe a le ballon, et l'augmentation des courses à très haute intensité en 4-5-1 (vs. les deux autres) quand l'équipe n'a pas le ballon (Bradley et al, 2011). Ces trois formations se distinguent bien par leurs caractéristiques offensives et défensives. En effet, le 4-5-1 est bien plus défensif que les deux autres, avec le renfort du milieu de terrain et l'isolation de l'attaquant (Bauer, 1993 ; Bangsbo et Pietersen, 2000). Ainsi en 4-5-1, les joueurs effectueraient moins de courses à très haute intensité en attaquant, et plus en défendant (Bradley et al, 2011). En précisant les spécificités des postes de jeu, il semblerait que le 4-3-3 (vs. 4-4-2 et 4-5-1) fasse davantage courir les attaquants, sur les distances totales parcourues, les très haute intensité, et jusqu'à 30 % de plus sur les hautes intensités ; et le 4-4-2 (vs. 4-4-3 et 4-5-1) ferait davantage courir les défenseurs (Bradley et al, 2011). Le déclin dans l'activité physique communément observé en 2^e mi-temps d'un match de football (Mohr et al, 2005) ne serait pas influencé par le système de jeu de l'équipe. Néanmoins, en observant les différents postes de jeu, les attaquants semblent être tout de même influencés vis à vis de leurs courses à HI et THI, qu'ils diminuent significativement avec le 4-5-1 (Bradley et al, 2011). Ce système de jeu les isole, les oblige à marquer et presser deux défenseurs (Bauer, 1993 ; Bangsbo et Peitersen, 2000), et donc les fatiguerait davantage. Enfin, de manière générale, le 4-4-2 et le 4-3-3 permettraient à tous les

joueurs de faire plus de passes, et le 4-4-2 d'en réussir davantage. Plus spécifiquement, les défenseurs auraient une plus grande implication, tant physique que technique, en 4-4-2 (Bradley et al, 2011). Une étude s'est intéressée à l'influence du système de jeu de l'adversaire, concluant qu'il n'influencait pas l'activité physique générale lors du match (Carling, 2011). En revanche, quand l'équipe était en possession du ballon, les courses à haute intensité étaient plus importantes face à un 4-4-2 que face à un 4-2-3-1 ; et sans la possession du ballon, c'est face à un 4-3-3 et un 4-5-1 qu'elles étaient plus importantes, comparées aux courses effectuées face au 4-4-2 (Carling, 2011). D'ailleurs, face à un 4-4-2, les défenseurs et les milieux de terrain avaient réalisé plus de passes et de touches de balle (vs. 4-2-3-1). L'équipe référence observée dans cette étude avait tendance à dominer la possession en jouant face à un 4-4-2, et réalisait plus de passes en 1 touche de balle face à un 4-2-3-1 (Carling, 2011), alors qu'elle-même jouait en 4-3-3 offensif/4-5-1 défensif. Ces résultats donnent une tendance qui peut aider les entraîneurs à planifier des matchs amicaux de préparation en fonction du système de jeu adverse et de l'impact recherché (Carling, 2011). En revanche, comme ils sont issus de l'analyse d'une seule équipe, dans une seule compétition, ils sont difficilement généralisables.

Une stratégie est définie comme étant un plan conçu et adopté afin d'atteindre un objectif précis, et ce, en appliquant des tactiques spécifiques à l'activité (Carling et al, 2005). Les équipes adoptent une combinaison de styles de jeu offensifs et défensifs dans le but d'augmenter leur probabilité de gagner le match. Un style de jeu pourrait être considéré comme le comportement général de l'équipe lors des phases offensives et des phases défensives.

Dans ce sens, Fernandez-Navarro et al (2016) ont récemment observé les styles de jeu des équipes de *Premier League* et de *Liga* en distinguant les six facteurs suivants: des passes latérales et une grande possession de balle ou un grand nombre de passes du tiers défensif au tiers offensif ; un regain de la possession proche de la touche ou en zone centrale ; un grand pourcentage du temps de possession du ballon dans le tiers défensif ; une possession en largeur ou en longueur en phase offensive ; un pressing faible ou important ; une capacité collective à progresser avec le ballon. D'autres études se sont intéressées à l'impact des « tactiques » (offensives et défensives) adoptées, au sens plus large du terme que les simples systèmes de jeu. Il a été ainsi observé qu'en terme de tactique offensive, les contre-attaques étaient bien plus efficaces que les attaques « placées » (dans le sens « élaborées, construites, préparées ») face à une défense dite « déséquilibrée » (qui n'impose pas de pressing sur le porteur de balle, et qui n'a pas de défenseur en soutien, ni en couverture du défenseur le plus proche du ballon) (Tenga et al., 2010a, 2010b). La contre-attaque serait d'ailleurs trois fois plus efficace que l'attaque placée pour créer des opportunités de tirs, surtout en partant de la moitié de terrain adverse (Lago-Ballesteros et al, 2012). Ainsi, une plus grande proportion de tirs réussis est attendue si le ballon est récupéré dans

le terrain adverse et que l'équipe est organisée avec un bloc défensif « bas » (Seabra et Dantas, 2006). De même, on obtiendra un plus grand nombre d'opportunités de tirs et de buts, en réalisant des contre-attaques sur une défense déséquilibrée (*vs.* équilibrée) (Olsen et Larsen, 1997). Autre constat, il semblerait que les longues possessions de balle (cinq passes et plus) seraient plus efficaces que les courtes possessions (deux passes et moins) pour créer des opportunités de tirs (Hughes et Churchill, 2005 ; Hughes et Franks, 2005 ; Hughes et Snook, 2006 ; Tenga et al, 2010a, 2010b ; Lago-Ballesteros et al, 2012), et pourtant certains auteurs ont observé que plus nombreux étaient les tirs effectués après de courtes possessions (Reep et Benjamin, 1968 ; Hughes et Franks, 2005). En revanche, tous étaient d'accord pour affirmer que les possessions qui partent du dernier tiers du terrain (zone offensive) sont les plus efficaces pour se créer des opportunités de tirs (Bate, 1998, Hughes et Snook, 2006 ; Tenga 2010a, 2010b ; Lago-Ballesteros et al, 2012).

D'un point de vue technique, les longues passes seraient plus efficaces que les passes courtes face à une défense déséquilibrée. Il en serait de même avec les passes qui « cassent » (franchissent) les lignes les plus efficaces face à tout type de défense (Tenga et al, 2010a, 2010b). Toutes ces observations relèvent davantage d'une analyse sur les choix tactiques en football, plutôt que d'une analyse des facteurs de performance et de fatigue d'un match de haut niveau. Toutefois, elles permettent d'orienter les entraînements. Elles permettent aussi d'aborder l'analyse des statistiques de match, comme résultant d'une performance qui ne dépend pas que de l'état de forme de l'équipe qui est analysée, mais également de l'adversaire, de sa qualité, de son organisation et de ses comportements tactiques. Concernant l'analyse de l'influence des systèmes de jeu, davantage d'études sur différentes compétitions et sur des équipes nationales sont nécessaires pour approfondir les connaissances sur le sujet (Lago-Ballesteros et al, 2012). Durant la possession ou dès la récupération le joueur doit être en mesure de faire une passe en profondeur, jouer en combinaison dynamique avec les autres joueurs, percuter dans les espaces libres, fixer-donner-appeler, presser collectivement pour récupérer le ballon.

En conséquence l'équipe doit posséder cette capacité de se propulser vers l'avant dès la récupération du ballon pour profiter du temps de déséquilibre de l'adversaire. La qualité de la première passe est essentielle pour aller plus vite au large, sortir de la densité et donner de la profondeur. Cette équipe moderne joue sur deux registres : attaque rapide et placée, elle crée un jeu latéral sur un faux rythme associé avec une percussive (jouer le duel : le 1 contre 1) soit individuelle ou collective. Cette équipe de haut niveau possède des leaders : un finisseur, un passeur, un créateur, un protecteur, un énergétique et un gardien de but performant. Ils possèdent la culture de l'effort, une responsabilisation individuelle, un mental fort, une concentration et un contrôle de soi et de son jeu.

CHAPITRE IV. EXIGENCES AU FOOTBALL ET PREPARATION PHYSIQUE

a) Les tests athlétiques

Les tests physiques sont, un moyen pour mesurer le niveau de forme physique à instant donné et dans un contexte précis (Svensson et Drust, 2005). Des centaines de tests peuvent être mis en place afin d'évaluer différentes qualités physiques, cependant ce n'est pas le sujet de la présente thèse que de les citer tous. Ici, les tests physiques sont présentés et détaillés comme des potentiels outils du suivi de la vitesse utilisés dans la littérature. Ainsi, des altérations de performance sur des répétitions de sprint (5 x 30 m séparés par 25 sec de récupération) et sur un 2 x 20 m sprintés ont été observées pendant et immédiatement après des matchs de football (Krustrup et al, 2006 ; Rampinini et al, 2009). Ou encore, des hauteurs squat jump (SJ) étaient diminuées en mi-temps d'un match simulé et dans les 96 h qui suivaient chez des sportifs amateurs (Tofari et al, 2017). Après un calendrier de 6 semaines d'enchaînement de matchs, les performances sur un test aérobie, sur un countermovement jump (CMJ) et sur sprint de 10 et 20 m étaient également réduites (Rollo et al, 2014).

Les performances sur de nombreux tests physiques ont été associées avec des marqueurs de la charge à la fois internes et externes. Ainsi, les performances réalisées sur des tests aérobies, comme le test sur piste de l'université de Montréal (Leger et Boucher, 1980) et le test YoYo intermittent de niveau 1 (Bangsbo, 1996), étaient significativement corrélées avec la RPE (Rating of Perceived Exertion, échelle de perception de l'effort), les activités à HI et les mesures de fréquence cardiaque (FC) chez des joueurs de différents âges et de différents niveaux (Manzi et al, 2013 ; Rebelo et al, 2014 ; Gil-Rey et al, 2015). Dans le même sens, des performances sur 15 m et sur CMJ étaient corrélées aux RPE chez des jeunes joueurs de football (Gil-Rey et al, 2015) et des performances sur CMJ étaient également corrélées avec les activités à HI chez des joueurs professionnels de *Premier League* (Thorpe et al, 2015). Tous ces résultats indiquent que les tests physiques peuvent être utilisés de manière intéressante pour informer sur l'état de forme des joueurs, et informer sur l'état de fatigue. Cependant, à un haut niveau de pratique, les joueurs et les entraîneurs sont souvent réticents à l'idée d'exécuter des efforts maximaux en plus des charges induites par le match, ou les séances d'entraînements intenses en période compétitive. Une telle réticence rend l'application d'un test aérobie comme le test YoYo intermittent, ou d'un test de résistance comme sur une répétition de sprints, assez limitée. Dans ce sens, des tests sur des sprints courts ou des CMJ n'ont pas non plus été recommandés dans la littérature (Thorpe et al, 2015) puisque tous ces tests maximaux ne sont pas sans risques musculaires et ont un cout énergétique supplémentaire. Cependant, la réalisation de tests de sauts comme le CMJ ou le SJ ne devrait pas augmenter significativement la charge totale d'un match ou d'une séance d'entraînement et pourrait être un moyen rapide et tout à fait pertinent pour mesurer la fatigue

musculaire/neuromusculaire d'un joueur. Il a d'ailleurs été montré que les performances sur SJ étaient diminuées à la mi-temps de matchs et simulations de matchs. Quoiqu'il en soit, l'utilisation de tels outils doit être maîtrisée et planifiée à l'avance afin que les résultats des tests soient inclus dans la quantification de la charge de travail dans une logique post-exercice, et ne pas être réintroduits, par exemple, plusieurs dizaines de minutes après la fin d'une séance.

Les objectifs fixés par le préparateur physique concernant sa trame de travail nécessitent plus la connaissance de la vitesse de course à laquelle est atteint le VO₂ max que celui-ci. En effet à partir de cette vitesse il pourra programmer les intensités et les durées optimales de course. Les tests de terrain, continus et intermittents, les plus utilisés en football sont illustrés dans **les tableaux 16 et 17**.

Dans les tests intermittents les périodes de travail sont entrecoupées de périodes de récupération (active ou passive) et ce contrairement aux tests continus. Cette différence dans la mise en œuvre inclut des répercussions sur le plan physiologique que plusieurs auteurs ont mis en avant :

- Le protocole intermittent permet d'atteindre un moment d'épuisement plus tardif par rapport au continu (Duncan et al 1997 ; Bangsbo, 1992a).
- Le protocole continu induit un épuisement musculaire local plus important car le temps de travail y est plus grand (Duncan et al, 1997).
- La phase de récupération, dans le protocole intermittent permet de produire ensuite une charge de travail plus élevée au niveau musculaire (Wisloff et al, 1998).
- Duncan et al (1997) puis Bangsbo (1992a) montrent que les protocoles intermittents donnent des VO₂max plus grands. (Nous parlerons plutôt de Pic de la consommation d'oxygène).
- La concentration d'acide lactique sanguine est plus grande dans les tests intermittents. (Metaxas et al, 2005).
- Drust et al (2007) indiquent que pour une durée et une intensité donnée d'exercice, il y a une plus grande consommation d'oxygène dans l'exercice intermittent. En effet cela est expliqué par le pic de cette consommation durant la phase de récupération :
 - Pour la réplétion de l'oxygène au niveau de l'hémoglobine, de la myoglobine.
 - Pour la reconstitution de stocks phosphagènes due au métabolisme lactique (vitesse d'accumulation et pic de lactate sanguin plus important).
- Drust et al (2007), montrent une augmentation de la fréquence de la ventilation due à la stimulation de chémorécepteurs en réponse à l'accroissement de l'acidose métabolique. Devant ces données physiologiques du travail intermittent, cet auteur évoque un modèle de recrutement des fibres musculaires différent de celui d'un travail continu.

Tableau 16. Tests de terrain.

| Nom | Mise en Œuvre | Protocole | Résultat | Variables Physiologiques obtenues |
|--|---|---|---------------------------------------|---|
| Vameval de Cazorla et Leger (1993) | Piste (multiple de 20) avec plot disposé tous les 20m | Départ du test à 8km.h ⁻¹ . Augmentation de la vitesse de 0,5km.h ⁻¹ toute les minutes. A chaque bip être à un plot | Durée dans le dernier palier complété | VO ₂ max donné par abaques VMA donnée par le dernier palier atteint |
| Course Navette Leger et al (1988) | Surface Rectangulaire dont l'un des côté fait 20m. L'autre dépendra du nombre d'évalué. Effectuer des allers retours | Départ du test à 8km.h ⁻¹ . Augmentation de la vitesse de 0,5km.h ⁻¹ . A chaque bip être à une des deux lignes espacées de 20m | Dernier palier complété | VO ₂ max obtenu à partir des abaques VMA extrapolée à partir de la vitesse maximale de course navette selon abaques |
| Course sur piste Leger et Boucher (1980) | Piste avec plot disposé tous les 50m | Départ du test à 8km.h ⁻¹ Augmentation de la vitesse de 1km.h ⁻¹ toute les deux minutes. A chaque bip le sujet doit être à un plot | Dernier palier complété | VO ₂ max extrapolé selon l'équation de Léger et Mercier (1985) VMA donnée par le dernier palier |
| Yo-Yo Endurance Test level 1 or 2 de Bangsbo.J (1996-2006) | Navette sur 20m avec 5 secondes de récupération | YYETL1 Départ du test 10km.h ⁻¹ - Incrémentation :10; 12; 10.75; 11; 11.25; 11.5; 11.75; 12; 12.25; 12.5; 12; 75; 13... Durée des Paliers 1'-5 secondes de récupération active (Marche sur 2x2, 5m) YYETL2 Départ du test à 11,5km.h ⁻¹ . Incrémentation de 0,5km.h ⁻¹ entre chaque palier. Durée des Paliers 1', 5 secondes de récupération active (Marche sur 2x2, 5m) | Distance totale parcourue | YYETL2 Estimation de la VMA selon équation de KUIPERS et al (1985) VMA= V+0,5 (n/60) V= vitesse maintenue avant le dernier palier N= nombre de seconde dans dernier palier 60 = nombre de seconde correspondant à chaque palier |
| Course sur piste Leger et Boucher (1980) Revu par Cazorla. G (1993) | Piste avec plots disposés tous les 20m | Départ du test à 8km.h ⁻¹ . Augmentation de la vitesse de 0,5km.h ⁻¹ toute les minutes. A chaque bip le sujet doit être à un plot | Dernier palier complété | VO ₂ max extrapolé selon l'équation de Léger et Mercier (1985) VMA donnée par le dernier palier |

Tableau 17. Tests de terrain.

| Nom | Mise en Œuvre | Protocole | Résultat fin d'épreuve | Variables Physiologiques obtenues |
|---|---|--|--|--|
| Test de l'Université de Bordeaux (TUB2) de Cazorla. G (1990) | Piste avec plots tous les 20m | Départ de l'épreuve à 8km.h ⁻¹ Paliers de 3' Incrémentation : 8,10,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22km.h ⁻¹ récupération passive 1' avec prélèvement sanguin | Durée dans le dernier palier | VMA donnée par le dernier palier totalement complété VO ₂ max Définit les vitesses de mise en jeu métaboliques aérobie, anaérobie et mixtes. D'autre part il rend compte des réponses cardiaques en état stable et pendant la récupération. |
| Probstest Version Modifiée par Lasby. Z et al (2004) | Circuit de 140m avec changements de direction | Début épreuve à 8,4km.h ⁻¹ . Palier de 2'. Incrémentation de 1,2km.h ⁻¹ . Récupération 30'' | Dernier palier complété | VMA : vitesse atteinte dans le dernier palier et ajustée selon équation de KUIPERS et al (1985) VMA= V+ax (n/b) V= vitesse maintenue avant dernier palier N= nombre de seconde dans dernier palier B= nombre théorique de seconde dans le dernier palier |
| 30''-15'' de Buchheit.M (2000) | Terrain de 40m 3 lignes : 1 de départ (A) ; une intermédiaire (B située au milieu de l'aire de course) ; une ligne de ½ tour (C) | Course navette. Courir 30'' à la vitesse donnée puis s'arrêter pendant 15''. Au premier bip le sujet commence à courir puis poursuit son effort afin de se trouver au second bip dans la zone de tolérance centrale (B) puis au niveau e la ligne (C) au troisième bip etc. jusqu'à entendre le double bip signifiant la fin de la période. Au double bip le sujet cesse de courir et marche jusqu'à rejoindre la ligne suivante pour attendre le prochain palier Départ du test à 8km.h ⁻¹ Incrémentation : 0,5km.h ⁻¹ à chaque palier | Test terminé quand le sujet n'est plus capable d'entre dans la zone de tolérance trois fois de suite | VMA donnée par le dernier palier complété intégralement VO ₂ max = 28,3-2,15G-0,741 A-0 ;0357 P+0 ;0586 AxVMA30-15 IFT (G= 2 pour féminin et 1 pour masculin) (A=âge ; P =poids) |
| Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1 or 2 de Bangsbo.J (1996-2008) | 2 lignes espacées de 20m. Réaliser des navettes | Durée des Paliers 1' ; Récupération active 10'' YYIRTL1 Départ du test à 10km.h ⁻¹ . Incrémentation : 10 ; 12 ; 13 ; 13.5 ; 14 ; 14.5 ; 15..... YYIRTL2 Départ du test à 13km.h ⁻¹ .Incrémentation :13 ; 15;16 ; 16.5 ; 17 ; 17.5 ; 18..... | Distance totale parcourue Deuxième échec pour rejoindre la ligne à temps ou le sujet se sent incapable de compléter le palier suivant | YYIRTL1 La vitesse atteinte durant le dernier 2x20m est considérée comme la VMA YYIRTL2 Estimation de la VMA selon équation de KUIPERS et al (1986) VMA= V+ax (n/b) V= vitesse maintenue avant dernier palier N= nombre de seconde dans dernier palier B= nombre théorique de seconde dans le dernier palier |

b) Qualités énergétiques : l'aérobie

Yamamoto et al (2008) soulignent les bénéfices de l'entraînement en puissance aérobie sur la capacité aérobie. Le développement des capacités aérobies est déterminant en football pour favoriser la répétition d'efforts alternés avec des récupérations brèves et incomplètes. Son rôle est également important pour la prévention des blessures (Knapik, 2015). La condition physique influence l'apparition de la fatigue, le niveau d'attention, de vigilance et le confort physiologique et mécanique. Les séances sous forme de circuit training respectent la logique de l'entraînement holistique, avec le minimum de récupération entre chaque. La récupération entre les séries doit respecter un *ratio* effort : récupération de 1 :0,25 à 0,5. Par exemple si vous effectuez un enchaînement de 4 min, la récupération est comprise entre 1 et 2 min, 4 à 5 séries réalisées. Pour le maintien d'une activité cardio-respiratoire, il est nécessaire d'effectuer des efforts continus, réguliers et rythmés de 15 à 60 min, 2 à 3 fois par semaine. Durant la préparation, l'alternance d'efforts continus (15 à 60 min ; 70 à 85 % FC max) et d'efforts intermittents (interval training de 3 à 8 min/intervalles, 3 à 5 séries de 85 à 95 % FC max). Avec une récupération de 1 :0.5 (pour 1 temps d'effort : récupération = durée divisée par 2) sont préconisées. A l'approche de la période de compétition, l'intensité des courses sera maximale voire supra-maximale (> 100 %), tout en diminuant le volume.

c) Qualités de force

Cometti (2002) parle de « la pyramide inversée de l'endurance » pour développer la puissance du joueur en partant d'efforts explosifs. Cependant le jeu et les exigences ont évolué. Il faut prendre garde à toutes « les périodisations traditionnelles devenues vieillissantes et obsolètes. » Young, 2014. La musculation, maîtrisée et bien utilisée est un outil en football. McGuigan et al, 2012 ; Yamamoto et al, 2008 « renforcer sa musculature superficielle et profonde, améliorer ses qualités physiques de force, de vitesse, de puissance, d'accélération, d'endurance, de coordination...développer et entretenir son équilibre et sa proprioception, optimiser son rendement de course (amélioration des caractéristiques neuromusculaires, et de l'énergie élastique stockée) et contribuer à prévenir et limiter de blessures. L'approche prophylactique en musculation est centrale pour la progression, la performance globale durable en football ». En fonction des profils (caractéristiques, besoins) et des objectifs à atteindre, cet entraînement doit effectuer de manière globale (holistique), « entraînez vos mouvements, pas vos muscles » en privilégiant les exercices et les mouvements poly-articulaires exécutés avec une grande amplitude. Les mouvements isolés s'effectuent pour des besoins spécifiques (faiblesses, asymétries, fatigue, régénération). Il est important de connaître les limites au niveau anatomo-physiologiques (les

déséquilibres musculaires, le manque de mobilité, la difficulté à réaliser certains mouvements), se renseigner sur les antécédents traumatologiques (les blessures passées ou récurrentes, les opérations), maîtriser les caractéristiques du physique (les faiblesses, la stagnation, les méthodes inefficaces ou inadaptée), et du mental (la volonté en particulier, la démotivation, les échecs, l'impatience). La qualité doit passer avant la quantité, des principes doivent être suivis (le modèle agoniste-antagoniste, la qualité de la récupération, l'adaptation de la séance à la forme du moment, les mouvements préparatoires). La force est indispensable au développement de la qualité de vitesse (Meier, 2007). La force et la vitesse sont deux qualités indissociables (Wisloff et al, 2004). La performance en ½ squat est directement corrélée à la performance en sprints (Wisloff et al, 2004). Un travail en force maximale va permettre de synchroniser les unités motrices. Les muscles sollicités durant la vitesse sont les muscles, extenseurs de la hanche qui fixent le bassin, les extenseurs du genou, les fléchisseurs du genou, les muscles responsables de la rétroversion (abdominaux, transverses, petit et grand obliques et grand droit de l'abdomen), les ischio-jambiers et les muscles permettant les appuis unipodaux tels que les adducteurs et les abducteurs (Carminati et Di Salvo, 2003). La littérature met en évidence que la force maximale permet d'améliorer la capacité d'accélération et de freinage, permettant d'effectuer d'autres actions (s'arrêter, sauter, se repousser ou autres actions footballistiques). Notons que la force maximale n'est pas atteinte pendant le sprint (Wisloff et al, 2004 ; Meier 2007).

Pour le footballeur, la force-vitesse est une base de travail importante et essentielle. On peut mettre en place des exercices de renforcement musculaire spécifique aux muscles sollicités et effectuer un travail de vitesse associé ou dissocié (Bangsbo, 2007). Ce travail de force-vitesse consiste à effectuer des contractions maximales dans un laps de temps très bref. Il permet une amélioration de la synchronisation des unités motrices (UM) et de leur fréquence de décharges, c'est-à-dire une diminution du temps de recrutement des UM notamment des fibres de type IIBs (Belhm et Sale, 1993). Également, la coordination intramusculaire et intermusculaire est optimisée par une activation d'un plus grand nombre de fibres et par une meilleure coordination entre les muscles agonistes et antagonistes (Meier, 2007). Kotzamanidis et al (2005) montrent que l'explosivité et la performance du footballeur vont s'optimiser également grâce à la combinaison du travail de force et de vitesse pendant la même séance. Ce travail de force vitesse doit être effectuée régulièrement (au moins 5 séances par mois) (Carminati et Salvo, 2003). Le travail en force vitesse permet d'augmenter et d'entretenir les qualités de vitesse et de force du joueur (Widrick et al, 2002). En effectuant 3 séances de force-vitesse par semaine, le joueur va modifier sa force maximale volontaire (plus de 60 %) et sa force maximale isométrique (de 30 à 40 %). Au préalable, un travail de préparation et de prévention musculaire (séance de renforcement musculaire spécifique des membres inférieurs) peut-être effectué. Une fois ce travail dissocié

accompli, le joueur pourra effectuer des entraînements avec des actions explosives brèves et intenses (comme le duel, par exemple) grâce à des exercices intermittents de courtes durées tout en travaillant le renforcement en explosivité.

Le gainage est « core training ». « Core » signifie « cœur ou noyau » est la base indispensable du travail de la préparation physique. « Le Core » est le fondement par lequel tout mouvement appendiculaire repose et il inclut la capacité de stabiliser dynamiquement la colonne vertébrale, les hanches, le bassin, les membres inférieurs et les structures abdominales. Il joue un rôle essentiel dans le transfert de puissance au niveau du squelette appendiculaire, se concentrer sur le « Core » est un élément indispensable à l'entraînement physique. » (Strand et al, 2014). Pour être efficace, bénéfique et obtenir une progression constante, le « gainage » doit s'effectuer au minimum 3 fois par semaine sur les différentes faces (ventrale, latérales, dorsale) et dans des situations évolutives. On peut l'alterner avec des exercices qualitatifs d'abdominaux et de lombaires plus classiques (V-Up, Oblique V-Up, Alternate arm and leg lift ...). Ces exercices préparatoires et de gainage sont placés en début de séance afin de bénéficier de leur principe d'activation neuromusculaire pour une logique de contrôle des compensations que préventive Badiuk et al, 2014. Exemple de programme de 3 séries de 45 s à 1 mn sur chaque face avec le minimum de récupération.

d) Qualités de proprioception

« Des exercices de renforcement musculaire réalisés sur des surfaces instables procurent certes des effets positifs, mais davantage sur le plan postural (renforcement des muscles du tronc avec charges légères) que sur celui de la force. » (Grosgeorge et Farcy, 2016). La proprioception, « est une réponse afférente à la stimulation des récepteurs sensoriels de la peau, des muscles, des tendons, des ligaments et de la capsule articulaire. Elle contribue au contrôle conscient et inconscient de la posture, de l'équilibre, de la stabilité et de la position. » (Baechle et Earle, 2008). Pour progresser, il est nécessaire de réaliser plusieurs types de stimulation d'équilibre, de créer de la variabilité de générer des situations d'instabilité pour entretenir l'équilibre acquis. Il est recommandé de varier en recherchant une réalisation adéquate avec une grande qualité de mouvement : stabilité, posture, alignement segmentaire. Un travail couplant le renforcement musculaire au développement des aspects proprioceptifs, peut-être intégrer quotidiennement dans la phase préparatoire de la séance, ou à la fin de celle-ci : en post-fatigue pouvant se rapprocher des conditions de match.

e) Qualités d'agilité

Le développement de la performance s'acquiert par une autre qualité importante en football: l'agilité. Selon Grosgeorge et Farcy, l'agilité, autre forme d'expression de la vitesse apparentée au concept de vivacité correspondant à des changements de direction rapides (CODS : Change of Direction Speed). Vigne et al, (2011) a expliqué que rien ne permet aujourd'hui de mettre en évidence la transférabilité de la performance en sprint linéaire vers cette vitesse à caractère multidirectionnelle (MDSA : Multidimensional Speed and Agility). Buchheit et al, (2010) sur de jeunes footballeurs, ont apporté des indications en faveur d'une corrélation significative entre la progression dans l'habileté à changer de direction et l'amélioration de la RSA lors de l'entraînement aux sprints répétés sous forme navette. Les « formes de corps » s'opposent fondamentalement : chercher à « être haut sur les appuis dans la course cyclique et linéaire ou au contraire être ramassé très bas avec les appuis déportés pour résister à la force centrifuge » lors des changements de directions rapides. Il est donc important d'aborder différemment chacune de ces qualités lors de l'entraînement. Pour autant, elles ne doivent pas être totalement distinguées l'une de l'autre mais bien intégrées dans les contenus comme elles le sont dans le jeu.

f) Qualités de vitesse

Définition de la vitesse

La vitesse est définie comme « *la capacité qui permet d'accomplir des actions motrices avec la plus grande rapidité possible, sur la base du fonctionnement des processus du système neuromusculaire et de la force.* » « *La force musculaire est la faculté qui permet de développer de la tension dans une contraction musculaire. Elle peut être développée par un muscle ou un groupe musculaire. Développée de façon explosive, elle favorise la puissance musculaire (produit de la force par la vitesse du mouvement). Elle s'accompagne de vigueur physique, de tonus, de dynamisme et augmente la confiance en soi.* »

La vitesse est multifactorielle : la coordination gestuelle et segmentaire, la force des membres inférieurs, la vitesse de transmission nerveuse et autres composantes permettent de développer la performance de la vitesse sur des courtes ou moyennes distances. La vitesse du footballeur est dépendant : du temps de réaction, de la charge de l'adversaire, des changements de direction, du saut, d'un tacle, ou d'une tête (Coburn, 2006). A vitesse égale, grâce à une analyse de la situation rapide et efficace, certains joueurs peuvent être les premiers sur le ballon (Williams et al, 1994). L'anticipation et une perception affinée permettent de gagner quelques centièmes de secondes par rapport à l'adversaire, et donc d'être en avance sur lui, même si sa vitesse pure est inférieure à lui (Carminai et Di Salvo, 2003). La fréquence gestuelle, la vitesse gestuelle et le temps de réaction sont les trois facteurs de développement de la vitesse (**figure 9**).

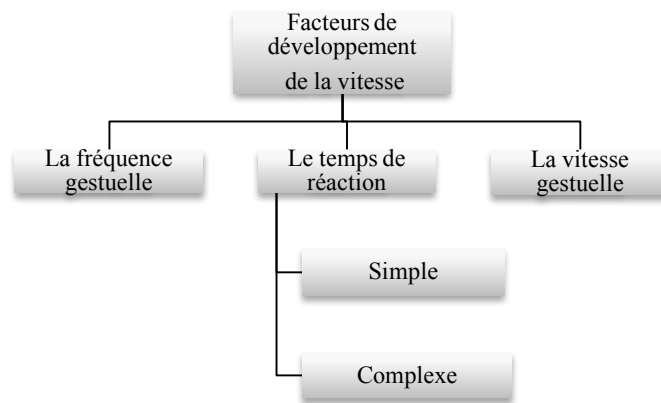


Figure 9. Facteurs de développement de la vitesse.

La fréquence gestuelle dépend de la force des muscles (agonistes et antagonistes) et de la capacité du joueur à enchaîner des contractions et un relâchement musculaire de manière qualitative (Lees et Nolan, 1998). Cette fréquence gestuelle permet au joueur d'augmenter la vitesse gestuelle. La vitesse et la fréquence gestuelle sont étroitement liées à la force (Meier, 2007). La limite de la fréquence gestuelle est la barrière de la vitesse (limitation nerveuse), Hunter et Smith, (2007). Pour améliorer cette fréquence gestuelle nous devons mettre en place un entraînement plus affiné et élevé avec une vitesse et fréquence gestuelle plus élevée (exemple de la survitesse).

La vitesse gestuelle est une action ciblée et rapide en relation directe avec la notion de vitesse d'exécution et de précision (Less et Nolan, 1998). Ces deux notions nécessitent un rapport entre la force et la vitesse (Newman et al, 2004). Le joueur doit « agir vite », être capable d'anticiper, apprécier une trajectoire de balle, de ses partenaires, des adversaires. Il doit maîtriser le temps et l'espace autour de lui (notion spatio-temporelle). Cette vitesse gestuelle est directement liée à la technique individuelle du joueur (coordination, apprentissage moteur, anticipation, compréhension, analyse ou feedback) (Keller, 1984).

Le temps de réaction, est une manifestation de l'excitation au niveau des différents récepteurs de l'organisme (Lemmink et Visscher, 2005). Il se développe par un travail de vitesse gestuelle rapide, par une méthode répétitive et une attitude sensorielle. Ce temps de réaction doit être le plus court possible afin de gagner du temps par rapport à son adversaire (Dellal, 2008). Il existe deux sortes de temps de réaction : une simple et une complexe. En football, le temps de réaction complexe est présent (Bangsbo, 2008). Le joueur doit faire face à des incertitudes et trouver les bonnes informations pour produire les réponses les plus adaptées (Lemmink et Visscher, 2005). Le sportif devra anticiper et s'adapter lors de la phase de préparation afin d'effectuer des ajustements moteurs indispensables à la production du mouvement (Keller, 1984).

Maquet et Ziane (2011) précisent que : « la vitesse est une qualité neuromusculaire, son amélioration est due à des facteurs nerveux et musculaires, en les travaillant le joueur devient plus

performant, sa technique de course (donc son économie de course) s'améliore et il va moins consommer. La récupération dans ce cas ne doit rien aux facteurs énergétiques. » Et bien qu'il soit « aujourd'hui admis que les qualités de vitesse dépendent en grande partie de notre équipement en fibres rapides qui est fortement déterminé génétiquement ... c'est loin d'être le seul. » (Grosgeorge et Farcy, 2016).

Les tests de vitesse sont très intéressants pour voir les qualités explosives, l'analyse de la biomécanique et de la technique de course des joueurs. Ces tests doivent être réalisés quand les joueurs sont prêts physiologiquement à effectuer ces types d'efforts (à partir de la 2-3^e semaine de préparation estivale, par exemple). Quand les joueurs ont effectué au préalable un travail d'endurance, de renforcement musculaire et de force. De multiples tests peuvent être réalisés, imaginer et effectuer : de 10 à 40 m, avec des départs lancés ou à l'arrêt, des tests spécifiques avec des actions footballistique (tête, course arrière, passe, etc..), des courses en slalom, en navette, en courbe, en ligne droite, les tests de sauts (counter movement jump : CMJ ; squat jump : SJ). Cometti et al (2001), Kollath et Quade (1993), Brewer et Davis (1992), montrent une différence de performance en sprints sur 5, 10, 15, 20, 30 et 40 m.

L'évaluation de la capacité des sauts (CMJ, SJ) est un bon indicateur de la qualité d'explosivité du joueur (Bazett-Jones et al, 2008) et serait fortement corrélée avec la capacité de vitesse (Gissis et al, 2006 ; Wisloff et al, 2004). Le **tableau 18**, permet de mettre en évidence la différence de performances en CMJ et SJ, en fonction des niveaux de jeux, de l'âge et de la période de la saison. Ces résultats orientent l'entraînement des joueurs en fonction des caractéristiques des postes et des sprints qu'il effectue en match (nombre, distance, temps de récupération).

Tableau 18. Synthèses des performances Tests en CMJ et SJ de footballeurs réalisés par Stolen et al, 2005.

| Auteurs | Population | CMJ (cm) | SJ (cm) |
|--------------------------|--|----------|---------|
| Armason et al (2004) | 8 équipes de 1 ^{er} division islandaise | 39,4 | 37,8 |
| Casajus (2001) | Joueur de division 1 espagnols | 47,8 | 39 |
| | Trêve | 46,7 | 39,2 |
| Diallo et al (2001) | Jeunes footballeurs français 12-13 ans | 29,2 | 27,3 |
| | Trêve | 32,6 | 29,3 |
| Faina et al (1988) | Amateurs italiens | 36,9 | 34,2 |
| | Professionnels italiens | 43,5 | 40,4 |
| Garganta et al (1992) | Espoirs portugais | 34,7 | 33,3 |
| Gorostiaga et al (2004) | Jeunes joueurs espagnols | 37 | - |
| Hoff et Helgerud (2002) | Professionnels norvégiens | 41,1 | 38,6 |
| Marc Millan et al (2005) | Espoirs écossais | 53,4 | 40,3 |
| Wisloff et al (2004) | Professionnels norvégiens | 56,4 | - |

En football, différents et multiples exercices de vitesse peuvent être utilisés : vitesse pure, intégrés avec des gestes spécifiques ou exercices intermittents de courtes durées. Une attention doit être prise au niveau du nombre de répétitions, de séries, au contenu de la session d'entraînement et à l'agencement des différents exercices de la séance (Carminati et Di Salvo, 2003). La vitesse peut être travailler sous différentes formes et avec divers outils : harnais, traîneaux, élastiques, cerceaux, lattes, parachute, skipping, foulées bondissantes, multi bonds, planches inclinées, pentes inclinées de 3 à 5 %, cordes à sauter, escaliers, plinthes, gilets lestés, haies et swissball (Carminati et Di Salvo, 2003).

Les principaux facteurs limitant de la vitesse spécifique en football sont nombreux. Le manque de souplesse, d'élasticité et de relâchement provoquent une hausse du coût énergétique (Sassi, 2001). Les facteurs anthropométriques (taille et poids) n'interviennent pas sur la capacité de performance en sprints. Cependant, les joueurs avec un centre de gravité plus bas sont en général plus performants sur courte distance, sur les démarrages et sur les changements de direction (Gissis et al, 2006). L'âge est l'élément qui impacte le plus la performance en vitesse (Gil et al, 2007). Le joueur doit être le plus relâché musculairement, en effectuant des mouvements fluides, et le plus efficace possible. La coordination, les contractions parasites et l'économie d'énergie doivent permettre au joueur de répéter des efforts très intenses plus longtemps (Gacon, 1997). D'autres éléments sont importants pour la performance en vitesse, comme le genre et le sexe (Perez-Gomez et al, 2008). Au niveau musculaire, la vitesse de transmission nerveuse (Balsom, 1995), l'élasticité musculaire (Tofas et al, 2008), la température intramusculaire (Brown et al, 2008) et le pourcentage de fibres rapides (Crowther, et al, 2002) impactent la performance. Les qualités perceptivo-cinétiques sont également déterminantes, comme le temps de réaction, la vitesse gestuelle (Lemmink et Visscher, 2005), la coordination segmentaire (Newman et al, 2004) et la capacité d'anticipation et d'adaptation (Lemmink et al, 2005). Enfin, l'activité physiologique avec la vitesse de libération du Ca^{++} influence directement la vitesse de contraction du muscle (Balsom, 1995), la déplétion du glycogène musculaire et les réserves de glycogène (Balsom, 1995), la VO_2 max (Brown et al, 2007) et l'activité enzymatiques (Garry et Mac Shane, 2000) influencent la qualité des performances en vitesse.

Ainsi, la performance des footballeurs de haut niveau est très souvent corrélée à sa capacité à réitérer des sprints à un niveau optimal (Bangsbo, 2008). Plus le niveau de compétition est élevé, plus la vitesse de jeu augmente, plus les joueurs sont rapides comparativement au poste occupé (Lippi, 2007). La vitesse est devenue un élément fondamental dans le match de football. Les joueurs effectuent entre 100 et 140 sprints, pour une distance totale d'environ 700 m de sprint. Les distances s'échelonnent entre quelques mètres et 50 m, avec une récupération avoisinant les 30 à 40 s (Bangsbo, 1994). Nous devons bien définir et analyser dans la globalité cette qualité de

vitesse. Elle existe sous différentes formes : la vitesse maximale, la vitesse endurance, la vitesse-coordination, la vivacité, la survitesse, la vitesse puissance en côte.

Les différentes formes de vitesse

La vitesse maximale

C'est la vitesse maximale qu'un joueur peut atteindre lors d'un sprint ou d'une accélération (Gissis et al, 2006). Un joueur de football atteint sa vitesse maximale entre 40 et 46 m (Bangsbo, 2008). Les individus, les joueurs, les postes et les organisations au football différencient cette vitesse maximale (Mourihno, 2005). La distance de 18 m est une moyenne où le joueur peut atteindre sa vitesse maximale, quel que soit le poste occupé (Carminati et Di Salvo, 2003). D'un point de vue énergétique, l'optimisation de la vitesse maximale par sprint passe par l'amélioration du métabolisme anaérobie (entraînement au sprint, développement de la force explosive, entraînements à haute intensité). Deux formes de vitesse permettent l'amélioration de la vitesse maximale : la survitesse et la vitesse-puissance en côte.

Lors du Mondial 2014, le Néerlandais Arjen Robben a réalisé un sprint à plus de 37 km.h^{-1} contre l'Espagne. C'est le record du monde enregistré ballon au pied. A titre de comparaison, Usain Bolt affichait une vitesse moyenne de $37,58 \text{ km.h}^{-1}$ avec une pointe (sans ballon) à $44,72 \text{ km.h}^{-1}$, lors de son record du monde établi en 2009 à Berlin (9'58 s) au 100 mètres. Lors de la saison 2016-2017, selon les statistiques officielles de la Ligue de Football Professionnelle espagnol (LFP), Nacho, (José Ignacio Fernandes Iglesias), a ainsi été chronométré à 34,63 kilomètres/heure cette saison dans le championnat espagnol. Il devance Mateo Kovacic ($34,59 \text{ km.h}^{-1}$) et Bale, à égalité avec Alvaro Morata ($34,3 \text{ km.h}^{-1}$), qui pointe donc à la troisième place de ce classement qui comptabilise la vitesse maximale des joueurs et souligne l'explosivité de Nacho sur les premiers mètres, une caractéristique qu'il partage avec Raphael Varane (championnat Espagnol, **tableau 19**). Pour les records de vitesse maximale en ligne droite, en Angleterre, Valencia a été flashé à $35,10 \text{ km.h}^{-1}$ (2015), Walker $35,18 \text{ km.h}^{-1}$ et Martial $35,40 \text{ km.h}^{-1}$ avec vent de face (Janvier 2017). En Allemagne, Aubameyang à $34,98 \text{ km.h}^{-1}$, Coman à $35,06 \text{ km.h}^{-1}$. Enfin, au Mexique Damm $35,23 \text{ km.h}^{-1}$. Lors de la saison 2017-2018, auteur d'un but tout en vitesse, contre la Real Sociedad, Gareth Bale, l'international gallois a atteint la vitesse de 35 km.h^{-1} pour inscrire le troisième but madrilène contre l'équipe basque. Un classement des joueurs les plus rapides de 'Premier League' (réalisé par Opta) donne vainqueur Leroy Sané. Le jeune ailier allemand de Manchester City a été flashé à $35,48 \text{ km.h}^{-1}$ lors de la victoire sur la pelouse de Chelsea (1-0), lors de la 7^e journée, le 30 septembre 2017. Jamais depuis 2014, année où l'entreprise de statistiques a commencé à relever cette mesure, un joueur n'avait couru aussi vite. Le précédent record avait été établi en 2016-2017 par Jamie Vardy, qui avait réussi un sprint de $35,31 \text{ km.h}^{-1}$. L'attaquant anglais de Leicester City qui, cette fois, n'est plus que huitième du classement (**tableau 20**).

En championnat de France de Ligue 1, saison 2017-2018, l'international français, Kylian Mbappé, a été flashé à 36 km.h⁻¹ à la 93^e minute du match de la 17^e journée contre Lille, le 10 décembre 2017. Une vitesse de pointe impressionnante en fin de match après les nombreux efforts déjà fournis.

Tableau 19. Les joueurs les plus rapides au Real Madrid, saison 2016-2017 (31 mars 2017, LFP Espagnol).

| Nom | Vitesse de « pointe » en Km.h ⁻¹ |
|----------|---|
| NACHO | 34,63 Km.h ⁻¹ |
| KOVACIC | 34,59 Km.h ⁻¹ |
| BALE | 34,3 Km.h ⁻¹ |
| MORATA | 34,3 Km.h ⁻¹ |
| CARVAJAL | 34,1 Km.h ⁻¹ |
| VARANE | 34,04 Km.h ⁻¹ |
| RONALDO | 33,6 Km.h ⁻¹ |

Tableau 20. Les 10 joueurs les plus rapides de Premier League, saison 2017-2018 (1 octobre 2017, Opta Angleterre).

| Nom | Club | Vitesse de « pointe » en Km.h ⁻¹ |
|-------------|----------------------|---|
| LEROY | Manchester City | 35,48 Km.h ⁻¹ |
| VAN AANHOLT | Crystal Palace | 35,42 Km.h ⁻¹ |
| RÜDIGER | Chelsea | 35,19 Km.h ⁻¹ |
| WALKER | Manchester City | 35,16 Km.h ⁻¹ |
| BURKE | West Bromwich Albion | 35,13 Km.h ⁻¹ |
| FEMENIA | Watford | 35,12 Km.h ⁻¹ |
| KOSCIELNY | Arsenal | 35,11 Km.h ⁻¹ |
| VARDY | Leicester City | 35,09 Km.h ⁻¹ |
| ZOUMA | Stoke City | 34,94 Km.h ⁻¹ |
| MANÉ | Liverpool | 34,84 Km.h ⁻¹ |

La vitesse endurance

C'est la capacité à effectuer des sprints courts ou longs sans perte de vitesse. Ce travail permet de répéter des sprints et de maintenir le plus longtemps possible la vitesse maximale. Cette forme de vitesse peut être rattachée aux exercices intermittents intenses de courtes durées au cours desquels les joueurs doivent effectuer un certain nombre de sprints, avec un temps de récupération préalablement définie, et une distance métrée à réaliser (Brown et al, 2007). Le travail de vitesse en état de fatigue qui consiste à effectuer une répétition de sprints en situation de fatigue (Cometti, 2002) est un moyen pour développer la vitesse endurance. Plus le joueur arriva à conserver sa performance en sprints, plus il retarde sa fatigue et plus il sera performant sur le terrain (Bangsbo, 2007 ; Rampinini et al, 2007).

La vitesse coordination

C'est la maîtrise des actions dans des situations prévisibles (automatisme) ou imprévisibles (adaptation), de les exécuter de façon économique et d'apprendre rapidement les mouvements, avec une certaine vitesse (Weineck, 1998). Elle se travaille à bases d'actions et de gestes techniques (dribble, enchaînement, contrôle-passes, etc..) à une vitesse optimale.

La vivacité

C'est la capacité du joueur à effectuer des actions rapides sur quelques mètres tout en changeant de directions de manière tout aussi rapide (Bangbso, 2007). La qualité des appuis, le rythme et la fréquence gestuelle sont essentiels. La distance de travail se situe entre 2 et 14 m (Carminati et Di Salvo, 2003). La vivacité est régulièrement travaillée la veille des matches avec des exercices d'appuis, des changements de direction tout en combinant l'utilisation de différents stimuli visuels, sonores ou gestuels.

La survitesse

C'est la capacité à courir à une vitesse plus importante que la vitesse optimale habituelle. La survitesse permet au joueur de s'adapter à une nouvelle fréquence gestuelle, et d'habituer le joueur à d'autres éléments de la technique de vitesse (Bangsbo, 2008). Ces exercices sont généralement effectués sur des pentes inclinées de 3 à 5 % maximale (Romanova, 1990).

La vitesse-puissance en côte (photos 1 et 2)

Ce type de vitesse est effectuée sur des pentes, en côtes qui n'excèdent pas les 10-15 % ou lors d'un travail en escaliers sur des marches basses, pour rester sur de puissance-vitesse ou de force-vitesse (Carminati et Di Salvo, 2003). Plus le pourcentage est important et plus le travail en concentrique est mis en valeur.



Photos 1 et 2. Butte pour travailler la vitesse en côte.

Lorsque l'on s'intéresse aux vitesses moyennes lors des sprints de footballeur sur différentes distances (**tableau 21**), on se rend compte que sans accéléromètre, cette catégorie est difficilement évaluable avec précision. En effet, les vitesses moyennes s'étendent d'environ 17 km.h⁻¹ sur 5 m à 26 km.h⁻¹ sur 40 m. Les résultats sont difficilement comparables à la vue de la méthode de catégorisation des intensités d'allures variables selon les auteurs, notamment en sprint lorsque l'on calcule les vitesses moyennes suite aux performances en sprint, ceux-ci montre bien

le caractère intermittent de l'activité et notamment l'importance des efforts brefs et intenses dans l'activité football.

Tableau 21. Performance en sprint pour des footballeurs selon différents auteurs (s).

| Auteurs | Population | Performance en sprint (secondes) | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|
| | | 5m | 10m | 15m | 20m | 30m | 40m |
| Sporis et al (2009) | | 1,44 | 2,27 | | 3,38 | | |
| Dupont et al (2004) | Internationaux français | | | | | | 5,55 |
| | Après entraînements | | | | | | 5,35 |
| Gorosliage et al (2004) | Espoirs espagnols | 0,95 | | | | | |
| Wisloff et al (2004) | Professionnels norvégiens | | 1,82 | | 3,00 | 4,00 | |
| Hoff et Helgerud (2002) | Professionnels norvégiens | | 1,91 | | | | 5,68 |
| | Après entraînements | | 1,81 | | | | 5,55 |
| Helgerud et al (2001) | Juniors norvégiens | | 1,88 | | | | 5,58 |
| | Professionnels norvégiens | | 1,87 | | 3,13 | | |
| | Après entraînements | | 1,81 | | 3,08 | | |
| Cometti et al (2001) | Division 1 française | 1,80 | | | | 4,22 | |
| | Division 2 française | 1,82 | | | | 4,25 | |
| | Amateurs français | 1,90 | | | | 4,30 | |
| Kollath and Quade (1993) | Professionnels allemands | 1,03 | 1,79 | | 3,03 | 4,19 | |
| | Amateurs allemands | 1,07 | 1,88 | | 3,15 | 4,33 | |
| Brewer et Davis (1992) | Professionnels anglais | | | 2,35 | | | 5,51 |
| | Semi-professionnels anglais | | | 2,70 | | | 5,80 |

La performance physique du footballeur est très souvent liée à sa capacité à réitérer des sprints, à un niveau optimal tout au long d'un match, notamment pour des postes tels que milieu défensive et arrière latéral (Dellal, 2008). Lors d'un match, les joueurs effectuent des sprints de 10 à 20 m ou plus précisément de 2 à 3 s (Spencer et al, 2005). La force isocinétique des muscles extenseurs du genou, est liée à la performance en sprint durant la première phase d'accélération de 0 à 10 m (Newman et al, 2004). La qualité de force musculaire ne serait pas uniquement intéressante pour accélérer. Elle permettrait aussi de décélérer, de stopper brutalement le sprint et de changer de direction (Lakomy et Haydon, 2004).

La vitesse de démarrage (ou capacité d'accélération)

La vitesse force

Cette qualité de vitesse force est très importante et certainement la plus difficile à maîtriser. Elle est directement influencée par la qualité de force du train inférieur (Carminati et Di Salvo, 2003) et des muscles de la ceinture pelvienne (Sassi, 2001). Lors des premiers mètres, la poussée au cours du démarrage est très importante et dépend directement de la force du joueur (Kotzamanidis et al, 2005). De ce fait, l'entraînement de la vitesse doit être accompagné par un travail de force maîtrisé. Askling et al (2003), montrent que des joueurs ayant effectués un travail de renforcement musculaire des ischio-jambiers en début de saison pourraient présenter des blessures lors d'accélération. Ce travail de vitesse et de force (action rapide couplée avec une charge) peut être réalisé sous différentes formes : avec des harnais de résistances, les parachutes, les élastiques, les terrains boueux, le travail en côte, en sable ou encore le poids d'un partenaire (Sassi, 2001).

La vitesse courte

C'est la capacité d'accélération pour atteindre la vitesse maximale sur des courtes distances (5 à 20 m). Elle nécessite une qualité des appuis et une fréquence gestuelle inhérente à l'activité du footballeur faite de changements de directions et de rythmes (Bangsbo, 2007). Les professionnelles de haut niveau ont des performances sur 10 m significativement plus élevées que les joueurs sub-élite ou amateurs (Gissis et al, 2006). Les défenseurs centraux et les milieux effectuent entre 45 et 50 accélérations sur des distances de vitesse de 2 secondes (Salvo et Pigozzi, 1998). Le sprint est le support des actions décisives d'un match à la fois sur le plan défensif et offensif. Cependant le sprint repose sur les qualités d'explosivité du joueur et notamment par sa capacité d'accélération. Sur un plan physique l'accélération est définie comme une dérivée de la vitesse ce qui induit que sur des distances (5, 10 m) les valeurs trouvées caractérisent à la fois la vitesse et l'accélération du joueur. Cette dernière s'appuie sur la puissance du joueur, c'est-à-dire le produit de sa force par sa vitesse, et en fonction du profil (confirmé ou au centre de formation) du joueur, le préparateur physique pourra l'améliorer en jouant soit sur le facteur force soit sur celui de vitesse. Ces accélérations, positive ou négative (décélération) sont aussi présentes sur des vitesses plus faibles que le sprint et représentent par la même un coût à la fois énergétique et biomécanique (Di Pampero et al, 2005). Osgnach, C et al (2010) se sont intéressés sur ces accélérations et décélérations lors de 56 matchs de Série A Italienne lors de la saison 2007-2008 (399 joueurs répartis sur 20 équipes).

Pour cela ils ont utilisé un système de caméra multiple (Bursano, Italie) et ont opté pour les seuils suivants :

- Décélération maximale : $< -3\text{m.s}^{-2}$
- Décélération haute] -3, -2] m.s^{-2}
- Décélération moyenne] -2, -1] m.s^{-2}
- Décélération basse] -1 ; 0]
- Accélération maximale $>3\text{m.s}^{-2}$
- Accélération haute] 3, 2] m.s^{-2}
- Accélération moyenne] 2, 1] m.s^{-2}
- Accélération basse] 1, 0] m.s^{-2}

Le **tableau 22** présente les résultats de cette étude. Nous pensons que cette nouvelle approche offre une nouvelle perspective quant à l'analyse de la performance physique du joueur lors d'un match et ou d'un entraînement. En effet cette performance passée au crible conjugué des distances totales parcourues selon telle ou telle fourchette de vitesse et des accélérations permettrait une vue plus pertinente et fine de la prestation d'un joueur. La notion de préparation physique intégrée prendrait alors une nouvelle dimension. L'apport de nouvelles technologies devraient permettre cette évolution et le GPS apparaît comme un partenaire de choix.

Tableau 22. Temps (S), Distance (m) moyens obtenus en match dans chaque catégorie d'accélération (moyenne \pm SD). Osgnach et al (2010).

| Catégories d'accélération | T(s) | D(m) |
|--|----------------|----------------|
| Décélération maximale $< -3\text{m.s}^{-2}$ | 50 \pm 16 | 188 \pm 65 |
| Haute décélération] -3, -2] m.s^{-2} | 128 \pm 29 | 411 \pm 98 |
| Décélération intermédiaire]-2, -1] m.s^{-2} | 448 \pm 68 | 1176 \pm 206 |
| Décélération basse]-1,0] m.s^{-2} | 2282 \pm 120 | 3821 \pm 335 |
| Accélération basse] 1, 0] m.s^{-2} | 2152 \pm 102 | 3587 \pm 328 |
| Accélération intermédiaire] 2, 1] m.s^{-2} | 461 \pm 59 | 1176 \pm 184 |
| Haute accélération] 3, 2] m.s^{-2} | 133 \pm 29 | 411 \pm 95 |
| Accélération maximale $>3\text{m.s}^{-2}$ | 51 \pm 18 | 180 \pm 67 |

Le couple force-puissance : Force explosive

Théoriquement, le développement de la force maximale et de la puissance en musculation, c'est de travailler avec des charges élevées (>85 % de la force maximale ou d'1RM), à 6 répétitions maximale et peu de séries (3 à 5 pour la force maximale, 6 pour la puissance) avec une récupération appropriée (3 à 5 minutes selon le cas). Comme le présentent Silva et al, (2015), les joueurs professionnels ont besoin d'augmenter considérablement leur force pour obtenir de légères améliorations dans certaines actions de courses (accélérations, sprints, changement de direction). Néanmoins, ils mentionnent l'intérêt du développement neuromusculaire dans l'amélioration des mesures physiques et physiologiques associées à la performance du joueur de haut niveau, et tout l'intérêt d'associer ce type de sollicitations à des mouvements spécifiques du footballeur (transfert).

Préparation aux efforts de sprints et changements de direction (CDD)

Le football en tant que sport intermittent est une activité complexe sollicitant de manière aléatoire les filières aérobie et anaérobie. Cette sollicitation intervient afin de soutenir les efforts de sprint linéaire, les courses arrières, latérales, les phases d'accélération et de décélération et les changements de direction avec ou sans ballon. Dans la majorité des sports collectifs intermittents (Football, Basket, Hockey sur glace) l'entraînement se basent principalement sur le jeu lui-même mais l'apport de nouvelles données dans le développement de la force, de la puissance musculaire, de la vitesse mettent en avant la possibilité d'augmenter l'activité dans ces sports (Chelly et al, 2009 ; Jovanovic et al, 2011). Bloomfield et al, (2007) montrent dans le **tableau 23** les spécificités des rotations et changements de direction en regard du poste. Ainsi un milieu en effectue 608, un attaquant 748 alors que le défenseur en réalise en moyenne 822. Une différence significative apparaît pour les rotations de 0 à 90° (gauche ou droite) ou les défenseurs en réalisent le plus (364,3 en moyenne). De même une différence significative existe entre les attaquants et les autres postes pour les changements de directions vers la gauche.

Tableau 23. Nombre de rotation et de changement de direction lors d'un match en regard des positions de jeu (Bloomfield et al 2007).

| Variables | Position | | | Total (n=55) | H ₂ | p |
|---|---------------------|------------------|---------------------|------------------|----------------|------|
| | Attaquant (n=19) | Milieu (n=18) | Défenseur (n=18) | | | |
| 0-90° Droite | 323.7 (105.1) | 248.3 (97.3) * | 344.3 (91.0) | 305.8 (104.7) | 9.2 | .010 |
| 0-90° Gauche | 302.2 (81.2) | 243.0 (93.5) * | 364.3 (88.4) | 303.2 (99.3) | 14.3 | .001 |
| 90-180° Droite | 43.3 (15.6) | 49.3 (25.0) | 43.0 (16.8) | 45.2 (19.4) | .2 | .898 |
| 90-180° Gauche | 51.5 (13.9) | 47.0 (24.5) | 49.3 (21.4) | 49.3 (20.1) | 1.1 | .578 |
| 180-270° Droite | 2.5 (4.2) | 4.7 (3.9) | 2.3 (3.0) | 3.2 (3.8) | 4.6 | .098 |
| 180-270° Gauche | 2.2 (3.6) | 3.0 (4.7) | 2.0 (2.9) | 2.4 (3.8) | .2 | .926 |
| 270-360° Droite | 1.3 (2.5) | .7 (1.9) | .0 (.0) | .7 (1.9) | 4.1 | .126 |
| 270-360° Gauche | .6 (1.9) | 2.3 (3.6) | .0 (.0) | 1.0 (2.5) | 8.4 | .015 |
| Changement de direction à Droite | 8.5 (8.3) | 5.7 (7.3) | 7.7 (6.4) | 7.3 (7.4) | 1.7 | .424 |
| Changement de direction à Gauche | 12.0 (9.6) † | 4.0 (6.5) † | 9.3 (10.3) | 8.5 (9.4) | 8.4 | .015 |
| Total | 748 (173) | 608 (207) * | 822 (175) | 727 (203) | 9.1 | .010 |

* *Significativement différent à toutes les autres positions*
† *La paire de positions (postes) annotées est significativement différente*

Au cours d'un match de football, entre 1000 et 1500 CDD seraient effectués par une équipe (Reilly, 2003). Bloomfield et al, (2007) en ont observé davantage, avec 700 CDD effectués par les défenseurs, 500 par les milieux et 600 par les ATT, avec la majorité de ces changements effectués entre 0° et 90°. Entre 90° et 180°, on ne relève pas de différences entre les postes de jeu, qui en effectuent une centaine chacun. En revanche, entre 270° et 360°, ce sont les milieux et les attaquants qui en réalisaient le plus (Bloomfield et al, 2007). Les situations offensives où ces joueurs doivent passer d'une position où ils font face à leur propre but (possession de balle en zone basse, sortie de but), à une position face au but adverse quand le ballon passe au-dessus de leur tête par exemple, ou tout simplement sur une prise de balle en se retournant, ou encore dans la réalisation d'appels de balle dans la profondeur, pourraient expliquer que les milieux et les attaquants en réalisent davantage. Dans le même sens, les attaquants et les milieux de terrain effectueraient plus de courses en arc de cercle que les défenseurs, sans doute dans leur volonté de créer de l'espace pour se démarquer d'un adversaire, recevoir une passe dans les pieds ou dans la profondeur (Bloomfield et al, 2007). Ce grand nombre de CDD, quel que soit le poste de jeu, induit une grande implication musculaire qui doit être considérée dans l'analyse

de la charge. Des perspectives d'études existent quant à la quantification de ces CDD, courses arrière et latérales au cours de différents types d'entraînements spécifiques au football comme les jeux réduits, afin de déterminer quels formats se rapprochent le plus des valeurs relatives de match.

L'intensification des déplacements et des CDD pèsent lourdement sur les conditions biomécaniques permettant l'expression de l'agilité et de la vitesse linéaire. En cela, le renforcement musculaire constitue une action de prévention primaire et une voie pour améliorer l'efficacité de ces qualités. La séance type de renforcement musculaire est de réaliser des exercices à poids de corps de l'ensemble des groupes musculaires des membres inférieurs, y compris les muscles du pied et de la cheville. Le travail en appui unipodal trouve tout son intérêt dans la mesure où, en plus d'une sollicitation unilatérale des chaînes musculaires (surtout en cas de déséquilibres droite/gauche liés à la latéralité), participe aux mouvements comme au maintien de la posture (et combine l'équilibration au niveau de l'appui, la proprioception, la coordination, la dissociation segmentaire (tout cela permettant la mise en jeu du contrôle neuromusculaire) et à l'avantage de se rapprocher de la biomécanique de course ou des gestes spécifiques du footballeur : la passe, la frappe. La réflexion sur la préparation à la course et au sprint doit respecter le modèle agoniste-antagoniste. L'accent est mis sur le renforcement des muscles de la chaîne postérieure notamment les fessiers et les ischio-jambiers afin d'équilibrer avec la mise à contribution des muscles de la chaîne antérieure sur le terrain en particulier les extenseurs de la jambe (quadriceps) et de préparer le travail ô combien exigeant, nécessaire, et primordial que représente la pliométrie. Outre son avantage consentit dans l'amélioration et le maintien de la performance en force et en explosivité chez le footballeur, et malgré le peu de données scientifiques disponibles le confirmant (Wang et Zhang, 2016), la pliométrie, dont l'intensité est directement liée aux déplacements verticaux et surtout horizontaux et aux types de contacts que l'on retrouve dans le football, permet de se préparer à ces phases de saut, leur réception ainsi qu'aux phases de sprint. Toujours dans cette logique de sollicitations unipodales, il est préconisé selon Grosgeorge et Farcy, « d'entraîner simultanément la proprioceptivité et les exercices pliométriques » par un enchaînement de sauts unipodaux variés et orientés dans toutes les directions (avant-arrière-gauche-droite). Ce qui démontre le caractère minutieux, progressif et adapté lors de ce genre de travail qualitatif. Concernant la progressivité, l'erreur la plus fréquente concernant le sprint, est de le proposer de manière quasi systématique sous forme d'accélération précocement intenses, par rapport au niveau de la préparation. Et qui plus est sans se soucier de la phase de freinage extrêmement traumatisante qui le constitue : la décélération. Il ne faut pas oublier que la majeure partie des blessures sont occasionnées lors d'un ralentissement brutal et forcé. Knowles, expose cette idée par cette phrase : « si tu ne peux décélérer, n'accélères pas ». Le travail pliométrique engagé et

adapté aux besoins du joueur est une suite à la période de transition. Il faut se réapproprier et combiner les situations d'accélération avec des situations de décélération qui mettent à contribution les structures ostéo-articulaires et musculo-articulaires des membres inférieurs. Et cela avant d'entreprendre un quelconque travail de course à haute intensité. Puisqu'au-delà de la vitesse des déplacements, ce sont ces qualités d'accélérations et de décélérations qui sont déterminantes. Elles doivent donc être soigneusement préparées. Ces réajustements vont permettre de réintroduire progressivement les différentes actions inhérentes au football. En pratique, il est conseillé de réaliser sur le terrain, des courses de démarrage à allure modérée suivies de phase de ralentissement progressivement décroissante. Et de s'entraîner en pente de la même manière, en contrôlant ses mouvements avant d'augmenter progressivement son allure à mesure que l'on raccourcit sa distance d'arrêt. En complément du travail de renforcement, qui sera réalisé en salle. « L'apprentissage de ces différentes techniques (accélération et décélération) doit se faire idéalement à des vitesses lentes puis à des vitesses de plus en plus rapides, sans ballon puis avec ballon. » (Grosgeorge et Farcy).

Synthèse

La vitesse de démarrage ou capacité d'accélération va se développer grâce à la vitesse courte, la force et les notions d'attention, de concentration, et d'anticipation. On doit l'envisager en prenant compte les stades et le niveau de maturation pubertaire des jeunes joueurs. La planification, le développement et l'optimisation de cette qualité est en fonction des catégories sportives et du développement de la force musculaire. Le renforcement musculaire et le travail de la force endurance peuvent être envisagés à partir des U15. Plus le jeune footballeur augmente sa masse maigre, et plus sa force augmente. Avec ces évolutions morpho-physiologiques, les qualités et les performances en vitesse se trouvent impactés. A partir des U17, après le pic de croissance, le développement de la force maximale et de l'explosivité seront prioritaires. Ainsi, des U16 aux U20, les jeunes footballeurs passent de l'initiation au développement musculaire, ce qui aura une influence sur le développement des qualités de vitesse.

Ainsi, la vitesse de démarrage (ou capacité d'accélération) n'est-elle pas la plus importante à développer pour être performant en vitesse ?

CHAPITRE V. PREPARATION PHYSIQUE INDISPENSABLES ET INTEGREES

a) Les jeux réduits : Small-Sided Games (SSG)

La littérature actuelle est en faveur des jeux réduits (SSG) en prenant garde toutefois à la charge biomécanique, physiologique qu'induisent et qu'exigent sur chaque joueur, ces types d'efforts (Sangnier et al, 2017). Concernant l'entraînement de la force maximale et de la puissance pour le développement de la RSA (Repeated sprint ability), et malgré la problématique de charges lourdes, l'entraînement en résistance même avec des charges plus légères revêt un intérêt neuromusculaire. L'entraînement en force explosive doit être associé à l'entraînement classique du sprint, tous deux permettent de manière équivalente le développement de la vitesse maximale de déplacement (Buchheit et al, 2010). Selon Young (2014), les modalités d'entraînement, en pratique, au sprint sont des distances de 10 à 40 m (durée 1 à 5 s) avec une intensité cible : maximale à supra-maximale (selon la période et les objectifs), un ratio effort/récupération de 20 à 40 s avec un volume total de 160 à 300 m. Il est conseillé, si besoin, de faire des exercices contre résistance ou en côte pour permettre le développement des mécanismes de la vitesse et des qualités physiques appropriées, avec une récupération adaptée (travail qualitatif). Pour la capacité aux efforts répétés (RSA), la fatigue induite est inversement corrélée à la performance initiale en sprint (Bishop et al, 2011). Elle peut être envisagée selon une situation plus ou moins proche de celle du terrain avec une distance de 10 à 30 m, avec une intensité cible : maximale, et un ratio effort : récupération de 5 à 10 s pour un volume total < 300 m. Pour terminer sur l'agilité, les exercices doivent être appropriés à la période de la préparation, au profil du joueur et réaliser à une intensité comprise entre 80 et 95 % du maximum, de manière à stimuler le système neuromusculaire (Bompa, 2015). Une durée de 5 à 10 s avec une intensité > 90 % (période préparatoire), 80 à 85 % (période de compétition), et entre 5 et 10 séries en période préparatoire, adaptées en compétition. La récupération se situe entre 60 s et 90 s en période préparatoire, jusqu'à 120 s en période de compétition.

b) Les tests spécifiques adaptés

Test Intermittent de Performance Spécifique au Football (TIPS-FB) (Tourny C, Labsy, Z. et Gallice J, 2012). La procédure est la suivante : 3 sprints successifs incluant une Habileté Football (HF) avec 30 s de récupération active (marche) entre les sprints. Incluant, 30 m de marche, 10 m sprint départ arrêté, 20 m de marche, 30 m de jogging, 10 m sprint en course arrière, 20 m de marche, TEF (Temps d'Effort en Football). Puis 3 sprints successifs incluant une HF avec 30 s de récupération active (marche) entre les sprints. Pour le parcours HF, des consignes étaient données

aux joueurs grâce à deux signaux. Le 1^{er} signal de départ (avec un seul signal, le joueur doit retenir 3 informations) : 1 : le départ, 2 : la direction du changement de direction (gauche - droite), 3 : le choix du ballon à frapper en fin de parcours. Cette dernière information correspond à la direction inverse du premier changement de direction (gauche-droite). Si le premier changement de direction est droite, le ballon à frapper en bout de parcours sera le gauche.

Le 2^{ème} signal durant le slalom détermine le choix de la direction de la frappe (côté droit ou côté gauche du but). La réalisation du TIPS est de 7 X 35 m R= 30'' active + passive. Le joueur réalise les 7 passages de 35 m à intensité maximale avec changement de direction prise et conduite de balle puis la finition. Après chaque passage, il revient en footing lent jusqu'aux plots de départ bénéficie d'une récupération passive de 15 s avant d'enchaîner sur un nouveau passage. Les séries sont différentes en fonction du pied de frappe au niveau du changement de direction et de la frappe au but : 1 tir dans l'axe, 3 tirs croisés et 3 tirs dans l'axe. Cela permet aux joueurs d'effectuer les 2 types de frappes avec leur bon et mauvais pied. Un code couleur était déterminer visuellement pour le changement de direction de la première chicane et pour le tir en fonction du pied de frappe du joueur. L'analyse des données permettent de connaître les performances des joueurs sur l'Indice d'Endurance Vitesse (IEV) : temps du meilleur passage/temps moyen des 7 passages. L'Indice de Précision (IP) : (100 - temps moyen des 7 passages sur le bloc) /nombre d'erreurs (plus l'indice est grand plus le joueur est précis). Les vitesses sans ballon sur 5 et 10 m sans ballon, 20 m avec chicane sans ballon par bloc et 30 et 35 m enchaîné (sans et avec ballon). L'évaluation des joueurs était réalisée deux fois dans la saison (septembre-mars).

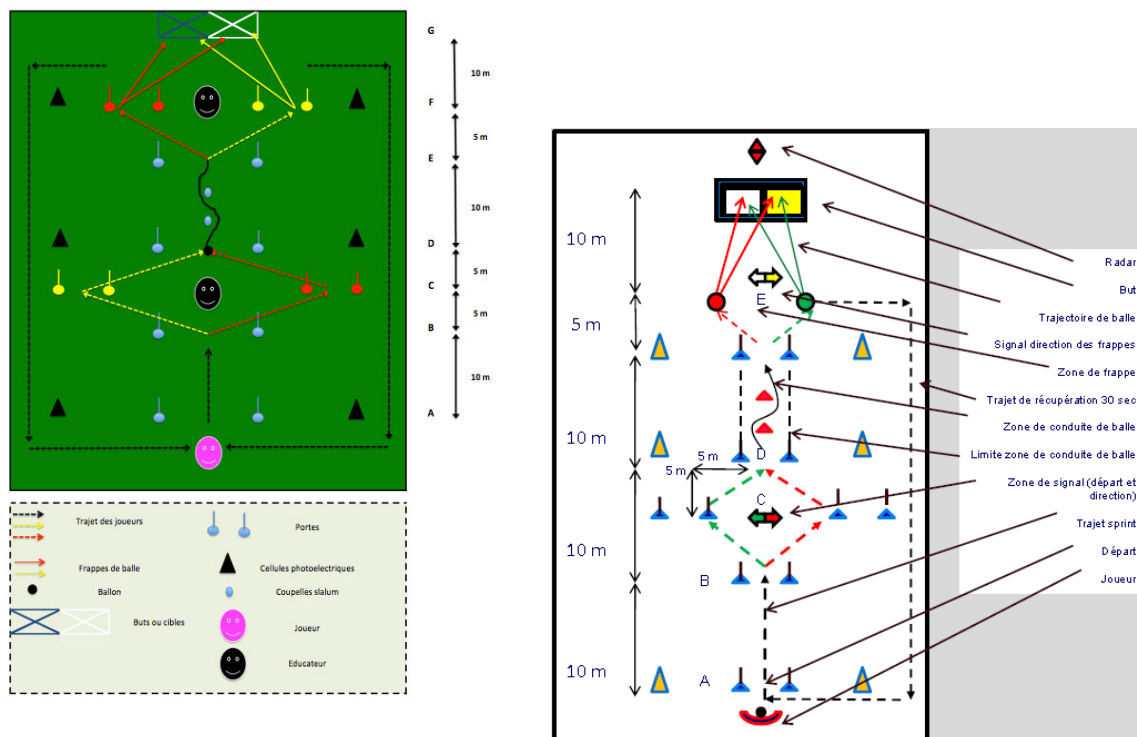


Figure 10. Test Intermittent de Performance Spécifique en Football (TIPS-FB)

Test anaérobie lactique : « la navette-australienne ». Navette de 30 s avec une récupération de 35 s répétés six fois. Des couloirs de 1 m sont déterminés par des bornes placées à 5 m les unes des autres. Plusieurs joueurs étaient évalués en même temps. Le test consistait à parcourir la plus grande distance possible en 30 s en faisant des allers et retours de 5 puis 10 puis 15, puis 20 m... On compte la distance parcourue en 30 s. Pendant la récupération de 35 s, les joueurs revenaient se placer au départ et ainsi de suite pendant six répétitions. Trois types de résultats pouvaient être exploités. Premièrement, la meilleure performance possible en 30 s (plus grande distance) qui donne une appréciation de la puissance du métabolisme anaérobie. Deuxièmement, la distance totale parcourue. Troisièmement, l'indice d'endurance lactique qui était soit la différence entre la plus longue et la moins longue distance parcourue au cours de six répétitions, soit le rapport de la moins grande sur la plus grande distance x 100. Plus le pourcentage était proche de 100, meilleure serait l'endurance anaérobie. Afin que le joueur ne dose pas ses premiers passages, seule la performance maximale en 30 s obtenues hors test et tenant elle-même lieu de performance intrinsèque était retenue comme référence pour comparer les autres distances parcourues. L'évaluation des joueurs était réalisée deux fois dans la saison (septembre-mars).

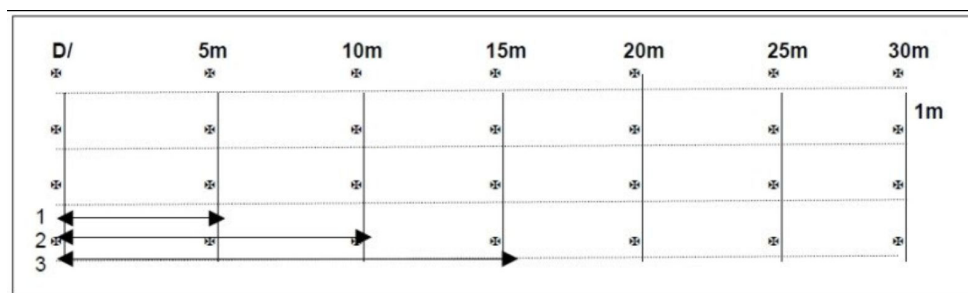


Figure 11. « La navette-australienne ».

CHAPITRE VI. FORMATION DES JEUNES JOUEURS DE FOOTBALL

Le football est en constant développement, la détection, le développement de jeunes talents sont devenus des priorités stratégiques et économiques pour les clubs et les fédérations. Les structures proposant un entraînement de football pour l'enfant se développent et sont de plus en plus nombreuses : les sections sport études, les centres de préformation, les centres de formation et les académies permettent aux jeunes de poursuivre leur passion et/ou leur rêve de haut niveau.

La formation des jeunes nécessite du temps, de la constance et persévérance par un travail régulier et structuré. L'entraîneur doit davantage travailler les situations et problèmes de jeu à l'entraînement. Aborder l'entraînement par le jeu, et avoir une exigence de qualité dans le contenu de ceux-ci et des matches en compétition. Les formateurs devraient orienter les contenus de travail vers l'offensive, vers l'utilisation du ballon pour attaquer, être audacieux, avoir envie de prendre des risques, faire preuve de folie et accepter de se déséquilibrer. La recherche permanente de l'efficacité offensive demande de mettre l'accent sur la qualité des techniques de finition et si un joueur sait dribbler, ne pas le freiner et l'encourager. Dans l'animation offensive, le travail de soutien au porteur du ballon, les appels combinés, la mobilisation de l'ensemble des joueurs pour faire vivre le ballon au cœur du jeu. Le coach de demain devra travailler différemment et faire de l'alchimie entre des cultures variées et faire preuve à la fois d'expertise, d'ouverture d'esprit et de tolérance. Il doit faire passer son message avec passion, avoir une vision plus audacieuse avec des méthodologies basées sur des convictions et la réactivité des acteurs. Il doit avoir dans son projet de transmission, des savoirs, des objectifs et une méthodologie agrémenté d'une vision stratégique.

Les catégories des jeunes sont basées sur des groupes d'âge chronologique sur une période de 2 ans. Il est observé au sein du même groupe des variations de taille, de poids, de capacité fonctionnelle (la force, la puissance aérobie) et des états de maturité hétérogènes. Malina et al (2004), ont mis en évidence l'importance de la croissance (changement de taille et poids), de l'état de maturité avec les capacités fonctionnelles et les compétences au sport qui se produisent durant la puberté. Chez des garçons entre 13 et 16 ans, la maturité sexuelle et squelettique ont une influence sur la bonne réalisation des tâches de force, de puissance et de vitesse. Il faut prendre en considération dans le processus de formation les facteurs de l'état de maturité et l'âge chronologique (pré-pubère, pubère). Beunen et al, (1980), ont mis en évidence chez des adolescents belges, que la différence de maturité (taille et poids) basée sur l'âge osseux a un impact dans les résultats des tests de force musculaire (force des bras statique), de puissance (saut vertical) et d'endurance. Dans une épreuve de vitesse et d'agilité (vitesse navette) lorsque la taille du corps est contrôlée, l'écart de performance est réduit (Beunen et al, 1980). Les écarts entre

l'âge chronologique et l'âge osseux provoquent un pourcentage de variation de performance : de 58 % sur la force statique et de 0 % à 17 % dans le saut vertical. Ces variations s'expliquent pour des enfants de 14 et 15 ans par la différence d'âge chronologique, de l'âge osseux et de la taille du corps. A ces âges, l'âge chronologique, l'âge osseux, la taille et le poids sont fortement interdépendants (Malina et al, 2004). L'âge chronologique est le principal facteur explicatif de la variance dans une course de 500 m et dans une course de 60 m de sprint pour des jeunes joueurs de football espagnols âgés de 12 à 17 ans.

La puissance aérobie et le stade de la puberté augmentent avec l'âge mais avec un chevauchement considérable entre les joueurs situés au début, au milieu et à la fin de la puberté (Baxter-Jones et al, 1993 ; Jones et Helms, 1993). Différentes études sur des jeunes joueurs de football considèrent que l'état de maturité n'influence pas sur la capacité fonctionnelle. Ces études sont descriptives ou comparatives (Jankovic et al, 1993 ; Chin et al, 1994). On retrouve des comparaisons entre des joueurs de football et des athlètes d'autres sports (Dal Monte et al, 1980 ; Garganta et Maia,1991), des joueurs élites et non élite du même âge chronologique (Garganta et al, 1993 ; Hansen et al 1999), des joueurs par niveau de compétence (Rösch et al, 2000), ou par poste (Bell, 1988 ; Garganta et al, 1993), des joueurs professionnels par rapport à des jeunes joueurs (Matsudo, 1978 ; Nowacki et al, 1988 ; Comas et al, 1992 ; Rösch et al, 2000). Diverses études mettent en évidence qu'avec l'âge du pratiquant, la formation du football et le développement de l'état de maturité améliorent les capacités fonctionnelles et l'apprentissage tactique-technique (Matsudo, 1978 ; Soares et Matsudo, 1982 ; Berg et al, 1985 ; Mosher et al, 1985).

Dans ces différentes catégories d'âge, on observe de nombreuses transformations au niveau de la croissance staturo-pondérale et du développement musculaire. Entre 16 et 20 ans, une différenciation de contenu athlétique, technique et tactique est à faire dans cette phase de la formation du joueur (**tableaux 24**).

Tableau 24. Répartition (en %) des contenus en formation. (D'après Turpin, 1995).

| Contenus | 16-17 ans | 17-20 ans |
|------------|-----------|-----------|
| Technique | 50% | 40% |
| Tactique | 30% | 30% |
| Athlétique | 20% | 30% |

Synthèse

Le travail du jeune en formation pour tenter d'accéder au haut niveau nécessite 20 à 25 ans de pratique sportive compétitive avec une durée et un temps annuel de formation progressif et constant en fonction de catégories d'âge (**tableau 25**, ci-dessous). Le développement de l'endurance aérobie et musculaire est nécessaire pour la formation du jeune footballeur. Néanmoins, nous allons développer tout au long de cette thèse et dans la partie suivante, un autre facteur de la performance du footballeur moderne : la vitesse. Quelle vitesse doit-on développer pour devenir et être performant pour le football moderne ?

Tableau 25. Résumé sur la durée et le temps annuel de formation du joueur de haut niveau (d'après Larguet. 1999).

| <i>Plan de carrière du joueur de football</i> | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|--------------------|---------------------|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|--------------------|---|-----------------|
| <i>Formation du joueur de haut niveau</i> | | | | | | <i>Formation à la compétition de haut niveau</i> | | | | <i>Déclin</i> | |
| <i>Débutants</i> | <i>Poussins</i> | <i>Benjamins</i> | <i>13 ans 1</i> | <i>13 ans 2</i> | <i>15 ans 1</i> | <i>15 ans 2</i> | <i>17 ans 1</i> | <i>17 ans 2</i> | <i>Espoirs</i> | <i>Seniors</i> | <i>Vétérans</i> |
| <i>6 à 8 ans</i> | <i>9 à 10 ans</i> | <i>11 à 12 ans</i> | <i>12 ans</i> | <i>13 ans</i> | <i>14 ans</i> | <i>15 ans</i> | <i>16 ans</i> | <i>17 ans</i> | <i>18 à 20 ans</i> | <i>+ 20 ans</i> | <i>32 et +</i> |
| <i>Éveil</i> | <i>Initiation</i> | | <i>Préformation</i> | | | <i>Formation</i> | | | <i>Maturation</i> | <i>Utilisation</i> | |
| | | | | | | | | | | | |
| <i>Bons</i> | <i>150 heures</i> | <i>160 h</i> | <i>80 h</i> | <i>150 h</i> | <i>150 h</i> | <i>200 h</i> | <i>200 h</i> | <i>700 h</i> | <i>1200 h</i> | <i>D1, D2 et Nat.</i> | |
| <i>Moyens</i> | <i>80 heures</i> | <i>100 h</i> | <i>50 h</i> | <i>100 h</i> | <i>100 h</i> | <i>125 h</i> | <i>125 h</i> | <i>200 h</i> | <i>400 h</i> | <i>Niveau départemental et régional</i> | |
| <i>A 19 ans en nombres d'heures de pratiques : 3000 h pour les bons et 1000 h pour les moyens</i> | | | | | | | | | | <i>10-12 ans de pratique</i> | |
| <i>20 à 25 ans de pratique sportive compétitive</i> | | | | | | | | | | | |

PARTIE II. SYNTHÈSES, PROBLÉMATIQUES & HYPOTHÈSES

L'évolution physique du football est orientée vers une qualité indispensable et déterminante : la Vitesse. Les exigences physiques du football professionnel soulignent l'importance de l'association "technique-vitesse-accélération" dans le jeu. Les objectifs de développement des qualités de vitesse fait partie des fondamentaux indispensables pour la formation et la construction du joueur de haut niveau. En football, la vitesse d'un point de vue général ou plus précisément "les vitesses", qu'elles soient de démarrage, de déplacement, de replacement, d'intervention, d'anticipation, de transmission, de prise d'information ou de décision... sont des éléments de la performance qui ont évolué des plus jeunes aux professionnels. Les vitesses nécessaires au football peuvent s'analyser et se développer sous une focale physiologique, physique ou psychologique mais surtout de manière intégrée au service d'une seule cause « être toujours plus vite dans l'action au service du jeu collectif ».

Plus que la vitesse "de pointe", la vitesse de démarrage est devenue une qualité fondamentale pour un footballeur désireux d'accéder au haut niveau. Mais comment la développer efficacement ?

L'amélioration des qualités physiques des jeunes joueurs de football pour maximiser leur potentiel de compétition a été axée sur les programmes d'entraînement physique depuis longtemps. La performance du football de haut niveau est liée à la vitesse, à la force musculaire et à l'endurance. Pour les jeunes joueurs de football d'élite, améliorer leur performance physique pour atteindre le haut niveau de la pratique professionnelle nécessite de nombreuses heures par semaine de formation de haute qualité. Néanmoins, l'impact de la formation intensive sur le développement de la condition physique est encore mal compris. L'évolution du potentiel physique et les performances des jeunes joueurs lors d'une formation menant au football professionnel sont peu nombreuses dans la littérature.

CHAPITRE VII. PROBLÉMATIQUE GENERALE

L'étude du développement de la vitesse de démarrage chez des jeunes joueurs de football de haut niveau en formation apportent de nouvelles connaissances primordiales pour atteindre les exigences des professionnels. L'étude de l'évolution des qualités physiques pendant le processus de formation du futur professionnel de haut niveau présente un intérêt majeur. Cependant, aucune recherche n'a étudié l'effet de ces enchaînements d'entraînement en formation sur l'activité physique. Sur le continent de l'Afrique du Nord, aucune données sur les adolescents marocains pratiquant du sport sont répertoriées. Aucun profil physique du jeune footballeur marocain élite en formation existe. Enfin, aucune étude ne s'est non plus penchée sur les contenus longitudinaux de formation de jeunes footballeurs élites marocains sur 6 ans.

L'objectif de la présente thèse est donc de partager pour la première fois l'expérience de l'entraînement du préparateur physique pendant six ans, sur une population marocaine dans un entraînement structurer et de déterminer l'impact de ces six ans d'entraînement physique sur des jeunes joueurs de football en formation pour accéder au haut niveau.

Pour cela, nos travaux s'articulent en 4 études complémentaires, relatant à la fois de données issues du suivi des joueurs et à la fois d'un travail scientifique misant à analyser l'évolution physique et le développement physiques des joueurs de l'académie.

Étude 1 : ANALYSE DES EFFETS DE DEUX FORMES D'ENTRAÎNEMENT EN SPRINTS, CHEZ DES JEUNES EN FORMATION, SUR L'AMELIORATION DE LA VITESSE DE DÉMARRAGE DANS LA STRATÉGIE TECHNICO-TACTIQUE.

L'objectif était d'observer et d'évaluer l'influence d'un programme d'entraînement de deux types de travail de vitesse et d'analyser leur impact sur la vitesse de démarrage les premiers mètres (0 à 10 mètres) : pendant une période de 6 semaines continue (Etude préliminaire) et durant une saison sportive complète de 10 mois (suivi sur une saison) appliquée à des joueurs de football marocains âgés de 12-17 ans. Pour développer cette vitesse de démarrage, deux formes de travail en sprints peuvent améliorer efficacement les performances entre 0 et 10 mètres : le sprint navette (SN) d'une part, et le sprint varié (SV) d'autre part.

Étude 2 : ANALYSE DE L'ÉTUDE LONGITUDINALE DU POTENTIEL PHYSIQUE DE JOUEURS DE FOOTBALL ELITES MAROCAINS DE 13 A 17 ANS.

L'objectif de cette deuxième étude était d'analyser les différentes étapes du progrès des qualités physiques et l'évolution de ces performances et leurs impacts sur les compétences techniques et tactiques dans la performance du football. Les trois principaux objectifs étaient les suivants : (i) fournir des recommandations sur la façon dont les résultats pourraient être utilisés pour modéliser la formation future, (ii) fournir des normes pour des programmes de formation cohérents, évolutifs et efficaces, et (iii) diffuser ces résultats aux pays de l'Union nord-africaine de football (UNAF : Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte, Libye), qui fait partie de la Confédération du football africain (CAF).

Étude 3 : ANALYSE DU PROFIL PHYSIQUE DU JEUNE FOOTBALLEUR D'ÉLITE MAROCAIN AGES DE 12 A 17 ANS EN FORMATION.

L'objectif de cette troisième étude a été étudié sur la façon dont la performance s'améliore chez les jeunes footballeurs d'élite marocains pendant six saisons de football (12 à 17 ans) liées à l'évolution des caractéristiques anthropométriques et des qualités physiques. Proposer d'établir, pour la première fois en Afrique : le profil du jeune joueur de football nord-africain de 17 ans (U18).

Étude 4 : ANALYSE CLINIQUE DES CONTENUS DE FORMATION DES JEUNES FOOTBALLEURS MAROCAINS EN PREFORMATION ET EN FORMATION.

Pour finir, la présente dernière étude est une étude clinique sur de jeunes apprentis footballeurs marocains (U13 à U18) durant six saisons de la préformation à la formation dans une académie, propose un constat, un bilan et des perspectives de ce projet de formation footballistique. En prenant en compte toutes ces considérations théoriques, un véritable projet de contenus pédagogiques (généraux et spécifiques) doit être mis en place pour le jeune footballeur en fonction des qualités et compétences demandées pour accéder au haut niveau.

Ainsi quels contenus les jeunes footballeurs de l'Académie ont réalisés durant les six de formation, en préformation (U13-U15 ans) et formation (U16-U18 ans) et quels sont les perspectives d'implication pratique pour le footballeur nord-africain ?

CHAPITRE VIII. ETUDE 1 : ANALYSE DES EFFETS DE DEUX FORMES D'ENTRAÎNEMENT EN SPRINTS, CHEZ DES JEUNES EN FORMATION SUR L'AMÉLIORATION DE LA VITESSE DE DÉMARRAGE DANS LA STRATÉGIE TECHNICO-TACTIQUE

Problématique générale

La vitesse de démarrage est devenue une qualité fondamentale pour un footballeur désireux d'accéder au haut niveau. Mais comment la développer efficacement ? C'est à cette question que les études suivantes ont tenté de répondre par le biais d'expériences réalisées au sein de l'Académie Mohamed VI de Football, Rabat, Maroc.

L'objectif était d'observer et d'évaluer l'influence d'un programme d'entraînement de deux types de travail de vitesse et d'analyser leur impact sur la vitesse de démarrage les premiers mètres (0 à 10 mètres) : pendant une période de 6 semaines continue (**Etude préliminaire**) et durant une saison sportive complète de 10 mois (**Etude sur une saison**) appliquée à des joueurs de football marocains âgés de 13-17 ans. Pour développer cette vitesse de démarrage, deux formes de travail en sprints peuvent améliorer efficacement les performances entre 0 et 10 mètres : le sprint navette (SN) d'une part, et le sprint varié (SV) d'autre part.

Etude préliminaire

a) Matériels et méthodes

i) Sujets

38 jeunes joueurs de cette Académie, âges moyen 17 ans (+/- 1 an) répartis en 2 groupes de 19, de niveau homogène. Les caractéristiques physiques sont présentées dans le **tableau 26**. Tous les participants sont présents à l'Académie au minimum depuis 4 ans (maximum 6 ans), à raison de 4 à 6 séances par semaine. Ces derniers participent aux championnats Nationaux de jeunes du Maroc, U19 (moins de 19 ans, 17-18 ans) et U17 (moins de 17 ans, 15-16 ans), avec un match par semaine sur 9 mois. Les sujets sont informés du protocole avant de commencer l'étude.

| | GSV (n = 19) | GSN (n = 19) |
|------------------|----------------|----------------|
| Age (année) | 17,26 | 16,84 |
| Taille (cm) | 176,9 +/- 7,24 | 171,8 +/- 7,44 |
| Poids (kg) | 64,74 +/- 8,29 | 59,47 +/- 9,40 |
| Masse Grasse (%) | 10,16 +/- 1,82 | 10,77 +/- 1,67 |

Tableau 26. Caractéristiques physiques des sujets *

* GSV = groupe sprint varié ; GSN = groupe sprint navette

ii) Procédures expérimentales

Le protocole de l'étude préliminaire : 1 groupe en sprints variés (GSV) qui devait effectuer des sprints courts, intenses et variés sur 5 s, et 1 groupe en sprints navettes (GSN), qui réalisait des sprints de 20 mètres en navette (10 m aller puis 10 m retour). Avec, pour tous, une récupération entre les sprints de 25 s. Le protocole consistait à mettre en place 2 sessions hebdomadaires de 20 min pendant 6 semaines, sur une des deux formes de travail d'explosivité couplées avec l'entraînement footballistique habituel.

La problématique se situe sur l'influence de ces deux formes d'entraînement sur l'évolution et l'amélioration de la vitesse de démarrage lors des premiers 10 m. L'objectif principal était de mettre en évidence une amélioration de la vitesse de démarrage.

Les hypothèses testées ont été les suivantes :

H1 : La première hypothèse était que l'entraînement sur 6 semaines des 2 groupes GSV et GSN améliorerait les performances sur la vitesse de démarrage évaluée par 3 sprints et sur la force des membres inférieurs ;

H2 : La deuxième hypothèse était que le groupe stimulé par le sprint varié (GSV) allait améliorer ses performances de vitesse de démarrage de manière supérieure au groupe entraîné avec le sprint navette (GSN) après 6 semaines de protocole.

Afin de recueillir les valeurs de vitesse des joueurs nous utiliserons quatre paires de cellules photoélectriques (Smart Speed, Fusion sport, Australie, distribué par CRESSport).

Pour déterminer les valeurs de détente en CMJ, nous utiliserons le tapis de saut (Smart Jump, Fusion sport, Australie, distribué par CRESSport).



Photos 3. Système de mesure de la vitesse (Smart Speed) et de le détente (Smart Jump).

Pour faciliter le travail en sprints variés de nos 19 joueurs du GSV, nous utiliserons la technologie du Fit Light Trainer, Fit Light Inc, distribué par CRESSport.



Photo 4. Fit Light Trainer : système pour optimiser l'entraînement.

Avant la mise en place du protocole à T0, tous les joueurs exécutent une batterie de 4 tests en relation avec les performances de la vitesse de démarrage. Deux groupes de travail sont formés : le groupe de sprints variés (GSV, n=19) et le groupe de sprints navette (GSN, n=19) suivent le protocole expérimental mis en place. La constitution de ces deux groupes, est déterminée par les résultats des pré-tests (randomisation par rang). Les tests de vitesses (navette, rectiligne et angulaire), le contre mouvement jump (CMJ), sous différentes formes ont été réalisés durant leur formation. Le test « football » de vitesse-réaction avec frappe de balle, est nouveau. Ces tests sont mesurés 48 heures après le dernier entraînement ou match, à la même heure (16h-18h), et dans des conditions météorologiques similaires (sans vent) (**Figure 12**).

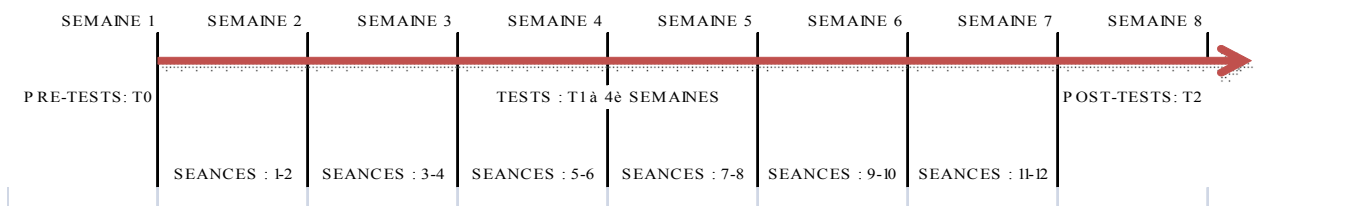


Figure 12. La ligne de temps de l'expérience.

Procédure générale des tests (pré tests (T0), tests après 3 semaines (T1) et 6 semaines (T2))

Avant la mise en place des sessions de travail, des pré-tests (T0) ont été effectués par les 2 groupes de joueurs visant à valider la vitesse de démarrage en football. Ces tests sont renouvelés à 4 semaines (T1) puis à 6 semaines (T2).

Un échauffement standardisé pour l'ensemble des tests : 10 min de courses dirigées avec mobilité articulaire du haut et du bas du corps, 2 min d'étirements dynamiques des membres inférieurs (quadriceps, ischio-jambiers, triceps suraux, adducteurs, fessiers, psoas-iliaques) et 5 min de sprints spécifiques : rectiligne, angulaire et navette.

Les sujets ont suivi une séance de familiarisation des différents tests, pour réduire les effets de l'apprentissage. Les pré-tests, les tests à 4 semaines et les post-tests sont effectués avec une volonté d'intensité maximale. Ils sont effectués en salle pour éliminer les effets de la météo sur les résultats. Tous les tests sont standardisés et programmés sur une période de 2 jours.

Ils s'effectuent 48h après une compétition ou un travail physique important, et sont réalisés dans le même ordre de passage, à la même heure de la journée, dans la même salle couverte (synthétique et salle de musculation), avec les mêmes tenues d'entraînement et dans les mêmes conditions, avant, à la 4ème semaine et immédiatement après les 6 semaines d'intervention. Tous les participants réalisent une nuit de sommeil (+/- 8 heures) avant chaque jour de tests et après la période post prandiale.

Le premier jour du test, les caractéristiques des joueurs sont collectées (âge, taille, poids, masse grasse (MG)), ainsi que la performance en CMJ. La taille debout est relevée avec un mètre stable (marque Seca) étalonné tous les 0,5 cm dans les conditions standards. Le poids est mesuré à 0,1 kg près en utilisant une balance mécanique (marque Seca) et l'indice de masse grasse (% MG), en utilisant la pince à plis cutanés scientifique Harpenden, Skinfold Caliper, calculé en (kg/m²).

Le 2^{ème} jour, les tests de vitesses spécifiques sont réalisés : 20 m rectiligne, 20 m slalom, 20 m vitesse-réaction avec frappe de balle football. Une récupération de 2 min est accordée entre chaque essai pour réduire les effets de la fatigue. Dans la période d'attente, chaque joueur maintient une activité de faible intensité afin de conserver une promptitude physiologique pour le test suivant. Chaque joueur à 1 essai pour chaque test.

Protocole de l'entraînement du football. Les deux groupes participent aux séances d'entraînements hebdomadaires pendant 6 semaines. L'entraînement footballistique inclut des exercices technico-tactiques, des jeux à thèmes, et des spécifiques. Les caractéristiques de ces entraînements sont présentées dans le **tableau 27**.

| Exercices | Durée moyenne (en minutes) |
|---|----------------------------|
| Habiletés techniques : contrôles, passes, conduites, dribbles, frappes, tête | 20 |
| Habiletés tactiques : défensives, offensives, coup de pieds arrêtes (coup franc, corner, penalties) | 20 |
| Jeux en situations réduites : avec ou sans gardien, avec règles spécifiques (1 touche, 2 touches, de la tête) | 20 |
| Jeux à 11 contre 11 | 30 |

Tableau 27. Séance d'entraînement de football hebdomadaire des jeunes joueurs durant l'expérimentation.

Test de CMJ. Chaque joueur est testé sur la force explosive des membres inférieurs avec le CMJ. Le joueur stabilise ses mains sur ses hanches, ses pieds parallèles et stables sur le tapis après avoir fléchi les genoux à 90°, le joueur effectue le saut le plus haut possible en maintenant ses mains sur les hanches. La hauteur du saut et le temps d'envol sont calculés. Un seul essai est réalisé.



Photo 5. Test de CMJ.

Test de vitesse. Pour mesurer la vitesse, le test de 20 m est utilisé. Ce dernier est mesuré avec les temps intermédiaires (T5) de 0-5 m pour la vitesse de démarrage, 0-10 m (T10) et 0-20 m (T20). Un essai est réalisé. Les participants se placent au niveau des cellules photoélectriques, lesquelles sont placées à 0,75 m de hauteur, pour bien capturer les mouvements du tronc et ne pas être influencé par les membres supérieurs. Au total, 4 paires de cellules photoélectriques sont utilisées pour ce test de 20 m.

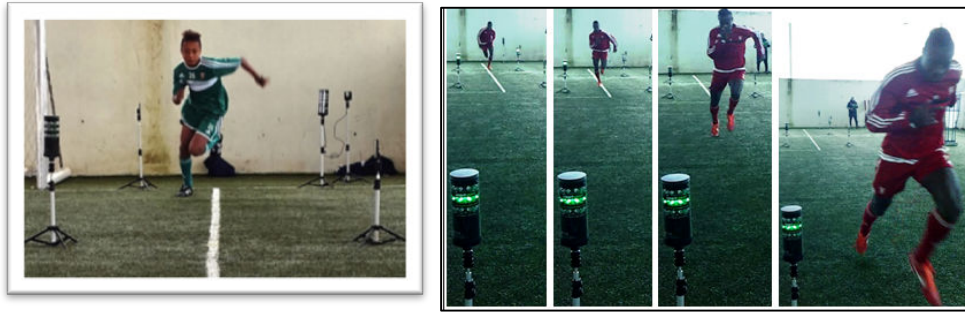


Photo 6 et 7. Test de vitesse 20 m.

Test de vitesse en slalom. Ce parcours de 20 m, est un slalom avec 4 mannequins, que le joueur doit contourner sans les toucher. Un essai est réalisé.

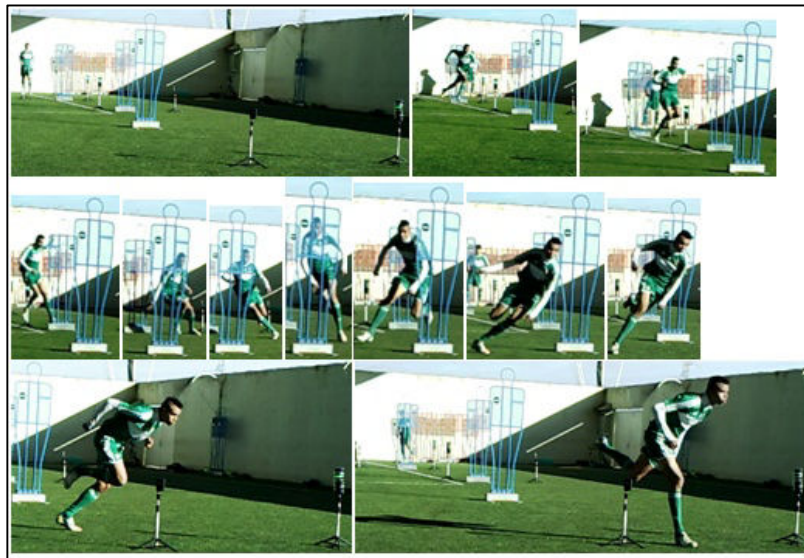


Photo 8. Test de vitesse en slalom 20m.

Test spécifique football : vitesse réaction avec frappe de balle sur 20 m. Ce test de frappe de balle est réalisé dans un petit but (150 x 110 x 40 cm), après une vitesse de réaction et de course sur une distance totale de 20 m. Le joueur va effectuer 1 départ en position de « chaise ». Au signal visuel (un geste de l'entraîneur), le joueur se redresse, sprint et va frapper la balle (pour marquer dans le petit but), placé aux 20 m. Un essai est réalisé.

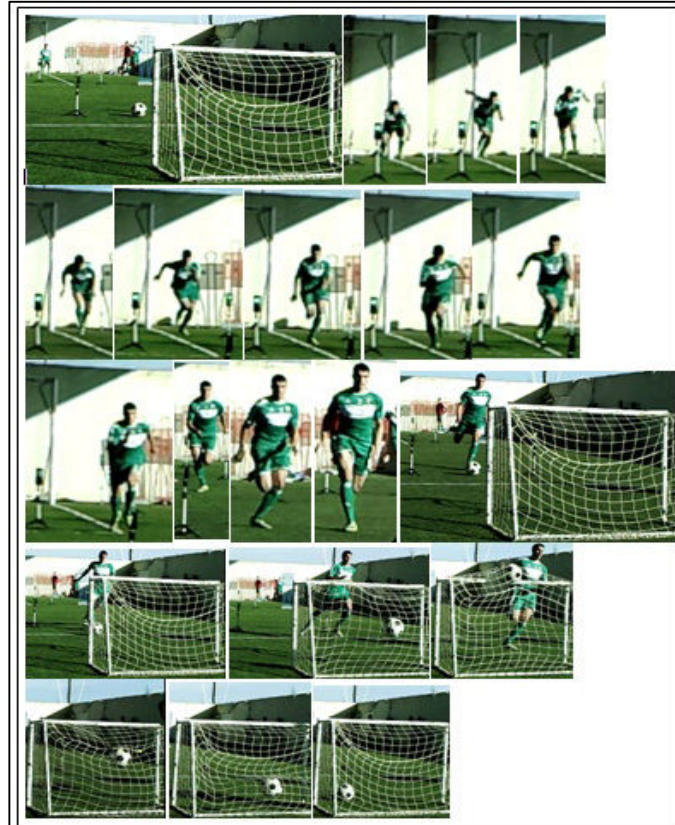


Photo 9 et 10. Test spécifique football.

Le protocole d'entraînement des 2 groupes : GSV et GSN. Avant chaque session d'entraînement, un échauffement standardisé de 12 min est réalisé par les deux groupes. Une succession de course, d'exercices de mobilité articulaire, de préparation au sprint (navette, angulaire, rectiligne) et d'étirements dynamiques. Chaque session du protocole dure environ 30 min. La première session commence 48 heures après le match du weekend (si les matchs ont lieu le samedi, le programme d'entraînement commence le mardi matin). La seconde session est effectuée à 72 heures après la première session (à la même heure entre 7h-7h30).

La session du GSV (Figure 13 et Photo 11), consistait à effectuer des sprints courts, intenses et variés : 2 séries de 5 : 25 (secondes) répétés 10 fois, avec le matériel fit light system. Le volume hebdomadaire est de 4 séries de 10 répétitions (soit un total de 40 répétitions). Soit un nombre total de 240 efforts en 6 semaines (40 répétitions x 6 semaines = 240).

| |
|------------------------------|
| G1 : 19 joueurs |
| GROUPE SPRINTS VARIEES (GSV) |
| 3 EFFORTS |
| 20M MAXIMUM |
| 2 FOIS SEMAINE |
| 2x (5' de 5:25) 100% |
| 5' = 10 efforts |
| 10' = 20 efforts |
| 1 effort = 20m |
| 10 efforts = 200m |
| 20 efforts = 400m |

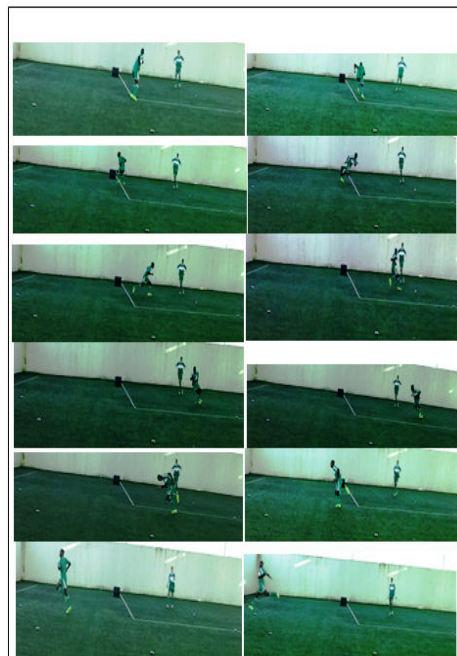


Figure 13. Le protocole d'entraînement : GSV.

Photo 11. Sprint varié (SV).

La session pour le GSN (Figure 14 et Photo 12), consistait à effectuer des sprints de 20 m en navette (10 m aller puis 10 m retour), avec une récupération entre les sprints de 25 secondes. Le volume est de 2 séries de 10 répétitions. Le nombre total est de 240 sprints en 6 semaines.

Les deux groupes (GSV et GSN) effectuent leurs exercices (2 fois hebdomadaires) pendant les 6 semaines avec une intensité maximale (**annexe 1**).

| |
|-------------------------------|
| 62 : 19 joueurs |
| GROUPE SPRINTS NAVETTE (GSN) |
| 2 EFFORTS |
| 20M MAXIMUM |
| 2 FOIS SEMAINE |
| 2x (10 x 10+10m navette) 100% |
| 1 série = 10 efforts |
| 2 séries = 20 efforts |
| 1 effort = 20m |
| 10 efforts = 200m |
| 20 efforts = 400m |

Figure 14. Le protocole d'entraînement : GSN.



Photo 12. Sprint navette (SN).

iii) Analyses statistiques

Pour le traitement statistique de nos données, au préalable nous vérifierons qu'il n'existait pas de différence significative entre le groupe GSV (1) et le GSN (2) sur les variables indépendantes (taille, poids, MG) mesurées en condition pré-test, condition indispensable pour débiter le protocole (**Tableau 28** et **annexe 2**).

La distribution de chaque variable est examinée avec le test de normalité de Shapiro-Wilks. L'homogénéité des variances a été vérifiée par un test de Levene. Les composantes de symétrie ou de sphéricité ont été vérifiées par le test de Mauchly. Une ANOVA à 2 voies à mesures répétées a été utilisée pour l'ensemble des variables. Lorsque l'ANOVA était significative (inter-sujets ou intra-sujets), un post-hoc test de Bonferroni a été réalisé. Le seuil de signification a été fixé à $p < 0,05$. Toutes les analyses statistiques (**Tableaux 28** et **29**) ont été réalisées avec IBM SPSS statistics 20.0 software (Armonk, NY, USA).

b) Résultats

Tableau 28. Résultats des tests des GSV et GSN.

| CMJ (en cm) | | 20m rectiligne (en sec) | | 20m slalom (en sec) | | 20m Football (en sec) | |
|-------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) |
| Variables | | Variables | | Variables | | Variables | |
| CMJ T0 | 34,26 ± 0,77 | 5m - T0 | 1,19 ± 0,033 | 5m - T0 | 1,175 ± 0,011 | 5m - T0 | 1,449 ± 0,023 |
| CMJ T1 | 37,99 ± 0,69 | 5m - T1 | 1,14 ± 0,014 | 5m - T1 | 1,176 ± 0,014 | 5m - T1 | 1,413 ± 0,023 |
| CMJ T2 | 39,07 ± 0,72 | 5m - T2 | 1,107 ± 0,031 | 5m - T2 | 1,126 ± 0,012 | 5m - T2 | 1,343 ± 0,019 |
| | | 10m - T0 | 1,95 ± 0,023 | 10m - T0 | 2,142 ± 0,016 | 10m - T0 | 2,275 ± 0,025 |
| | | 10m - T1 | 1,92 ± 0,013 | 10m - T1 | 2,103 ± 0,015 | 10m - T1 | 2,212 ± 0,018 |
| | | 10m - T2 | 1,87 ± 0,013 | 10m - T2 | 2,045 ± 0,015 | 10m - T2 | 2,150 ± 0,015 |
| | | 20m - T0 | 3,292 ± 0,029 | 20m - T0 | 4,181 ± 0,029 | 20m - T0 | 3,655 ± 0,031 |
| | | 20m - T1 | 3,279 ± 0,022 | 20m - T1 | 4,147 ± 0,031 | 20m - T1 | 3,627 ± 0,034 |
| | | 20m - T2 | 3,171 ± 0,043 | 20m - T2 | 4,083 ± 0,032 | 20m - T2 | 3,548 ± 0,030 |

Quelques soit les variables, il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes.

Tableau 29. Moyenne des tests des 2 groupes : GSV et GSN (NS : p<0.05).

| CMJ (en cm) | | 20m rectiligne (en sec) | | 20m slalom (en sec) | | 20m Football (en sec) | |
|-------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) | Groupes | GSV + GSN (n = 38) |
| Variables | | Variables | | Variables | | Variables | |
| CMJ T0 | 34,26 ± 0,77 | 5m - T0 | 1,19 ± 0,033 | 5m - T0 | 1,175 ± 0,011 | 5m - T0 | 1,449 ± 0,023 |
| CMJ T1 | 37,99 ± 0,69 | 5m - T1 | 1,14 ± 0,014 | 5m - T1 | 1,176 ± 0,014 | 5m - T1 | 1,413 ± 0,023 |
| CMJ T2 | 39,07 ± 0,72 | 5m - T2 | 1,107 ± 0,031 | 5m - T2 | 1,126 ± 0,012 | 5m - T2 | 1,343 ± 0,019 |
| T0 vs T1 | * | T0 vs T1 | NS | T0 vs T1 | NS | T0 vs T1 | NS |
| T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * |
| T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | NS | T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | * |
| | | 10m - T0 | 1,95 ± 0,023 | 10m - T0 | 2,142 ± 0,016 | 10m - T0 | 2,275 ± 0,025 |
| | | 10m - T1 | 1,92 ± 0,013 | 10m - T1 | 2,103 ± 0,015 | 10m - T1 | 2,212 ± 0,018 |
| | | 10m - T2 | 1,87 ± 0,013 | 10m - T2 | 2,045 ± 0,015 | 10m - T2 | 2,150 ± 0,015 |
| | | T0 vs T1 | NS | T0 vs T1 | * | T0 vs T1 | * |
| | | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * |
| | | T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | * |
| | | 20m - T0 | 3,292 ± 0,029 | 20m - T0 | 4,181 ± 0,029 | 20m - T0 | 3,655 ± 0,031 |
| | | 20m - T1 | 3,279 ± 0,022 | 20m - T1 | 4,147 ± 0,031 | 20m - T1 | 3,627 ± 0,034 |
| | | 20m - T2 | 3,171 ± 0,043 | 20m - T2 | 4,083 ± 0,032 | 20m - T2 | 3,548 ± 0,030 |
| | | T0 vs T1 | NS | T0 vs T1 | NS | T0 vs T1 | NS |
| | | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * | T0 vs T2 | * |
| | | T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | * | T1 vs T2 | * |

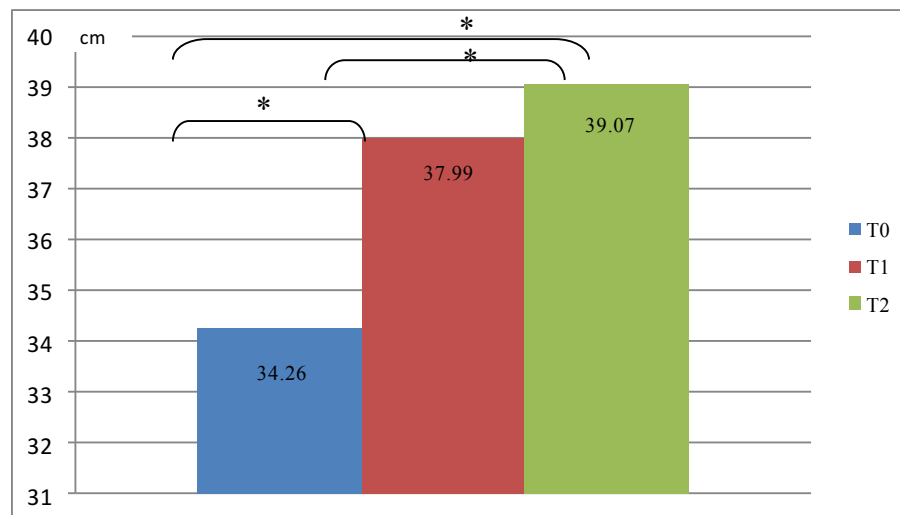


Figure 15 : valeurs obtenues de GSV et GSN sur le CMJ.

Le graphique ci-dessus montre qu'il y a une différence entre les moyennes des 2 groupes au niveau du CMJ à T0 vs T1, T0 vs T2 et T1 vs T2.

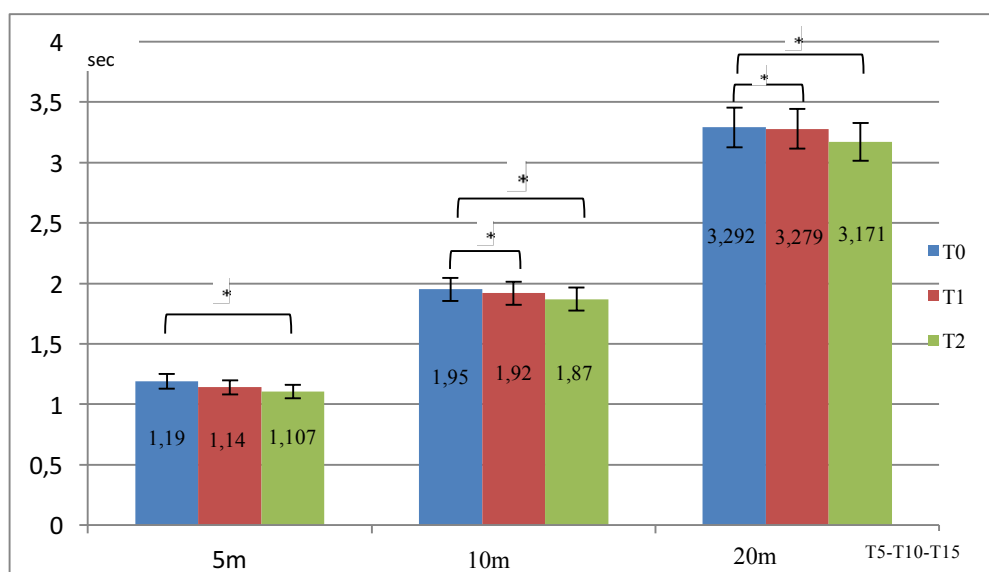


Figure 16 : valeurs obtenues sur le 20 m rectiligne.

Il y a une différence significative entre les moyennes des deux groupes sur le 5 m à T0 vs T2 ($p < 0,05$). Egalement sur le 10 m rectiligne à T0 vs T2 et T1 vs T2. Enfin sur le 20 m à T0 vs T2 et T1 vs T2.

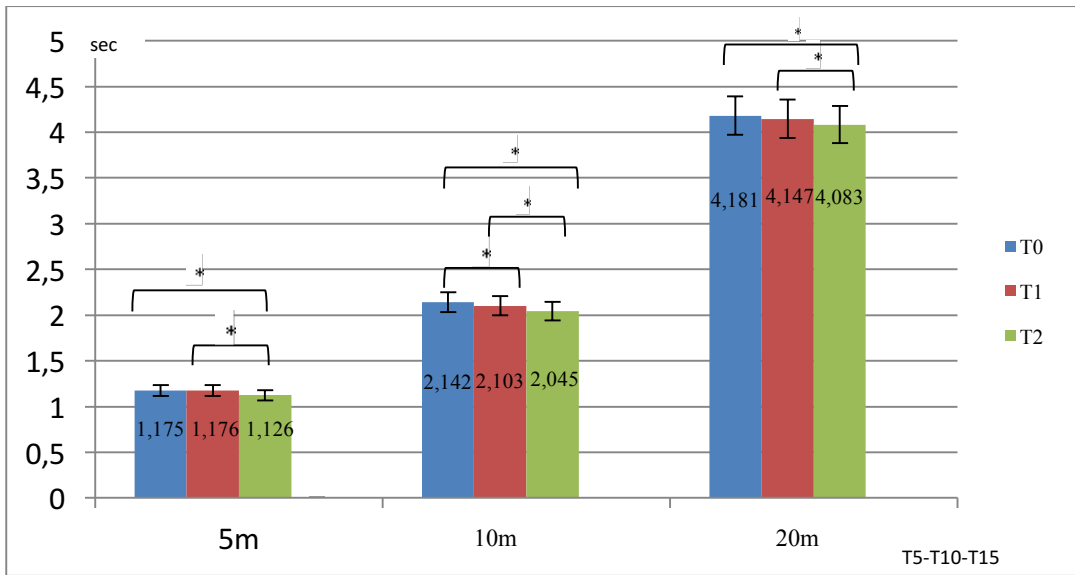


Figure 17 : valeurs obtenues sur le 20 m slalom.

Une différence significative entre les moyennes des deux groupes sur le 5 m à T0 vs T2 et T1 vs T2 ($p < 0,05$). Sur le 10 m à T0 vs T1, T0 vs T2 et T1 vs T2. Enfin sur le 20 m à T0 vs T2 et T1 vs T2.

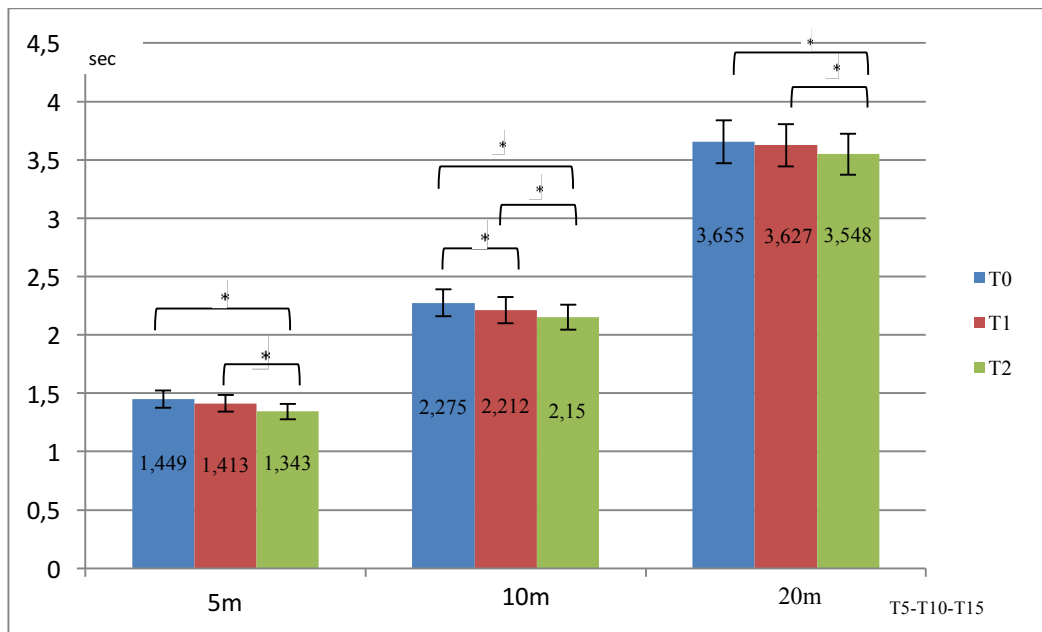


Figure 18 : valeurs obtenues sur le 20 m football.

Une différence significative entre les moyennes des deux groupes sur le 5 m à T0 vs T2 et T1 vs T2 ($p < 0,05$). Sur le 10 m à T0 vs T1, T0 vs T2 et T1 vs T2. Enfin sur le 20 m à T0 vs T2 et T1 vs T2.

L'analyse des données révèle que les entraînements suivis de vitesse variés et navette lors de la formation des joueurs de football de 16 -17 ans ont généré des différences dans leur apprentissage de la vitesse sur les distances de 0 à 20 m.

A la suite des 6 semaines d'entraînement, nous observons plusieurs résultats très intéressants.

Les résultats des deux groupes (GSV et GSN) ne montrent pas de différence sur l'ensemble des tests réalisés (**annexes 3 et 4**). Les deux formes de travail améliorent la performance en vitesse et un apprentissage important est visible sur les six semaines de travail réalisé. Il n'y a pas d'apprentissage supérieur d'un groupe à l'autre.

Si nous reprenons l'ensemble des résultats des deux groupes : 100 % des moyennes des quatre tests s'améliorent entre T0 et T1 puis T1 et T2 sur 6 semaines pour l'ensemble des 37 joueurs. Notons le passage de 38 à 37 sujets pendant l'expérimentation suite à la blessure (opération du genou) d'un sujet.

Au CMJ, 16 joueurs sur 18 (88,88 %) du GSN et 16 joueurs sur 19 (82,21 %) du GSV connaissent une amélioration constante de leurs performances. Les deux groupes progressent entre les 3 tests (+ 3,372 cm GSV vs + 2,803 cm GSN), cependant le traitement statistique ne permet de montrer une amélioration significative entre les deux groupes de travail. Cette première hypothèse ne peut donc être validée. Ce résultat peut en partie s'expliquer par la différence d'entraînement entre les joueurs (1999 et 1998-1997) au niveau musculaire, avec le cycle de musculation qui commence dès la 2^e année des U17 (**annexes 5 et 6**).

En effectuant une analyse clinique du groupe on peut remarquer les éléments suivants : Sur le 20 m rectiligne, 11 joueurs sur 18 (61,11 %) du GSN et 11 joueurs sur 19 (57,89 %) du GSV connaissent une amélioration constante de leurs performances sur le temps au 5 m (T5). A T10 m, 14 joueurs sur 18 (77,77 %) du GSN et 14 joueurs sur 19 (73,68 %), Enfin à T20 m, 12 joueurs sur 18 (66,66 %) du GSN et 9 joueurs sur 19 (47,36 %) du GSV. En T5, le différentiel d'évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,1 vs -0,064 s). En T10, le différentiel d'évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,087 vs -0,067 s). En T20, le différentiel évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,121 vs -0,115 s) (**annexes 7 à 12**).

Sur le 20 m slalom, 10 joueurs sur 18 (55,55 %) du GSN et 10 joueurs sur 19 (52,63 %) du GSV connaissent une amélioration constante de leurs performances à T5. 14 joueurs sur 18 (77,77 %) du GSN et 10 joueurs sur 19 (52,63 %) du GSV à T10. Enfin 10 joueurs sur 18 (55,55 %) du GSN et 8 joueurs sur 19 (42,10 %) du GSV à T20.

En T5, le différentiel d'évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,053 vs - 0,051 s). En T10, le différentiel évolution est davantage pour le GSN que le GSV (- 0,103 vs - 0,086 s). En T20, le différentiel d'évolution est supérieur pour le GSN que le GSV (- 0,095 vs - 0,056 s) (**annexes 7 à 12**).

Pour finir sur le 20 m Football, 10 joueurs sur 18 (55,55 %) du GSN et 14 joueurs sur 19 (73,68 %) du GSV connaissent une amélioration constante de leurs performances à T5. 10 joueurs sur 18 (55,55 %) du GSN et 12 joueurs sur 19 (63,15 %) du GSV à T10. Enfin 7 joueurs sur 18 (38,88 %) du GSN et 11 joueurs sur 19 (57,89 %) du GSV à T20.

En T5, le différentiel évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,12 vs - 0,077 s). En T10, le différentiel évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,145 vs -0,108 s). En T20, le différentiel évolution est plus important pour le GSV que le GSN (- 0,142 vs -0,109 s) (**annexes 7 à 12**).

Le résultat majeur de l'étude repose sur l'intérêt des 2 méthodes de travail dans l'amélioration des performance des joueurs sur les critères de force explosive et de vitesse de démarrage. Les timings de la progression de ces deux qualités physiques diffère ce que nous tenterons d'expliquer dans notre discussion.

c) Discussion et limites

Etant présent chaque jour au côté des joueurs des deux groupes, et malgré le fait que les charges d'entraînement spécifiques (les entraînements de football) ne soient pas à négliger, une sensation générale de « puissance » chez les joueurs faisant de la musculation se fit sentir au cours des tests, contrairement aux joueurs nés en 1999, qui eux paraissent plus « frêles » et moins puissants. Le fait que la musculation inclut une composante « dynamique » et une amélioration de la coordination intramusculaire, doit à l'évidence permettre un gain grâce au phénomène de transfert dans la pratique.

Ces résultats doivent nous alerter sur la pertinence de rajouts de séquence de travail musculaire et de vitesse courte chez les plus jeunes générations. Les jeunes footballeurs doivent se concentrer sur des mouvements dynamiques avec des charges légères, tout le temps de leur formation. Pour être capable de créer constamment des performances de vitesse.

Et demain ? Comment comptons-nous utiliser ces résultats pour évoluer ? Nous pensons que ce type de travail doit être intégré dans la planification annuelle avec un cycle plus long, au-delà de 6 semaines dans les catégories de 12 à 18 ans. Ce contenu doit être un complément nécessaire, obligatoire et complémentaire du travail musculaire. Gardons à l'esprit que durant tout le temps de leur formation et de pratique, les footballeurs doivent effectuer des mouvements dynamiques avec des charges variées. Toujours dans le respect et en adéquation avec la maturation du joueur et des étapes d'acquisition des habiletés techniques... pour être toujours plus performant !

Etude expérimentale.

L'objectif était d'observer et d'évaluer l'influence du programme d'entraînement des deux types de vitesse et d'analyser leur impact sur les premiers mètres (0 à 10 mètres) associés à d'autres qualités physiques : Capacité ventilatoire, Endurance VMA, Puissance, Vitesse intégrée et Sauts durant une saison sportive complète de 10 mois, appliquée à des joueurs de football marocains âgés de 13-17 ans dans trois catégories (U15-U17-U19).

a) Matériels et méthodes

i) Sujets

Cinquante-cinq joueurs de football, adolescents de sexe masculin ($15,6 \pm 1,5$ ans) pendant 10 mois (d'aout à mai), ont participé à ce programme d'entraînement de la vitesse. Les caractéristiques physiques sont présentées dans le **tableau 30**. Tous les participants sont présents à l'Académie au minimum depuis 1 an (maximum 6 ans), à raison de 4 à 6 séances par semaine. Ces derniers participent aux championnats Nationaux de jeunes du Maroc, U19 (moins de 19 ans, 17-18 ans), U17 (moins de 17 ans, 15-16 ans) et U15 (moins de 15 ans, 13-14 ans), avec un match par semaine sur 9 mois. Les sujets sont informés du protocole avant de commencer l'étude. L'étude était conforme au code d'éthique de l'Association médicale mondiale (Déclaration de Helsinki) et a été approuvé par le Comité Ethique local de l'Académie de football.

Tableau 30. Caractéristiques physiques des sujets. GSV = groupe sprint varié ; GSN* = groupe sprint navette.

| | GSV (n = 27) | GSN* (n = 28) |
|--------------------|------------------|-----------------|
| Age (année) | 15,6 +/- 1,47 | 15,3 +/- 1,64 |
| Taille (cm) | 165,88 +/- 13,24 | 169,58 +/- 9,88 |
| Taille Assise (cm) | 88,31 +/- 6,03 | 83,64 +/- 5,91 |
| Poids (kg) | 52,97 +/- 10,73 | 57,06 +/- 10,98 |
| Masse Grasse (%) | 6,24 +/- 1,36 | 7,43 +/- 1,67 |
| Masse Maigre (%) | 92,13 +/- 12,11 | 90,92 +/- 11,92 |

ii) Procédures expérimentales

Le protocole de l'étude expérimentale est identique à l'étude préliminaire. Cependant, il était réalisé pendant toute une saison sportive (10 mois) et tous les joueurs effectuaient sont travail dans sa catégorie d'âge de pratique : U15-U17-U19.

La problématique se situe également sur l'influence de ces deux formes d'entraînement sur l'évolution et l'amélioration de la vitesse de démarrage lors des premiers 10 m. L'objectif principal était de mettre en évidence une amélioration de la vitesse de démarrage. Parallèlement, d'autres qualités physiques sont évaluées pour voir les effets de ce type d'entraînement sur la performance.

Les hypothèses testées ont été les suivantes :

H1 : L'entraînement sur une saison sportive des 2 groupes en sprints variés (GSV) et en sprints navette (GSN) va améliorer leurs performances sur la vitesse de démarrage (VD) (sur les trois sprints et sur la force des membres inférieurs).

H2 : le groupe GSV va connaître une amélioration significative plus importante de la vitesse de démarrage par rapport au groupe GSN après une saison de protocole.

H3 : L'entraînement répétés à base de sprints courts, variés et intenses améliore les aptitudes physiques au niveau aérobie et anaérobie chez les jeunes footballeurs.

Avant la mise en place du protocole à T0, tous les joueurs exécutent une batterie de 7 tests. Deux groupes de travail sont formés : le groupe de sprints variés (GSV, n=27) et le groupe de sprints navette (GSN, n=28) suivent le protocole expérimental mis en place (**Figure 19**).

La constitution de ces deux groupes, est déterminée par les résultats des pré-tests (randomisation par rang). Les tests de vitesses (rectiligne et angulaire), du contre mouvement jump (CMJ), aérobie (Test de l'Université de Bordeaux 2, TUB2), anaérobie lactique (navette-australienne), de football intégré (Test Intermittent de Performance Spécifique au Football, TIPS-FB) et de capacité respiratoire (Volume respiratoire) Les tests de vitesse et aérobie ont été réalisés durant leur formation. Les tests Australien-navette, TIPS-FB et de spirométrie sont nouveaux. Ces tests sont mesurés 48 heures après le dernier entraînement ou match, à la même heure (16h-18h), et dans des conditions météorologiques similaires (sans vent).

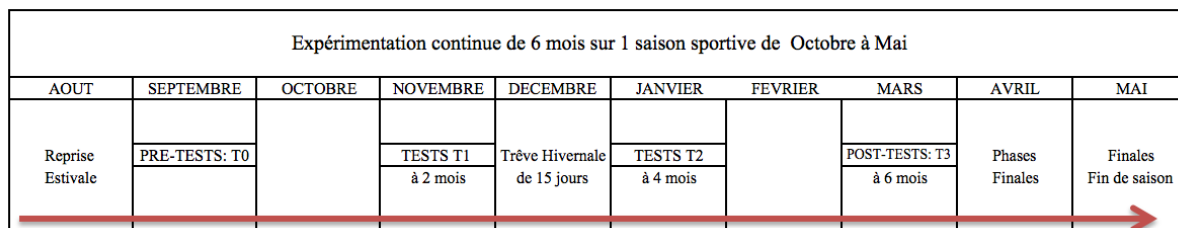


Figure 19. La ligne de temps de l'expérience.

Procédure générale des tests : pré-tests (T0), tests après 8 semaines (T1), 16 semaines (T2) et 24 semaines (T3).

Avant la mise en place des sessions de travail, des pré-tests (T0) ont été effectués par les 2 groupes de joueurs visant à valider la vitesse de démarrage en football. Ces tests sont renouvelés à 8 semaines (T1) à 16 semaines (T2) puis à 24 semaines (T3).

Un échauffement standardisé pour l'ensemble des tests : 10 min de courses dirigées avec mobilité articulaire du haut et du bas du corps, 2 min d'étirements dynamiques des membres inférieurs (quadriceps, ischio-jambiers, triceps suraux, adducteurs, fessiers, psoas-iliaques) et 5 min de sprints spécifiques : rectiligne, angulaire et navette.

Les sujets ont suivi une séance de familiarisation des différents tests, pour réduire les effets de l'apprentissage. L'ensemble des batteries de tests sont effectués avec une volonté d'intensité maximale. Ils sont effectués en salle pour éliminer les effets de la météo sur les résultats. Tous les tests sont standardisés et programmés sur une période de 5 jours.

Ils s'effectuent 48h après une compétition ou un travail physique important, et sont réalisés dans le même ordre de passage, à la même heure de la journée, dans la même salle couverte (synthétique et salle de musculation), avec les mêmes tenues d'entraînement et dans les mêmes conditions. Tous les participants réalisent une nuit de sommeil (+/- 8 heures) avant chaque jour de tests et après la période post prandiale.

Le premier jour du test, les caractéristiques des joueurs sont collectées (âge, taille debout et assise, poids, masse grasse (MG), masse maigre (MM) et la capacité ventilatoire), ainsi que la performance en CMJ.

La taille debout et assise. Mensuellement relevée avec un mètre stable (marque Seca) étalonné tous les 0,5 cm dans les conditions standards.

Le poids. Une prise mensuelle était mesurée à 0,1 kg près en utilisant une balance mécanique (marque Seca).

L'indice de masse grasse (% MG) et masse maigre (% MM). Une prise bimensuelle, en utilisant la pince à plis cutanés scientifique Harpenden, Skinfold Caliper, calculé en (kg/m²).

La capacité ventilatoire (réaliser deux fois à T0 et T3) est effectué avec le Flowhandy Spiromètre ZAN 100 selon les normes ATS (American Thoracic Society). La durée de l'expiration devait être au moins de 6 secondes. Ce test permet de voir la fonction pulmonaire du joueur. Il a permis de déterminer la Capacité Vitale (CV), la Capacité Vitale Forcée (CVF), le Volume Respiratoire d'Expiration (VRE) et le Volume Respiratoire d'Inspiration (VRI). Pour l'exécution, afin d'obtenir des résultats fiables, un essai préparatoire du test était réalisé. La manœuvre était clairement expliquée au joueur. Durant l'explication, le joueur respirait à son aise dans l'appareil en voyant sa courbe débit/volume sur l'écran en temps réel. Le joueur était assis et gardait son dos droit durant la manœuvre. Le pince-nez était mis et les lèvres enfermaient bien l'embout du spiromètre pour qu'il n'y ait pas de fuite. Au moment où le joueur et l'appareil étaient prêts, 4 mouvements respiratoires étaient demandés. 1 : le joueur respirait calmement dans le spiromètre. 2 : inspirait, profondément afin de remplir ses poumons à fond. 3 : expirait après le plus fort et le plus vite possible l'air de ses poumons dans le spiromètre. 4 : le joueur inspirait complètement et forcé afin d'obtenir la courbe inspiratoire. Les résultats de la spirométrie étaient comparés aux valeurs théoriques prédites, qui eux étaient calculés en partant de l'âge, du sexe, de la taille et du groupe ethnique du joueur. Deux courbes étaient présentées : la courbe volume-temps et la courbe débit-volume. Les volumes pulmonaires sont différents et importants pour connaître le suivi des joueurs.

La capacité vitale (CV) est dépendante de l'effort donné par le joueur qui souffle dans l'appareil et doit être utilisé de concert avec le VEMS (Volume Expiratoire Maximal Seconde). Le volume courant (VR) est mobilisé à chaque cycle respiratoire pendant une respiration normale (de repos). Elle est automatique et inconsciente. Le Volume de Réserve Inspiratoire (VRI) est le volume maximum pouvant être inspiré en plus du CV à l'occasion d'une inspiration profonde. Le Volume de Réserve Expiratoire (VRE) est le volume pouvant être rejeté en plus du volume courant à l'occasion d'une expiration profonde. Le VEMS est la quantité d'air expulsée durant la première seconde d'une expiration rapide et forcée, réalisée après une inspiration maximale. Le joueur gonfle ses poumons au maximum puis expire aussi fort et aussi rapidement qu'il le peut. La Capacité Vitale Forcée (CVF), est le volume d'air expulsé avec force jusqu'au volume résiduel (VR) à partir de la Capacité Pulmonaire Totale (CPT). La CVF se mesure lorsque le joueur est assis (ou debout), il inspire à fond et souffle le plus rapidement possible tout l'air de ses poumons dans le spiromètre. VEMS/CV ou CVF correspond à un rapport en pourcentage du volume expiratoire maximale seconde (VEMS) sur la capacité vitale (CV) ou forcée (CVF).

Le 2^{ème} jour, les tests de vitesses spécifiques sont réalisés : 30 m rectiligne, 20 m slalom, TIPS-FB. Une récupération de 2 min est accordée entre chaque essai pour réduire les effets de la fatigue. Dans la période d'attente, chaque joueur maintient une activité de faible intensité afin de conserver une promptitude physiologique pour le test suivant. Chaque joueur à 1 essai pour chaque test de vitesse et 7 passages pour le protocole TIPS-FB.

Le 3^{ème} jour, la détermination de la Vitesse aérobie maximale (VMA) avec le Test Université Bordeaux 2 (TUB2, Cazorla, 1990).

Et, le 4^{ème} jour, le test d'évaluation de l'anaérobie lactique : « la navette-australienne ».

Protocole de l'entraînement du football est identique à l'étude préliminaire (**Tableau 27**).

Test de CMJ. Chaque joueur est testé sur la force explosive des membres inférieurs avec le CMJ. Le joueur stabilise ses mains sur ses hanches, ses pieds parallèles et stables sur le tapis après avoir fléchi les genoux à 90°, le joueur effectue le saut le plus haut possible en maintenant ses mains sur les hanches. La hauteur du saut et le temps d'envol sont calculés. Un seul essai est réalisé.

Test de vitesse : sprint rectiligne (SR). Pour mesurer la vitesse, le test de 30 m est utilisé. Ce dernier est mesuré avec les temps intermédiaires (T5) de 0-5 m pour la vitesse de démarrage, 0-10 m (T10), 0-20 m (T20) et 0-30 m (T30). Un essai est réalisé. Les participants se placent au niveau des cellules photoélectriques, lesquelles sont placées à 0,75 m de hauteur, pour bien capturer les mouvements du tronc et ne pas être influencé par les membres supérieurs. Au total, 5 paires de cellules photoélectriques sont utilisées pour ce test de 30 m.

Test de vitesse en slalom : sprint slalom (SS). Ce parcours de 20 m, est un slalom avec 4 mannequins, que le joueur doit contourner sans les toucher. Un essai est réalisé.

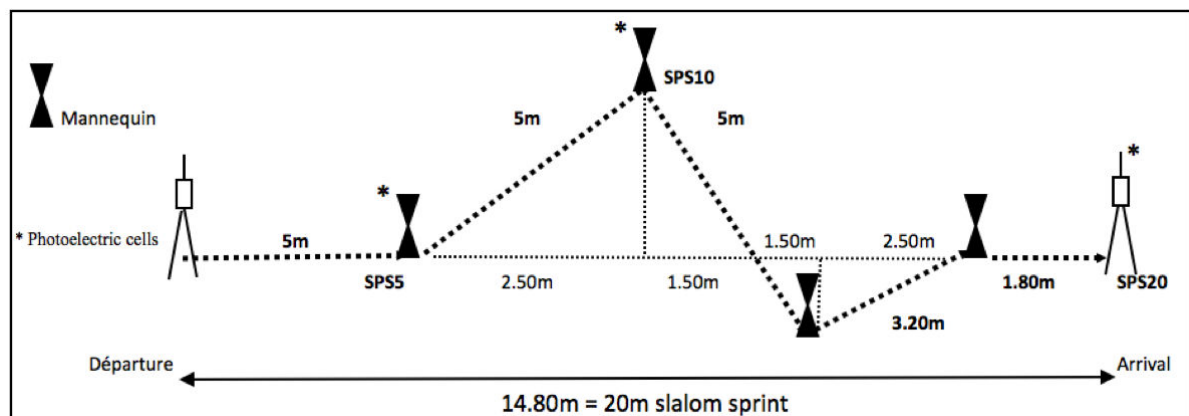


Figure 20. Test vitesse slalom 20m.

Test Intermittent de Performance Spécifique au Football (TIPS-FB) (Tourny C, Labsy, Z et Gallice J, 2012). (cf. Chapitre V, b).

Test Vitesse Aérobique Maximale (VMA). Ces VMA ont permis de connaître le niveau de la vitesse aérobique maximale en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ et ont estimé la consommation maximale d'oxygène, le protocole de test consistant en une course sur une distance de 200 m (avec des plots placés chacune 20 m) avec une vitesse incrémentale test université Bordeaux 2 (TUB2, Cazorla, 1990). Le test de départ a été de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pendant 3 min avec des incréments de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ et un temps de repos de 1 min entre chaque incrément. Pour informer le joueur et maintenir le rythme à différentes vitesses, un signal acoustique a été utilisé (Mohr et al 2007 ; Brocherie et al 2015). Le test s'est terminé lorsque le joueur ne pouvait plus suivre le rythme du signal acoustique (derrière les tracés de 20 m au signal acoustique). L'évaluation des joueurs était réalisée trois fois dans la saison (T0, T1, T3).

Test anaérobie lactique : « la navette-australienne ». (cf. Chapitre V, b).

Le protocole d'entraînement des 2 groupes : GSV et GSN est identique à l'étude préliminaire (Figures 13 et 14).

La session du GSV, consistait à effectuer des sprints courts, intenses et variés : 2 séries de 5 : 25 (secondes) répétés 10 fois, avec le matériel fit light system. Le volume hebdomadaire est de 4 séries de 10 répétitions (soit un total de 40 répétitions). Soit un nombre total de 1600 efforts en 10 mois (40 répétitions x 40 semaines = 1600).

La session pour le GSN, consistait à effectuer des sprints de 20 mètres en navette (10 m aller puis 10 m retour), avec une récupération entre les sprints de 25 s. Le volume est de 2 séries de 10 répétitions. Le nombre total est de 1600 sprints en 10 mois.

Les deux groupes (GSV et GSN) effectuent leurs exercices (2 fois hebdomadaires) pendant toute la saison sportive avec une intensité maximale.

iii) Analyses statistiques

Les données ont été collectées à l'aide de Microsoft Excel (version 2010) et une analyse statistique a été effectuée avec le paquet SPSS pour Windows (version 20.0, SPSS, Inc, Chicago, IL, USA). Les données descriptives sont présentées comme moyenne et écart-type (moyenne \pm SD). Les effets de formation sur VMA, SP et CMJ ont été évalués avec des ANOVA à sens unique avec des mesures répétées pour comparer les données. La distribution gaussienne normale a été vérifiée par le test Shapiro-Wilk W. Lorsque des différences importantes ont été identifiées, le test hoc de Bonferroni a été effectué. En outre, l'Eta carré (η^2) a été calculé comme taille d'effet. Pour évaluer la différence entre les deux groupes, le test de Levene pour l'égalité de variance a été utilisé. La signification statistique a été fixée à $p < 0,05$ * et $p < 0,01$ **.

b) Résultats

Tableau 31. Evolution des caractéristiques morphologiques des 55 joueurs de T0 à T3.

| | GSV + GSN (n = 55) | | Effet de taille |
|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| | Pré-test T0 | Post-test T3 | |
| Taille (cm) | 165,88 \pm 13,24 | 169,58 \pm 9,88* | 0,17 |
| Taille Assise (cm) | 83,31 \pm 6,03 | 83,64 \pm 5,91 | 0,18 |
| Poids (kg) | 52,97 \pm 10,73 | 57,06 \pm 10,98* | 0,83 |
| Masse Grasse (%) | 6,24 \pm 1,36 | 7,43 \pm 1,67 | 0,60 |
| Masse Maigre (%) | 92,13 \pm 12,11 | 90,92 \pm 11,92 | 0,60 |

* Différence significative avec T0 ($p < 0,05$).

Tableau 32. Evolution des changements de performance des 55 joueurs.

| | GSV + GSN (n = 55) | | | | Effet de taille |
|------------------------|--------------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | Pre-test T0 | T1 | T2 | Post-test T3 | |
| 5 m sprint (s) | 1,18 ± 0,07 | 1,16 ± 0,09 | 1,12 ± 0,08 b. | 1,10 ± 0,08* c. | 0,51 |
| 10 m sprint (s) | 1,97 ± 0,11 | 1,96 ± 0,12 | 2,00 ± 0,23 | 1,97 ± 0,22* c. | 0,31 |
| 20 m sprint (s) | 3,44 ± 0,29 | 3,39 ± 0,20 | 3,31 ± 0,24 b. | 3,28 ± 0,22* c. | 0,64 |
| 30 m sprint (s) | 4,78 ± 0,31 | 4,75 ± 0,29 | 4,56 ± 0,25 b. | 4,50 ± 0,20* c. | 0,65 |
| 5 m sprint Slalom (s) | 1,22 ± 0,12 | 1,18 ± 0,08 | 1,14 ± 0,12 | 1,09 ± 0,08* c. | 0,60 |
| 10 m sprint Slalom (s) | 2,15 ± 0,14 | 2,13 ± 0,10 | 2,15 ± 0,11 | 2,10 ± 0,10 c. | 0,38 |
| 20 m sprint Slalom (s) | 4,13 ± 0,28 | 4,29 ± 0,21 | 4,60 ± 0,19 b. | 4,52 ± 0,19* c. | 0,79 |
| CMJ avec bras (cm) | 31,69 ± 4,90 | 32,55 ± 5,09 | 33,95 ± 5,41 b. | 35,19 ± 5,35* c. | 0,76 |
| VMA (km/h) | 16,40 ± 0,95 | 17,05 ± 0,83 | | 17,09 ± 0,91* | 0,61 |
| Dmax (m) | 699,63 ± 57,54 | | | 756,83 ± 38,47* | 0,59 |
| MP (m) | 124,61 ± 15,27 | | | 134,05 ± 9,70* | 0,23 |
| IF (%) | 84,74 ± 1,12 | | | 84,21 ± 0,68* | 0,12 |
| IELA (%) | 84,52 ± 8,92 | | | 89,39 ± 7,07* | 0,19 |
| TMP (s) | 8,86 ± 0,35 | | | 8,75 ± 0,30 | 0,07 |
| TMP7 (s) | 9,53 ± 0,57 | | | 9,15 ± 0,40* | 0,28 |
| IEV (s) | 0,95 ± 0,01 | | | 0,95 ± 0,02* | 0,18 |
| IP (point) | 39,02 ± 21,94 | | | 50,09 ± 29,23* | 0,17 |
| CV (litre, l) | 4,32 ± 1,04 | | | 4,77 ± 1,49* | 0,85 |
| CI (l) | 2,55 ± 0,63 | | | 2,82 ± 1,24 | 0,43 |
| CVF (l) | 4,10 ± 1,04 | | | 4,52 ± 1,34* | 0,15 |
| VRI (l) | 1,83 ± 0,54 | | | 1,97 ± 1,21 | 0,17 |
| VRE (l) | 1,80 ± 0,60 | | | 2,04 ± 1,22 | 0,18 |
| VES (l) | 3,49 ± 0,91 | | | 3,75 ± 0,87* | 0,22 |
| VEMS CVF (%) | 85,54 ± 9,45 | | | 82,62 ± 11,64* | 0,00 |
| VEMS CV (%) | 81,37 ± 12,05 | | | 82,15 ± 17,01* | 0,00 |

* Différence significative avec T0 (p < 0,05).

a. Différence significative entre T0-T1 (p < 0,05).

b. Différence significative entre T1-T2 (p < 0,05).

c. Différence significative entre T2-T3 (p < 0,05).

Dmax (m) : distance totale des 7 passages

MP (m) : Meilleure performance (indication de la puissance du métabolisme anaérobie)

IF (%) : Indice de fatigabilité (distance max - distance min) / distance maxi en %

IELA (%) : Indice endurance lactique (moins grande distance / plus grande distance) * 100

TMP (s) : Temps du meilleur passage

TMP7 (s) : Temps moyen des 7 passages

IEV (s) : Indice d'endurance vitesse : temps du meilleur passage / temps moyen des 7 passages

IP (point) : Indice de précision : (100 - temps moyen des 7 passages) / nombre d'erreurs ; plus l'indice est grand plus le joueur est précis

CV (litre, l) : Capacité ventilatoire

CI (l) : Capacité inspiration

CVF (l) : Capacité vitale forcée

VRI (l) : Volume respiratoire inspiration

VRE (l) : Volume respiratoire expiration

VES (l) : Volume d'éjection systolique

VEMS CVF (%) : rapport volume expiratoire par seconde / capacité vitale forcée

VEMS CV (%) : Rapport volume expiratoire par seconde / capacité vitale

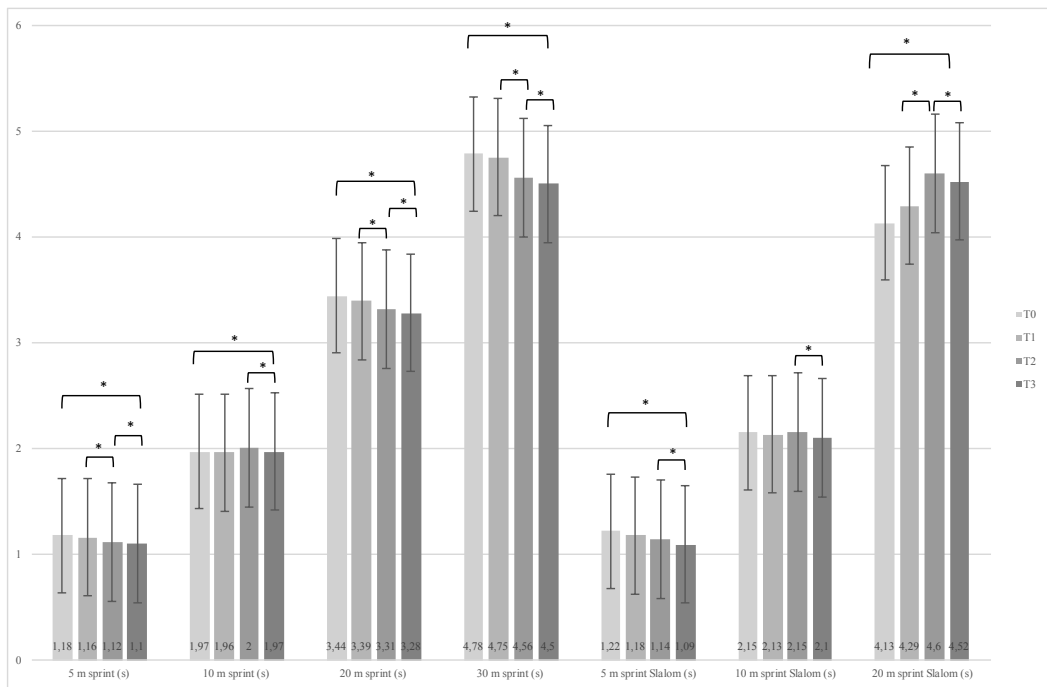


Figure 21 : valeurs obtenues du GSV et GSN sur la vitesse.

Il y a une différence significative entre les moyennes des 55 joueurs sur le 5, 20, 30 m sprint rectiligne (SR) à T0 vs T3 ($p < 0,05$), T1 vs T2 et T2 vs T3. Sur le 10 m SR à T0 vs T3 et T2 vs T3. Egalement une différence significative sur le 5 m sprint slalom (SS) à T0 vs T3 et T2 vs T3 ($p < 0,05$). Sur le 10 m SS à T2 vs T3. Enfin sur le 30 m SS à T0 vs T3, T1 vs T2 et T2 vs T3.

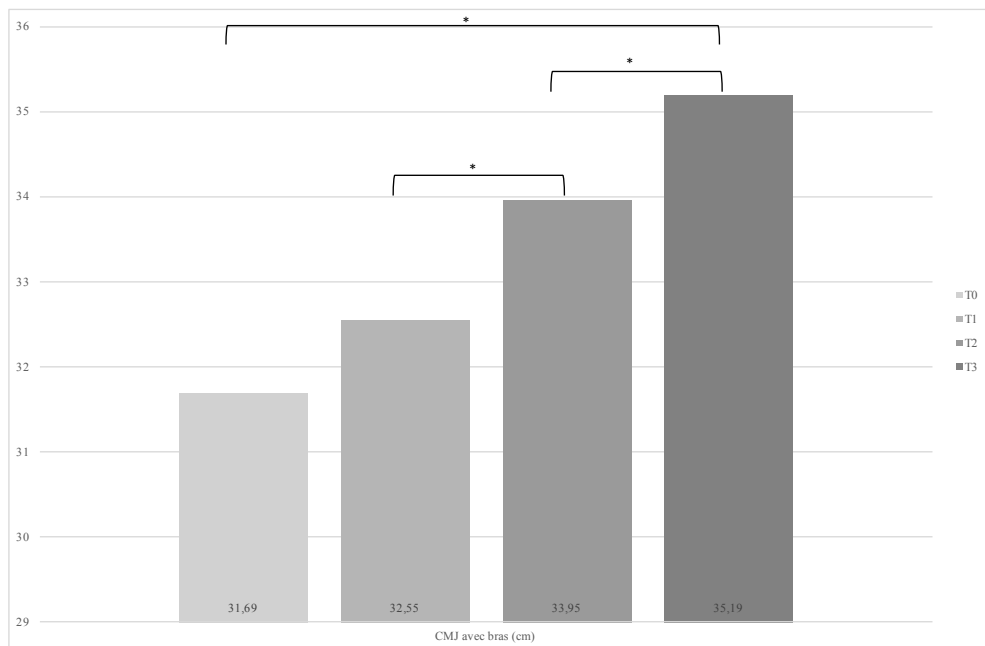


Figure 22 : valeurs obtenues du GSV et GSN sur le CMJ.

Le graphique ci-dessus montre qu'il y a une différence entre les moyennes des 55 joueurs au niveau du CMJ à T1 vs T2, T2 vs T3 et T0 vs T3.

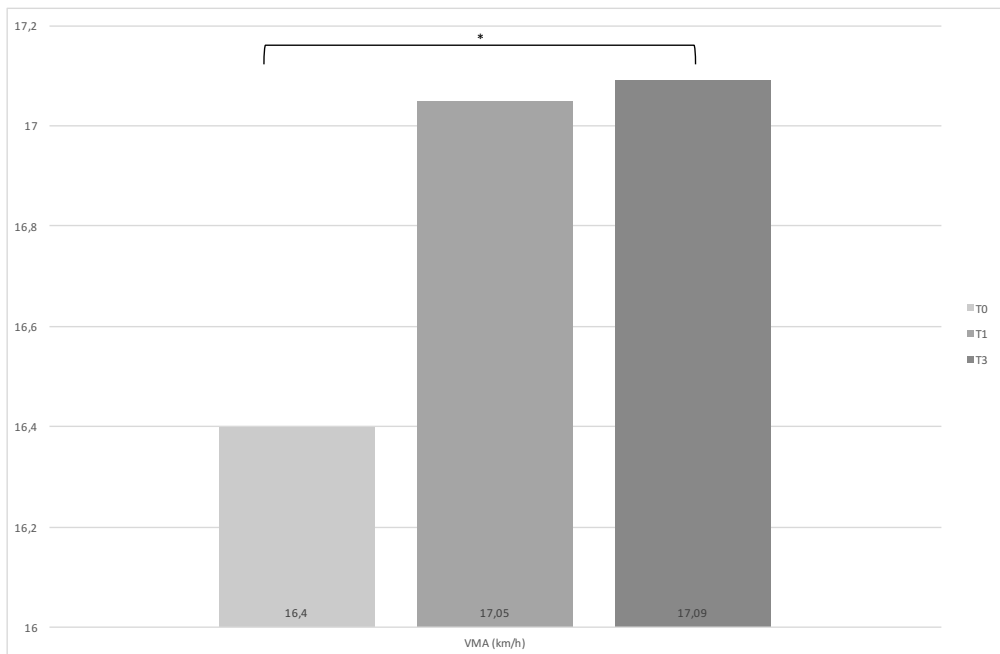


Figure 23 : valeurs obtenues du GSV et GSN sur la VMA.

Le graphique ci-dessus montre qu'il y a une différence entre les moyennes des 55 joueurs au niveau du VMA à T0 vs T3.

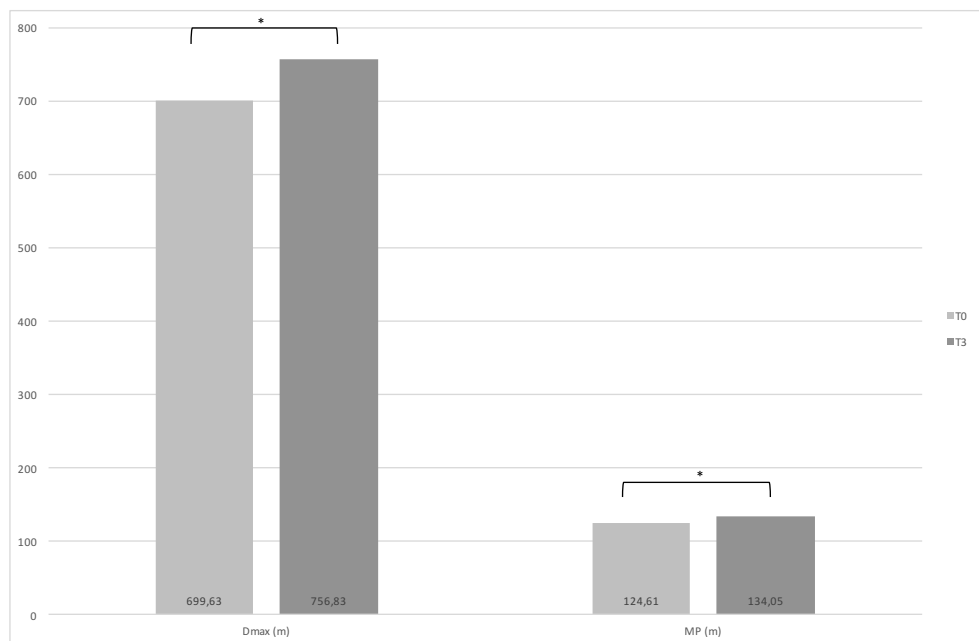


Figure 24 : valeurs obtenues (m) du GSV et GSN sur la navette-Australienne.

Le graphique ci-dessus montre qu'il y a une différence au niveau de la navette-Australienne sur la distance maximale en mètre (Dmax) et la meilleure performance en mètre (MP) à T0 vs T3.

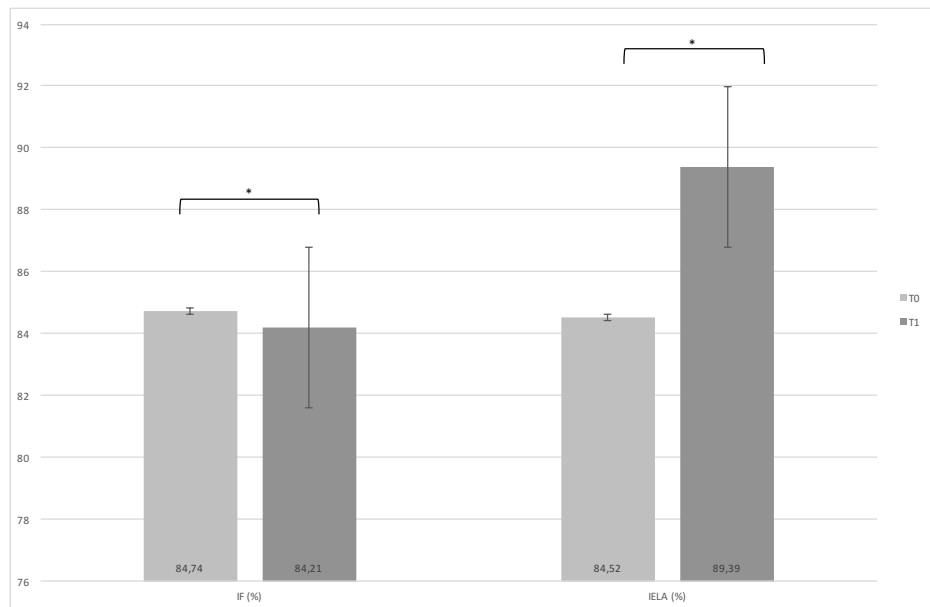


Figure 25 : valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur la navette-Australienne.

Le graphique ci-dessus montre également qu'il y a une différence au niveau de la navette-Australienne sur IF : Indice de Fatigabilité (distance maximale - distance minimale) /distance maximale en % et IELA : Indice Endurance Lactique (moins grande distance/plus grande distance) x 100 (%) à T0 vs T3.

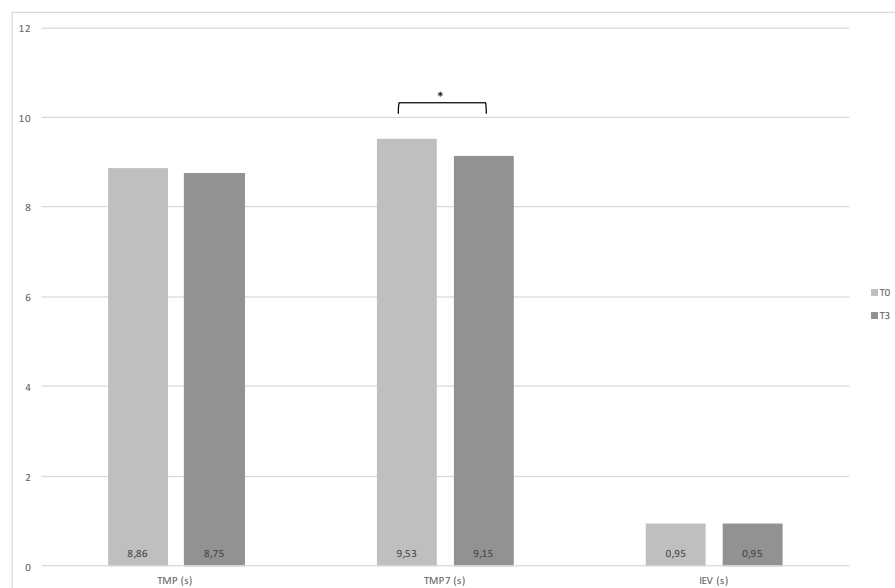


Figure 26 : valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur le TIPS.

Le graphique ci-dessus montre qu'il y a uniquement une différence au niveau du TIPS-FB sur TM7P : Temps Moyen des 7 Passages en seconde à T0 vs T3.

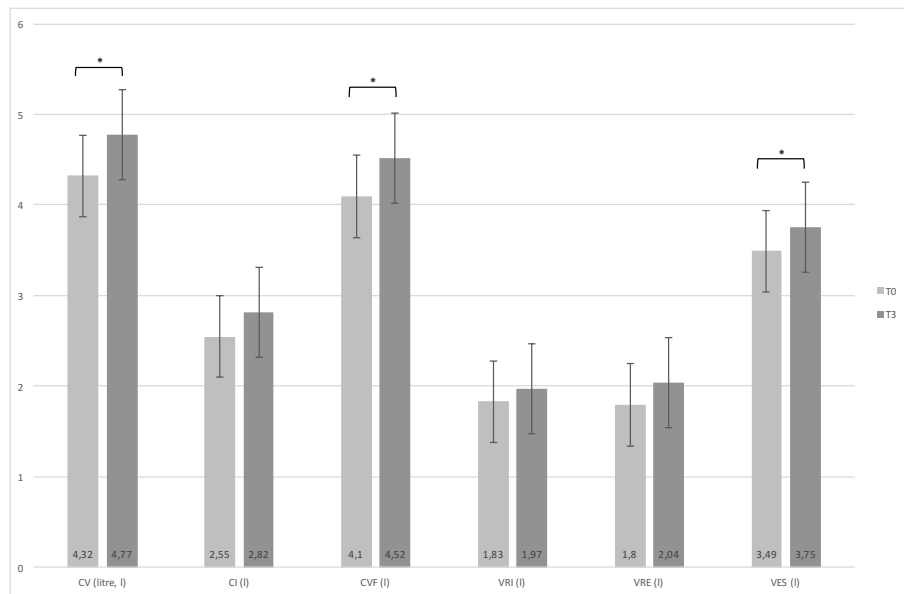


Figure 27 : valeurs obtenues (en litre/kg) du GSV et GSN sur le test spiromètre.

Au niveau des capacités respiratoires, une différence significative entre les moyennes des 55 joueurs sur la CV (Capacité Vitale), CVF (Capacité Vitale Forcée) et VES (Volume Expiratoire dans la première seconde) à T0 vs T3 ($p < 0,05$).

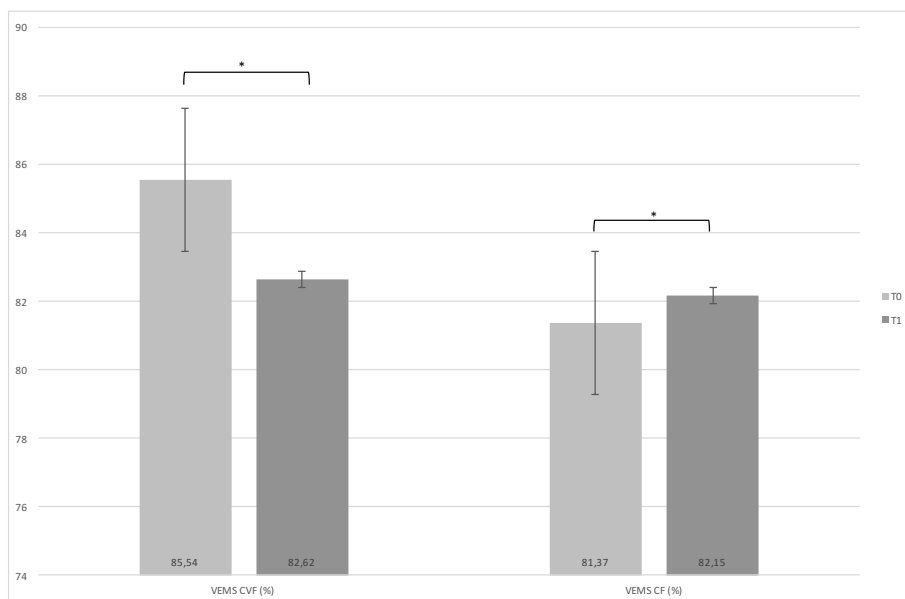


Figure 28 : valeurs obtenues (%) du GSV et GSN sur le test spiromètre.

Une différence significative sur le VEMS CVF (rapport Volume Expiratoire Maximal dans la première seconde sur la Capacité Vitale Forcée) et VEMS CF (rapport Volume Expiratoire Maximal dans la première seconde sur la Capacité Vitale) à T0 vs T3 ($p < 0,05$).

c) Discussion générale

Le but des études préliminaire et expérimentale étaient de comparer les effets de deux formes d'entraînement en sprint sur l'amélioration de la vitesse de démarrage. La première hypothèse est donc validée : l'entraînement sur 6 semaines (**Figures 15 à 18 pour l'étude préliminaire**) et sur une saison sportives (**Figures 20 et 21 pour l'étude expérimentale**) des 2 groupes en sprints variés (GSV) et en sprints navette (GSN) va améliorer leurs performances sur la vitesse de démarrage (VD) sur les trois sprints et sur la force des membres inférieurs. (**Figures 21 et 22 pour l'étude expérimentale**).

Plusieurs phénomènes peuvent expliquer cette différence d'apprentissage. Selon une étude de Malina et al, (2004), les garçons avancés dans leur maturité sexuelle et squelettique effectuent, en moyenne, mieux les tâches de force, de puissance et de vitesse par rapport aux garçons dont la maturité sexuelle et squelettique est en retard. Ces différences reconnues dans les tâches de force, de puissance et de vitesse peuvent donc expliquer cette différence dans l'apprentissage de la vitesse entre les 16 ans et les 17 ans.

En effet, les 17 ans, ont certainement un état de maturité sexuelle et squelettique plus avancé que les plus jeunes. Il n'est donc pas impossible que les joueurs de 17-18 ans se soient adaptés à leurs nouvelles caractéristiques squelettiques, physiologiques et musculaires et donc, sont plus aptes à répondre favorablement aux tâches liées à la vitesse.

Aussi, selon Hugues et Bartlett (2002), si le développement du stade de maturité sexuelle et squelettique du footballeur n'est pas arrivé à son terme, il se peut que le jeune joueur va continuer de se développer sans pouvoir s'adapter à son nouvel organisme et donc, la performance sera réduite. Il est donc probable que ces différences de performances s'expliquent par la différence d'apprentissage interindividuel.

Mais ces différences de développement du stade de maturité des joueurs n'expliquent pas à elles seules la différence d'apprentissage entre les joueurs d'âge différents. En effet, il existe des fondamentaux physiques (comme la musculation) qui sont à développer en fonction des catégories d'âge. Ce travail de musculation qui commence à partir de 16 ans expliquerait les différences d'apprentissage et les performances en vitesse. Entre des cadets première année, qui montent de minimales, et les juniors première années, et qui possèdent un vécu de deux saisons de cycle de musculation.

En reprenant la seconde hypothèse : le groupe GSV va connaître une amélioration significative plus importante de la vitesse de démarrage par rapport au groupe GSN après 6 semaines (**Tableaux 28 et 29**) et une saison sportive (**Tableau 32**) de protocole.

Il semble peu évident à démontrer que le GSV va connaître une amélioration plus rapide et importante, comme le souligne les différents résultats.

Les joueurs n'ont peut-être pas eu un apprentissage assez long ? La plupart des auteurs considèrent qu'une période de développement spécifique d'une qualité physique doit s'effectuer en 8 semaines environ pour laisser apparaître de réelles améliorations (Aagaard et al, 2002 ; Kanehisa et Miyashita, 1983 ; Clafflin et al, 2011). Nous justifions de ce fait l'utilisation d'un protocole d'une durée totale de 8 semaines, en comptant ainsi les phases de tests et d'apprentissage technique. Il faut attendre la troisième semaine pour voir les premiers effets. A T2, l'apprentissage est visible. Il y a une progression plus vite en vitesse lancé qu'en vitesse de démarrage. On peut voir une amélioration en T0 vs T1 pour le 5 m football et le 10 m slalom, pendant des phases et distances qui nécessitent l'impact musculaire.

Chaque joueur donne des réponses différentes en fonction de l'apprentissage. Les joueurs nés en 1998 et 1997 suivent des cycles de musculation hebdomadaire depuis un ou deux ans comparativement aux joueurs nés en 1999. Ce qui peut expliquer ces différences. Lors des premiers mètres, la poussée au cours du démarrage est très importante et dépend directement de la force du joueur (Kotzamanidis et al, 2005). De ce fait, l'entraînement de la vitesse doit être accompagné par un travail de force maîtrisé.

On peut voir tout de même que le GSV connaît une différence d'évolution sur les résultats bruts du 20 m rectiligne, 20 m football et sur le 5 m slalom plus important que le GSN. Le GSN connaît une meilleure évolution uniquement sur les résultats bruts du 10 m et 20 m slalom. Cela est probablement dû aux différences de maturations musculaire et osseuse. Les aptitudes fonctionnelles et les adaptations métaboliques entre les groupes sont également à prendre en considération dans l'analyse individuelle des performances. Ces changements peuvent avoir une influence sur le développement des capacités physiques des jeunes et avoir des conséquences sur l'optimisation de la performance individuelle. D'après William, 1997, les performances réalisées lors d'activités de type anaérobie sont d'autant plus élevées que l'enfant avance en âge. Les meilleurs résultats semblent être atteints durant le pic de pubertaire. Pour exemple, en ce qui concerne le sprint, Falize observe des vitesses moyennes de courses de $3,64 \text{ m/s}^{-1}$ à 6 ans, $5,94 \text{ m/s}^{-1}$ à 12 ans et $7,76 \text{ m/s}^{-1}$ à 20 ans (Falize, 1984).

Ceci explique ainsi, l'importance et l'apport du travail de force avec le développement de la vitesse. D'après Zonon (1973), la vitesse d'un mouvement est fonction de la force. Ainsi l'évolution des performances en vitesse de démarrage avec un travail en sprints courts et variés serait peut-être dépendante des données de la force.

Pour finir, à la vue des gains en performance obtenus grâce à cette étude, les gains publiés dans la littérature sur les membres inférieurs, après des protocoles d'exercices de musculation (charge lourdes > 80% RM, sur squat, pliométrie et presse) montre un gain de 5,9 % en détente,

4,9 % sur 10 mètres (Wong et al, 2012), 2,9 % pour un groupe et 1,3 % pour un autre groupe sur 10 mètres (Harris et al, 2008), 4,3 % pour un groupe et 1,6 % pour un second groupe sur 10 mètres (Loturco et al, 2012) et 8,6 % pour un autre groupe, 10,9 % pour troisième groupe et 8,8 % pour un second groupe sur le CMJ (Smilios et al, 2013).

Concernant l'hypothèse 3 de l'étude expérimentale : l'entraînement répétés à base de sprints courts, variés et intenses améliore les aptitudes physiques au niveau aérobie et anaérobie chez les jeunes footballeurs. Dans le **tableau 32** de l'étude expérimentale, on peut démontrer et valider que le GSV va connaître une amélioration au niveau aérobie avec les tests de spirométrie, TIPS et la navette australienne, comme le souligne les différents résultats.

Aussi, un des défis dans la physiologie du sport est de savoir comment améliorer la performance sportive. Au cours des dernières années, l'exercice caractérisé par une courte durée (10-30 s) maximale / quasi maximale, appelé entraînement d'endurance de vitesse, a émergé comme une stratégie innovante et efficace dans le temps pour améliorer la capacité de travail (Iaia et al, 2010). Cependant, on ne sait pas quelles caractéristiques particulières d'un stimulus d'entraînement sont nécessaires pour induire des adaptations optimales dans les zones ciblées. Un élément clé du potentiel pour déterminer la réponse adaptative est la durée des intervalles de récupération, ou le rapport exercice : récupération (Buchheit et al, 2013 ; Bishop et al, 2011). Par conséquent, la première étape pour étudier de tels processus consisterait à sélectionner des régimes de formation anaérobie qui diffèrent dans les profils de travail et de repos, puis à déterminer comment ils peuvent être liés aux changements différents types de performances.

Pour générer un stimulus efficace, il est fondamental d'utiliser un mode d'exercice qui maintient une puissance mécanique élevée et donc un flux élevé par une voie métabolique dans les muscles fonctionnels (Coffey et al, 2007 ; Mohr et al, 2007). Des protocoles que 30 secondes "all-out" efforts entrecoupés de longues périodes de repos (> 6 fois l'exercice durée), dénommé entraînement à la vitesse d'endurance (Speed Endurance Production, SEP) (Iaia et al, 2010), ont montré une amélioration à court terme supra maximal (Bangsbo et al, 2009 ; Cicioni-Kolsky et al, 2013), moyen à long terme (Burgomaster et al, 2007 ; Gibala et al, 2006 ; Stepto et al, 1999), sprint répété (Dawson et al, 1998 ; McKenna et al, 1993 ; Ortenblad et al, 2000) et des performances intermittentes (Mohr et al, 2008). Chez les sujets non entraînés et aérobiques, les rapports travail-repos inférieurs à 1 : 4 (entraînement de l'endurance à la vitesse : speed endurance maintenance, SEM) (Iaia et al, 2010) produisent des effets bénéfiques sur la capacité à effectuer des sprints répétés (Iaia et al, 2007), à court ou à long terme (Roberts et al, 1982 ; Rønnestad et al, 2014) et des efforts de haute intensité à l'épuisement en association avec le taux réduit d'utilisation du glycogène (Iaia et al, 2010).

Les joueurs de football, répondent à l'entraînement anaérobie ou la vitesse spécifique ou les exercices de sprint répétés exercent des effets positifs sur les variables de performance liées à la

performance, en particulier la capacité répétée de sprint (RSA) (Buchheit et al, 2010 ; Brocherie et al, 2015) et qualités physiques spécifiques. Cependant aucune information n'est disponible sur les changements athlétiques après une période de formation SEM chez les joueurs de football, alors que seulement trois études (Ingebrigtsen et al, 2015 ; Gunnarsson et al, 2012) ont étudié l'impact de l'entraînement SEP au football, mais aucun consensus clair n'a été atteint. Dans l'étude de Thomassen et al (2010), une amélioration d'environ 2 % de RSA a été observée chez les joueurs sub-élites cinq séances SEP et cinq séances d'entraînement aérobique de haute intensité durant deux semaines de préparation d'avant-saison. Inversement, Gunnarsson et al (2012) ont noté des augmentations modérées du test Yo-Yo Intermittent de récupération niveau 2 (Yo-Yo IR2) (10,8 %) après cinq sessions SEP, tandis que les joueurs juniors (Ingebrigtsen et al, 2015) ont montré des résultats plus élevés dans le sprint de 10 m (3,2 %) et Yo-Yo IR2 (11,3 %) mais aucun changement dans RSA, suite six séances de formation SEP toutes les deux semaines pendant la saison.

De plus, le coût énergétique lié aux accélérations, aux décélérations et aux changements de direction, et qui sont une composante importante des déplacements spécifiques du footballeur, était par là même sous-estimé (Gaudino et al, 2013). Pour finir, des auteurs ont récemment inclus ces marqueurs d'accélération et de décélération dans les profils d'activité et ont ensuite étudié une mesure estimant la puissance métabolique, calculée à partir du coût énergétique et de la vitesse de déplacement (Osgnach et al, 2010).

d) Conclusions et applications pratiques

Au terme du protocole, les résultats ont montré que les performances s'étaient améliorées effectivement pour les 2 groupes sur la détente verticale (CMJ) et les 3 tests de sprints à 5, 10 et 20 m, et ce de manière significative ($p < 0,05$). Cependant il n'existe pas de supériorité de performance d'un groupe à l'autre. Ainsi, les deux formes de travail sprints navettes et sprints variés ont amélioré efficacement la performance en sprints lors de la phase de démarrage et cette amélioration s'est poursuivie jusqu'au 20 m.

Cette étude possède quelques limites, puisque des éléments impondérables comme le calendrier des championnats qui changent, les blessures des joueurs, les sélections en équipes nationales, viennent perturber la mise en place du protocole. L'adaptation est donc importante. Cette première réflexion m'a permis de rebondir sur la nécessité d'avoir un échantillonnage plus large et sur des niveaux différents pour que cette étude soit plus significative au niveau de l'interprétation des valeurs mais aussi pour un travail plus consistant. Les principales limites de la mesure du CMJ se situent sur les différences d'âge et de maturité musculaire des joueurs. La maîtrise et l'expertise de la réalisation technique du geste du CMJ est également à prendre en compte. Pour aller plus loin, il serait intéressant de mesurer en plus les effets de ce travail de vitesse sur d'autres valeurs telles que l'âge, le pourcentage de masse grasse ou sur les qualités aérobies afin de dresser un bilan plus

global des bénéfices que nous pouvons obtenir après un entraînement basé des efforts navette ou variés. Il serait également très intéressant d'effectuer une nouvelle batterie de tests quelques semaines après la fin du protocole pour déterminer si, au contraire des résultats que nous avons obtenus dans cette thèse de façon immédiate, les résultats sur du moyen terme n'auraient pas été complètement différents. En effet, il n'est pas possible d'affirmer que ces gains de performances des deux groupes en vitesse soient durables dans le temps après une coupure d'activité (trêve estivale).

On sait maintenant que ce type de travail avec ces deux méthodes, sur une période et un cycle plus long (au-delà de 6 semaines) permet d'améliorer la vitesse de démarrage. Il serait intéressant de l'intégrer dans la planification annuelle en formation. Nous pouvons donc émettre qu'un entraînement de vitesse en sprints variés et navette, deux fois par semaine, va effectivement permettre une amélioration de la vitesse de démarrage sur 0 à 10 m chez des jeunes de 12 à 17 ans.

Le football est un sport nécessitant de grandes qualités d'explosivité sur les membres inférieurs. Il apparaît donc que cette méthodologie de travail sur la vitesse variée pourrait être mise en place dans les clubs durant toute la saison. De plus, ce type de travail ne nécessite pas un matériel important et une mise en place fastidieuse. Pour finir, cela se rapproche des « vrais » efforts du footballeur permettant de travailler sur la « vision-réaction-action » et d'éviter la monotonie.

CHAPITRE IX. ETUDE 2 : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES FOOTBALLEURS MAROCAINS ELITE DE U13 A U17

a) Introduction

L'identification et le développement de jeunes joueurs de football talentueux constituent des enjeux stratégiques et économiques importants pour les clubs et fédérations de football. Cependant, la prédiction du succès futur d'un jeune joueur talentueux est complexe.

Le football de haut niveau exige de la vitesse ainsi que de la force et de la puissance pour les mouvements explosifs et les changements de direction (Reilly et al, 2000). Les bons joueurs ont une vitesse aérobie maximale (VMA) de 18 km.h⁻¹ (UEFA, 2016 ; Reilly et al, 2000) et une hauteur moyenne de sauts de contre-mouvement (CMJ) de 60 cm (Stolen et al, 2005). Les données présentées par la FIFA en 2013 et par l'UEFA en 2016 ont montré que les joueurs couvraient une moyenne de 11,58 km lors d'un match, démontrant la nécessité de l'endurance. L'accélération rapide et la capacité de sprint sont essentielles car 56 % des sprints des matches sont effectués sur des distances inférieures à 15 m. Les joueurs internationaux professionnels peuvent atteindre 36 km.h⁻¹ lors d'un sprint. Pendant un match, les joueurs en moyenne effectuent en moyenne 65 sprints, les milieux de terrain 63 sprints et les attaquants entre 40 et 50 sprints.

L'amélioration des performances en termes de vitesse, de puissance et d'endurance chez les jeunes footballeurs d'élite pour atteindre le niveau professionnel impose de nombreuses heures d'entraînement hebdomadaire de qualité (Gil et al, 2007 ; Reilly et al, 2000 ; Loukid, 1991 ; Lamtali et al, 2003). Le volume d'entraînement annuel est lié à l'amélioration de la capacité aérobie et de sprint chez les footballeurs professionnels (Baali et al, 2003). L'objectif des programmes de formation pour les jeunes footballeurs d'élite est de former leurs compétences afin qu'ils atteignent leur plein potentiel. Lloyd et Oliver (2012) ont conçu un jeune modèle de développement physique et ont montré que, pendant la préadolescence, la force, la vitesse et l'agilité devraient être les principales caractéristiques physiques ciblées.

La force musculaire explosive, l'agilité et la coordination semblent être des critères importants de succès chez les joueurs âgés de 11 à 14 ans (Mirkov et al, 2010). L'entraînement de haute intensité, qui implique à la fois des métabolismes aérobie et anaérobie, a un effet positif sur la performance, augmentant toutes les aptitudes physiques malgré un impact métabolique élevé et des réponses cardiovasculaires et neuromusculaires. Il a également été démontré qu'un entraînement spécifique améliore la performance tactico-technique (Kohl et al, 2013 ; Coelho et Silva et al, 2016). Une fois que l'enfant atteint l'adolescence, d'autres composantes, telles que le pouvoir et l'hypertrophie musculaire deviennent fondamentales, l'augmentation des taux d'hormones androgènes participe à ce développement et rend cette période fondamentale pour l'amélioration des caractéristiques physiques du joueur (Lloyd et al, 2012). La prédiction du succès à long terme d'un

jeune joueur d'élite est extrêmement complexe. Les caractéristiques anthropométriques et les aptitudes physiques permettent de distinguer les joueurs d'élite des amateurs. Les profils de référence selon la position sur le terrain ont été développés pour les joueurs adultes, sur la base des données relatives aux caractéristiques physiques des joueurs (Wrigley et al, 2014). Des données similaires pour les jeunes joueurs d'élite font défaut, de sorte qu'il est impossible d'identifier des profils similaires.

Les objectifs de cette étude rétrospective étaient (i) d'analyser l'évolution des caractéristiques physiques des jeunes footballeurs de différents âges et ii) d'étudier l'adéquation entre le niveau de jeu atteint (élite ou sous élite) et le niveau de performance. L'utilité de ce travail est de fournir des recommandations pour la formation future des pays de l'Union nord-africaine de football (UNAF). Nous avons émis l'hypothèse que les joueurs ayant atteint les positions professionnelles les plus élevées (groupe d'élite) auraient les meilleures caractéristiques physiques à chaque niveau d'âge.

b) Matériels et méthodes

i) Sujets

Vingt-quatre footballeurs de l'Académie Mohammed VI de football, Rabat, au Maroc, ont été inclus. Ils ont été suivis depuis leur première saison, U13 jusqu'à leur dernière saison, U17. Les positions professionnelles qu'ils ont ensuite atteintes après U17 ont été documentées.

ii) Approbation éthique

Cette étude rétrospective a été autorisée par le comité scientifique de la Mohammed VI Football Academy (n° 2016-002). Tous les tests ont été effectués dans le cadre du programme normal de formation et d'évaluation de l'Académie.

iii) Entraînement

L'étude a été réalisée entre 2010 et 2015. Chaque saison a duré 39 semaines et se composait de trois périodes : préparation d'août à septembre, compétition d'octobre à mai et transition de juin à juillet. Les joueurs se sont entraînés pendant 12 heures par semaine, du mardi au samedi (**tableaux 33**). Les joueurs ont changé de catégorie chaque année, passant de U13 à U17. L'entraînement comprenait six composants spécifiques à la condition physique et au football ; Endurance aérobie, entraînement en résistance, force et force explosive, endurance anaérobie, souplesse et exercices technico-tactiques (**Tableau 34**). Pendant la période d'étude, les joueurs ont participé à 225 matches. Tous les joueurs avaient le même régime pendant l'entraînement et la consommation de produits ergogènes était interdite. Tous les joueurs avaient été autorisés à participer au programme d'entraînement de l'Académie et à participer à des compétitions.

Tableau 33. Semaine type d'entraînement durant une saison.

| | Lundi | Mardi | Mercredi | Jeudi | Vendredi | Samedi | Dimanche |
|---------------------------|-------|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------|
| Matin 7h00-8h30 | REPOS | PHYSIQUE INDIVIDUALISE* | TECHNICO- TACTIQUE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | MATCH |
| | | TECHNICO-TACTIQUE | | TECHNICO- TACTIQUE | TECHNICO- TACTIQUE | TECHNICO- TACTIQUE | |
| Après-midi 16h00-17h30 | REPOS | VIDEO OU ACTIVITES PLURIDISCIPLINAIRES | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | SPECIFIQUE | REPOS | REPOS | REPOS |

* PHYSIQUE INDIVIDUALISE : développement et renforcement du potentiel physique individuel

Tableau 34. Contenus de la formation.

| Aérobic Endurance | PMA | Force et Force explosive | Endurance Anaérobie | Flexibilité Agilité | Technique- tactique Exercices |
|--|---|---|---|---|---|
| Course continu Interval-training Aérobic Navette Jeux de petits côtés | Push up Pull-ups Banc de presse Haute et moitié accroupie Sur multi- puissance Exercices abdominaux | Entraînement à la résistance Sprint court Course horizontal Course en descente Sauts verticaux (SJ, CMJ, DJ) Petit sprint sur les sables Sauts multiples | Navette avec changement de direction Sprint horizontal répété Sprints répétés avec des exercices (dribble, coup de pied, etc.) | Étirement statique Étirement dynamique | Exercices de coordination Exercices techniques de groupe Exercices techniques et tactiques en défense et en attaque |

iv) Procédures expérimentales

Les caractéristiques anthropométriques (âge, taille et poids) ont été recueillies au début de chaque saison, de U13 à U17. La taille et le poids corporel ont été mesurés à l'aide de méthodes standard (Lohman et al, 1988). La hauteur a été mesurée en position debout avec une tige de mesure stable (Seca), et le poids a été mesuré à 0,1 kg en utilisant des échelles mécaniques (Seca). Des mesures de performance physique ont été effectuées quatre fois par an (août-octobre-janvier-avril), 48 heures après une compétition ou un travail physique intensif. Trois tests ont été effectués sur deux jours: le premier jour comprenait le saut de contre-mouvement (CMJ) et la capacité de sprint; le deuxième jour comprenait la vitesse aérobic maximale. Les trois tests ont été évalués dans le même ordre, au même moment de la journée, au même endroit (champ synthétique et gymnase) et dans les mêmes conditions. Tous les participants ont dormi une nuit entière (± 8 heures) avant chaque jour de test.

Avant chaque test, les participants effectuaient un échauffement standardisé comprenant 10 min de course, les mouvements des bras, du tronc et des membres inférieurs, 2 min d'étirement dynamique (quadriceps, ischio-jambiers, triceps, adducteurs, fessiers et psoas) et 5 min de sprint (droit, angulaire et navette).

Saut de contre-mouvement (CMJ) : Ce test évalue la puissance des jambes explosives en mesurant les forces de réaction au sol. Le CMJ a été réalisé sur une plate-forme de force portable Smart Jump (Fusion Smart Speed Jump, Fusion Sport, Australie). Les joueurs devaient exécuter un mouvement plyométrique aussi rapide et élevé que possible. Ils sont partis en position debout et ont effectué un mouvement de descente préliminaire en fléchissant les genoux et les hanches à un angle de 100°. Le mouvement des bras a été empêché en plaçant les mains sur les hanches. Le meilleur des deux essais a été utilisé pour l'analyse.

Capacité de sprint : La capacité de sprint a été évaluée à 30 m de vitesse maximale de départ en position debout. Quatre paires de cellules photoélectriques télémétriques ont été placées au départ, soit 10 m, 20 m et 30 m (Smart Speed, Fusion Sport, Australie), à 0,75 m du sol. Ils ont été utilisés pour diviser la course en 10 m (SP10), 20 m (SP20) et 30 m (SP30). Le joueur a commencé sans commande verbale avec la jambe préférée derrière la ligne de départ (0,3 m derrière la première porte de chronométrage). Le chronométrage a commencé quand il a croisé la première paire de photocellules. Chaque joueur a effectué deux sprints avec 3 min de récupération entre chaque, et le meilleur temps a été utilisé dans l'analyse. Pendant la période de récupération, le joueur est retourné à la ligne de départ et a ensuite attendu le prochain sprint.

Vitesse maximale aérobie (VMA) : VMA a été calculé en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$. L'essai consistait en une course de 200 m avec des cônes placés tous les 20 m, à la suite du test de vitesse incrémentale de l'Université de Bordeaux 2 (TUB2). Les joueurs ont couru pendant trois min avec une minute de repos entre chacun. La vitesse initiale était de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ et augmentait de $2 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ pour chaque nouvelle course. Un signal acoustique a fourni une rétroaction au joueur concernant le rythme de chaque course (Berthoin et al, 1994). Le test a pris fin lorsque le joueur n'était plus en mesure de suivre le rythme du signal acoustique.

Catégorisation des joueurs

La catégorisation des joueurs est double pour permettre la comparaison entre le niveau professionnel atteint à la fin des 5 années de formation et le niveau de performance physique global:

- Pour constituer les deux groupes à la fin des cinq années, les joueurs ont été classés en élite ou sous-élite, en fonction du niveau de leurs positions professionnelles. Les positions dans les championnats européens de première ou de deuxième division et dans la première division marocaine étaient considérées comme élites. Les postes de la deuxième division marocaine ou de la division Espoir étaient considérés comme des sous-élites.

- Le score global de caractéristiques physiques a été calculé chaque année pour tous les joueurs. Les joueurs ont été classés de 1 à 24 selon leurs scores pour chacun des cinq tests (VMA, SP10, SP20, SP30 et CMJ). Le joueur avec le score le plus élevé pour un test s'est vu attribuer 24 points et le joueur avec le score le plus bas a reçu 1 point. Les points ont ensuite été additionnés pour donner un score physique global pour chaque joueur et le classement final de chaque joueur était basé sur ce score physique global.

v) Analyses statistiques

Les données ont été collectées à l'aide de Microsoft Excel (version 2010) et une analyse statistique a été effectuée avec le package SPSS pour Windows (version 20.0 ; SPSS, Inc, Chicago, IL, États-Unis). Les données descriptives sont présentées sous forme de moyennes et d'écart-types (\pm SD moyenne). Les effets de l'entraînement sur VMA, SP et CMJ ont été évalués séparément avec des mesures répétées ANOVA à un facteur. La distribution gaussienne normale a été vérifiée en utilisant le test de Shapiro-Wilk. Lorsque des différences significatives ont été identifiées, un test post-hoc de Bonferroni a été effectué. Pour évaluer la différence entre les deux groupes, le test de Levene pour l'égalité de la variance a été utilisé. La signification statistique a été fixée à $p < 0,05$ * et $p < 0,01$ **. La taille de l'effet a été calculée en utilisant Eta au carré (η^2). La taille de l'effet caractérise le degré d'efficacité d'une intervention. Les tailles d'effet comprises entre 0,10 et 0,25 étaient considérées comme faibles, entre 0,25 et 0,40 moyennes et supérieures à 0,40 (Cohen et al, 1988 ; Furr et al, 2008).

c) Résultats

En ce qui concerne le niveau final atteint en position de football, 12 joueurs ont obtenu des positions d'élite et ont été inclus dans G1, et 12 ont obtenu des positions de sous-élite correspondant à G2 (**Tableau 35 et 36**).

Tableau 35. Effet de l'entraînement de 5 ans de G1 contre G2.

| | U13 | | U14 | | U15 | | U16 | | U17 | | P value | ANOVA Effet de taille ($F^{(n,2)}$) | lcc |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------|--|-------|
| | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | | | |
| SP10 (s) | 2,02 ± 0,11 | 2,03 ± 0,12 | 1,93 ± 0,09 | 1,97 ± 0,10 | 1,86 ± 0,07 | 1,91 ± 0,08 | 1,88 ± 0,07 | 1,85 ± 0,10 | 1,85 ± 0,06 | 1,78 ± 0,00 | | | 0,486 |
| SP20 (s) | 3,50 ± 0,22 | 3,53 ± 0,18 | 3,33 ± 0,16 | 3,36 ± 0,17 | 3,23 ± 0,12 | 3,25 ± 0,17 | 3,19 ± 0,18 | 3,20 ± 0,12 | 3,17 ± 0,08 | 3,17 ± 0,17 | | | 0,586 |
| SP30 (s) | 4,95 ± 0,31 | 5,04 ± 0,20 | 4,64 ± 0,27 | 4,68 ± 0,26 | 4,48 ± 0,17* | 4,53 ± 0,27* | 4,45 ± 0,25 | 4,38 ± 0,16 | 4,39 ± 0,13*¶ | 3,98 ± 1,41*¶ | * ≤ 0,05 | 0,72 | 0,685 |
| | | | | | | | | | | | * ≤ 0,05¶ | 0,41 | |
| CMJ (cm) | 36,07 ± 4,32 | 36,14 ± 5,07 | 39,29 ± 5,00 | 37,36 ± 5,06 | 42,84 ± 4,21 | 40,09 ± 7,00 | 44,39 ± 4,68 | 42,25 ± 6,89 | 48,15 ± 3,31 | 44,80 ± 6,82 | | | 0,643 |
| VMA (km/h ⁻¹) | 14,72 ± 4,96 | 17,35 ± 0,72 | 16,95 ± 0,48 | 17,45 ± 0,82 | 17,47 ± 0,72 | 17,84 ± 0,80 | 17,60 ± 0,89 | 18,04 ± 0,59 | 17,85 ± 0,75 | 18,05 ± 0,62 | | | 0,600 |

Tableau 36. Caractéristiques anthropométriques des joueurs de football des G1 et G2.

| Groupe (G) | G1 (n = 12) | | G2 (n = 12) | | G1 (n = 12) | | G2 (n = 12) | | G1 (n = 12) | | G2 (n = 12) | |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------|----|
| | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 | G1 | G2 |
| Age | 13,1 ± 0,8 | 12,9 ± 0,9 | 14,1 ± 0,8 | 13,9 ± 0,9 | 15,1 ± 0,8 | 14,9 ± 0,9 | 16,1 ± 0,8 | 15,9 ± 0,9 | 17,1 ± 0,8 | 16,9 ± 0,9 | | |
| Taille (cm) | 159,40 ± 10,1 | 149,91 ± 8,8 | 165,91 ± 9,8 | 156,04 ± 9,4 | 171,58 ± 8,2 | 163,41 ± 7,7 | 176,91 ± 6,3 | 169,58 ± 5,9 | 180,41 ± 6,0 | 172,75 ± 5,1 | | |
| Poids (kg) | 46,00 ± 12,7 | 38,58 ± 4,5 | 51,08 ± 10,4* | 42,50 ± 5,9* | 56,50 ± 10,1** | 47,91 ± 5,5** | 62,00 ± 8,93** | 54,25 ± 4,22** | 59,91 ± 4,66* | 66,91 ± 8,74* | | |
| IMC (kg/m ²) | 18,1 ± 1,1 | 17,2 ± 1,3 | 18,5 ± 1,0 | 17,4 ± 1,5 | 19,2 ± 1,1 | 17,9 ± 1,2 | 19,8 ± 1,4 | 18,9 ± 1,0 | 18,4 ± 1,1 | 22,4 ± 1,3 | | |

* G1 = groupe élite ; G2 = groupe sous élite. Les données sont présentées en moyenne ± SD.

* p<0,05, différence significative entre les groupes.

** p<0,01, différence significative entre les groupes.

IMC : indice de masse corporelle.

Le **tableau 37** présente le score global des caractéristiques physiques des deux groupes calculé chaque année.

Le résultat de G1, sauf à U16 (741 vs 759), était supérieur à celui de G2 à U13 (820 vs 818), U14 (769 vs 731), U15 (802 vs 698), U17 (754 vs 746). U15 (802 vs 818), a montré la plus grande différence intergroupe.

Tableau 37. Score physique pour les deux groupes par an et par test.

| Catégorie | G1 | | | G2 | | | Différence statistique |
|-----------|------|-----|-----|------|-----|-----|------------------------|
| U13 | SP10 | 168 | 820 | SP10 | 163 | 818 | |
| | SP20 | 172 | | SP20 | 160 | | |
| | SP30 | 189 | | SP30 | 150 | | |
| | CMJ | 181 | | CMJ | 155 | | |
| | MAS | 110 | | MAS | 190 | | |
| U14 | SP10 | 164 | 769 | SP10 | 136 | 731 | |
| | SP20 | 158 | | SP20 | 142 | | |
| | SP30 | 161 | | SP30 | 139 | | |
| | CMJ | 169 | | CMJ | 131 | | |
| | MAS | 117 | | MAS | 183 | | |
| U15 | SP10 | 174 | 802 | SP10 | 126 | 698 | |
| | SP20 | 158 | | SP20 | 142 | | |
| | SP30 | 157 | | SP30 | 143 | | * <0.05 |
| | CMJ | 176 | | CMJ | 124 | | |
| | MAS | 137 | | MAS | 163 | | |
| U16 | SP10 | 129 | 741 | SP10 | 171 | 759 | |
| | SP20 | 156 | | SP20 | 144 | | |
| | SP30 | 148 | | SP30 | 152 | | |
| | CMJ | 179 | | CMJ | 121 | | |
| | MAS | 129 | | MAS | 171 | | |
| U17 | SP10 | 142 | 754 | SP10 | 158 | 746 | |
| | SP20 | 148 | | SP20 | 152 | | |
| | SP30 | 140 | | SP30 | 160 | | * <0.05 |
| | CMJ | 179 | | CMJ | 121 | | |
| | MAS | 145 | | MAS | 155 | | |

Au cours des cinq années, les joueurs ont passé 20250 heures à l'entraînement et 2057 heures dans les matches (**Tableau 38**). Le développement des qualités physiques (QP) représentait en moyenne 31 % du temps total d'entraînement de U13 à U17. Les QP ont été particulièrement ciblés en première année de préformation à U13 (38 % en capacité de coordination et aérobie) et en U16 (38 % en capacité aérobie et puissance) et U17 (33 % en vitesse et musculation). La charge d'entraînement était la plus élevée de U13 à U15, avec une moyenne de 304 ± 5 entraînements (42420 ± 915 min) au cours des deux premières années, contre U16-U17 au cours de laquelle 229 ± 3 séances (30840 ± 666 min) ont été réalisées. L'entraînement technique était la priorité de U13 à U15 (20945 ± 200 min) et les compétences tactiques étaient la priorité pour U17 (1146 ± 46 min).

Tableau 38. Caractéristiques des joueurs en formation pendant 5 ans.

| Under (U) | U13 | U14 | U15 | U16 | U17 |
|------------------------------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Sélection Nationale U17 | | | | 6 | 4 |
| Nombre d'entraînement | 349 ± 5 | 260 ± 4 | 361 ± 5 | 254 ± 3 | 204 ± 3 |
| Nombre de matchs | 53 ± 8 | 42 ± 7 | 47 ± 8 | 43 ± 7 | 40 ± 6 |
| Physique vs technique-tactique (%) | 38: 62 | 22: 78 | 23: 77 | 38: 62 | 33: 67 |
| Total entraînement par an (min) | 30900 ± 1043 | 23040 ± 787 | 29520 ± 1008 | 21720 ± 720 | 18240 ± 612 |
| Total FS par an (min) | 2821 ± 81 | 7841 ± 226 | 10283 ± 295 | 3135 ± 84 | 1560 ± 46 |
| Total FTa par an (min) | 258 ± 7 | 230 ± 5 | 86 ± 3 | 75 ± 2 | 1146 ± 46 |
| Total FTeTa par an (min) | 13695 ± 416 | 8734 ± 257 | 9992 ± 274 | 8437 ± 247 | 7480 ± 216 |
| Total CP par an (min) | 9262 ± 272 | 3801 ± 119 | 4969 ± 139 | 6427 ± 186 | 4172 ± 118 |
| Total PL par an (min) | 4867 ± 150 | 2438 ± 84 | 3660 ± 101 | 3635 ± 108 | 3845 ± 104 |

FS = football skills, entraînement technique ; FTa = entraînement tactique football ; FTeTa = entraînement football technique et tactique ; CP = condition physique ; PL = entraînement pluridisciplinaire.

Tous les joueurs ont grandi en taille, ont augmenté de poids et se sont améliorés dans les cinq composantes de la forme physique au cours des cinq années (**Figures 29** et **Tableau 36**). Il n'y avait pas de différence significative en moyenne de taille entre G1 et G2 à aucun moment. Le poids moyen était plus élevé pour G1 que pour G2 à tous les moments, sauf chez les U17 ans. Les différences étaient significatives à U14 avec une taille d'effet importante ($p < 0,05$, $P^{n2} = 1,02$). C'était aussi le cas pour U15 ($p < 0,01$, $P^{n2} = 1,02$) et U16 ($p < 0,01$, $P^{n2} = 1,20$). À U17, le poids moyen était supérieur pour G2 ($p < 0,05$, $P^{n2} = 1,37$).

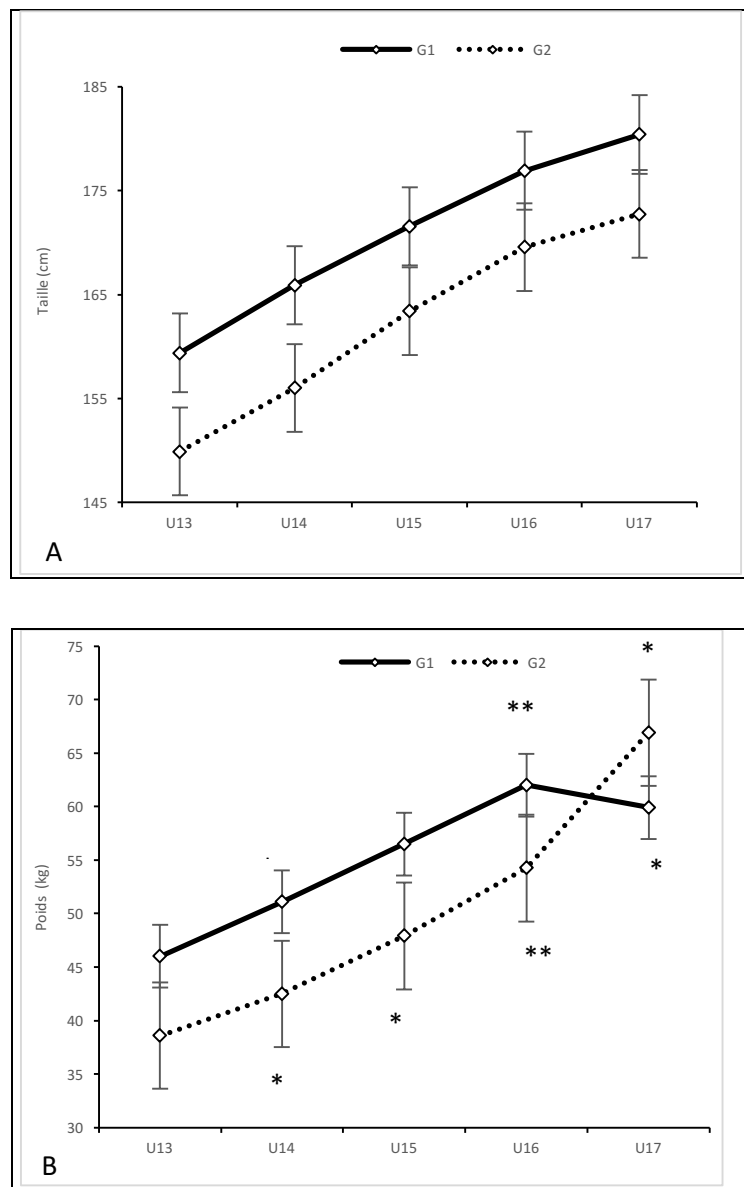


Figure 29. Données descriptives (données moyennes par âge, scores moyens avec barres de dispersion) obtenues à partir de groupes de jeunes footballeurs masculins (G1, carrés et traits pleins) et (G2, carrés et lignes pointillées) enregistrées pendant 5 années consécutives pour l'anthropométrie (A. Taille = taille du corps, B. Poids = masse corporelle). Les différences entre 2 groupes pour un âge particulier sont indiquées (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$).

Il n'y avait pas de différences dans SP10 m ou SP20 m entre les groupes à tout âge. Il y avait une différence significative dans SP30 m à U15 ; G1 était plus rapide que G2 avec une grande taille d'effet ($p < 0,05$, $P^{n^2} = 1,37$). Cela a été inversé à U17 lorsque G2 est devenu plus rapide que G1 avec une taille d'effet moyenne. Le CMJ était plus élevé en G1 de U14 à U17, mais la différence n'était pas significative. La VMA était plus élevée dans G2, en particulier chez les U13, mais ces différences n'étaient pas significatives (**Figures 30-31**).

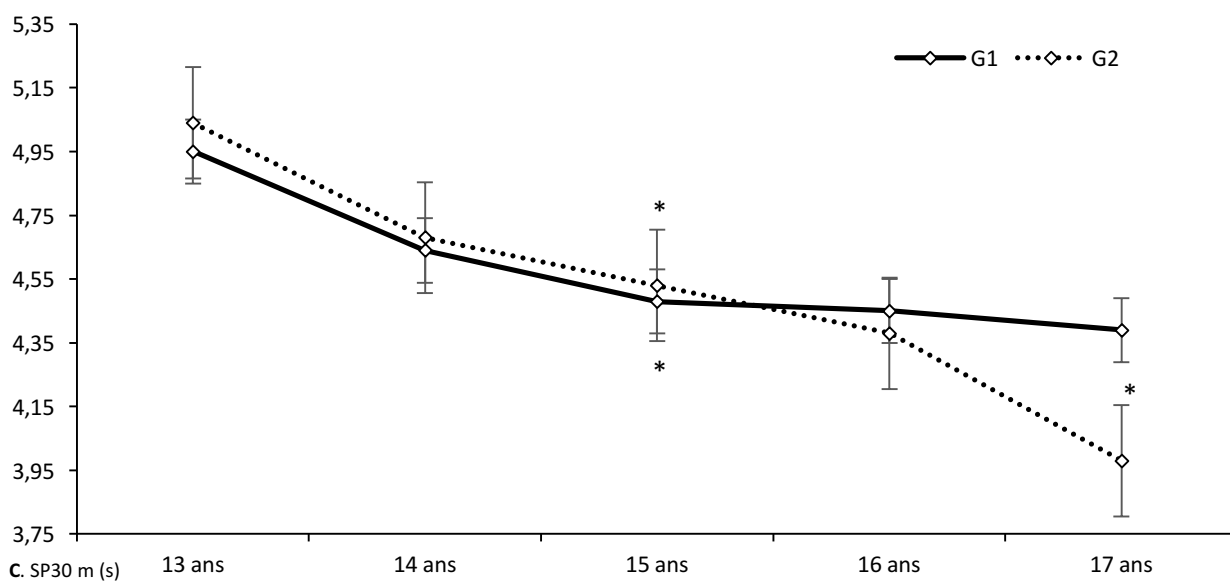
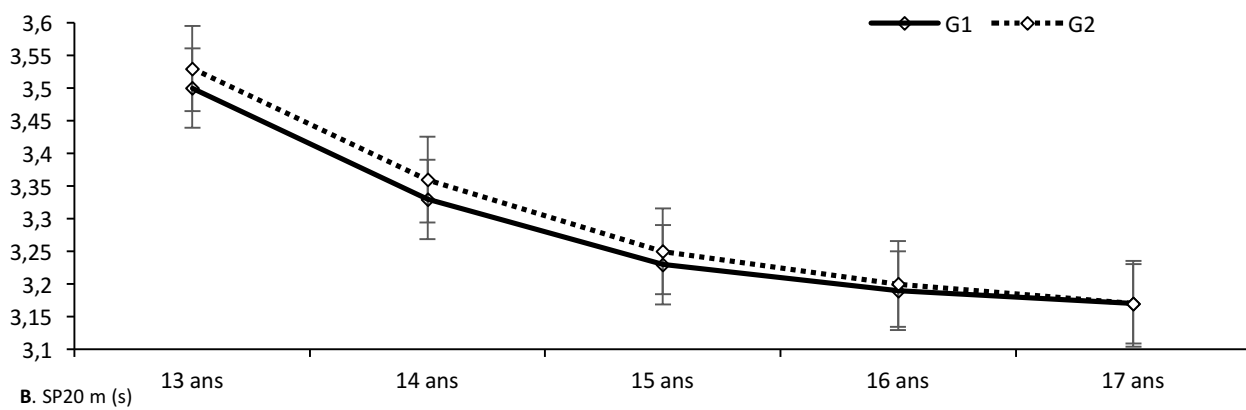
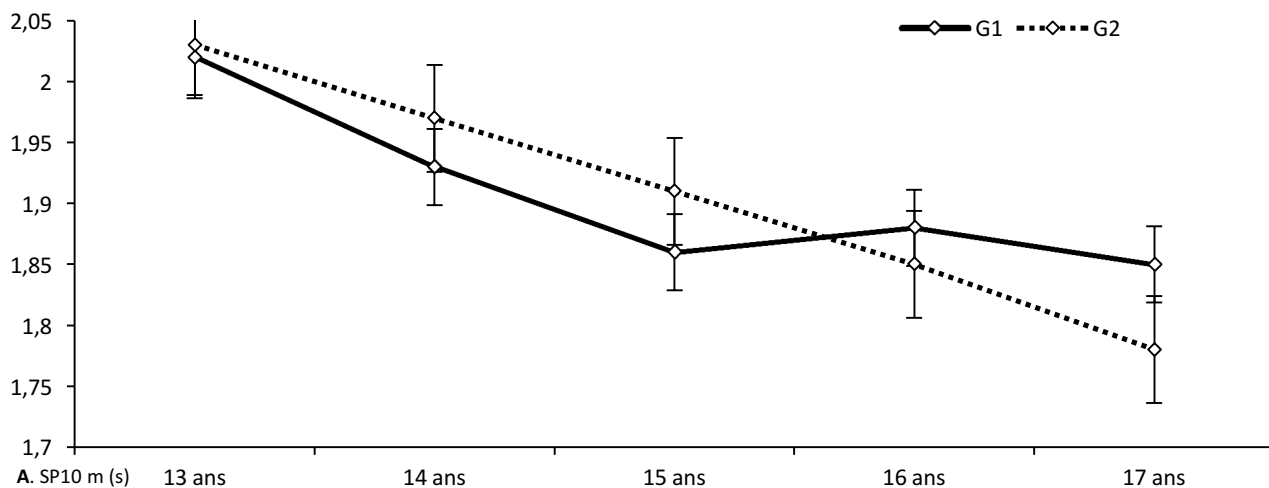


Figure 30. Les données descriptives obtenues pendant 5 ans consécutif pour les variables de performance physique (A. SP10, B. SP20 et C. SP30 = sprint 10, 20, 30 m). Différences entre 2 groupes * $p < 0,05$.

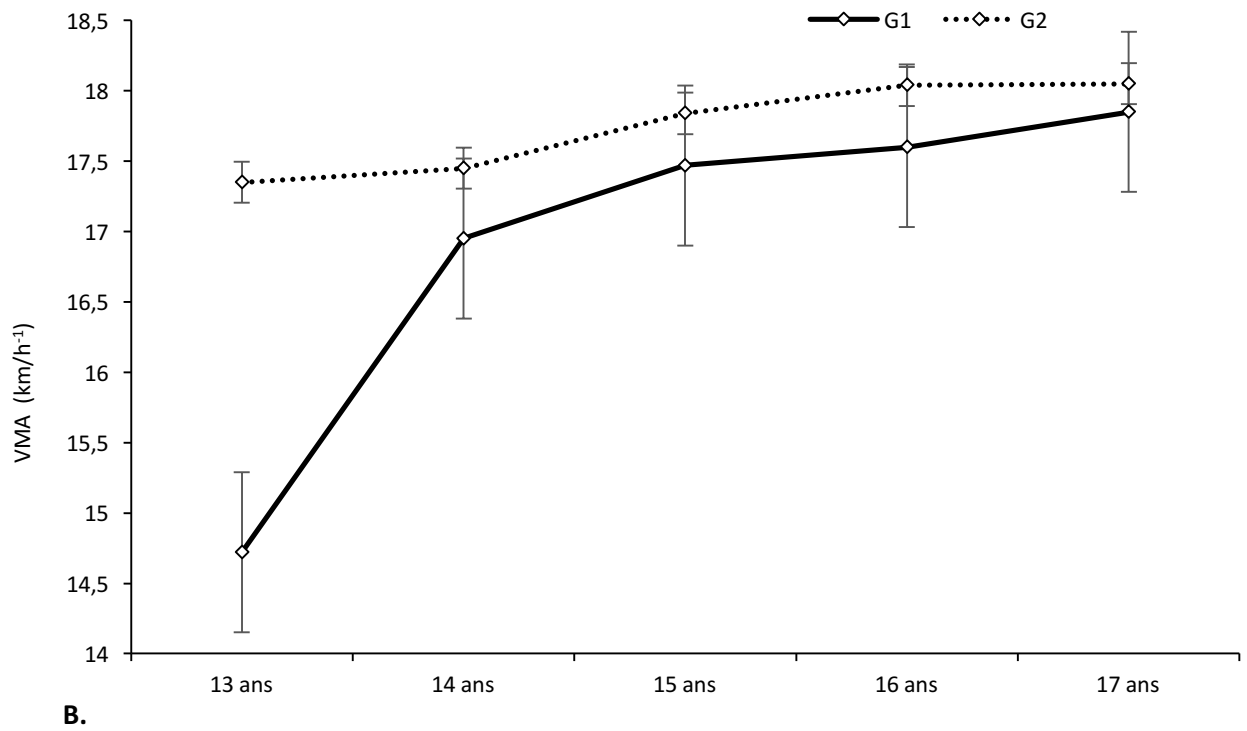
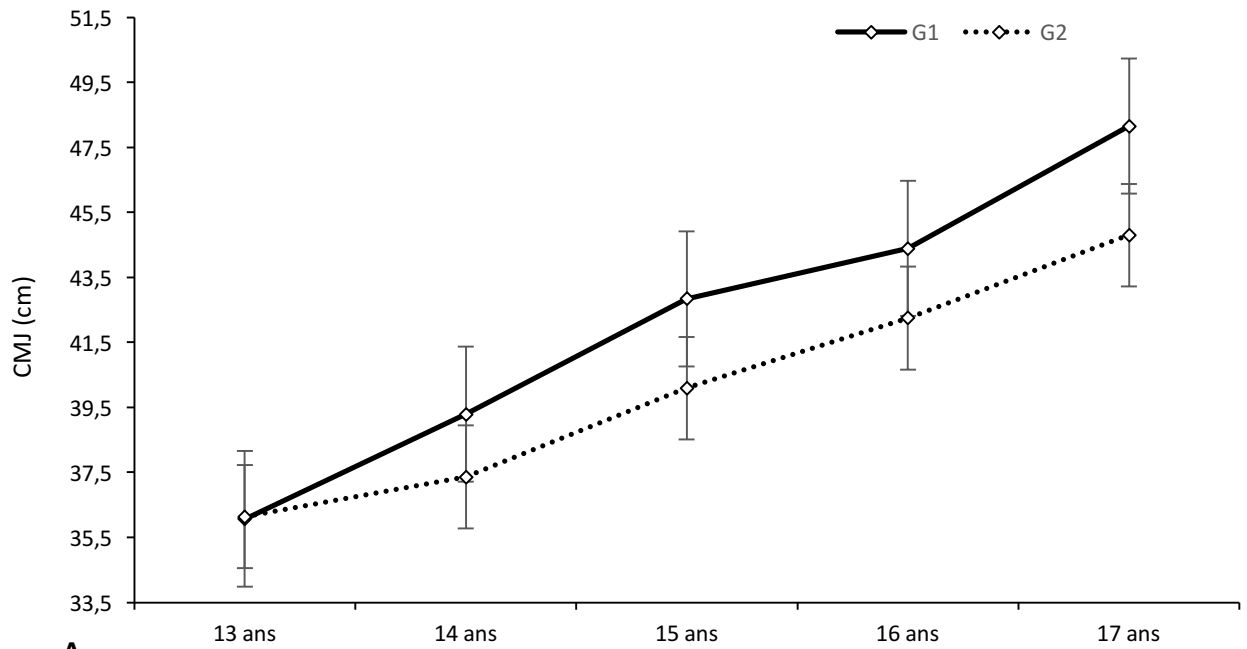


Figure 31. Les données descriptives obtenues pendant 5 ans consécutifs pour les variables de performance physique (A. CMJ = counter movement jump, B. VMA = vitesse maximale aérobie). Différences entre 2 groupes * $p < 0,05$.

d) Discussion

Cette étude est unique car il s'agit de la première étude des principales composantes des qualités physiques chez les jeunes joueurs marocains âgés de 12 à 17 ans sur une période de 5 ans. De plus, la conception longitudinale permet de mieux comprendre la cinétique de progression des caractéristiques physiques avec l'entraînement. Les résultats fournissent une indication du niveau de performance à différents âges chez les joueurs qui obtiennent plus tard des positions professionnelles. Lorsque ces jeunes footballeurs marocains sont entrés à l'Académie Mohammed VI de football, ils n'avaient aucune expérience de la formation officielle au football. Ils ont été recrutés dans les zones rurales et les petites villes du Maroc. Le développement des compétences technico-tactiques nécessite un niveau minimum de performance physique, donc une formation technico-tactique constituait une grande partie de la formation chaque année. Le nombre de matches a diminué chaque année à la suite de la création de championnats nationaux de jeunes à partir de la troisième année, ce qui a limité l'organisation de matches amicaux, de tournois et de tournées à l'étranger.

Au cours des cinq années de formation, l'objectif était de développer les compétences physiques, techniques et tactiques individuelles nécessaires aux joueurs de haut niveau. La méthode d'enseignement était basée sur «l'apprentissage de la compréhension» et se concentrait sur trois éléments clés: i) potentiel physique individuel, ii) formation technique spécifique en fonction de la position du joueur sur le terrain, et iii) entraînement tactique: intelligence de jeu individuelle au service du collectif. À la fin de la formation, tous les joueurs ont obtenu des positions professionnelles. Au cours de la période d'entraînement de cinq ans, les aptitudes physiques de tous les joueurs se sont améliorées. Cependant, il n'y avait pas de différences dans les caractéristiques physiques entre ceux qui ont plus tard obtenu des postes d'élite et ceux qui ont obtenu des postes de sous-élite à tout moment.

Relation entre les performances physiques de U13-U17 et la position professionnelle après U17

Les résultats de cette étude ont montré qu'il n'existait aucun lien apparent entre les caractéristiques de performance évaluées annuellement de U13 à U17 et le niveau de poste professionnel obtenu à la fin de la formation. Il n'y avait pas de différences significatives entre G1 et G2 à tout moment, sauf à U17 pour le SP30, et étonnamment, G2 avait le temps le plus rapide.

L'étude actuelle s'est concentrée sur les U13 à U17, mais il pourrait y avoir une relation entre les caractéristiques de performance et les résultats dans différents groupes d'âge. Chez les jeunes joueurs de tennis, les différences entre les joueurs adultes d'élite et de sous-élite peuvent être détectées dans les performances de sprint entre 10 et 12 ans (Kramer et al, 2016). Au hockey, dès l'âge de 14 ans, les joueurs masculins d'élite améliorent plus rapidement leur capacité d'endurance que les sous-élites (Elferink-Gemser et al, 2006).

Les footballeurs âgés de 12 à 19 ans (n = 267) évalués chaque année pendant 7 ans sur des tests composés de slalom, sprint et dribble ont montré que les joueurs se sont améliorés particulièrement entre 12 et 14 ans, malgré des différences individuelles importantes. Entre 14 et 16 ans, le sprint s'est amélioré rapidement par rapport au dribble. Cependant, après l'âge de 16 ans, le dribble s'est considérablement amélioré, tandis que l'amélioration du sprint a ralenti. Outre l'âge, les facteurs qui contribuent au dribble sont la masse maigre, le nombre d'heures d'entraînement et la position dans le jeu (Huijgen et al, 2010). Seize gardiens de 11 à 18 ans ont été suivis de 3 à 5 ans. Des mesures anthropométriques, une course à la navette de 20 m, un essai de dribble de vitesse et le nombre de passages effectués sur un mur en 20 secondes ont été évalués. Les résultats ont montré que l'âge affectait tous les indicateurs de performance et que la formation avait principalement un impact sur le développement des performances aérobiques et des compétences spécifiques au football (Rebello-Gonçalves et al, 2017). Une autre étude longitudinale menée auprès de 270 joueurs âgés de 10 à 18 ans a montré que le temps d'exécution (vitesse) s'améliorait significativement (+ 18 %) entre 10 et 18 ans et que, parallèlement, les performances lors de l'évaluation de la combinaison La rapidité et la précision ont également été considérablement améliorées (+ 32 %) (Huijgen et al, 2013).

Effet de l'âge et de la maturation biologique sur la performance

Entre U13 et U17, le temps de sprint de 30 m est réduit de 0,06 s et le CMJ de +12 cm. Des résultats similaires ont été rapportés dans la littérature chez les footballeurs d'élite âgés de 11 à 17 ans (Valente-dos-Santos et al, 2012) sur une période de cinq ans (CMJ +10,3 cm) et chez les jeunes élites U14 à U15. l'Austrian Soccer Academy, sur trois ans (Gonaus et al, 2012) (CMJ +14,4 cm ; SP10 m -0,08 s et SP20 m -0,17 s).

Les améliorations de la performance physique au cours des cinq années dans la présente étude reflètent probablement à la fois la maturation biologique et les effets de l'entraînement. Il a été démontré que la croissance améliore les performances (Philippaerts et al, 2007; Thomas et al, 2009), y compris la coordination de la vitesse et de la force (Vandendriessche et al, 2012; Malina et al, 2004). Les résultats de cette étude ont montré que tous les joueurs ont progressivement amélioré leur vitesse et leur puissance au cours des cinq dernières années. Certaines études ont montré que la croissance pendant la puberté est directement liée à la performance. Par exemple, la croissance entre 13 et 15 ans est directement liée à la performance du saut vertical chez les footballeurs portugais (Malina, Eisenmann et al, 2004). Malina, Bouchard et al, (2004) ont montré que la performance au saut en longueur et au saut vertical augmente linéairement chez les garçons de 5 à 18 ans. À la fin de l'adolescence, la réduction de la masse adipeuse et l'augmentation de la masse musculaire entraînent une augmentation de la force explosive (Philippaerts et al, 2006).

D'autres études ont montré que l'entraînement à l'adolescence améliore les performances en termes de vitesse, d'agilité, de flexibilité et de capacité aérobie, indépendamment de l'âge et de la croissance (Philippaerts et al, 2006 ; Vandendriessche et al, 2012 ; Wrigley et al, 2014). La performance à l'adolescence est naturellement affectée par les changements de croissance (Philippaerts et al, 2006). La croissance des adolescents varie d'un individu à l'autre et est étroitement associée à des améliorations de la performance physique similaires aux effets de la formation. Ceci est soutenu par des études qui montrent des améliorations de la vitesse, de la puissance (Vandendriessche et al, 2012) et de l'endurance (Malina et al, 2004). Dans une étude longitudinale de cinq ans (Vandendriessche et al, 2012) chez des footballeurs âgés de 11 à 17 ans, le volume d'entraînement influençait les modifications du développement des performances aérobies et des sprints répétés. Ce fut l'une des premières études à montrer que la formation elle-même contribue le plus à l'amélioration des performances. Wrigley et al, 2014 ont également montré que les programmes de formation accélèrent le développement physique des joueurs de football, au-delà des effets de l'âge et de la maturité (Wrigley et al, 2014). En revanche, la taille et la composition corporelle ne semblent pas être liées à la performance (Mirkov et al, 2010) et la capacité de coordination est indépendante de la maturité biologique (Vandendriessche et al, 2012).

Deprez et al, 2014 ont montré qu'une période autour de la période de croissance maximale (U15) était un indicateur décisif pour le développement ultérieur des paramètres anthropométriques, de la capacité tactique et des compétences spécifiques. Ces résultats indiquent deux procédures de sélection différentes avec la période entourant le pic croissance (APHV, soit U15 dans cet échantillon) un indicateur décisif pour le développement futur des différentes positions. D'une part, du groupe d'âge U9 à U15, la sélection pour un poste donné est fortement axée sur les caractéristiques anthropométriques et la compétence spécifique du football pour distinguer les gardiens et les milieux de terrain des autres postes, respectivement. En revanche, après la vitesse maximale de la hauteur (U17-U19), les caractéristiques de performance anaérobies deviennent importantes pour distinguer les attaquants de toutes les autres positions sur le terrain. Bien qu'aucune différence significative entre le domaine des positions existait pour la VMA, les milieux de terrain semblent avoir la plus grande capacité d'endurance intermittente, surtout dans les catégories plus jeunes (U9-U15).

Ainsi, l'amélioration des performances au cours de la période d'étude de cinq ans peut probablement être attribuée à la croissance et à la maturation ainsi qu'au programme de formation spécifique ciblant et aux tâches de coordination motrice utiles au développement de la puissance explosive chez les jeunes joueurs (Deprez et al, 2015).

e) Conclusions et applications pratiques

Les données de cette étude longitudinale quinquennale (2010-2015) sur les jeunes footballeurs marocains mettent en évidence des informations récentes et importantes. Les caractéristiques physiques des jeunes footballeurs sont passées de U13 à U17, en ce qui concerne la performance aérobie, la coordination de la force et la vitesse. Le volume annuel de formation était un facteur important pour expliquer les compétences spécifiques à la variance, tandis que l'âge était une source constante de variation pour tous les indicateurs de performance physique.

L'identification des différentes périodes de développement et les facteurs qui influencent les paramètres physiques doivent être connus de tous les formateurs.

La plus grande différence de performance a néanmoins été observée au tournant de 15 ans. Dans la phase de pré-entraînement (U13 à U15), ce facteur anthropométrique était observable dans les performances interindividuelles et intra-individuelles. Dans la phase d'entraînement (U16-U17), le développement de capacités de football spécifiques a affecté la performance individuelle et a conditionné le succès futur à consolider et à affiner au fil du temps et du travail.

L'étude du développement du QP et de l'évolution des performances chez les jeunes footballeurs masculins est utile pour améliorer et optimiser les méthodes et techniques d'entraînement. Toutes les données et informations issues des tests et des situations de jeu devraient être utilisées pour identifier et recruter les jeunes talents nord-africains.

Ces résultats sont les résultats de la mise en œuvre d'un processus de formation avec une philosophie et une méthodologie de formation précises. L'hypothèse de base dans ce processus de formation est que chaque joueur est unique. Pour atteindre un niveau élevé d'expertise et devenir professionnel, il faut des phases d'acquisition obligatoires : l'apprentissage, la compréhension et la mémorisation nécessitant du temps et de la patience. L'une des priorités est d'apprendre et de développer une base athlétique avec les qualités d'endurance, de vitesse, de coordination et de force. Ce niveau athlétique permet un bon apprentissage des lignes techniques du football. La compréhension et l'intelligence du jeu permettent au jeune joueur d'exprimer son potentiel physique, technique et tactique. Ainsi, une hétérogénéité entre individus existe entre les jeunes pendant les étapes de formation. Nous pouvons distinguer deux périodes avec différents contenus prioritaires. La préformation (13-15 ans) est une formation de construction marquée par le 2ème pic de croissance. Au niveau physique, trois qualités doivent être développées : l'aérobie, la coordination et la vitesse, et deux au niveau technique-tactique : la maîtrise technique individuelle et la relation avec son partenaire et l'équipe. Pendant la formation (16-17 ans), nous voyons la fin de la croissance, cherchant toujours à développer et à nous orienter vers la performance. La force en complément de la vitesse doit être développée en fonction de la spécificité technique (geste) et de la tactique (au poste et par ligne). L'ordre de ces priorités est nécessaire pour répondre aux besoins individuels et

culturels de ces jeunes. Toutes ces étapes ne sont possibles que si l'identification du potentiel des talents futurs et de leur potentiel est bien réalisée. Quatre paramètres sont importants pour le jeune joueur. Le premier est le psychomoteur et les qualités physiques avec une capacité de coordination, une facilité physique et gestuelle et les facteurs de condition physique (endurance, force, vitesse, souplesse). Le second est le jeu par la maîtrise technique, le sens tactique (compétences cognitives), la connaissance des principes du jeu et le comportement collectif tactique. Le troisième est la personnalité et l'esprit dans l'intelligence du jeu (sens de l'attention, perception, anticipation et vision globale), une personnalité ouverte et une attitude mentale claire et positive. Le quatrième paramètre consiste en des qualités sociales avec l'appartenance à l'équipe, le joueur pour le collectif, une mentalité professionnelle et sportive, la communication avec le sens des relations humaines (respect, sociabilité, coopération, écoute). En tant que critère de recrutement, le jeune joueur doit posséder au moins une qualité physique et/ou technique-tactique. À partir de l'âge de 13 ans, le jeune doit avoir une capacité de vitesse au cours des 10 premiers mètres, et/ou être coordonné dans ses mouvements avec et sans balle. En effet, ces capacités peuvent être apprises et sont importantes pour atteindre le haut niveau de pratique.

Pour compléter et finir ces applications pratiques pour ces jeunes footballeurs marocains, il est important de mettre en place un travail personnalisé précis, calibré et de qualité selon les capacités individuelles et le profilage (envie, connaissance, puissance) afin d'atteindre le plus haut niveau de football. Pendant la formation, le travail quotidien d'une condition physique individuelle d'au moins 30 minutes doivent être effectué sur 5 séances par semaine. En préformation (13-15 ans), il faut effectuer un travail technique spécifique sur les répétitions des gestes au poste et par ligne. De manière constante et progressive, développer l'apprentissage tactique par des situations de résolution de problèmes et spécialisation dans le poste en formation (16-17 ans). Enfin, il est important de mettre en place des activités multidisciplinaires (karaté, basketball, handball, danse, course d'orientation, beach soccer, volleyball) et des séquences d'analyse vidéo spécifiques (individualisées ou collectives), pour former des athlètes de haut niveau responsables, autonomes et performants.

Nous avons émis l'hypothèse que les joueurs ayant atteint les positions professionnelles les plus élevées (groupe d'élite) auraient les meilleures caractéristiques physiques à chaque niveau d'âge. Les qualités physiques à elles seules ne garantissaient pas une performance suffisante pour atteindre le niveau élite du football. Cependant, cela a certainement contribué à cela car tous les joueurs ont amélioré leur QP entre U13 et U17.

Les données longitudinales fournies par cette étude fournissent des indicateurs de performance à différents âges chez les joueurs qui obtiennent des postes professionnels. Ils peuvent être utilisés pour déterminer si un jeune footballeur se produit à ce niveau ou à un niveau inférieur.

CHAPITRE X. ETUDE 3 : ANALYSE DU PROFIL PHYSIQUE DU JEUNE FOOTBALLEUR D'ELITE MAROCAIN AGES DE 12 A 17 ANS EN FORMATION.

a) Introduction

La dynamique de croissance et de développement des êtres humains revêt une importance particulière pendant l'adolescence (Diaz et al, 1992). C'est une période critique caractérisée par une maturation et produit des changements profonds avec plus de 20 % de la croissance statuaire totale et jusqu'à 50 % de la masse osseuse adulte sont acquises au cours de l'adolescence (Tanner et al, 1962). Au Maroc, à part quelques travaux d'El Hioui et al (2008), peu d'enquêtes sur l'enfance et l'adolescence. La dénutrition constitue encore un lourd fardeau, surtout au sein des groupes défavorisés de la population. La coexistence à la fois des états de surnutrition et de la sous-nutrition posent à l'aide de services de santé, peu préparés à cette évolution. Nous disposons de peu de données nationales. Les études locales réalisées dans certaines régions du Maroc ne permettent pas de définir la prévalence à l'échelle nationale. Elles permettent de prendre en compte que le surpoids, l'obésité et le retard statuaire chez les enfants et les adolescents au Maroc, prennent de l'ampleur pour le devenir de la santé publique. Le sport est peu pratiqué dans les écoles primaires publiques par manque de professeur d'activité physique. En dehors des écoles, le sport le plus pratiqué par les garçons est le football suivi des arts martiaux quand il y existe un lieu de sport dans le quartier. Une relation négative entre le niveau d'activité physique et divers indicateurs d'obésité est observée dans plusieurs études transversales (Armstrong et al, 2000 ; Molnar et al, 2000). L'inverse, les professions sédentaires sont associées à un risque plus élevé d'obésité. Regarder la télévision deux heures ou plus par jour multiplie par 2 le risque de ne pas participer à une activité physique (Freult et al, 2006). Des études anthropométriques récentes sur les adolescents marocains ont signalé une faible prévalence de la maigreur (9,7 %), du surpoids (7 %) et de l'obésité (0,9 %) (Sbaibi et al, 2013). Cependant, toutes ces études n'ont pas pris en compte les adolescents pratiquant le sport. En effet, l'activité physique génère des avantages pour la santé et le bien-être de l'adolescent (Laure et al, 2009). La croissance anthropométrique et la maturation osseuse des enfants marocains entre 7 et 18 ans ont montré que, dans l'ensemble, la croissance des enfants est normale avec un âge au pic pubertaire de 13,4 ans chez les garçons et de 11 ans chez les filles. L'état nutritionnel normal était prédominant chez les enfants des deux sexes (78,6 %), le sous-poids (15 %) l'obésité (moins de 2 %). Nous avons également noté une évolution séculaire positive pour les paramètres de croissance et l'avancement de l'âge pubertaire entre 1982 et 2002. Les résultats de la variabilité de la maturation osseuse ont montré une grande corrélation entre l'âge estimé de l'os (AEO) et l'âge chronologique (AC). La différence entre AEO et AC a montré un délai moyen de maturation osseuse des enfants de Marrakech observés après l'âge de 11 ans. Les courbes de maturation squelettique des enfants

marocains sont semblables à celles d'autres pays à forte élévation de la phase pubertaire, mais avec une finition tardive de la maturation squelettique pour les enfants marocains. L'âge des os est corrélé positivement avec la taille du corps, le poids et l'indice de masse corporelle. Une maturation précoce a été observée chez les enfants en surpoids et un retard marqué dans les enfants souffrant d'insuffisance pondérale. Le retard est également supérieur pour les enfants du groupe défavorisé (Lamtali et al, 2006 ; Baali et al, 2003 ; Ouzennou et al, 2006). Selon les études du ministère de la Santé en 2011, mentionnait par UNICEF, les carences nutritionnelles sont nombreuses : 31,6 % des enfants de 6 mois à 5 ans souffrent d'anémie, 40,9 % des enfants de 6 mois à 6 ans ont une déficience en vitamine A, 63 % des enfants âgés de 6 à 12 ans ont une déficience en iode (22 % ont un goitre), 1/3 des enfants de moins de 5 ans ont un déficit en acide folique. La même source montre que le retard de croissance (grave ou modéré) est passé de 18 % en 2004 à 14,9 % en 2011, avec une baisse plus importante, en particulier dans les zones urbaines (de 13 % à 8,5 %), alors que dans les zones rurales, le taux a augmenté de 23 % à 20 %. En ce qui concerne la sous-pondération (grave ou modérée), elle a considérablement diminué en quelques années entre 2004 et 2011. Ce phénomène est particulièrement présent dans les zones rurales, soit 20,5 % contre 8,6 % dans les zones urbaines.

L'observation et la caractérisation des paramètres anthropométriques et des qualités physiques permettent de distinguer les joueurs d'élite des amateurs et de développer un profil de référence en fonction de la position occupée dans le domaine. Ces profils sont spécifiques aux joueurs d'élite adulte (Bangsbo, 1994). Cependant, parmi les jeunes joueurs, il est compliqué d'identifier ce type de profil, en raison du manque de données provenant de sujets d'élite identifiés dans la littérature scientifique (Wong et al, 2011). L'application de modèles multiniveaux dans le football pour jeunes peut fournir des informations précieuses sur les caractéristiques clés de performance. Une étude de 162 jeunes joueurs de football de 11 à 14 ans a montré que le développement de la performance aérobie était principalement lié à l'âge, la taille, la masse corporelle.

Cependant, cette étude n'a pas de paramètres de formation. Une autre étude longitudinale de 270 joueurs hollandais de 10 à 18 ans a montré des améliorations prédictives de 18 % et 32 % respectivement sur le rendement et le temps de performance lors d'un test de dépassement (Huijgen et al, 2013). Ainsi, le besoin de données pour les adolescents marocains pratiquant le sport semble opportun ; sur le continent de l'Afrique du Nord, un profil physique du jeune footballeur marocain élite en formation. Dans ce sens, l'objectif de cette étude a été étudié sur la façon dont la performance s'améliore chez les jeunes footballeurs d'élite marocains pendant six saisons de football (12 à 17 ans) liées à l'évolution des caractéristiques anthropométriques et des qualités physiques. Proposer d'établir, pour la première fois en Afrique : le profil du jeune joueur de football nord-africain de 17 ans (U18).

b) Matériels et méthodes

i) Sujets

Au total, un groupe expérimental (GE) à 16 jeunes joueurs de football élite marocaine ($n = 16$), âgés de 11 à 12 ans de la première saison à 16-17 ans la saison dernière, a participé à cette étude longitudinale. Les joueurs ont été suivis des moins de 12 ans (U12 ; 11-12 ans) jusqu'à moins de 18 ans (U17 ; 16-17 ans). Les joueurs étaient à l'Académie de football Mohammed VI, Rabat, marocain, pendant les saisons de football. La consommation alimentaire pendant la formation était essentiellement la même pour chaque joueur. Les instructeurs ont vérifié aux joueurs de ne pas prendre de l'aide ergogène qui pourrait influencer la performance. Tous les joueurs de football ont obtenu une certification médicale pour commencer l'académie de football et participer à la saison de compétition. Leurs parents ont fourni un consentement éclairé par écrit avant la participation du joueur au programme de développement des talents.

Cette recherche a suivi les lignes directrices des normes éthiques de la recherche dans la science du sport (Harris et al, 2014). Tous les joueurs ont participé aux modalités de formation de l'académie de football ; le programme de formation était lié à l'âge. La préformation correspond à U13 et U15, après le cycle de formation inclus U16, U17 et U18. Chaque année, les joueurs ont progressé dans leur groupe d'âge. Concernant le second groupe, les données d'évaluation nationales des joueurs du centre de formation des clubs professionnels de 1^{ère} division marocaine ont été effectuées pendant une saison (2016-2017) par la direction technique nationale de football du Maroc, sont regroupées en un groupe national (GN).

ii) Procédures expérimentales

Horaire de formation prolongé de mardi à samedi avec une durée de 12 heures par semaine pendant 39 semaines. Les joueurs ont participé en 6 saisons à 287 matches : 62,53,42,47,43 et 40 respectivement entre 2009 et 2015 (**Tableau 39**). Chaque saison s'étendait d'août à juin. Avant chaque test, un échauffement standard a été pratiqué de la manière suivante : 10 min de course en ajoutant des mouvements des bras, du tronc et des membres inférieurs, puis 2 min d'étirement dynamique (quadriceps, ischio-jambiers, triceps, adducteurs, fessiers et psoas iliaque) et ensuite 5 minutes de directions différentes de sprints (rectilignes, angulaires et navettes). Toutes les séances d'essai ont été effectuées au même jour et ont été programmées 48 heures après le match ou une charge de travail physique élevée. Les joueurs ont effectué 4 fois par année, pendant 6 ans sur les mêmes tests (**Figure 32**). Tous les tests ont été réalisés sur un terrain synthétique.

Tableau 39. Semaine type d'entraînement durant une saison (a) et les caractéristiques des sujets pendant six ans (b).

a.

| | Lundi | Mardi | Mercredi | Jeudi | Vendredi | Samedi | Dimanche |
|----------------------------------|-------|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|
| Matin 7h00-8h30 | REPOS | PHYSIQUE INDIVIDUALISE* | TECHNICO-TACTIQUE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | MATCH |
| | | TECHNICO-TACTIQUE | | TECHNICO-TACTIQUE | TECHNICO-TACTIQUE | TECHNICO-TACTIQUE | |
| Après-midi 16h00-17h30 | REPOS | VIDEO OU ACTIVITES PLURIDISCIPLINAIRES | PHYSIQUE INDIVIDUALISE | SPECIFIQUE | REPOS | REPOS | REPOS |

* PHYSIQUE INDIVIDUALISE : développement et renforcement du potentiel physique individuel

b.

| | GE (n = 16) | | | | | |
|------------------------------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Under (U) | U12 | U13 | U14 | U15 | U16 | U17 |
| Age | 11.7 ± 0.8 | 12.7 ± 0.8 | 13.7 ± 0.8 | 14.7 ± 0.8 | 15.7 ± 0.8 | 16.7 ± 0.8 |
| National Selection U17 | | | | | 6 | 4 |
| Nombre Entraînement | 305 ± 6 | 349 ± 5 | 260 ± 4 | 361 ± 5 | 254 ± 3 | 204 ± 3 |
| Nombre de matches | 62 ± 6 | 53 ± 8 | 42 ± 7 | 47 ± 8 | 43 ± 7 | 40 ± 6 |
| Conditioning vs Technique-tactique | 47: 53 | 38:62 | 22: 78 | 23: 77 | 38: 62 | 33: 67 |
| Entraînement (%) | | | | | | |
| Total Séance (min) | 33720 ± 780 | 30900 ± 1043 | 23040 ± 787 | 29520 ± 1008 | 21720 ± 720 | 18240 ± 612 |
| Total FS (min) | 3911 ± 104 | 2821 ± 81 | 7841 ± 226 | 10283 ± 295 | 3135 ± 84 | 1560 ± 46 |
| Total FTa (min) | 48 ± 5 | 258 ± 7 | 230 ± 5 | 86 ± 3 | 75 ± 2 | 1146 ± 46 |
| Total FTeTa (min) | 10112 ± 303 | 13695 ± 416 | 8734 ± 257 | 9992 ± 274 | 8437 ± 247 | 7480 ± 216 |
| Total CP (min) | 12159 ± 250 | 9262 ± 272 | 3801 ± 119 | 4969 ± 139 | 6427 ± 186 | 4172 ± 118 |
| Total PL (min) | 7494 ± 175 | 4867 ± 150 | 2438 ± 84 | 3660 ± 101 | 3635 ± 108 | 3845 ± 104 |

* GE = groupe Expérimentale ; FS = football habileté, entraînement technique ; FTa = football entraînement tactique ; FTeTa = football entraînement technique and tactique ; CP = Entraînement condition physique ; PL = football entraînement pluridisciplinaire ; Données sont présentés comme moyenne ± SD.

Volume d'entraînement était calculé comme ratio d'entraînement par heures et jours.

| Six saisons | Premier Jour | Second Jour |
|--|---|---------------------------|
| Période Préparation Aout - Septembre | Echauffement Force ➤ CMJ | Echauffement ➤ VMA |
| Compétition Octobre - Mai | | |
| Période Transition Juin - Juillet | Vitesse ➤ SP10 : sprint 10m ➤ SP20 : sprint 20m | |

Figure 32. Tests : 4 sessions par an pendant 6 ans.

Pour mesurer l'amélioration des joueurs de football marocains, quatre tests sont effectués. Pour assurer des mesures normalisées, des protocoles ont été développés pour chaque test et essai. Une description détaillée, une explication et une démonstration des tests, des matériaux sont remis aux joueurs avant d'enregistrer les résultats. Les protocoles de test sont les mêmes pour chaque phase de test (cf. Etude 2) :

Taille et poids.

Counter Movement Jump (CMJ).

Sprint 10 et 20 m.

Vitesse maximale aérobie (VMA).

L'originalité de l'étude est de comparer, dans un premier temps l'évolution sur deux groupes (GE et GN) sur les variables testées. Dans un second temps, comparer, les données du GE (académiciens, n=16), avec les données issues du recueil des performances de la Fédération Royale marocaine de football (FRMF) sur la saison 2016-2017. Dans ce travail, il n'a pas été possible de faire des analyses statistiques ne possédant que la valeur moyenne de chaque groupe d'âge. Cependant, il nous apparut intéressant de discuter ces chiffres au regard du suivi longitudinale de 6 ans du GE.

c) Résultats (Tableaux 40).

Tableau 40. Caractéristiques anthropométriques des joueurs de football pendant 6 ans (12 à 17 ans) (a). Effet de 6 années d'entraînement de 16 joueurs (b). Résultats bruts de performance de GE et GN sur 6 ans (c).

a.

| | U12 | | | U13 | | | U14 | | | U15 | | | U16 | | | U17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-----|----|--------|-----|----|-------|-------|----|--------|------|----|--------|------|-----|--------|-----|----|--------|------|-----|--------|-----|----|--------|------|----|--------|------|----|--------|------|-----|
| | GE | GE | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | | | | | | | | | | | | | | | |
| Taille (cm) | 145,84 | 7,5 | 16 | 151,56 | 9,7 | 16 | 155 | 9,43 | 28 | 157,96 | 10,5 | 16 | 161,90 | 8,76 | 131 | 165,18 | 9,0 | 16 | 167,51 | 7,91 | 162 | 171,06 | 6,8 | 16 | 170,71 | 6,73 | 97 | 174,31 | 6,45 | 16 | 173,24 | 6,40 | 141 |
| Poids (kg) | 35,93 | 5,8 | 16 | 39,37 | 6,1 | 16 | 47,21 | 21,19 | 27 | 43,75 | 8,1 | 16 | 48,92 | 8,47 | 131 | 49,56 | 8,0 | 16 | 54,82 | 7,37 | 163 | 55,68 | 7,0 | 16 | 58,88 | 7,04 | 97 | 60,68 | 6,5 | 16 | 62,99 | 6,66 | 141 |
| IMC (kg/m ²) | 17,0 | 0,3 | 16 | 17,2 | 0,4 | 16 | 19,6 | 15,31 | 27 | 17,7 | 0,6 | 16 | 18,7 | 8,61 | 131 | 18,2 | 0,8 | 16 | 19,7 | 6,64 | 162 | 19,0 | 1,1 | 16 | 20,4 | 6,88 | 97 | 20,0 | 1,3 | 16 | 21,0 | 6,53 | 141 |

* GE = groupe expérimental. GN = groupe national. Ecart type ± ÉT. Moyenne : M. IMC : Indice Masse Corporel.

b.

| | GE (n = 16) | | | | | | ANOVA | | | | | | P value | Effet Taille (p ⁿ²) |
|---------------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|---------------|----------------------|--------------|----------------------|--------------|----------------------|---------------|----------------------|---------|---------------------------------|
| | U12 (ÉT) | Amélioration U12-U13 | U13 (ÉT) | Amélioration U13-U14 | U14 (ÉT) | Amélioration U14-U15 | U15 (ÉT) | Amélioration U15-U16 | U16 (ÉT) | Amélioration U16-U17 | U17 (ÉT) | Amélioration U12-U17 | | |
| 10-m sprint (s) | 2,13 (0,11) | -5,60% | 2,01 (0,12) | -2,90% | 1,95 (0,11) | -3,07% | 1,89 (0,08) | -2,11% | 1,85 (0,08) | 0% | 1,85 (0,06) | -13,14% | 0,05 | 0,95 |
| 20-m sprint (s) | 3,63 (0,17) | -3,30% | 3,51 (0,22) | -4,55% | 3,35 (0,18) | -3,28% | 3,24 (0,17) | -0,92% | 3,21 (0,14) | -1,24% | 3,17 (0,14) | -12,67% | 0,05 | 0,93 |
| CMJ (cm) | 33,77 (2,33) | 6,78% | 36,06 (4,82) | 6,11% | 38,27 (5,24) | 6,45% | 40,74 (6,41) | 3,53% | 42,18 (6,09) | 7,89% | 45,51 (5,59) | 34,76% | 0,05 | 0,89 |
| VMA (km.h ⁻¹) | 16,18 (0,76) | 6,30% | 17,20 (0,69) | 0,63% | 17,31 (0,78) | 2,59% | 17,76 (0,76) | 1,29% | 17,99 (0,57) | 0,16% | 18,02 (0,58) | 11,37% | 0,05 | 0,98 |
| Taille (cm) | 145,84 (7,5) | 3,91% | 151,56 (9,7) | 4,22% | 157,96 (10,5) | 4,57% | 165,18 (9,0) | 3,55% | 171,06 (6,8) | 1,89% | 174,31 (6,45) | 19,52% | 0,05 | 1,02 |
| Poids (kg) | 35,93 (5,8) | 9,57% | 39,37 (6,1) | 11,12% | 43,75 (8,1) | 13,28% | 49,56 (8,0) | 12,34% | 55,68 (7,0) | 8,97% | 60,68 (6,5) | 68,88% | 0,05 | 1,20 |
| IMC (kg/m ²) | 17,0 (0,3) | 1,17% | 17,2 (0,4) | 2,90% | 17,7 (0,6) | 2,82% | 18,2 (0,8) | 4,39% | 19,0 (1,1) | 5,26% | 20,0 (1,3) | 17,64% | 0,05 | 1,37 |

c.

| | U12 | | | U13 | | | U14 | | | U15 | | | U16 | | | U17 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|-----|-------|------|----|-------|------|-----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|----|-------|------|-----|
| | GE | GE | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | GN | GE | GN | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | M | ÉT | n | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10-m Sprint (s) | 2,13 | 0,11 | 16 | 2,01 | 0,12 | 16 | 2,04 | 0,12 | 26 | 1,95 | 0,11 | 16 | 1,99 | 0,18 | 124 | 1,89 | 0,08 | 16 | 1,94 | 0,13 | 165 | 1,85 | 0,08 | 16 | 1,87 | 1,00 | 95 | 1,85 | 0,06 | 16 | 1,85 | 0,09 | 146 |
| 20-m Sprint (s) | 3,63 | 0,17 | 16 | 3,51 | 0,22 | 16 | 3,50 | 0,17 | 26 | 3,35 | 0,18 | 16 | 3,40 | 0,23 | 124 | 3,24 | 0,17 | 16 | 3,31 | 0,13 | 165 | 3,21 | 0,14 | 16 | 3,20 | 0,13 | 95 | 3,17 | 0,14 | 16 | 3,14 | 0,13 | 146 |
| CMJ (cm) | 33,77 | 2,33 | 16 | 36,06 | 4,82 | 16 | 30,92 | 5,82 | 26 | 38,27 | 5,24 | 16 | 34,15 | 5,71 | 121 | 40,74 | 6,41 | 16 | 39,88 | 5,88 | 164 | 42,18 | 6,09 | 16 | 40,99 | 7,49 | 93 | 45,51 | 0,59 | 16 | 40,03 | 5,41 | 147 |
| VMA (km/h ⁻¹) | 16,18 | 0,76 | 16 | 17,20 | 0,69 | 16 | 15,17 | 0,12 | 26 | 17,31 | 0,78 | 16 | 15,47 | 1,07 | 120 | 17,76 | 0,76 | 16 | 15,84 | 1,14 | 162 | 17,99 | 0,57 | 16 | 16,65 | 1,00 | 95 | 18,02 | 0,58 | 16 | 16,82 | 1,00 | 142 |

Les caractéristiques des participants qui ont passé les tests biométriques au cours de six ans sont présentées dans le **tableau 40a**. Les mesures anthropométriques incluent la hauteur (cm) et le poids (kg). L'indice de masse corporelle (IMC) a été calculé comme poids corporel par hauteur carrée (kg/m^2). Pour cette prise de mesure a participé 655 joueurs pour la taille, le poids et 654 pour IMC divisé en deux groupes : le groupe expérimental (GE : $n = 16$) et le groupe national (GN : $n = 559$). (**Tableau 40a., Figure 33a.b.c.**).

Ce qui a permis au comparateur GE, ($n = 16$) avec GN. Les résultats obtenus par le groupe GE est le plus grand à U17 (174,3 cm). Le GN est plus lourd à U13 (47,2 kg) et possède le plus forte IMC de U13 à U17 (19,6-21 kg/m^2) qui a évolué irrégulièrement (19,6, 18,7, 19,7 kg/m^2) respectivement entre U13-U15.

Dans le **tableau 40b.**, Les résultats des effets de l'entraînement sur 6 ans (U12-U17) du GE mettent en évidence, à travers l'âge, que les joueurs améliorent leur potentiel physique de vitesse sur 10 m (-13,14 %), sur 20 m (-12,67 %), en CMJ (+ 34,76 %) et en VMA (+11,3 %). Les plus grandes améliorations sont réalisées en vitesse -5,60 % (10 m), -4,55 % (20 m) et VMA, + 6,30 % entre U12-U14, en force-coordination (CMJ) + 7,89 % entre U16-U17. La variation du pourcentage peut s'expliquer par l'âge, la maturation et l'apprentissage.

La **figure 33a.b.c.** et le **tableau 40a.c.** a présenté les résultats anthropométriques et des tests physiques entre les catégories d'âge. GE a connu un fort pourcentage d'amélioration entre U12-U17, sur la taille (+19,52 %), le poids (+68,88 %) et IMC (+17,64 %).

Après une année à l'Académie (U12), le GE présentait les performances suivantes : sprint 10 m (2,13 s), 20 m (3,63 s), CMJ (33,77 cm), VAM (16,18 km/h^{-1}) and IMC (17,0 kg/m^2). A U17, GE est le plus grand (174,31 cm) avec une IMC moins importante que GN (20 vs 21 kg/m^2). En vitesse, même performance avec GN sur le sprint 10 m (1,85 s), et moins rapide sur 20 m (3,17 vs 3,14 s). De U12 à U17, GE est le plus performant en CMJ (33,77 à 45,51 cm) et VMA (16,18 à 18,02 km/h^{-1}). GN était le plus lourd à U13 (47,21 kg) et possédait le plus fort indice IMC (19,6 à 21 kg/m^2) de U13 à U17.

Entre U12-U15, GE développe les caractéristiques biométriques, les qualités d'endurance (U12-U13) et de sprint (10-20 m). A U15-U16, c'est la période la plus faible pour GE. C'est peut-être une période d'assimilation, de transfert. Contrairement au GN, qui à cette période a connu le plus fort développement en vitesse et endurance. Notons, également une concordance entre le pic de IMC et de CMJ : U14-U15 (GN) et U16-U17 (GE).

GE est le groupe le plus performant à U12 et U15. GN possédait la IMC la plus forte (U13-U17) et possédait la meilleure performance sur sprint 20 m à U13-U14-U16.

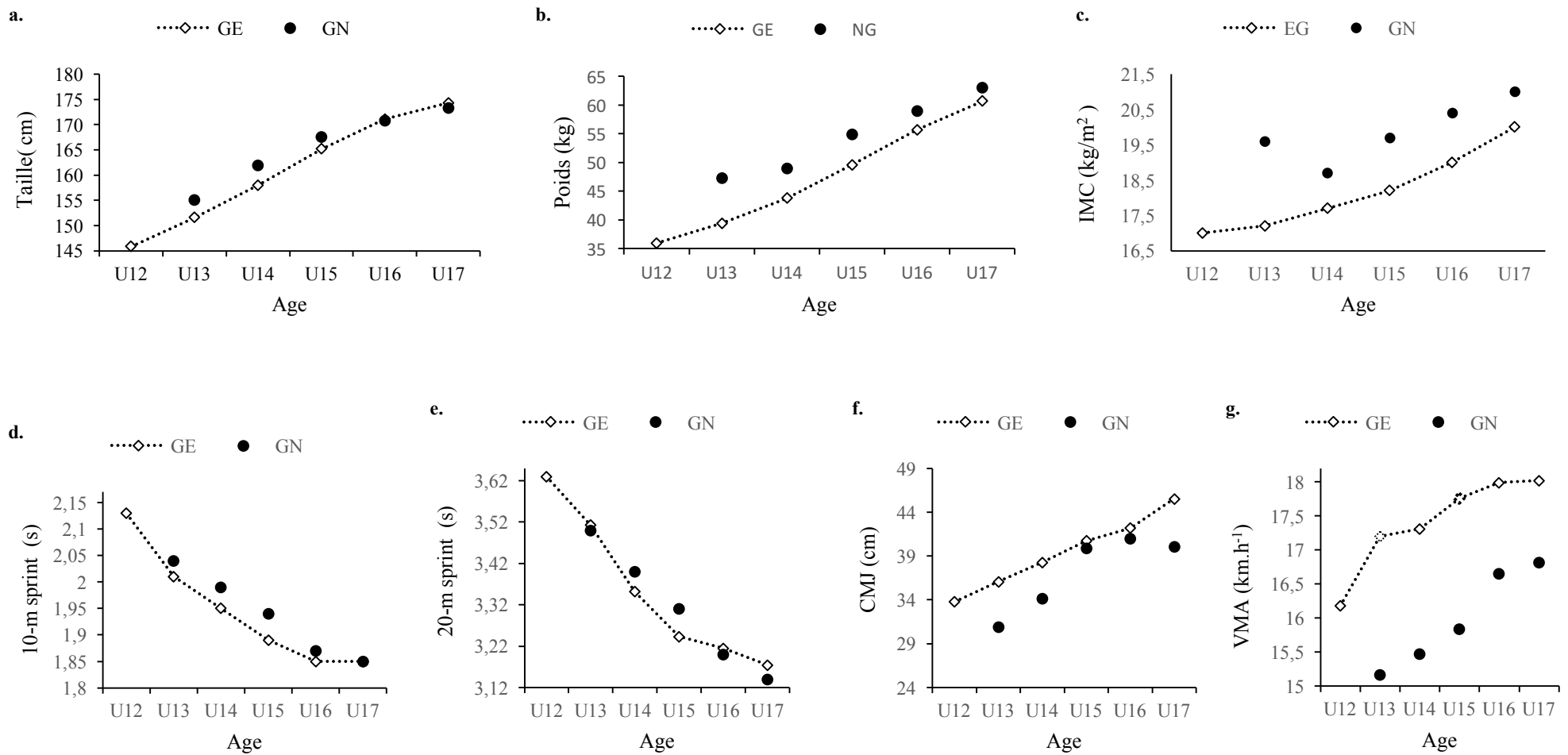


Figure 33. Valeurs moyennes (M) pour la taille (a), le poids (b) et IMC (c). Evolution dans le temps du sprint de 10 m (d) dans un sprint de 20 m (e). Valeurs moyennes (M) pour CMJ (f) et VMA (g).

d) Discussion

Cette étude posait une problématique sur l'adolescent marocain et le sport de performance. Le choix de comparer 16 joueurs d'une même génération d'âge civil a permis d'analyser les variables de la préparation physique entre les catégories d'âge et les sujets, sans aucune déperdition de variables durant 6 ans. L'entraînement du jeune est l'objet de multiples controverses. Il ne peut donc être un entraînement d'adulte. Un changement qualitatif et quantitatif est nécessaire. Il est délicat de dissocier les effets d'une activité physique naturelle et ceux d'un entraînement programmé. Mais également de distinguer les effets dus à l'entraînement de ceux liés à la croissance et la maturation. On ne peut ignorer, certains risques encourus sur la santé du jeune (stress, lésions ostéo-articulaires), et la connaissance des caractéristiques éthiques. Le jeune doit être appréhendé dans son entité. Connaître les étapes de l'évolution des stades de développement dans toutes ses dimensions. Au niveau de la croissance, il faut connaître le pic de croissance (entre U13-U15, + 4,22 % - + 4,57 %) et de la maturation, prendre conscience des différences d'âges (chronologie \neq biologique). Les antécédents sportifs du jeune sont également à prendre en considération.

L'évolution anthropométrique sur 6 ans a mis en évidence un fort pourcentage d'amélioration de la taille (+19,52 %), du poids (+68,88 %), IMC (+17,64 %) entre U12-U17 pour le groupe GE qui est devenu le plus grand à U17 (174,31 cm). Le GN était le plus lourd uniquement à U13 (47,27 kg) mais possédait la plus forte IMC de U13 à U17 (19,6 à 21 kg/m²). Une relation entre les plus fort pourcentage d'amélioration de IMC et les performances en CMJ ont été mises en évidence à U16-U17 (5,26 % - 7,89 %) pour GE. Ces derniers avaient des indices IMC montrant un état de maigreur à U12 (17,0 kg/m²), U13 (17,2 kg/m²), U14 (17,7 kg/m²), et U15 (18,2 kg/m²). L'analyse des performances en fonction de l'IMC souligne que plus la vitesse augmente, plus l'intervalle des IMC se réduit autour d'une valeur optimale, qui se retrouve ici chez les adolescents de poids normal. La vitesse et IMC augmentent parallèlement durant l'adolescence.

L'intérêt de la mesure chez les jeunes sportifs et la cohérence des résultats des tests de condition physique justifient de l'interdépendance avec les indices biométriques. L'IMC montre ici une double signification : celle, habituelle, d'une mesure de la masse grasse et de l'obésité et celle d'une mesure de la masse musculaire active révélatrice de la condition physique (Sedeaud et al, 2014). Même si l'effet de l'activité physique seule sur l'IMC n'est pas montré, l'activité physique permis de réduire la masse grasse totale, la masse grasse abdominale, et intervenu dans le maintien de la masse musculaire.

Par ailleurs, l'activité physique était un moyen efficace de prévention grâce à une prise en charge hygiéno-diététique. Pour expliquer ces résultats, au Maroc, la pratique sportive est très peu

diversifiée et précoce concernant l'activité football. Des raisons socio-économico-culturelle et structurelles expliquent ce retard d'activité sportive. Le statut socioéconomique est un facteur de risque susceptible d'influencer l'évolution vers l'insuffisance pondérale et le retard de croissance. Dans les classes sociales les plus défavorisées, l'enfant est plus exposé à un manque de nourriture par faute de moyen, au manque de confort de logement et à l'absence d'hygiène qui peut mener à certaines maladies infectieuses. Les infections répétées affectent particulièrement la croissance des enfants des classes pauvres des pays en développement (Lunn, 2000). Cette association, du retard de croissance, de l'insuffisance pondérale et des classes sociales à bas niveau socioéconomique, a été rapportée par plusieurs études à travers le monde (Mbemba et al, 2006 ; onis et al, 1993).

Pour l'évolution des qualités physiques du GE, l'endurance s'est le plus développé après une année d'entraînement (U12-U13 : + 6,30 %). La vitesse sur 10 m (- 5,60 %,) entre U12-U13, pour le sprint 20 m (- 4,55 %) et 30 m (- 6,22 %) entre U13-U14 (**Tableau 40b**). Les joueurs GE avec un IMC le plus bas de U13 à U16 (17,2 à 19 vs 19,6 à 20,4 kg/m²) présentent des vitesses de course plus rapides sur 10 m à U13 (2,01 vs 2,04 s), à U14 (1,95 vs 1,99 s), à U15 (1,89 vs 1,94 s), à U16 (1,85 vs 1,87 s).

Le volume total d'entraînement des deux premières années (33720 ± 780 et 30900 ± 1043 min), le volume total de la condition physique (12159 ± 250 et 9262 ± 271 min), la proportion du travail de la condition physique versus l'entraînement technico-tactique (47 : 53 % et 38 : 62 %), le nombre de séances croissantes (305 et 349), et le nombre de matchs (62 et 53) peuvent expliquer cette évolution rapide (**Table 39b**). Pour l'intégrité physique et la santé du jeune footballeur, la pratique régulière d'activités physiques en aérobies d'intensité moyenne et élevée et des exercices de renforcement musculaire ont eu un effet favorable sur le métabolisme de repos et la réduction de la masse maigre liée à la croissance. Ce volume d'entraînement a permis l'augmentation du poids entre U13-U15 (+ 12,2 %) et par la même occasion facilité la perte de masse grasse. Chaque catégorie d'âge comportait ses spécificités et des tâches didactiques spécifiques. En fonction des âges et des phases sensibles de développement, il fallait proposer pendant l'entraînement des stimuli et des situations d'apprentissage adéquates pour le jeune. Durant la phase pré-pubertaire (12 à 15 ans), on recherchait à améliorer ses capacités de coordination gestuelle (réactivité, ajustement, orientation, adaptation, dissociation), d'endurance et de vitesse. Durant la puberté (15-17 ans), le développement des qualités physiques de force et de vitesse étaient privilégiées.

Notons, que le profil et le potentiel du jeune ont déterminé la prédominance des objectifs des situations d'apprentissage pendant l'entraînement ainsi que sa capacité a toléré une charge individuelle par son appareil structurel (osseux, cartilagineux, tendineux et ligamentaire).

Indépendamment des fluctuations de certaines tranches d'âge entre 12 et 17 ans, la comparaison des groupes a mis en évidence qu'un entraînement régulière de l'activité physique a permis des effets significatifs sur les aptitudes physiques durant l'enfance et l'adolescence. GE a produit les meilleures performances de U12 à U17 en CMJ (33,77 à 45,51 cm) et VMA (16,18 à 18,02 km/h⁻¹). En comparant à Europe, au début des années 2000, à l'institut National du Football de Clairefontaine, les premières promotions de U13 à U16 ans réalisaient au CMJ : 35,40 à 42,9 cm et 16,4 à 17,5 km/h⁻¹ en VMA. La qualité de vitesse sur 10-20 m s'améliora de - 12,90 %, + 34,76 % en CMJ et + 11,37 % en VMA. Cette relation âge-vitesse est caractéristique du développement humain (Nassif et al, 2012). GE était performant en sprint 10 m de U12 à U17 et le plus performant à U15 sur l'ensemble du niveau de performance physique : 1,89, 3,24 s respectivement sur sprint 10-20 m, 40,74 cm en CMJ et 17,76 km/h⁻¹ en VMA. Le GN possédait la plus forte IMC et la meilleure performance uniquement sur 20 m sprint à U13 (3,50 s) et U17 (3,14 s). À U13-U17 les vitesses les plus élevées aux tests de sprint 20 m sont obtenus par le GN situés dans l'intervalle de IMC corpulence normale. Pour ces deux tranches d'âge, les vitesses progressent en fonction de l'IMC jusqu'à une valeur maximale située dans l'intervalle optimum d'IMC. Les résultats montrent des liens forts entre âge, IMC et vitesse autour d'intervalles optimaux d'IMC évoluant avec l'âge (Hughes, 2013). Une vitesse de déplacement élevée correspond à des capacités d'endurance et de sprint plus importantes (Bonthuis et al, 2013). Un enfant présentant des vitesses d'endurance et de sprint au-dessus de la moyenne révèle une condition physique supérieure, que l'on constate, plus tard, associée à une plus longue durée (Antero et al, 2014 ; Berthelot et al, 2012) et une meilleure qualité de vie (Ruiz et al, 2011).

Entre U12-U15, GE développa les paramètres biométriques et de vitesse (10 m, 20 m), ce qui confirme que les jeunes joueurs ne sont pas impactés négativement sur le sprint en cas de déficit de masse musculaire, utile aux efforts brefs de type anaérobie (Sedeau et al, 2014). Après 15 ans, l'évolution des paramètres physiques et anthropométriques connaît une proportion d'améliorations plus faibles comparativement à U12-U15. Le GN, lui par contre progresse en vitesse 10 m (1,94-1,87-1,85 s), 20 m (3,31-3,20-3,14 s) et VMA (15,84-16,65-16,82km/h⁻¹).

La mesure de la vitesse pourrait être utilisée comme un indicateur de santé (Stanaway et al, 2011), complémentaire de l'IMC utilisé pour le suivi des courbes de corpulence jusqu'à l'âge de 18 ans. Mais elle permettrait de donner des indications sur les capacités physiques et l'optimisation des performances. La performance physique est multifactorielle et dépendante de l'âge, l'IMC, l'environnement, les contextes économique ou géopolitique (Guillaume et al, 2009).

Ces différences s'expliquent pas une différence d'expérience de contenus et charges d'entraînement. Les performances athlétiques répondent de manière asymétrique aux variations d'IMC, selon le manque de masse musculaire active ou l'excès de masse adipeuse. Un poids de

forme dans l'intervalle d'IMC normal est associé à une condition physique optimale. La condition physique est un déterminant majeur de la santé et se développe dans un équilibre subtil entre exercice et récupération, hygiène, sommeil et nutrition. Elle est évaluée en testant les capacités individuelles lors d'activités quotidiennes (de marche, de course...) (Ortega et al, 2008). La mesure des indices de condition physique en population ne peut être appréhendée sans une perspective morphologique : l'étude des caractères biométriques (poids, taille, indice de masse corporelle) montre en effet des intervalles d'optimisation, quelle que soit la nature (muscle ou graisse) de la masse corporelle, selon les contraintes spécifiques de chaque discipline. Une adiposité importante est associée à des capacités plus faibles d'endurance et de sprint tandis que la masse grasse et l'adiposité sont plus faibles chez les plus actifs (Moore et al, 1995). Le niveau de condition physique initial, les facteurs personnels (biologiques, psychosociologiques, comportementaux, hygiène), socioculturels et environnementaux sont autant de facteurs à prendre en compte pour expliquer ces résultats et pas seulement l'IMC, qui résulte des interactions de tous ces facteurs. Ces résultats soulignent également l'importance du recrutement d'un bon potentiel physique, du suivi et de la maîtrise du volume et de la charge d'entraînement en fonction des catégories d'âge, et de l'importance de la nutrition.

L'objectif était de planifier une programmation d'entraînement individualisé et spécifique. Elle s'inscrivait dans le projet éducatif personnalisé du jeune avec une pédagogie judicieuse et dans un environnement adaptatif. Il a fallu organiser, harmoniser et régulariser l'entraînement des qualités de ces jeunes footballeurs avec des finalités et des buts précis : participer pleinement à l'éducation du jeune, contribuer à l'acquisition et la préservation de la santé, favoriser le développement et l'optimisation des différents paramètres impactant les performances recherchées, avec une vision à moyen et long terme. Le bien-être du jeune nécessitait une base pédagogique et un cadre de l'activité bien maîtrisés.

Bien connaître et impliquer les adolescents sur les enjeux du projet sportif, établir une démarche pédagogique efficace avec une méthodologie permettant de concevoir, de transposer, de transmettre, d'accompagner et de faire progresser les jeunes dans les connaissances de l'activité football. Cette dernière était guidée par un projet sportif clair, précis et bien défini. Une méthodologie et une connaissance des exigences socio-économique et culturelle permettaient de tendre et s'orienter vers le haut niveau de performance et de développement du jeune apprenti footballeur.

e) Conclusions et applications pratiques

Les implications pratiques de cette étude partent de l'idée que le jeune joueur était un être unique, avec un développement non-linéaire. Le football proposait des sollicitations générales mais surtout spécifiques. Des coordinations précises émergeaient en fonction du poste, de l'animation, des coopérations et des oppositions lors de cette activité. La formation du jeune joueur nécessitait quatre volets complémentaires. Premièrement, une formation physique qui s'est conçue et installée dans la durée pour accompagner la performance et le développement d'habiletés. Deuxièmement, les habiletés de vie (rigueur, complicité, climat d'apprentissage), troisièmement les habiletés mentales (estime de soi, motivation, confiance, activation, attention, cohésion, et gestions de émotions), et quatrièmement les habiletés footballistiques. Ces dernières étaient liées à la problématique d'entraînement des qualités physiques : développement de l'aptitude aérobie, de la vitesse, du renforcement musculaire chez les jeunes de U12 à U17. Ce paramètre de la force est essentiel pour l'avenir du jeune footballeur au haut niveau. La mise en place, chaque jour pendant 30 minutes (**Tableau 39a**), du travail individuel « culturel » d'éducation musculaire et de vitesse, ont permis d'impacter positivement les performances des jeunes immédiatement. Mais surtout à moyen et long terme pour sa carrière, car les jeunes ont constitué leur socle et base athlétique (« leur patrimoine ») obligatoire pour être performant au haut niveau. Aussi, le bon développement du jeune footballeur nécessitait la mise en place d'entraînement avec des contenus de formation physiques d'endurance et puissance aérobie (course continue, fractionné, navette, RSA, et des jeux à thèmes avec ballon sur des surfaces de taille différenciées), de force (individualisé), de souplesse-coordination et d'exercices techniques et tactiques liées à l'activité football (habiletés offensive et défensive).

Chez le jeune, on devait prendre en considération que le temps de récupération de l'appareil locomoteur passif était lent. L'idéal, après le pic de croissance, s'était que les charges d'entraînement n'intervenaient pas trop tôt pour que cette récupération soit complète, efficace et sans risques de problèmes pour les structures concernées. Aussi, les recommandations pour l'entraînement chez les enfants et adolescents étaient connues et mises en place : proposer un temps de récupération suffisant après un entraînement, éviter l'alternance brusques de charges sur un organisme non préparé, limiter les exercices avec charges, au-dessus de la tête, avant ou pendant la poussée de croissance due à la puberté qui pouvait produire des perturbations plus ou moins graves au niveau de la colonne vertébrale (le propre poids du corps suffit à cet âge), ne pas proposer une somme de charges unilatérales d'entraînement stéréotypées qui pouvait créer des lésions à une partie de l'appareil moteur et de ce fait hypothéquer l'ensemble du système fonctionnel, proposer des charges statiques de durée progressive et variables, car les pressions alternées étaient favorables aux cartilages articulaires et fibreux des disques intervertébraux. Pour

améliorer le fonctionnement de l'appareil cardio-respiratoire et circulatoire on a mis en place des exercices dynamiques au détriment d'exercices statiques. Enfin, pour la prévention des blessures, un suivi régulier avec un examen médical approfondi a été établi. Le préambule de l'investigation reposait sur un "interrogatoire" du jeune sur ses antécédents (médicaux, chirurgicaux, traumatologiques, familiaux et cardiaques). Ensuite, on a établi un bilan complet au niveau biologique, médical (poids, taille, plis cutanés), locomoteur, isocinétique, cardiologique, podologique, osteopathique-statokinésimétrique, dentaire, ophtalmologique et diététique.

Cette étude fournit des mesures sur les performances physiques d'endurance, de vitesse, de force-coordination et anthropométriques entre 2009 et 2015. Ces capacités progressent principalement entre 12 et 15 ans. Le suivi biométrique, selon l'âge et le niveau de capacités, montre l'importance de ce paramètre sur le niveau de condition physique et son impact sur les performances sportives. La mise en évidence de la problématique de la croissance et de la maturation chez des jeunes joueurs de football marocains a permis de mettre en évidence des fondamentaux de travaux importants.

Le profil du jeune joueur nord-africain a émergé. A U17, il mesurait en moyenne entre 1,74-1,80 m, pesait entre 61 et 67 kg, possédait une bonne capacité aérobie (VMA) entre 17,4-18,2km/h⁻¹. Une qualité de force-coordination (CMJ) entre 45,5-46,1cm et une capacité de vitesse sur 10 m de 1,85 s (0,06), 20 m : 3,17 s (0,14) et 30 m : 4,43 s (0,21). A l'avenir, il devra développer sa puissance musculaire et sa vitesse gestuelle et d'exécution. Aussi, le formateur devra concentrer son action sur le développement de la puissance musculaire et de la vitesse (gestuelle et d'exécution). Mais également faire acquérir une habileté et grande maîtrise technique en mouvement, être fort mentalement, avoir un sens et une polyvalence tactique développée. Cette analyse approfondie des qualités morphologiques et physiques des jeunes sportifs en phase de croissance va aider à l'optimisation de la performance sportive. Il a permis également à une meilleure connaissance d'indicateurs liés à la santé comme l'anthropométrie ou encore la condition physique dans le milieu sportif. Pour finir, la problématique de la détection et du recrutement du jeune talent de demain est évoquée. La détection du bon potentiel est essentielle pour réussir à accéder au haut niveau. Il est primordial pour performer, de recruter des joueurs avec des prédispositions, des compétences footballistiques spécifiques, et qui possèdent un fort patrimoine athlétique (endurance, force, vitesse). Le rôle du formateur est important pour la réussite future jeune. Ce guide doit toujours garder à l'esprit, que : « Vous avez beau avoir toutes les *aptitudes*, si vous n'avez pas *l'attitude*, vous ne réussirez pas » Gandhi.

CHAPITRE XI. ETUDE 4 : ANALYSE CLINIQUE DES CONTENUS DE FORMATION DES JEUNES FOOTBALLEURS MAROCAINS EN PREFORMATION ET EN FORMATION.

a) Introduction

Le contenu de l'entraînement du jeune footballeur marocain se doit de respecter des principes adaptés à leur âge et à leur niveau. Mais quels contenus ? Pour répondre à cette question, et pour la première fois sur le continent Africain, cette étude clinique sur de jeunes apprentis footballeurs marocains (U12 à U17) durant six saisons de la préformation à la formation dans une académie, propose un constat, un bilan et des perspectives de ce projet de formation footballistique.

Pour atteindre le football de haut niveau ; les exigences sont nombreuses. Au niveau athlétique le joueur parcourt des distances importantes (de 9 à 15 Km) selon les postes et profil de jeu (Di Salvo et al, 2007 ; Rampinini et al, 2007). Ces distances s'effectuent à des hautes intensités allant de 80 et 90 % de la fréquence cardiaque maximale (Stolen et al, 2005) avec des alternances d'allures (marche, courses et efforts intenses) réparties de manière aléatoire durant le match. Entre 1000 et 1200 actions différentes sont dénombrées avec des changements de directions rapides et fréquents (Reilly et al, 1976 ; Bangsbo et al, 1991).

Les actions intenses physiques et techniques d'une durée très courte (entre 1 et 4 s) sont déterminantes pendant un match (entre 100 et 120) (Cazorla et al, 1998 ; Lacroix et al, 2002). De ce fait, le joueur de football de haut niveau doit avoir un potentiel aérobie élevé permettant de solliciter un haut pourcentage de fréquence cardiaque, d'alterner des efforts et des récupérations variées. Les qualités d'explosivité et de force sont essentielles pour être performant sur les nombreuses actions brèves et intenses proposées dans le jeu. Enfin, pour maîtriser le ballon et le jeu, une coordination générale et spécifique est nécessaire pour s'adapter aux multiples changements de motricité et de déplacements.

Durant cette période de formation, le jeune va connaître des étapes et des temps de maturation différentes : « *Les processus biologiques ont leur propre emploi du temps et ne fêtent pas les anniversaires* » (Malina et al, 1991). La maturité est le processus permettant d'atteindre une potentialité optimale pour un organe ou une fonction. La maturation biologique chez l'enfant est de trois ordres : squelettique, sexuelle et morphologique permettant d'identifier un stade de développement. L'indicateur le plus facile d'utilisation est d'ordre morphologique avec le suivi de l'évolution de la taille et du poids (la croissance). Le suivi du « pic de croissance » de l'enfant permet de déterminer la période où les plus grandes modifications morphologiques se réalisent : développement rapide de la taille (8 à 12 cm en une année) et du poids. Ce pic apparaîtrait vers 14 ans pour les garçons et 12 ans pour les filles (Sempe et al, 1979).

Mais il existe une réelle différence dans le quotidien des enfants avec des maturations « précoces » ou « tardives ». Une collecte de données de 10 ans à l'Institut National du Football (INF) à Clairefontaine (Le Gall et al, 2006) ont montré que 12 % d'enfants avaient une maturité tardive, 63,5 % une maturité normale et 24,5 % une maturité précoce sur leur effectif en préformation.

Aussi, la connaissance des différents stades psychomoteurs est essentielle pour bien connaître, comprendre et proposer un projet au jeune sportif. Le modèle de développement à long terme de l'athlète pour les parents (DLTA) présente sept stades de développement du jeune athlète à long terme (Balyi et al, 2005) : Stade 1 (S1) : enfant actif (0 à 6 ans), S2 : s'amuser grâce au sport (filles de 6 à 8 ans, garçons de 6 à 9 ans), S3 : apprendre à s'entraîner (filles de 8 à 11 ans, garçons de 9 à 12 ans), S4 : s'entraîner à s'entraîner (filles de 11 à 15 ans, garçons de 12 à 16 ans), S5 : s'entraîner à la compétition (filles de 15 à 21 ans, garçons de 16 à 23 ans), S6 : s'entraîner à gagner (filles de 18 ans et plus, garçons 19 ans et plus), S7 : vie active (tout âge). Ces stades permettent d'adapter les objectifs de développement physique du jeune athlète au moment opportun de son évolution. Le stade 4 fait référence au cadre de travail que l'on se doit de donner à l'enfant « s'entraîner à s'entraîner », dans un cadre structuré pour tendre vers l'approche compétitive : « s'entraîner à gagner » (S5).

Cependant le débat sur le développement, la programmation et les contenus du jeune sportif est toujours d'actualité et souvent controversé. Que peut-on faire chez l'enfant sportif en termes de développement physique ? Que doit-on faire ? Que fait-on ? Dans un souci d'efficacité, on doit respecter des principes de progressivité (charges et stimuli) et de prévention dans le développement physique. Des études montrent que tous les contenus sont envisageables chez les jeunes, au niveau du développement physique. L'efficacité de l'entraînement de la force par exemple, a été démontrée (Meylan et al, 2013). Les gains de force sont dus essentiellement aux facteurs nerveux (synchronisation et coordination). Le développement de la force, la coordination, la synchronisation musculaire et le gainage doit alors être une priorité chez l'enfant pré-pubère. L'entraînement aérobie est également essentiel chez le jeune sportif dès le plus jeune âge avec un entraînement adapté qui permet l'augmentation des qualités aérobies. Il en est de même pour le développement de la filière anaérobie lactique, qui ne serait pas un danger pour l'enfant. Des études scientifiques présentent des éléments contraires à l'immaturité du système anaérobie chez le jeune et à une réaction intense au stress de ce genre d'exercice (FIFA, 2013 ; Ratel et al, 2013). Ainsi, les qualités et compétences du jeune sportif footballeur se développent en respectant les stades et périodes de la croissance.

Selon le modèle DLTA, une spécialisation hâtive engendrerait des effets négatifs sur le plan émotionnel et psychologique de l'enfant. Cette spécialisation mènerait le jeune vers les blessures,

le surentraînement, la lassitude et la difficulté à mener des habiletés motrices générales. Ce constat est fait dans différentes activités en sortie des centres de formation. Le « developmental model of sport participation » (Côté et al, 2007) propose une autre trajectoire pour atteindre le haut niveau. Une pratique sportive variée jusqu'à l'âge de 12 ans, suivi une spécialisation. Les auteurs pensent que cette structure peut amener au haut niveau avec un développement physique plus harmonieux et une notion de plaisir et d'envie augmentée à l'âge adulte. Une autre étude sur des jeunes joueurs de basketball de 14 à 18 ans (Gianoudis et al, 2007) a montré une prédisposition des blessures pour des jeunes n'ayant aucune activité diversifiée (spécialisation) au contraire des jeunes pratiquants d'autres activités. Le jeune footballeur doit connaître une large palette d'activités physiques pouvant lui apporter un développement physique, moteur et mental (problème de lassitude) beaucoup plus harmonieux.

En prenant en compte toutes ces considérations théoriques, un véritable projet de contenus pédagogiques (généraux et spécifiques) doit être mis en place pour le jeune footballeur en fonction des qualités et compétences demandées pour accéder au haut niveau.

Ainsi quels contenus les jeunes footballeurs de l'Académie ont réalisés durant les six de formation, en préformation (U13-U15 ans) et formation (U16-U18 ans) et quels sont les perspectives d'implication pratique pour le footballeur nord-africain ?

b) Profil des joueurs analysés

Au total 16 jeunes joueurs de football marocain âgés de 12 à 17 ans ont été suivi pendant six ans de la préformation (U13-U15) à la formation (U16-U18). Le programme d'entraînement hebdomadaire (**Tableau 39a., chapitre X, étude 3**) mettait en évidence un nombre de 8 séances avec des objectifs précis. Quatre grands contenus d'entraînement sont réalisés : le travail individuel physique qui permettait de développer le potentiel individuel du jeune joueur, les contenus techniques et tactiques liées à la maîtrise individuelle (du ballon) et collective (du jeu) , des activités multidisciplinaires (vidéos, autres sports) pour performer l'activité football, et des entraînements spécifiques (physique, technique, tactique) en fonction du profilage des jeunes joueurs (au poste, par ligne, en fonction des besoins individuels). Chaque match de compétition du week-end permettait d'évaluer les progrès individuels et collectifs mais également les biens faits ou non de la programmation proposée. Les critères de sélection pour intégrer l'académie incluaient une volonté de détecter et recruter les futures potentialités footballistiques sur l'ensemble du royaume du Maroc. La détection, l'identification et le recrutement du jeune talent étaient définis de façon très précise : le futur apprenti footballeur recruté devait posséder au moins une qualité forte : soit physique, technique, intelligence situationnelle par rapport au jeu (tactique) ou comportemental (attitudes mentales-morales). Des journées d'observations-détections étaient effectués deux années avant l'ouverture officielle de l'académie, à travers des journées

d'évaluations par le jeu à effectif et surface évolutives (petite-moyenne-grande surface/effectif) et des tests d'évaluations physiques : aérobie (VMA), vitesse (10-20-30 m rectiligne avec départ arrêté) et saut (CMJ). Au total 15000 jeunes étaient observés en deux ans, pour au final sélectionner à l'ouverture de l'académie une promotion de 31 jeunes talents potentiels de 12 à 15 ans. L'échantillon suivi dans cette étude clinique (n= 16) était le groupe de joueur de la génération née en 1997, qui a suivi l'intégralité des six ans de formation proposée à l'académie. Toutes les données étaient collectées au quotidien pendant six ans, sur un logiciel d'Aide de Gestion Informatisée pour la Formation des Apprentis du Sport (AGIFAS) par la même personne (préparateur physique) pour ne pas biaiser les informations.

Historique de la formation du jeune footballeur en Europe

Le parcours d'un jeune footballeur en formation passe par trois grandes périodes : l'école de foot (U7-U12), la préformation (U13-U15) et la formation (U16-U18). Dès son plus jeune âge, le petit footballeur développe ses apprentissages techniques, tactiques ainsi que son potentiel athlétiques en utilisant le support de la préparation physique. Avec la croissance, la préparation physique « dissociée » sera nécessaire pour le développement des qualités.

L'école de foot, se destinera au travail technique, au développement des habiletés motrices générales et spécifiques. De 7 à 10 ans (U8 à U10) l'enfant développe ses qualités motrices et physiques à travers le jeu (jeux scolaires) et la relation technique « joueur-ballon » (coordination -dissociation -méthode Ball Mastery de Mr Coerver). Puis de 11 à 12 ans (U11 et U12) des séances de sports annexes développent naturellement d'autres aptitudes et certaines qualités physiques et motrices indispensables (l'athlétisme, la gymnastique, le judo et le rugby). Au niveau des compétences physiques, le développement aérobie : courir et jouer en s'amusant, se fait par le jeu en multipliant les situations à thèmes et à effectif réduit (3 contre 3, 4 contre 4) associés à des parcours de psychomotricité générale, d'utiliser le ballon pour développer la coordination, faire pratiquer d'autres sports (jouer- bouger-s'amuser) et d'initier à la souplesse.

La préformation (U13-U15), est « le cœur de la formation : la période des apprentissages » liée à la croissance et la situation au pic de croissance de l'enfant. Le développement physique passe par l'entraînement aérobie dans les 2 ans autour du pic de croissance. L'éducation musculaire est développée continuellement durant l'évolution du jeune (gainage, travail poids de corps, avec charge légère) dans la période favorable : 1 an après le pic de croissance.

Le suivi biométrique (taille, poids) des jeunes est important avec un relevé tous les mois (Simmons, 2000) pour identifier le niveau de croissance (augmentation des dimensions corporelles), l'évolution du poids et déterminer le pic de croissance. En fonction de son âge chronologique l'enfant peut connaître un développement « tardif », « normal » ou « précoce ».

Il est important de proposer des contenus avec des difficultés adaptées à son vécu : intégrer le travail physique aérobie par le jeu avec le ballon, introduire le travail dissocié, poursuivre le développement de la coordination, s'adapter au pic de croissance (souplesse, coordination générale et réduction volume de travail), programmer une éducation puis un développement de la force par le gainage, faire l'apprentissage des mouvements généraux sans charge et respecter l'intégrité physique et mentale du jeune.

La dernière période de formation (U16-U18) « s'entraîner à la compétition » recherche le développement optimale et intense de l'explosivité, de la vitesse et de la puissance (associé et dissocié) par le développement de la pliométrie (verticale et horizontale), de la vitesse, de mouvements généraux de musculation (poids de corps, Medecine ball, charges légères), de l'utilisation du travail intermittent (temps travail-temps de repos). Ainsi, le parcours du jeune en formation est très normé et structuré.

Caractéristiques de la formation au Maroc

Les deux premières saisons, l'Académie a été impliquée pendant 8 mois (octobre-mai) dans des matches amicaux contre des associations ou des clubs. Ensuite, dès la quatrième année, d'octobre à mai, ont participé aux premiers championnats nationaux de jeunes dans les catégories de moins de 15 ans (U15, 13-14 ans), moins de 17 ans (U17, 15-16 ans) et moins de 19 (U19, 17-18 ans) organisé par la Fédération royale marocaine de football. Ces compétitions ont été précédées d'une période de préparation de deux mois (août-septembre) et ont inclus une période de transition de deux en juin-juillet. (**Figure 32, chapitre X, étude 3**). Les joueurs ont eu 8 séances d'entraînement par semaine (90 minutes par séance) et 1 match par semaine (90 minutes).

Les caractéristiques des sujets au niveau des paramètres de l'entraînement sont décrites dans le **tableau 39b, chapitre X, étude 3**. Les 16 joueurs ont évolué durant les 6 saisons de leur formation à travers la préformation U12-13-14-15 (entre 12 et 14 ans) et la formation U16-17 (entre 15 et 17 ans). Sur les 16 joueurs nés en 1997, suivis au cours de cette étude clinique, 6 joueurs sont devenus internationaux U17 et 4 internationaux U18 en participant aux rassemblements de l'équipe nationale et des compétitions internationales (coupe d'Afrique des nations et tournois). Le nombre moyen de séances annuelles sur six ans est de 288 ± 4 , avec le plus grand nombre lors de la quatrième année (U15 : 361 ± 5) et le plus petit lors de la sixième année (U17 : 204 ± 6).

C'est au cours de la première année en U12 que le temps d'entraînement est le plus important (33720 min par saison). Les deux premières années, le nombre de matchs réalisés est le plus nombreux (U12 : 62 ± 6 et U13 : 53 ± 8) car il n'existe pas de championnat national de jeune. A partir de la 3e année de formation, l'académie participante à la création et au premier championnat

national de jeunes au Maroc dans les catégories U15-U17-U19, tout en continuant à jouer des matches d'amicaux complémentaires pour la formation des jeunes apprentis (U14 : 42 ± 7 , U15 : 47 ± 8 , U16 : 43 ± 7 et U17 : 40 ± 6). Formations tactiques de football, FTeTa : formation technique et tactique de football, CP : condition physique et PL : activités pluridisciplinaires. Ces 4 éléments sont regroupés en 3 grandes catégories de contenus : conditionnement physique, formation technique et formation tactique (**Tableau 41 et Figure 34-35**).

c) Bilan clinique

La répartition physique, technique et tactique de la formation est décrite dans le **tableau 41** et la **figure 34**. Pour l'analyse des résultats, le constat va s'établir du bilan général vers le spécifique. Sur les six ans d'apprentissage (préformation et formation), on observe comme priorité de contenu, l'ordre suivant: premièrement la formation tactique (38,96 %) avec 51,25 % de travail offensif (circulation de balle) et 41,62 % de travail défensif (récupération de balle), deuxièmement la formation technique (35,56 %) avec 73,90 % d'utilisation de ballon (offensif) et 26,10 % de récupération de balle (défensive) et troisièmement le conditionnement physique (25,49 %) avec 32,39 % de vitesse, 25,20 % d'éducation musculaire et 23,29 % de capacité de puissance aérobie.

En préformation : 40,12 % de formation technique avec 72,18 % d'utilisation de ballon (offensif) et 27,81% de récupération de balles (défensive). 38,79 % d'entraînement tactique avec 52,69 % de circulation du ballon (offensif) et 41,99 % de récupération de balles (défensive). Enfin, 21,09 % conditionnent le développement physique avec une vitesse à 29,78 %, une coordination à 27,49 % et une capacité de puissance aérobie à 26,22 %. En formation : 39,13 % d'entraînement tactique avec 49,81 % de circulation du ballon (offensif) et 41,24 % de récupération de balles (défensive). 30,99 % de formation technique avec 75,62 % d'utilisation de ballon (offensif) et 24,38 % de récupération de balles (défensive). Enfin, 29,88 % de conditionnement physique avec 38,37 % d'éducation musculaire, 35,00 % de vitesse et 20,36 % de capacité de puissance aérobie. La priorité annuelle au niveau tactique et technique pendant les années de formation est offensive : 73,90 % (utilisation de la balle) et 51,25 % (circulation de la balle).

Au niveau de la condition physique, on peut décomposer les six ans en cycle de deux ans d'apprentissage. Les deux premières années : 30,89-36,01 % de coordination, 26,93-25,86 % de capacité aérobie et 23,68-20,81 % de vitesse. La troisième et quatrième année (fin de préformation U15- 1er année de formation U16) les priorités changent. En U15, vitesse (44,86 %), puissance aérobie (25,87%), coordination (15,58%). En U16, éducation musculaire (36,68 %), capacité aérobie (29,14 %), vitesse (18,98 %). La cinquième et dernière année : vitesse (42,13-43,89 %), musculation (38,85-39,59 %), capacité aérobie (17,14-14,81%)

Tableau 41. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons.

| Année | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | |
|-----------------------------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| | Heures/an | % | Heures/an | % | Heures/an | % | Heures/an | % | Heures/an | % | Heures/an | % |
| Condition physique | 70,17 | 29,18 | 61,09 | 23,07 | 31,92 | 11,04 | 50,12 | 18,61 | 99,27 | 37,13 | 94,18 | 33,89 |
| Coordination | 21,68 | 30,89 | 22,01 | 36,01 | 4,97 | 15,58 | 7,06 | 14,08 | 1,5 | 1,51 | 1,3 | 1,38 |
| Aerobie capacité | 12,47 | 17,76 | 8,86 | 14,49 | 4,31 | 13,49 | 8,33 | 16,62 | 9,25 | 9,31 | 7,43 | 7,89 |
| Aerobie puissance | 6,44 | 9,17 | 6,94 | 11,37 | 3,95 | 12,38 | 6,28 | 12,52 | 7,78 | 7,83 | 6,52 | 6,92 |
| Vitesse | 16,62 | 23,68 | 12,72 | 20,81 | 14,33 | 44,86 | 9,51 | 18,98 | 41,83 | 42,13 | 41,34 | 43,89 |
| Education musculaire | 7,89 | 11,24 | 7,88 | 12,9 | 3,81 | 11,94 | 18,39 | 36,68 | 38,58 | 38,85 | 37,29 | 39,59 |
| Mobilité Articulaires | 5,07 | 7,23 | 2,68 | 4,39 | 0,55 | 1,72 | 0,55 | 1,09 | 0,33 | 0,33 | 0,3 | 0,32 |
| Entraînement Technique | 98,6 | 41,00 | 81,31 | 30,71 | 140,75 | 48,66 | 124,26 | 46,14 | 67,92 | 25,40 | 59,56 | 21,43 |
| Utilisation du ballon : Offensif | 78,18 | 79,28 | 52,58 | 64,66 | 102,18 | 72,59 | 99,51 | 80,08 | 50,42 | 74,23 | 43,21 | 72,55 |
| Récupération du ballon : Défensif | 20,42 | 20,71 | 28,73 | 35,33 | 38,57 | 27,4 | 24,75 | 19,92 | 17,5 | 25,76 | 16,35 | 27,45 |
| Entraînement Tactique | 71,73 | 29,83 | 122,4 | 46,22 | 116,59 | 40,31 | 94,91 | 35,24 | 100,19 | 37,47 | 124,16 | 44,68 |
| Principes généraux | 1,29 | 1,79 | 4,3 | 3,51 | 4,91 | 4,21 | 7,45 | 7,85 | 0 | 0 | 4,7 | 3,79 |
| Circulation du ballon: Offensif | 39,41 | 54,94 | 61,1 | 49,91 | 62,05 | 53,21 | 45,19 | 47,61 | 51,65 | 51,55 | 62,42 | 50,27 |
| Récupération du ballon : Défensif | 30,45 | 42,45 | 53,68 | 43,85 | 46,27 | 39,68 | 34,86 | 36,72 | 44,79 | 44,7 | 52,52 | 42,30 |
| Stratégie | 0,58 | 0,8 | 3,32 | 2,71 | 3,36 | 2,88 | 7,41 | 7,8 | 3,75 | 3,74 | 4,52 | 3,64 |

Figure 34. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons (préformation et formation).

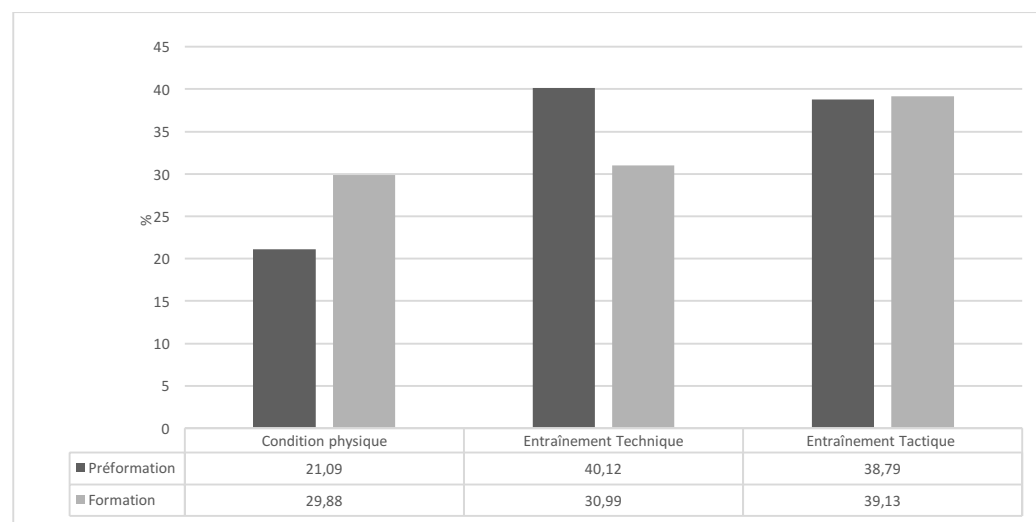
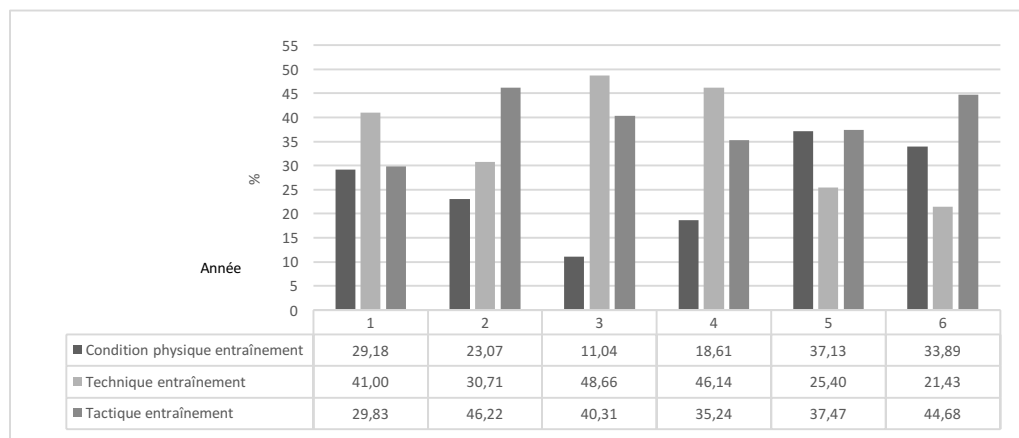
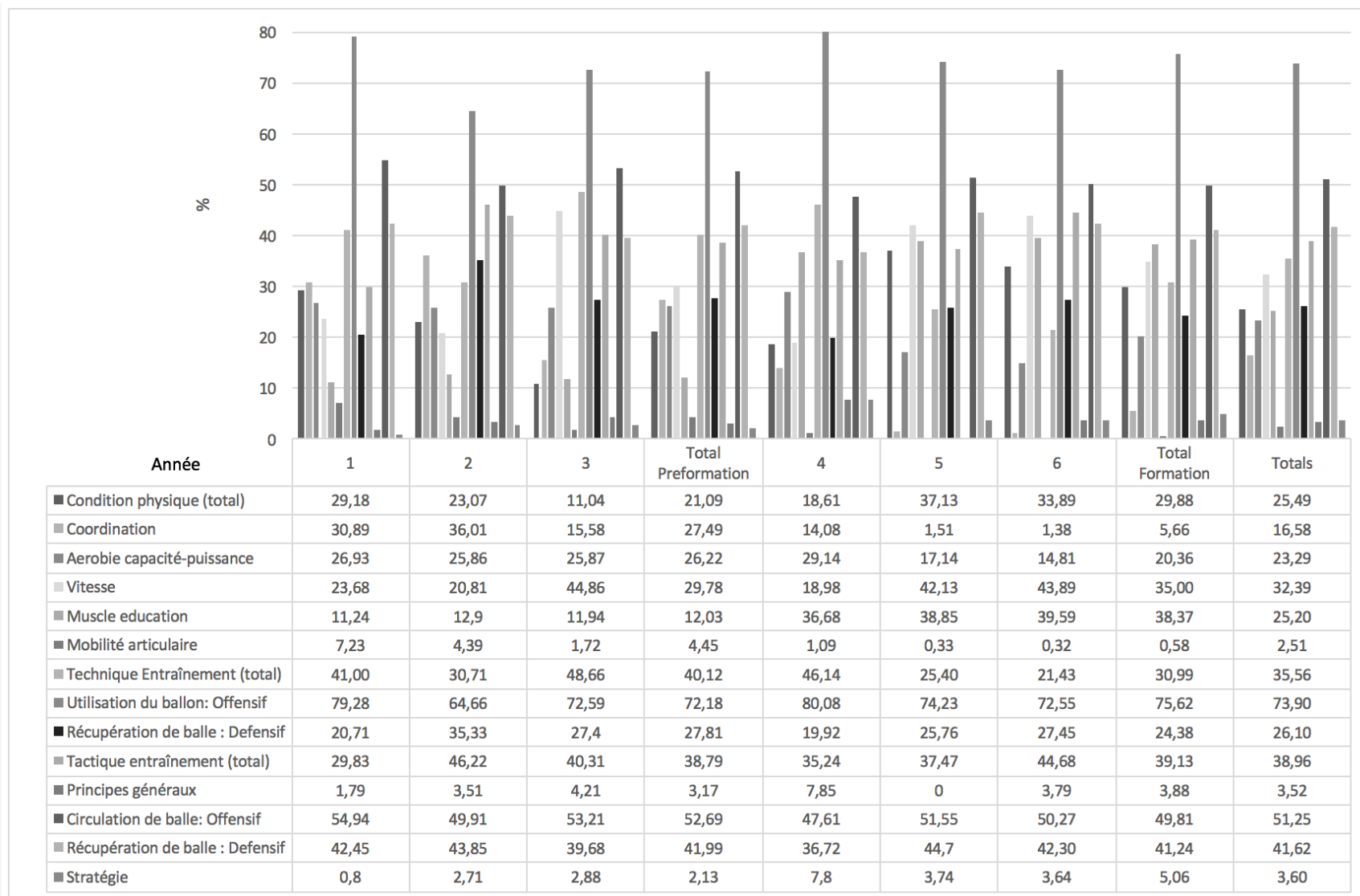


Figure 35. Répartition du contenu de conditionnement physique, technique et tactique (en heures et en %) sur la période de 6 saisons.



d) Interprétation et discussion

Nos jeunes marocains, n'ont pas eu tout à fait le même parcours et le même vécu inter et intra individuel. En effet, ils n'ont pas participé à des entraînements footballistiques structurés avant l'entrée en préformation à l'académie. Ils ne connaissent pas l'école de foot (U7-U12) car cela n'existe pas tout simplement. Leur recrutement et intégration à l'académie sont intervenus après des journées de détections et d'identifications. La première année était très importante en termes de stade de développement (S4) : « apprendre à s'entraîner ». En effet, pour eux, le jeu correspondait uniquement à l'entraînement. Une méconnaissance de l'activité : goût de l'effort, compréhension, assimilation des objectifs de l'entraînement étaient constatés et légitimes. Une période d'un an et demi était nécessaire pour qu'ils apprennent, comprennent et assimilent les objectifs d'une séance d'entraînement de football pour obtenir dans un premier temps un niveau correct, viser un haut niveau d'exigence et éventuellement devenir un joueur professionnel et en faire son métier.

Aussi, *la première étape pédagogique* était de proposer et de programmer un véritable projet de formation hebdomadaire individuel. Les contenus qui sont acquis, les compétences à renforcés et les compétences à acquérir. Quatre catégories de contenus étaient répétées chaque jour. Un « socle » éducatif et culturel du développement individuel du potentiel physique (30 min/jour) compléter par une session plus longue de 90 minutes, des contenus techniques et tactiques (90 minutes/jour) à thèmes, des entraînements spécifiques déterminés par le profil des jeunes (90 minutes/semaine) : technique, tactique et physique (par poste, par ligne, en fonction des besoins) et des activités annexes (vidéos et sorties pédagogiques, karaté, capoeira, danse). Le match du week-end était un moyen d'évaluation : des progrès individuels, collectifs et des contenus proposés. Cette période d'évaluation « diagnostique » était nécessaire et primordiale pour bien connaître, comprendre le potentiel des jeunes joueurs. Mais surtout pour établir une véritable stratégie de formation et d'apprentissage pour les jeunes footballeurs. Après ces constats, *la deuxième étape*, était de mettre en place la véritable philosophie footballistique en respectant les stades de développement et les vitesses d'apprentissage.

Quatre objectifs majeurs sont déterminés pour atteindre et former des joueurs de haut niveau : une base et socle athlétique solide, un fort niveau technique individuel (maitrise de balle), une compréhension du jeu (intelligence situationnelle) et le développement de la personnalité (attitudes, comportements).

La troisième étape, est le bilan des deux premières : quel contenus nos jeunes ont réalisé et que peut-on retenir ?

Le jeune joueur marocain pendant six ans a eu besoin au total (**Figure 35**), de travail tactique (38,96 %), puis technique (35,56 %) et physique (25,49 %). La priorité des contenus était donnée aux principes offensifs tactique (39,13 %) avec la circulation de balle (49,81 %), la maîtrise technique (30,99 %) et l'utilisation de balle (75,62 %), le physique (29,88 %) avec la force (38,37 %), de vitesse (35 %) et aérobie capacité (20,36%).

En préformation, les priorités sont la technique (40,12 %), la tactique (38,79 %), et le physique (21,09 %). En formation : la tactique (39,13 %), le technique (30,99 %) et le physique (29,88 %). Le % des contenus dans les catégories d'âge était dicté par les stades de développement, les vitesses d'apprentissage et les acquis-besoins.

Dans le **tableau 42**, les priorités des contenus physique ont montré qu'en préformation et formation, il existe un développement aérobie constant de U12 à U15 (~27-26-26-29 % respectivement). En préformation la vitesse correspond à une moyenne de 30 % et la coordination 27,6 %. Et en formation, la force correspond à 38,6 % et la vitesse à 35 % des contenus.

Tableau 42. Les qualités physiques (en %) développées chez les jeunes joueurs marocains.

| | U12 | U13 | U14 | U15 | U16 | U17 |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Coordination | 31 | 36 | 16 | 14 | 2 | 1 |
| Aérobie capacité | 27 | 26 | 26 | 29 | 17 | 15 |
| Vitesse | 24 | 21 | 45 | 19 | 42 | 44 |
| Force | 11 | 13 | 12 | 37 | 39 | 40 |
| Souplesse | 7 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Ainsi, de U12 à U15, les jeunes ont acquis la capacité à répéter les efforts et avoir une bonne récupération grâce au développement constant des capacités aérobies. En préformation, les joueurs ont acquis des compétences de vitesse. En formation le développement de la force compléter par la maîtrise individuelle technique et collective du jeu. En U12 et U13 priorité au développement de coordination (~31-36 %) et de l'aérobie (~27-26 %). U14 la vitesse (~45 %), U15 la force (éducation musculaire avec le poids du corps), ~37 %, U16-U17, la vitesse (~42-44 %) et le force (~39-40 %).

e) Conclusions et applications pratiques

Les joueurs marocains sont caractérisés par des qualités comme l'endurance. Cette étude permet de donner des perspectives et des orientations de travail pour les prochaines années et générations : Monter en puissance ! Il faut travailler en préformation (U12-U15) les qualités aérobies, de coordination et de vitesse. En formation, le développement des qualités de force et de vitesse, nécessaires pour affronter le haut niveau. Le Maroc est capable au vu des performances

des pensionnaires de l'équipe nationale A : 2 des 16 joueurs ayant subi le programme de travail athlétique à l'Académie Mohammed VI de football ont participé à 19 ans, comme titulaires, à la Coupe d'Afrique des Nations en 2017 (CAN) puis 3 joueurs participaient à la coupe du Monde 2018 en Russie avec l'équipe A du Maroc.

Le retard pris par le foot marocain est palpable. Le pays reste sur un passé de gloire (les années 80). Au début des années 2000, le football marocain a pris du retard au niveau des résultats internationaux et continental (Afrique). Plusieurs initiatives sont tentées par la Fédération Royale Marocaine de Football (FRMF) ciblant avant tout la vitrine surexposée de l'équipe nationale. Là où tout le monde attend des résultats. Les résultats ne suivent pas avec uniquement des joueurs qui évoluent dans des championnats européens et qui pour certains sont de véritables stars dans leurs clubs respectifs. Ce qui manquait avant tout c'est une approche managériale pour identifier les besoins (infrastructure, formation, ressources humaines) évaluer les moyens et planifier ensuite les objectifs. Sans cela impossible de s'inscrire dans les standards internationaux exigés pour le football de haut niveau. La création et l'ouverture de l'Académie Mohammed VI, créée sous hautes directives du souverain avec pour mot d'ordre de mettre en place un véritable projet de formation pour les jeunes joueurs marocains est très important pour le football national. Le bilan est très positif. L'ensemble des parties prenantes de ce beau projet est satisfait car des jeunes qui avaient entre 10 et 13 ans ont été pris en charge pour ce projet de formation. Au Maroc, à l'époque, on ne s'occupait que de joueurs à partir de 14 ans. Sur les 16 jeunes qui ont passé les 6 ans de formation, 15 ont eu un contrat professionnel, dont 4 en Europe et 2 ont joué avec l'équipe nationale A. L'académie a gagné 5 titres de champion du Maroc (3 en U19 et 2 en U15). Mais aussi et le plus important, c'est que beaucoup de clubs commencent à comprendre l'intérêt de la formation des jeunes. Au bout de quelques années seulement, les pupilles de l'école de football (U11) se font remarquer dans la plupart des tournois internationaux avec l'aboutissement de la Danone Cup (l'équivalent du championnat du monde, pour les jeunes footballeurs) à Marrakech en 2015, compétition remportée par les marocains. La performance du football marocain passe par la connaissance et les priorités des contenus d'entraînement pour former les jeunes apprentis.

Deux idées essentielles ressortent de cette étude : *premièrement*, le développement des contenus de vitesse et de force est primordial. *Deuxièmement*, il faudra à l'avenir, pour être plus performant dans l'approche formative, être capable de connaître avec précision le profilage du jeune joueur en formation.

CHAPITRE XI. DISCUSSION GENERALE

Mais plus que la vitesse de pointe, c'est bien la capacité d'accélération ou "vitesse de démarrage" qui apparaît essentielle dans la construction du joueur de haut niveau, avec un objectif : être toujours plus vite dans l'action, au service du collectif. Après cet état de fait associé à l'expérience d'entraîneur et de préparateur physique renforcent l'idée selon laquelle le football professionnel requiert désormais une capacité à répéter des efforts courts, variés et successifs, le plus rapidement et le plus grand nombre de fois possibles. Au niveau technico-tactique, le football moderne préconise davantage l'intensité des courses que leur longueur avec des courses intenses et des sprints. Le football de haut niveau met l'accent sur les problèmes technico-tactique et d'espace-temps. La notion de crise d'espace et de temps est un paramètre à prendre avec une grande considération dans l'approche de l'entraînement. L'augmentation de la densité (bloc équipe compact sur 20 à 25m) nécessite des joueurs plus rapides (vitesse de course, de réaction, de décision et d'exécution), plus forts dans les duels au sol et aériens (forces physique et mentale) et capables de répéter les efforts dans le temps et à haute intensité.

La tâche et le rôle du footballeur moderne peut se résumer en deux composantes. Le composite défensif « on n'a pas le ballon » et le composite offensif « on a le ballon ». Au niveau défensif on a trois phases : *premièrement* la rigueur physique illustré par la notion de duels (la concentration, la force physique, le timing) pour empêcher l'adversaire de se créer des occasions de buts. *Deuxièmement*, la récupération du ballon par l'interception qui nécessite des compétences telles que le sens de la position, l'intelligence tactique (lecture du jeu) et l'endurance. *Troisièmement*, suite à la récupération la distribution du ballon (possession, maîtrise et circulation) qui demande des compétences de vision du jeu et technique. Au niveau offensif, trois phases également : la percussive (technique, prise de risque, explosivité), la mise en danger de l'adversaire (technique, vision de jeu, prise de décision rapide, créativité), et la finition (sang-froid, précision).

Le football est donc une succession défensive ou/et offensive de trois actions successives, variées et brèves.

L'activité du footballeur dans les phases de jeu est donc en trois temps : 1 premier effort, un second effort et un troisième.

Autant de considérations qui appuient et valident le fait que la vitesse de démarrage est devenue fondamentale pour l'accès au plus haut niveau d'expertise en football.

Les trois principaux objectifs étaient : (i) fournir des recommandations sur la façon dont les résultats pourraient être utilisés pour modéliser la formation future, (ii) fournir des normes pour des programmes de formation cohérents, évolutifs et efficaces, et (iii) diffuser ces résultats aux pays de l'Union nord-africaine de football (UNAF : Maroc, Algérie, Tunisie, Egypte, Libye), qui fait partie de la Confédération du football africain (CAF).

L'étude 1 a permis de conclure qu'au terme du protocole, les résultats ont montré que les performances s'étaient améliorées effectivement pour les 2 groupes sur la détente verticale (CMJ) et les 3 tests de sprints à 5, 10 et 20 mètres, et ce de manière significative ($p < 0,05$). Cependant il n'existe pas de supériorité de performance d'un groupe à l'autre. Ainsi, les deux formes de travail sprints navettes et sprints variés ont amélioré efficacement la performance en sprints lors de la phase de démarrage et cette amélioration s'est poursuivie jusqu'au 20 mètres.

L'étude 2 a permis de conclure que pendant la formation, le travail quotidien d'une condition physique individuelle d'au moins 30 minutes doivent être effectué sur 5 séances par semaine. En préformation (12-15 ans), il faut effectuer un travail technique spécifique sur les répétitions des gestes au poste et par ligne. De manière constante et progressive, développer l'apprentissage tactique par des situations de résolution de problèmes et spécialisation dans le poste en formation (16-17ans). Enfin, il est important de mettre en place des activités multidisciplinaires (karaté, basketball, handball, danse, course d'orientation, beach soccer, volleyball) et des séquences d'analyse vidéo spécifiques (individualisées ou collectives), pour former des athlètes de haut niveau responsables, autonomes et performants.

L'étude 3 a permis de faire émergé le profil du jeune joueur nord-africain. A U17, il mesurait en moyenne entre 1,74-1,80 m, pesait entre 61 et 67 kg, possédait une bonne capacité aérobie (VMA) entre 17,4-18,2 km/h⁻¹. Une qualité de force-coordination (CMJ) entre 45,5-46,1cm et une capacité de vitesse sur 10 m de 1,85 s (0,06), 20 m : 3,17 s (0,14) et 30 m : 4,43 s (0,21). Aussi, le formateur devra concentrer son action sur le développement de la puissance musculaire (ici exprimé par le CMJ) et de la vitesse (gestuelle et d'exécution). Mais également faire acquérir des habiletés et capacités technique en mouvement (non mesurés dans notre travail), avoir un sens et une polyvalence tactique développé. Cette analyse approfondie des qualités morphologiques et physiques des jeunes sportifs en phase de croissance va aider à l'optimisation de la performance sportive.

L'étude 4 a permis de donner des perspectives et des orientations de travail pour les prochaines années et générations : Monter en puissance ! Il faut travailler en préformation (U13-U15) les qualités d'endurance, de coordination et de vitesse. En formation, le développement des qualités de force et de vitesse, nécessaires pour affronter le haut niveau. Mais aussi et le plus important, c'est que beaucoup de clubs commencent à comprendre l'intérêt de la formation des jeunes. Deux idées essentielles ressortent de cette étude : premièrement, le développement des contenus de la vitesse et de la force est primordial. Deuxièmement, il faudra à l'avenir, pour être plus performant dans l'approche formative, être capable de connaître avec précision le profilage mental du jeune joueur en formation : personnalité, auto-détermination, motivation et objectifs individuels.

L'impact de la formation intensive en football sur le développement et l'évolution des qualités physiques n'a jamais été réalisé en Afrique du Nord.

L'objectif de l'étude longitudinale de 5 ans de jeunes joueurs de football élites marocains de 13 à 17 ans était d'analyser les différentes étapes du progrès des qualités physiques et l'évolution de ces performances dans la formation du futur footballeur de haut niveau. Les groupes constitués en fonction de leur réussite à l'issue de la formation à l'académie qui ont eu les mêmes charges de travail et le même volume de formation, ne nous permettent pas de conclure que les joueurs qui ont quitté l'Académie avec les plus hauts niveaux de performance et les contrats professionnels ont le plus grand potentiel physique au commencer et au cours de leur formation. Les joueurs n'ont montré aucune différence significative dans les critères physiques, indiquant que les critères physiques ne peuvent être utilisés pour discriminer parmi les jeunes footballeurs. Cependant, nous avons observé que les joueurs du G1 avaient des qualités de haute vitesse et de coordination au cours de leur première année dans le programme.

La performance physique s'améliore chez les jeunes footballeurs d'élite marocains pendant six saisons de football (12 à 17 ans) liées à l'évolution des caractéristiques anthropométriques et des qualités physiques. Pour la première fois en Afrique, on propose d'établir le profil du jeune joueur de football nord-africain de 17 ans (U17). Des mesures étaient mises en évidence sur les performances physiques d'endurance, de vitesse, de force-coordination et anthropométriques entre 2009 et 2015. Ces capacités progressent principalement entre 12 et 15 ans.

Ce suivi a permis chez des jeunes joueurs de football marocains la mise en évidence des fondamentaux de contenus de formation importants et nécessaires (**Tableau 42**). Le contenu de l'entraînement se doit de respecter des principes adaptés à leur âge et à leur niveau. Mais quels contenus ? Pour répondre à cette question, et pour la première fois sur le continent Africain, l'étude clinique sur de jeunes apprentis footballeurs marocains (U12 to U17) durant six saisons de la préformation à la formation dans une académie, propose un constat, un bilan et des perspectives de ce projet de formation footballistique. Un véritable projet de contenus pédagogiques (généraux et spécifiques) doit être mis en place pour le jeune footballeur en fonction des qualités et compétences demandées pour accéder au haut niveau.

Ainsi nous pouvons évoquer les contenus les jeunes footballeurs de l'Académie ont réalisés durant les six de formation, en préformation (U12-U15 ans) et formation (U16-U17 ans). Quatre objectifs majeurs ont été formulés pour atteindre et former des joueurs de haut niveau : une base et socle athlétique solide, un fort niveau technique individuel (maîtrise de balle), une compréhension du jeu (intelligence situationnelle) et le développement de la personnalité (attitudes, comportements).

Ainsi, le jeune apprenti footballeur marocain lors de sa formation est devenu un joueur endurant avec des qualités de vitesse, de force ayant une maîtrise technique individuelle et un sens du jeu collectif offensif.

Il faut travailler en préformation (U12-U15) les qualités d'endurance, de coordination et de vitesse. En formation (U16-U17), le développement des qualités de force et de vitesse, nécessaires pour affronter le haut niveau.

Pour finir, la problématique de la détection et du recrutement du jeune talent de demain est évoquée. La détection du bon potentiel est essentielle pour réussir à accéder au haut niveau. Il est primordial pour performer, de recruter des joueurs avec des prédispositions, des compétences footballistiques spécifiques, et qui possèdent un fort patrimoine athlétique (endurance, force, vitesse).

CHAPITRE XII. CONCLUSION GENERALE

De manière générale, il peut être conclu que les périodes et les stades d'apprentissage en formation ont un impact certain sur la performance et l'avenir des joueurs professionnels de football de demain.

Si la littérature ne faisait état jusqu'ici que d'un indice principal sur les incidences du processus formatif en football, la présente thèse a apporté des informations supplémentaires sur l'activité physique en formation et sur les conséquences pour accéder au haut niveau via des marqueurs techniques, tactiques.

Malgré le développement de la condition physique, les futurs joueurs professionnels de football sont soumis à une utilisation systématique de tous les facteurs de la performance : technique, tactique et psychologique.

Une stratégie et expertise sont nécessaires pour atteindre le haut niveau de performance. Des stratégies de récupération, optimisation des apports nutritionnels, hydriques, gestion de la charge d'entraînement, sont fortement conseillées pour gérer au mieux ces périodes de plus en plus présente dans le football au plus haut niveau de pratique. Le suivi régulier de la fatigue et des charges d'entraînement, de manière subjective (questionnaire RPE) et objective (suivi GPS, marqueurs physiologiques), est également la clé d'une gestion au plus proche des besoins de chaque joueur.

Il est souhaitable que les personnes impliquées dans leur préparation puissent adapter les stratégies précitées de manière individuelle.

La performance du football marocain passe par la connaissance et les priorités des contenus d'entraînement pour former les jeunes apprentis.

Une méthodologie de l'entraînement basée sur des efforts courts, variées et aléatoires intégrée dans les facteurs de performance physique, technique et tactique devrait permettre d'optimiser le futur joueur professionnel de demain.

BIBLIOGRAPHIE

A

Agnevič G. Fotboll Rapport. Idrottsfysiologi, Trygg-Hansa, Stockholm, 1970.

Alricsson M, Harms-Ringdahl K, Werner S. Reliability of sports related functional tests with emphasis on speed and agility in young athletes. *Scand J Med Sci Sports* 11(4): 229- 232, 2001.

Armstrong N, Van Mechelen W. *Pediatric Exercise and Medicine*. Oxford University Press; 2000.

Antero-Jacquemin JD, Berthelot G, Marck A, Noirez P, Latouche A, Toussaint JF. Learning from leaders: Life-span trends in Olympians and supercentenarians. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2014; pii: glu130.

Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 2003, 13: 244-250.

Aziz AR, Mukherjee S, Chia MY, The KC. Relationship between measured maximal oxygen uptake and aerobic endurance performance with running repeated sprint ability in young elite soccer players. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. 2007, 47 (4): 401-7.

B

Baali, A., Lahmam, A., cherkaoui, M., Lamtali, S., Amor, H., Rovillé-sause, F., Boetsch, G. Age à la menarche : Age-related evolution (1982-2002) and relationship to height, weight and body mass index in adolescent girls in the city of Marrakech (Morocco). *Biom Hum and Anthropol* 2: 355-40, 2003.

Balsom PD, Segger JY, Ekblom B. Aphysiological evaluation of high intensity intermittent exercise. Abstract from the 2nd World Congress on science and Football, 22-25, Veldhoven, 1991.

Balsom PD. Guide de l'entraînement du footballeur. Editions Polar librairie, 1999.

Balyi, Way, Norris, Cardinal & Higgs. 2005, Canadian sport for life.

Bangsbo J, Gunnarsson TP, Wendell J, Nybo L, Thomassen M. Reduced volume and increased training intensity elevate muscle Na⁺-K⁺ pump alpha2-subunit expression as well as short- and long-term work capacity in humans. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2009 Dec; 107(6):1771–80.

Bangsbo, J., The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand Suppl*, 1994. 619: p. 1-155.

Bangsbo J. et coll (1991) *Can. J. Sports Sci.* 16, 110-116.

Bangsbo J, Norregaard L, Thorso F. Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sport Sci.* 1991 16(2): 110-116.

Bangsbo J, Michalsik L. Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. In Spinks W, Reilly T et Murphy WJ (eds), *Science and Football IV*, 53-62. Routledge eds, Great Britain, 2002.

Bangsbo J, Mizuno M. Morphological and metabolic alterations in soccer players with detraining and retraining and their relation to performance. In Reilly T, Lees A, Davids K et Murphy WJ (eds), *Science and Football*, pp 114-124. London/New York, 1988.

Bangsbo J. Fútbol : entrenamiento de la condición física en el fútbol. Eds Paidotribo, 2008.

Bangsbo J. Aerobic and anaerobic training in soccer. Eds Stormtryk Bagsvaerd, 2007.

Bangsbo J. Fitness Training in football: a scientific approach. Eds Bagsvaerd, Danemark: HO + Storm, 1994.

Bangsbo J. Energy demands in competitive soccer. *J. Sports Sci.* 1994, 12 :5-12

Bauer E. Humanbiologie. Verhagen und Klasing, Berlin, 1981.

- Baxter-Jones, N Maffulli and P Helms. Low injury rates in elite athletes Arch Dis Child 68(1): 130 -132,1993.
- Bazett-Jones DM, Gibson MH, McBride JM. Sprint and vertical jump performance are not affected by six weeks of static hamstring stretching. J. Strength Cond. Res. 2008, 22 (1) : 25-31.
- Behm DG, Sala DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. J. Appl. Physiol.1993, 74(1): 359-368.
- Berthelot G, Len S, Hellard P, Tafflet M, Guillaume M, Vollmer JC, et al. Exponential growth combined with exponential decline explains lifetime performance evolution in individual and human species. Age (Dordr). 2012;34(4):1001-9.
- Berthoin S., Gerbeau E., Turpin M., Guerrin F., Lenseleir G., Vandendorpe F. Comparison of two field tests to estimate maximum aerobic speed. J. Spt. Sciences 12(4): 355-362, 1994.
- Beunen, G. P., & Malina, R. M. Growth and physical performance relative to the timing of adolescent spurt. Exercise and Sport Sciences Reviews 16, 503-540, 1988.
- Beunen, G., Simons, J., Ostyn, M., Renson, R., & Van Gerven, D In: Learning effects in repeated measurements designs, eds. K. Berg & B. O. Eriksson: Children and exercises IX, 1980. pp. 41- 48.
- Beunen GP, Thomis M. Muscular strength development in children and adolescents. Ped Exerc Sci. 12:174–19, 2000.
- Billat V, Hill DW, Pinoteau J, Petit B, Koralsztein JP. Effect of protocol on determination of velocity at VO2 max and on its time to exhaustion. Arch. Physiol ; biochem. 1996, 104 : 313-321.
- Billat V. Physiologie et méthodologie de l'entraînement, de la théorie à la pratique. Eds De Boeck, 2^{ème} édition, 2003.
- Billat V. Physiologie et méthodologie de l'entraînement, de la théorie à la pratique. Eds De Boeck, 1998.
- Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability—part II: recommendations for training. Sports Med Auckl NZ. 2011 Sep 1; 41(9):741–56.
- Bonthuis M, Jager KJ, Abu-Hanna A, Verrina E, Schaefer F, van Stralen KJ. Application of body mass index according to height-age in short and tall children. PLoS One.2013;8(8):e72068.
- Brewer JD, Knowles JE. The female payer. In: Ekblom B, Eds Football (soccer). London: Blackwell Scientific, 95-99, 1994.
- Brocherie F, Millet GP, Girard O. Neuro-mechanical and metabolic adjustments to the repeated anaerobic sprint test in professional football players. Eur J Appl Physiol. 2015 May; 115(5):891–903. doi:10.1007/s00421-014-3070-z PMID:25481506.
- Brown PI, Hughes MG, Tong RJ. The effect of warm-up on high-intensity, intermittent running using motorized treadmill ergometry. J. Strength Cond. Res. 2008, 22(3): 801-8.
- Brown PI, Hughes MG, Tong RJ. Relationship between VO2 max and repeated sprint ability using non-motorised treadmill ergometry. J. Sports Med Phys. Fitness. 2007, 47(2): 186-190.
- Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. Sports Med Auckl NZ. 2013 May; 43(5):313–38.
- Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Delhomel G, Brughelli M, Ahmaidi S. Improving repeated sprint ability in young elite soccer players: repeated shuttle sprints vs. explosive strength training. J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc. 2010 Oct; 24(10):2715–22.
- Burgomaster KA, Cermak NM, Phillips SM, Benton CR, Bonen A, Gibala MJ. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2007 May; 292(5): R1970–6. PMID:17303684.

C

- Carminati Y, Di Salvo V. L'allenamento della velocità nel calciatore. Eds Calzetti Mariucci, Perouse, Italie, 2003.
- Cazorla G, Léger L. Comment évaluer et développer vos capacités aérobies. Epreuves de course navette et épreuve Vameval. Eds AREAPS: 123, 1993.
- Cazorla, Fahri (1998) Revue EPS N°273.
- Chamari, K, Hachana Y, Kaouech F, Jeddi R, Moussa-Chamari I Wisloff U. Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *British journal of sports medicine*, 39(1), 24-28.
- Chatard JC. Aptitude physique du footballeur. Eds Brucosport, Brugge, Belgique.
- Chin MK, Lo YS, Li CT, So CH. Physiological profiles of Hong Kong elite soccer players. *Br J Sports Med* 26(4): 262-6, 1992.
- Cicioni-Kolsky D, Lorenzen C, Williams MD, Kemp JG. Endurance and sprint benefits of high-intensity and supramaximal interval training. *Eur J Sport Sci.* 2013; 13(3) :304–11. doi :10.1080/17461391.2011.606844PMID:23679147 Côté et coll. (2007) *Handbook of sport psychology*, 3rd edition, pp. 184-202.
- Coburn JW, Housh TJ, Malek MH, Weir JP, Cramer JT, Beck TW, Johnson GO. Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. *J. Strength Cond. Res.* 2006, 20(4): 892-8.
- Coelho e Silva MJ, Figueiredo AJ, Elferink-Gemser MT, Malina RM. 2016. Youth sports: growth, maturation and talent. Coimbra University Press.
- Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med Auckl NZ.* 2007; 37(9):737–63.
- Cohen J. 1988. « Statistical Power Analysis for the behavioral sciences », Psychology Press.
- Cometti G, Maffiuletti NA, Pousson M, Chatard JC, Maffulli N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite, and amateur French soccer players. *Int. J. Sports Med.* 2001, 22(1) : 45-51.
- Cometti G. La préparation physique en football. Eds Chiron, 2002.
- Cometti G. Football et musculation. Eds Maury, 1993.
- Cometti G. Les méthodes modernes de musculation, compte rendu du colloque de novembre 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, eds : Université de Bourgogne. Tome I données théoriques, 1988.
- Côté J, Baker J, Abernethy B. Practice and play in the development of sport expertise. *Handbook of sport psychology*, 3rd edition, 2007 pp. 184-202.
- Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *J. Strength Cond. Re.* 2005, 19(2): 349-357.
- Crowther GJ, Jubrias SA, Gronka RK, Conley KE. A “functional biopsy” of muscle properties in sprinters and distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002, 34(1): 1719-24.

D

- Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, Cole K. Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol.* 1998 Jul; 78 (2):163–9
- Dawson B. Periodisation of speed and endurance training. In P.R.J. Reaburn et D.G. Jenkins (Eds.), *Training for speed and Endurance* (pp. 76-96). Sydney: Allen et Unwin, 1996.
- Dellal A (Eds). Barriau P, Castagna C, Chamari K, Chaouachi A, Chinelli S, Coutts AJ, Dyon N, Hagist L, Impellizzeri F, Moalla W, Monkam Tchokonte SA, Pintus A, Rampinini E, Reiss D. De l'entraînement à la performance en football. Eds DE Boeck, 2008.

Deprez D, Valente-Dos-Santos J, Coelho-E-Silva MJ, Lenoir M, Philippaerts R, Vaeyens R. 2015. Longitudinal Development of Explosive Leg Power from Childhood to Adulthood in Soccer Players. *Int J Sports Med.* 36(8):672-9.

Deprez D, Valente-Dos-Santos J, Coelho ESM, Lenoir M, Philippaerts RM, Vaeyens R. Modelling developmental changes in Yo-Yo IR1 in elite pubertal soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014 ; 9:1006–1012.

Diaz, M. Manual de Antropometria para el trabajo en Nutrición. La Habana, Cuba : Instituto de Higiene de los Alimentos, Laboratorio de Antropometria ; 1992.

Diego VP, de Chaves RN, Blangero J, de Souza MC, Santos D, Gomes TN, dos Santos FK, Garganta R, Katzmarzyk PT, Maia JA. Sex-specific genetic effects in physical activity: results from a quantitative genetic analysis. *BMC Med Genet.* 16-58, 2015.

Di Prampero PE. Factors limiting maximal performance in humans. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2003, 90(3-4): 420-9.

Di Salvo V, Baron R, Tschan H, Calderon Montero F, Bachl N, Pigozzi F. Performance Characteristic According to Playing Position in Elite Soccer. *Int. J. Sports Med.* 2007, 28(3): 222-227.

Di Salvo V, Pigozzi F. Physical training of football players based on their positional rules in the team. Effects on performance-related factors. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 1998, 38(4) : 294-7.

Direction Technique Nationale et Fédération Française de Football. Analyses et enseignements de l'Euro 2000. CTNFS, Marszalek et Maingot, 2000.

Dufour M. La vitesse. Cours de DESS, Strasbourg, France.

E

Elferink-Gemser MT, Visscher C, van Duijn MA, Lemmink KA. Development of the interval endurance capacity in elite and sub-elite youth field hockey players. *Br J Sports Med.* 40(4) : 340-345, 2006.

El Hioui M. Etude cognitivo-comportementale, neuropsychologique et nutritionnelle chez les consultants adultes et les écoliers anémiques de la région rurale de Kénitra. Thèse de doctorat en cotutelle. Université Ibn Toufail, Faculté des Sciences. Kénitra, Université Charles de Gaulles, Lille 3 ; 2008.

Eklblom B. Applied physiology of soccer *Sports Med* 1986.

Furr M. 2008. « Summary of effect size and their links to inferential statistics », Psychology Department, Wake Forest University.

F

Feliú Rovira, M Albanell Pemán, C Bestit Cartasona, F Baños Martínez, J Fernández-Ballart, C Marti-Henneberg. Prediction of Physical Endurance in Athletes During Puberty: Analysis of High Performance Soccer Players. *An Esp Pediatr* 35 (5): 323-326, 1991.

Field A. Discovering Statistics Using SPSS. UK, London, 2005.

FIFA 2015 World Cup technical report and statistic. Eds FIFAnd, 2015.

FIFA 2010 World Cup technical Report. Eds FIFAnd, 2010.

Figueiredo A.J, Gonçalves CE, Coelho E Silva MJ, Malina RM. Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals of human biology.* 36(1), 2009.

Fox EL, Mathews DK. Bases physiologiques de l'activité physique, traduit et adapté par François Peronnet. Eds Vigot et Décarie, 1981.

Freult ML, Peres Activité physique et obésité de l'enfant et l'adolescent. *Obesity.* 2006 ; 1 :51- 57.

G

- Gacon G. Amélioration de la force de l'appui et entraînement chez le coureur de demi-fond. *AEFA* 1997 ; 146 : 19-25.
- Gambetta V. Les principes de l'entraînement pliométriques. Insep n° 579, 1987.
- Garcia Lopez LM, Gutiérrez Diaz Del Campo D, Abellan Hernandez J, Gonzalez-Villora S, Webb LA. Expert-novice differences in procedural knowledge in young soccer players from local to international level. 2010, vol. 5(3): 444-452.
- Garry JP, McShane JM. Postcompetition elevation of muscle enzyme levels in professional football players. *Med. Gen. Med.* 2000, 32(1): E4.
- Gaudino P, Iaia FM, Alberti G, Strudwick AJ, Atkinson G, Gregson W. Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *Int J Sports Med.* 2013 Nov ; 34(11) :963-8. doi: 10.1055/s-0033-1337943. Epub 2013 Apr 2.
- Cazorla, Fahri (1998) Revue EPS N°273.
- Gianoudis J, Webster KE et Cook J. Volume of physical activity and injury occurrence in young basketball players. *J Sports Science Med*, 2007 7 :139-43.
- Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol.* 2006 Sep 15; 575(Pt 3):901–11. PMID:16825308.
- Gil SM, Gil J, Ruiz F, Irazusta A, Irazusta J. Physiological and anthropometric characteristics of young soccer players according to their playing position: relevance for the selection process. *J. Strength Cond. Res.* 2007, 21(2) : 438-45.
- Gil S, Ruiz F, Irazusta A, Gil J, Irazusta J. Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *J Sports Med Phys Fitness.* 47:25–32, 2007.
- Gissis I, Papadopoulos C, Kalapotharakos VI, Sotiropoulos A, Komsis G, Manolopoulos E. Strength and speed characteristics of elite, subelite, and recreational young soccer players. *Res. Sports Med.* 2006, 14(3): 205-14.
- Glaister M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanism of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Med.* 2005, 35(9):757-77.
- Gonaus C, Muller E. Using physiological data to predict future career progression in 14- to 17-year-old Austrian soccer academy players. *J Sports Sci.* 30:1673-1682, 2012.
- Goriot G. Les fondamentaux de l'athlétisme. Eds Vigot, 1984.
- Guillaume M, Helou NE, Nassif H, Berthelot G, Len S, Thibault V, et al. Success in developing regions: worldrecords evolution through a geopolitical prism. *PLoS One.* 28;4(10):e7573.
- Gunnarsson TP, Christensen PM, Holse K, Christiansen D, Bangsbo J. Effect of additional speed endurance training on performance and muscle adaptations. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Oct; 44 (10):1942–8. doi: 10.1249/MSS.0b013e31825ca446PMID:22617392.

H

- Harland MJ, Steele JR. Biomechanics of sprint start. *Sports Med.* 1997, 23(1): 11-20.
- Harriss DJ, Atkinson G. Ethical standards in sport and exercise science research. *J Sports Med* 34: 1025-1028, 2014.
- Hawkins R. The official FA guide to success on and off the pitch: Fitness for football. The FA learning (federation anglaise de football), Eds Hodder Arnold, 2004.
- Hoff J, Helgerud J. Maximal strength training enhance running economy and aerobic endurance performance. In: Hoff J, Helgerud J, editors. Football (soccer). Trondheim, Norvège, university of science and technology, 2002.
- Hoff J. Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J. Sports Sci.* 2005, 23(6): 573-582.

Hopkins, W G, Marshall, S W, Batterham A M, Hanin J. 2009. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Med Sci Sport Exer.* 41:3-13.

Hughes V. The big fat truth. *Nature.* 2013;497(7450):428-30.

Huijgen, B.C., et al., Soccer skill development in talented players. *Int J Sports Med,* 2013. 34(8): p. 720-6.

Huijgen BC, Elferink-Gemser MT, Post W, Visscher C. 2010. Development of dribbling in talented youth soccer players aged 12-19 years: a longitudinal study. *J Sports Sci.* 28:689–698.

Hunter I, Smith GA. Preferred and optimal stride frequency, stiffness and economy: changes with fatigue during a high-intensity run. *Eur. J Appl. Physiol.* 2007, 100(6): 653-61.

Hunter JP, Marshall RN, Mac Nair P. Reliability of biomechanical variables of sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004, 36(5): 850-61.

I

Iaia FM, Bangsbo J. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Oct; 20 Suppl 2:11–23.

Iaia FM, Thomassen M, Kolding H, Gunnarsson T, Wendell J, Rostgaard T, et al. Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na⁺-K⁺ pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2008 Mar; 294 (3): R966–74. PMID:18094063

Ingebrigtsen J, Shalfawi SAI, Tønnessen E, Krstrup P, Holtermann A. Performance effects of 6 weeks of aerobic production training in junior elite soccer players. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 2013 Jul; 27(7):1861–7.

Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Martino F, Fiorini S, Wisloff U. Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *Br. J. Sports Med.* 2008, 42(1) : 42-6.

J

Jacquet A, Morlans JP, Blaquard F, Domenech R, Doyen J, Dusseau C, Mankowski P, Martini B, Rabat L. Analyses et enseignements de la coupe du monde 2002. Direction Technique Nationale de la Fédération Française de Football, CTNFS et FFF, Marszalek et Le Guillard, 2000.

Joch W, Uckert S. Aufwärm effekte : kriterien für ein wirkungsvolles aufwärmen im sport. *Leistungssport* 2001, 31 (3): 15-19.

K

Kohl HW, Cook HD. 2013. Educating the student body: Taking physical activity and physical education to school. National Academies Press, 2013.

Kollath E, Quade K. Measurement of sprinting speed of professional and amateur soccer players. In: Reilly T, Clarys J, Stibbe I, editors. *Science and Football II*, Londres, 1993: 31-36.

Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaiakevou G, Patikas D. The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2005, 19(2): 369-375.

Kovacs MS. Tennis physiology: training the competitive athlete. *Sports Med* 37(3): 189-198, 2007.

Kovacs MS. Applied physiology of tennis performance. *Br J Sports Med.* 2006 40(5): 381-385, 2006.

Kraan GA, Van veen J, Snijders CJ, Storm J. Starting from standing; why step backwards ?*J. Biomech.* 2001, 34(2) : 211-5.

Kramer T, Valente-dos-Santos J, Coelho-E-Silva MJ, et al. Modeling longitudinal changes in 5-m sprinting performance among young male tennis players. *Percept Mot Skills* 1: 299-318, 2016.

Krustup P, Mohr M, Steensberg A, Bencke J, Kjaer M, Bangsbo J. Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2006, 38(6) :1165-1174.

L

Lacour JR, Coudert J, Fellmann N, Flandrois R, Hyacinthe R, Therminarias H, Vandewalle H. Biologie de l'exercice musculaire. Eds Masson, 1992.

Lacroix, Cometti (2002) Mémoire "l'analyse des efforts du footballeur".

Lago-Penas C, Casais L, Dellal A, Rey E, Dominguez E. Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *Journal of strength and conditioning research* 2011, 25(12): 3358-3367.

Lakomy J, Haydon DT. The effects of enforced, rapid deceleration on performance in a multiple sprint test. *J. Strength Cond. Res.* 2004, 18(3): 579-83.

Lamtali S, Baali A, Cherkaoui M, Lahmam A, Ouzennou N, Sadki B, Ouselhal, Argan, Aboussad A, Boetsch G and Panuel JM. Estimation of the bone age of a group of Moroccan children Aged between 7 and 17 years. *Biom Hum and Anthropol* 24: 151-159, 2006.

Lamtali S., Baali A., Cherkaoui M, Lahmam A., Ouzennou N., Sadki, Ouselhal, Argan M., Aboussad A., Boetsch G., Panuel J.M. Estimation of the bone age of a group of Moroccan children aged 7 to 17 years. XXVIIth Colloquium of the GALF (Group of Anthropologists of French Language): Anthropobiology, Evolution and History of the populations, Toulouse 26-28 May 2005.

Lamtali S., Cherkaoui M, Ouzennou N., Amor H., Lahmam A., Boetsch G., Panuel M., Baali A. Growth of Moroccan children in recent decades. XXVIth Colloquium of the GALF (Grouping of Anthropologists of French Language): biodiversity of Mediterranean human populations. Marrakech, 23- 26 september 2003.

Laure, P., Binsinger, C. L'activité physique et sportive régulière : un déterminant des résultats scolaires au collège. *Science & Sports.* 2009; 24(1), 31-35.

Leatt P, Shepard RJ, Plyley MJ. Specific muscular development in under-18 soccer players. *J. Sports Sci.* 1987, 5(2): 165-175.

Lees A, Nolan L. The biomechanics of soccer: a review. *J. Sports Sci.* 1998, 16(3): 211-34.

Le Gall et coll. (2006) *Scan J Med Sports*.

Le Gall F. INF : suivi médical et physiologique. Eds INF ; 2002.

Le Gallais D, Millet G. La Préparation Physique – Optimisation et limites de la performance sportives. Eds Masson, 2007.

Leigh S, Gross MT, Li L, Yu B. The relationship between discus throwing performance and combinations of selected technical parameters. *Sports Biomech.* 2008, 7(2): 173-93.

Lemmink KA, Dijkstra B, Visscher C. Effects of limited peripheral vision on shuttle sprint performance of soccer players. *Percept. Mot. Skills.* 2005, 100(1): 167-75.

Lemmink KA, Visscher C. Effects of intermittent exercise on multiple-choice reaction times of soccer players. *Percept. Mot. Skills.* 2005, 100(1): 85-95.

Leroux P. (2006). Football ; planification et entraînement pour atteindre la performance. Amphora.

Lippi M. Interview of Marcelo Lippi. The Technician – UEFA newsletters for coaches, N°35, Janvier 2007.

Little T, William AG. Effects of sprints duration and exercise: rest ratio on repeated sprint performance and physiological responses in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2007, 21(2): 646-8.

Little T, William AG. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2006, 20(1): 203-7.

Little T, William AG. Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.* 2005, 19(1): 76-8.

Lloyd, Rhodri S, Oliver JL. The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength & Conditioning.* p. 61–72, 2012.

Lohman TG, Roche AF, Martorell R. Anthropometric Standardization Reference Manual. Champaign, IL: Human Kinetics, 1988.

Loukid, M. Growth and Development of the children of the city of Marrakech North of the Medina and periurban areas. PhD thesis, Department of Biology, Semlalia Faculty of Sciences, Cadi Ayyad University, Marrakech, 1989.

Loukid P. Croissance des enfants de la ville de Marrakech (Maroc) : analyse comparative avec des enfants espagnols. *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris.* Volume 3 Numéro 3 ; p. 211-224, 1991.

Lunn PG. The impact of infection and nutrition on gut function and growth in childhood. *Proc Nutr Soc.* 2000 Feb;59(1):147-54.

M

Mac Ardle WD, Katch F, Katch V. *Physiologie de l'activité physique.* Eds Maloine, 2001

Malina R, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European journal of applied physiology.* 2004, 91(5-6): 555-562.

Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Timing and sequence of changes during adolescence. *Growth, Maturation, and physical Activity.* Champaign, IL: Human Kinetics, 2004, pp. 307-336.

Malina M. & Bouchard C. *Growth, Maturation and Physical Activity.* Edited by Pp.1991, 501.

Malina R, Eisenmann JC, Cumming SP, Ribeiro B, Aroso J. Maturity-associated variation in the growth and functional capacities of youth football (soccer) players 13-15 years. *European journal of applied physiology.* 91(56): 555-562, 2004.

Manuel J. Coelho e Silva, António J. Figueiredo, Marije T Elferink-Gemser, Robert M. Malina. *Youth sports: growth, maturation and talent.* Coimbra University Press, 2016.

Masland RP. The adolescent: Athletics and development. *J Adolesc Health Care* 3(4): 237-240, 1983.

Mbemba F, Mabilia-Babela JR, Massamba A, Senga P. A nutrition survey among schoolchildren in Brazzaville, Congo. *Arch Pediatr.* 2006 Jul;13(7):1022-8.

McKenna MJ, Schmidt TA, Hargreaves M, Cameron L, Skinner SL, Kjeldsen K. Sprint training increases human skeletal muscle Na(+)-K(+)-ATPase concentration and improves K⁺ regulation. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1993 Jul; 75(1):173–80.

Meylan CMP, Cronin JB, Olivier JL, Hopkins WG, Contreras B. The effect of maturation on adaptations to strength training and detraining in 11–15-year-olds. *2013 Scand J Med Sci Sports.*

Mike D. Hughes & Roger M. Bartlett. *The use of performance indicators in performance analysis* 20: 739-754, 2010.

Minister of Health ENPSF 2011, Mentioned by UNICEF: *Situation of Children and Women in Morocco - Analysis according to the Equity Approach* (Sitan, September 2014) p. 51.

Mohr M, Krstrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MK, Juel C, et al. Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2007 Apr; 292(4):R1594–602. PMID:17194727.

Molnar D, Livingston B. Physical activity in relation to overweight and obesity in children and adolescents. *Eur J Pediatric.* 2000 (159): 45-55.

Moore LL, Nguyen US, Rothman KJ, Cupples LA, Ellison RC. Preschool physical activity level and change in body fatness in young children. The Framingham Children's Study. *Am J Epidemiol.* 1995;142(9):982-8.

Malina M. & Bouchard C. Growth, Maturation and Physical Activity. Edited by Pp. 501. (Human Kinetics Books, Champaign, Illinois, 1991 : Edited by Pp. 501.

Martin JC. Muscle power: the interaction of cycle frequency and shortening velocity. *Exerc.Sport Sci. Rev.* 2007, 35(2): 74-81

Meier R. Entrenamiento de la fuerza en futbol. Eds Tutor, 2007

Mendes-Villanueva A, Hamer P, Bishop D. Fatigue in repeated-sprint exercise is related to muscle power factors and reduced neuromuscular activity. *Eur. J Appl. Physiol.* 2008, 27

Mirkov DM, Kukolj, Ugarkovic D, Koprivica VJ, Jaric S. Development of anthropometric and physical performance profiles of young elite male soccer players: a longitudinal study. *Journal of strength and conditioning research. National Strength and Conditioning Association*, 24(10), 2677-2682

Mohr M, Krstrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MK, Juel C, et al. Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2007 Apr; 292(4): R1594–602. PMID:17194727.

Mourinho J. Interview of José Mourinho. The technician – UEFA newsletters for coaches, N°27, Janvier 2005

Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003 Jul ;21(7) :519-28.

N

Nassif H, Sedeaud A, Abidh E, Schipman J, Tafflet M, Deschamps T, et al. Monitoring fitness levels and detecting implications for health in a French population: an observational study. *BMJ Open.* 2012.

Newmann MA, Tarpennig KM, Marino FE. Relationships between isokinetic knee strength, single-sprint performance, and repeated-sprint ability in football players. *J. Strength Cond. Res.* 2004, 18(4): 867-72.

O

Onís M, Monteiro C, Akre J, Glugston G. The worldwide magnitude of protein-energy malnutrition: an overview from the WHO Global Database on Child Growth. *Bull World Health Organ.* 1993;71(6):703-12. *J Obes.* 2008;32(1):1-11.

Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int.*

Ortenblad N, Lunde PK, Levin K, Andersen JL, Pedersen PK. Enhanced sarcoplasmic reticulum Ca⁽²⁺⁾ release following intermittent sprint training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2000 Jul; 279 (1): R152–60. PMID:10896877.

Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc.* 2010 Jan;42(1):170-8. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd.

Ouzennou, N., Amor, H., Baali, A., Lamtali, S., Slitine, N., Rovillé-Sausse, F. Evolution of the weight growth and nutritional status of infants in the city of Marrakech during the last two decades (1985-2005). *Biom Hum. Et Anthropol.* 2006; 24,3-4, 281-287.

P

- Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, Gonzalez-Henriquez JJ, Dorado C, Calbet JA. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2008, 102(6): 685-94.
- Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Rentarhgen BV. 2007. Longitudinal changes in isokinetics strength in relation to peak height velocity in youth soccer players. *J Sports Sci Med.* 10:57-61.
- Philippaerts RM, Vaeyens R, Janssens M, Van Renterghem B, Matthys D, Craen R, Bourgois J, Vrijens J, Beunen G, Malina RM. 2006. The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci.* 24:221–230.

R

- Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, Ben Abderrahmane A, De Sousa MV, Chamari K, Amri M, Coquart JB. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016 Jan;41(1):103-9.
- Rampinini et coll. (2007) *Int J sport Med.* 11 Ratel et coll. (2012) *Sci Sports,* 27 :195-200.
- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in Top Level Soccer Match Performance. *Int. J. Sports Med.* 2007, 11.
- Ranatunga WK. The force-velocity relation of rats fast and slow twitch muscles examined at different temperature. *J. Physiol.* 1984, 351: 517-529.
- Ratel S, V Martin. Les exercices anaérobies lactiques chez les enfants : la fin d'une idée reçue ? *Sci Sports,* 2012, 27 :195-200.
- Rebello-Gonçalves R, Coelho-e-Silva MJ, Valente-dos-Santos J, Tessitore A, Figueiredo AJ. 2017. Longitudinal study of aerobic performance and soccer-specific skills in male goalkeepers aged 11–18 years. [Science and Medicine in Football](#). Volume 1.
- Reilly T, Bangsbo J, Franks A. 2000. Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Sports Sci.* 18: 669–683.
- Reilly T, Thomas V. Estimated daily energy expenditures of professional association footballers. *Ergonomics.* 1979, 22 : 541-548.
- Reilly T. Physiological aspects of soccer. *Biol. Sport* 1994, 11: 3-20.
- Reilly T., Thomas V. (1976) *J. Hum. Movement Studies* 2, 87-97.
- Rennat M. Philippaerts, Roel Vaeyens, Melissa Janssens, Bart Van Renterghem, Dirk Matthys, Rita Craen, Jan Bourgois, Jacques Vrijens, Guston Beunen & Robert M. Malina. *Journal of Sciences* 24 (3): 221- 230, 2006.
- Roberts AD, Billeter R, Howald H. Anaerobic muscle enzyme changes after interval training. *Int J Sports Med.* 1982 Feb; 3(1):18–21. PMID:7068292.
- Roetert EP, Brown SW, Piorkowskil PA, Woods RB. Fitness Comparisons Among Three different Levels of Elite Tennis Players. *J Strength Cond Res* 10: 139-143,1996.
- Romanova N. The sprint: nontraditional means of training (a review of scientific studies). *Soviet Sports Rev.* 1990, 99-104.
- Rønnestad BR, Hansen J, Vegge G, Tønnessen E, Slettaløkken G. Short intervals induce superior training adaptations compared with long intervals in cyclists—An effort-matched approach. *Scand J Med Sci Sports.* 2014 Jan 1.
- Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, Ortega FB, Sjöström M, Suni J, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2009;43(12):909-23.

S

Sampaio J, Macas V. Differences between football players sprint test performance across different levels of competition. In Reilly T, Cabri J et Araujo D (eds), *Science and Football V*, 122-128; Routledge eds, Great Britain, 2005.

Sassi R. La preparazione atletica nel calcio – 20 anni di esperienza. Eds Calzetti Mariucci, 2001.

Sbaïbi, R., Aboussaleh, Y., Ateïllah, K., & Ahami, A. O. T. Étude longitudinale de l'état staturo-pondéral des collégiens de la commune rurale Sidi El Kamel (Nord-Ouest Marocain). *Antropo*. 2013b; 29, 125-131.

Sedeaud A, Marc A, Marck A, Dor F, Schipman J, Dorsey M, et al. BMI, a performance parameter for speed improvement. *PLoS One*. 2014;9(2): e90183.

Sempe, Pedron (1979), Croissance et maturation osseuse, Theraplix.

Simmons, D. Talent Identification of British Diving. Physiological and Anthropometrical Test (cédérom), 2000.

Spencer M, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*. 2005, 35(12): 1025-44.

Stanaway FF, Gnjidic D, Blyth FM, Le Couteur DG, Naganathan V, Waite L, et al. How fast does the Grim Reaper walk ? Receiver operating characteristics curve analysis in healthy men aged 70 and over. *BMJ*. 2011;343: d7679.

Stepto NK, Hawley JA, Dennis SC, Hopkins WG. Effects of different interval-training programs on cycling time-trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. 1999 May; 31(5):736–41. PMID:10331896.

Stolen et coll. (2005) *Sports Medicine*. 35(6):501-536.

Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med*. 2005, 35: 501-536.

T

Tanner, J. Growth at adolescence; with a general consideration of the effects of hereditary and environmental factors upon growth and maturation from birth to maturity. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.

Thomas K, French D, Hayes PR. The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009; 23:332–335.

Thomas V, Reilly T. Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br. J. Sports Med*. 1979, 13(3): 103-109.

Thomassen M, Christensen PM, Gunnarsson TP, Nybo L, Bangsbo J. Effect of 2-wk intensified training and inactivity on muscle Na⁺-K⁺ pump expression, phospholemman (FX₁YD1) phosphorylation, and performance in soccer players. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2010 Apr; 108(4):898–905.

U

UEFA 2016. UEFA technical report and statistic. Eds UEFAnd, 2016.

V

Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva M J, Simoes F, Figurirudo A J, Leite N, Elferink Gemser MT, Malina RA, Sherar L. 2012. Modelling developmental changes in functional capacities and soccer-specific skills in male players aged 11–17 Years. *Pediatr Exerc Sci*. 24:603–621.

Valente-dos-Santos J, Coelho-e-Silva JM, Severino V, Duarte J, Martins R S, Figueiredo AJ, Seabra AT, Philippaerts RM, Cumming SP, Elferink-Gemser M, Malina RA. 2012. Longitudinal study of repeated sprint performance in youth soccer players of contrasting maturity status. *J Sports Sci Med*. 11:371–379.

Vandendriessche JB, Vaeyens R, Vandorpe B, Lenoir M, Lefevre J, Philippaerts RM. 2012. Biological maturation, morphology, fitness, and motor coordination as part of a selection strategy in the search for international youth soccer players (age 15–16 years). *J Sports Sci.* 30:1695–1703.

Väntinen T, Blomqvist M, Nyman K, Häkkinen K. Changes in body composition, hormonal status, and physical fitness in -11, -13, and 15 years old Finnish regional youth soccer players during a two-year follow-up. *Journal of strength and conditioning research.* National Strength et Conditioning Association, 2011, 25(12): 3342-3351.

Verheijen R. *La condition physique du footballeur.* Eds Eisma bv, 1998.

W

Warwick Spinks, Thomas Reilly, Aron Murphy. *Science and Football IV.* Hardcover, 2001.

Weineck J. *Biologie du sport.* Eds Vigot, 1992.

Weineck J. *Manuel d'entraînement.* Eds Vigot 1997.

Williams AM, Davids K, Burwitz L, Williams JG. Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Res. Q. Exerc. Sport.* 1994, 65(2): 127-3.

Wilmore JH, Costill DL. *Physiologie du sport et de l'exercice. Adaptations physiologiques à l'exercice physique.* Eds De Boeck, 3^{ème} éditions, 2006.

Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br. J. Sports Med.* 2004, 38(3): 285-8.

Wisloff U, Helgerud J, Hoff J. Strength and endurance of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998, 30(3):462-467.

Wong DP, Wong SHS. Physiological profile of Asian elite youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research.* National Strength et Conditioning Association, 2009, 23(5): 1383-1390.

Wong PL, Chamari K, Dellal A, Wilsoff. Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research.* National Strength et Conditioning Association, 2011.

Wrigley RD et al. 2014. Long-term Soccer-specific Training Enhances the Rate of Physical Development of Academy Soccer Players Independent of Maturation Status. *Int J Sports Med.* 35:1090–1094.

PRÉSENTATIONS ORALES LORS DE CONGRÈS NATIONAUX ET INTERNATIONAUX :

Pavillon T, Auffret JC. *Concept de l'entraînement invisible*. Séminaire Ligue de Normandie de Triathlon, Rouen, France, Février 2015.

Pavillon T, Auffret JC. *Particularités de L'enfant-adolescent...un enfant sportif n'est pas un adulte miniature*. Congrès commun Sociétés Françaises de Médecine & de Traumatologie du Sport, Orléans, France, Septembre 2015.

Pavillon T. *Traitement des résultats des séances d'évaluation terrain*. Congrès de la commission Médicale Centrale & Direction Technique Nationale (DTN) de la Fédération Royale Marocaine de Football (FRMF), Marrakech, Maroc, Avril 2016.

Pavillon T, Auffret JC. *Préparation physique & Optimisation de la performance*. Congrès Préparation physique de la Société Normande de Formation en Kinésithérapie, Rouen, Janvier 2018.

Pavillon T. *Approche de la préparation physique des jeunes Footballeurs de l'Académie Mohammed VI de Football*. 4^{ème} Congrès de Médecine du sport. L'association Régionale de Médecine du Sport de Rabat - Salé – Kénitra « ARMS RSK », Rabat, Mai 2018.

| G1 | | G2 | |
|------------------------------|------|-------------------------------|------|
| GROUPE SPRINTS VARIEES (GSV) | | GROUPE SPRINTS NAVETTE (GSN) | |
| 3 EFFORTS | | 2 EFFORTS | |
| 20M MAXIMUM | | 20M MAXIMUM | |
| 2 FOIS SEMAINE | | 2 FOIS SEMAINE | |
| 2x (5' de 5:25) 100% | | 2x (10 x 10+10m navette) 100% | |
| 5' = 10 efforts | | 1 série = 10 efforts | |
| 10' = 20 efforts | | 2 séries = 20 efforts | |
| 1 effort = 20m | | 1 effort = 20m | |
| 10 efforts = 200m | | 10 efforts = 200m | |
| 20 efforts = 400m | | 20 efforts = 400m | |
| GCV | | GSN | |
| N | NOM | N | NOM |
| 1 | ABQA | 2 | AMAL |
| 6 | BOUI | 3 | AMRA |
| 7 | BOUS | 4 | BENT |
| 8 | BOUT | 5 | BOUH |
| 11 | ELAL | 9 | DIFI |
| 12 | ELAM | 10 | EDDA |
| 13 | ENNE | 14 | ENNA |
| 16 | FELL | 15 | FALO |
| 18 | HAID | 17 | GAMR |
| 20 | JMIL | 19 | JOAU |
| 22 | KESS | 21 | KERN |
| 23 | LAAF | 25 | MEND |
| 24 | MAZI | 26 | MHAN |
| 27 | MIRI | 28 | MOUR |
| 30 | NOUA | 29 | NASS |
| 31 | REGR | 33 | SIDK |
| 32 | SALM | 34 | YOUS |
| 35 | TALI | 34 | SOUK |
| 37 | ZARR | 38 | ZAAR |

Annexe 1. Tableaux des groupes de travail : GSV et GSN.

| | Groupes | GSV | GSN | Résultats |
|-------------------------|-------------------------|----------------|----------------|--------------------------|
| | Variables | moyenne | moyenne | |
| Variables indépendantes | Taille (en cm) | 176,9 +/- 7,24 | 171,8 +/- 7,44 | NS (non significatif) |
| | Poids (en kg) | 64,74 +/- 8,29 | 59,47 +/- 9,40 | NS |
| | Masse Grasse (en %) | 10,16 +/- 1,82 | 10,77 +/- 1,67 | NS |
| Variables dépendantes | CMJ (en cm) | 35,65 +/- 4,3 | 33,29 +/- 5,24 | NS |
| | 20m rectiligne (en sec) | | | |
| | 5m - T0 | 1,18 +/- 0,2 | 1,20 +/- 0,2 | NS |
| | 10m - T0 | 1,94 +/- 0,18 | 1,94 +/- 0,08 | NS |
| | 20m - T0 | 3,26 +/- 0,21 | 3,31 +/- 0,13 | NS |
| | 20m slalom (en sec) | | | |
| | 5m - T0 | 1,16 +/- 0,05 | 1,19 +/- 0,07 | NS |
| | 10m - T0 | 2,11 +/- 0,83 | 2,17 +/- 0,10 | NS |
| | 20m - T0 | 4,13 +/- 0,19 | 4,23 +/- 0,15 | NS |
| | 20m Football (en sec) | | | |
| | 5m - T0 | 1,47 +/- 0,15 | 1,42 +/- 0,12 | NS |
| | 10m - T0 | 2,30 +/- 0,17 | 2,25 +/- 0,13 | NS |
| | 20m - T0 | 3,65 +/- 0,20 | 3,66 +/- 0,17 | NS |

Annexe 2. Variables indépendantes et dépendantes des GSV et GSN.

| TESTS PROTOCOLE : GSV | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| IDENTITE | | SAUTS | | | 20M RECTILIGNE | | | | | | | | | 20M SLALOM | | | | | | | | | 20M FOOT | | | | | | | | |
| TESTS PROTOCOLE | | CMJ | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | |
| N | NOM | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | | | |
| 1 | ABQA | 34.71 | 34.32 | 35.23 | 1.178 | 1.252 | 1.159 | 1.99 | 2.099 | 2.02 | 3.45 | 3.485 | 3.393 | 1.108 | 1.169 | 1.165 | 2.25 | 2.154 | 2.096 | 4.58 | 4.461 | 4.247 | 1.401 | 1.521 | 1.459 | 2.276 | 2.337 | 2.305 | 3.501 | 3.798 | 3.777 |
| 6 | BOUI | 39.18 | 39.36 | 39.98 | 1.03 | 1.233 | 1.104 | 1.867 | 1.844 | 1.828 | 3.177 | 3.38 | 3.291 | 1.13 | 1.161 | 1.013 | 2.102 | 2 | 1.949 | 4.154 | 4.115 | 4.109 | 1.595 | 1.504 | 1.496 | 2.47 | 2.318 | 2.027 | 3.838 | 3.693 | 3.402 |
| 7 | BOUSE | 38.25 | 45.78 | 45.7 | 1.1 | 1.1 | 1.085 | 1.9 | 1.883 | 1.871 | 3.17 | 3.104 | 3.103 | 1.201 | 1.161 | 1.128 | 2.101 | 2.042 | 2.021 | 4.151 | 3.935 | 3.879 | 1.503 | 1.33 | 1.278 | 2.431 | 2.075 | 2.067 | 3.87 | 3.35 | 3.284 |
| 8 | BOUT | 32.65 | 37.09 | 37.64 | 1.126 | 1.269 | 1.123 | 1.937 | 2.094 | 1.925 | 3.237 | 3.416 | 3.296 | 1.173 | 1.232 | 1.115 | 2.202 | 2.121 | 2.005 | 4.368 | 4.284 | 4.104 | 1.464 | 1.38 | 1.318 | 2.322 | 2.226 | 2.179 | 3.671 | 3.594 | 3.525 |
| 11 | ELAL | 39.7 | 40.26 | 40.83 | 1.159 | 1.132 | 1.129 | 1.998 | 1.878 | 1.865 | 3.258 | 3.244 | 3.201 | 1.188 | 1.224 | 1.167 | 2.084 | 2.111 | 2.052 | 4.127 | 4.174 | 4.167 | 1.506 | 1.461 | 1.441 | 2.313 | 2.251 | 2.21 | 3.731 | 3.628 | 3.607 |
| 12 | ELAM | 40.97 | 41.25 | 41.54 | 1.066 | 1.187 | 1.136 | 1.8 | 1.942 | 1.907 | 3.045 | 3.209 | 3.119 | 1.169 | 1.204 | 1.146 | 2.049 | 2.245 | 2.025 | 3.937 | 4.072 | 3.939 | 1.435 | 1.374 | 1.332 | 2.238 | 2.162 | 2.14 | 3.492 | 3.524 | 3.417 |
| 13 | ENNE | 38.87 | 41.25 | 42.12 | 1.08 | 1.12 | 1.072 | 1.91 | 1.841 | 1.812 | 3.18 | 3.038 | 3.035 | 1.111 | 1.07 | 1.02 | 1.986 | 1.905 | 1.906 | 3.896 | 3.804 | 3.799 | 1.423 | 1.417 | 1.364 | 2.54 | 2.105 | 2.102 | 3.734 | 3.439 | 3.423 |
| 16 | FELL | 31.15 | 33.29 | 34.19 | 1.19 | 1.123 | 1.111 | 1.918 | 1.917 | 1.827 | 3.141 | 3.233 | 3.187 | 1.214 | 1.17 | 1.133 | 1.975 | 2.08 | 2.048 | 3.826 | 4.106 | 3.965 | 1.778 | 1.556 | 1.416 | 2.541 | 2.289 | 2.149 | 3.819 | 3.599 | 3.504 |
| 18 | HAID | 38.59 | 39.28 | 39.98 | 1.717 | 1.107 | 1.094 | 1.944 | 1.916 | 1.902 | 3.179 | 3.131 | 3.094 | 1.271 | 1.348 | 1.225 | 2.09 | 2.164 | 2.04 | 3.373 | 3.479 | 3.341 | 1.248 | 1.143 | 1.054 | 2.258 | 2.113 | 2.061 | 4.318 | 4.229 | 4.07 |
| 20 | JMIL | 34.32 | 37.77 | 40.12 | 1.216 | 1.204 | 1.189 | 2.011 | 2.025 | 1.979 | 3.564 | 3.557 | 3.509 | 1.249 | 1.218 | 1.213 | 2.243 | 2.188 | 2.148 | 4.304 | 4.326 | 4.315 | 1.72 | 1.531 | 1.391 | 2.55 | 2.382 | 2.226 | 4.088 | 3.984 | 3.746 |
| 22 | KESS | 36.42 | 41.68 | 42.39 | 1.094 | 1.13 | 1.089 | 1.87 | 1.92 | 1.856 | 3.252 | 3.357 | 2.259 | 1.027 | 1.005 | 1.001 | 2.009 | 1.954 | 1.923 | 4.076 | 4.015 | 4.083 | 1.181 | 1.168 | 1.114 | 1.961 | 1.937 | 1.917 | 3.376 | 3.284 | 3.163 |
| 23 | LAAF | 30.79 | 37.23 | 37.96 | 1.264 | 1.105 | 1.093 | 2.121 | 1.886 | 1.873 | 3.479 | 3.261 | 3.257 | 1.157 | 1.133 | 1.128 | 2.144 | 2.121 | 2.119 | 4.108 | 4.163 | 4.137 | 1.284 | 1.463 | 1.352 | 2.086 | 2.184 | 2.097 | 3.509 | 3.632 | 3.576 |
| 24 | MAZI | 36.42 | 38.46 | 38.59 | 1.15 | 1.093 | 1.031 | 1.88 | 1.856 | 1.819 | 3.235 | 3.301 | 3.168 | 1.198 | 1.182 | 1.099 | 2.206 | 2.121 | 1.977 | 4.146 | 4.155 | 4.127 | 1.65 | 1.367 | 1.286 | 2.425 | 2.23 | 2.212 | 3.827 | 3.605 | 3.536 |
| 27 | MIRI | 48.82 | 48.05 | 49.76 | 1.118 | 1.128 | 1.122 | 1.831 | 1.866 | 1.833 | 3.024 | 3.141 | 3.13 | 1.104 | 1.102 | 1.045 | 1.996 | 2.016 | 1.977 | 3.873 | 3.839 | 3.828 | 1.287 | 1.226 | 1.203 | 2.03 | 2.05 | 2.044 | 3.218 | 3.286 | 3.277 |
| 30 | NOUA | 32.65 | 36.69 | 36.76 | 1.221 | 1.127 | 1.114 | 1.94 | 1.857 | 1.846 | 3.33 | 3.171 | 3.121 | 1.132 | 1.264 | 1.126 | 2.164 | 2.224 | 2.104 | 4.133 | 4.25 | 4.184 | 1.345 | 1.309 | 1.263 | 2.212 | 2.324 | 2.298 | 3.571 | 3.445 | 3.582 |
| 31 | REGR | 34.97 | 37.36 | 38.18 | 1.2 | 1.142 | 1.136 | 1.974 | 1.929 | 1.918 | 3.158 | 3.368 | 3.324 | 1.196 | 1.202 | 1.19 | 2.091 | 2.073 | 2.054 | 4.162 | 4.324 | 4.269 | 1.382 | 1.391 | 1.383 | 2.217 | 2.27 | 2.229 | 3.551 | 3.643 | 3.624 |
| 32 | SALM | 30.43 | 32.9 | 33.93 | 1.071 | 1.089 | 1.084 | 1.843 | 1.833 | 1.83 | 3.146 | 3.194 | 3.179 | 1.115 | 1.18 | 1.096 | 2.06 | 2.095 | 1.984 | 4.079 | 4.121 | 4.086 | 1.444 | 1.601 | 1.447 | 2.283 | 2.404 | 2.258 | 3.608 | 3.818 | 3.66 |
| 35 | TALI | 37.41 | 37.64 | 41.68 | 1.958 | 1.257 | 1.156 | 2.599 | 2.026 | 1.928 | 3.933 | 3.287 | 3.173 | 1.225 | 1.23 | 1.138 | 2.078 | 2.086 | 1.95 | 4.42 | 4.372 | 4.075 | 1.597 | 1.445 | 1.36 | 2.32 | 2.268 | 2.184 | 3.695 | 3.597 | 3.463 |
| 37 | ZAAR | 28.61 | 30.29 | 32.4 | 1.112 | 0.914 | 1.116 | 1.891 | 1.876 | 1.727 | 3.244 | 3.205 | 3.077 | 1.301 | 1.196 | 1.104 | 2.256 | 2.16 | 2.085 | 4.188 | 4.182 | 4.173 | 1.399 | 1.401 | 1.404 | 2.188 | 2.199 | 2.199 | 3.524 | 3.61 | 3.603 |
| Moyenne | | 36.048 | 38.418 | 39.420 | 1.213 | 1.143 | 1.113 | 1.959 | 1.920 | 1.872 | 3.274 | 3.267 | 3.153 | 1.172 | 1.182 | 1.119 | 2.110 | 2.098 | 2.024 | 4.100 | 4.115 | 4.044 | 1.455 | 1.399 | 1.335 | 2.298 | 2.217 | 2.153 | 3.681 | 3.619 | 3.539 |
| Ecart Type | | 4.711 | 4.260 | 4.177 | 0.232 | 0.081 | 0.036 | 0.172 | 0.082 | 0.066 | 0.211 | 0.134 | 0.247 | 0.067 | 0.073 | 0.064 | 0.090 | 0.087 | 0.068 | 0.257 | 0.230 | 0.222 | 0.159 | 0.125 | 0.115 | 0.168 | 0.121 | 0.101 | 0.252 | 0.230 | 0.203 |
| TESTS PROTOCOLE | | CMJ | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | |
| | | SAUTS | | | 20M RECTILIGNE | | | | | | | | | 20M SLALOM | | | | | | | | | 20M FOOT | | | | | | | | |

Annexe 3. Résultats du GSV.

| TESTS PROTOCOLE : GSN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| IDENTITE | | SAUTS | | | 20M RECTILIGNE | | | | | | 20M SLALOM | | | | | | 20M FOOT | | | | | | | | | | | | | | |
| TESTS PROTOCOLE | | CMJ | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | |
| N | NOM | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | T0 | T1 | T2 | | | |
| 2 | AMA | 27.43 | 29.32 | 30.05 | 1.22 | 1.127 | 1.09 | 2.066 | 1.981 | 1.874 | 3.474 | 3.362 | 3.382 | 1.147 | 1.101 | 1.066 | 2.184 | 2.083 | 2.047 | 4.348 | 4.132 | 4.04 | 1.553 | 1.449 | 1.38 | 2.433 | 2.349 | 2.24 | 3.906 | 3.867 | 3.723 |
| 3 | AMRA | 35.01 | 38.18 | 38.82 | 1.139 | 1.094 | 1.065 | 1.93 | 1.904 | 1.893 | 3.28 | 3.189 | 3.178 | 1.152 | 1.048 | 1.034 | 2.149 | 1.956 | 1.952 | 4.202 | 3.99 | 3.837 | 1.312 | 1.373 | 1.326 | 2.1 | 2.122 | 2.114 | 3.462 | 3.421 | 3.382 |
| 4 | BENT | 30.29 | 33.93 | 34.41 | 1.16 | 1.195 | 1.137 | 1.996 | 1.969 | 1.96 | 3.512 | 3.502 | 3.494 | 1.3 | 1.299 | 1.162 | 2.29 | 2.185 | 2.178 | 4.362 | 4.352 | 4.298 | 1.466 | 1.488 | 1.437 | 2.286 | 2.316 | 2.265 | 3.825 | 3.867 | 3.808 |
| 5 | BOUH | 38.14 | 39.14 | 42.68 | 1.072 | 1.087 | 1.066 | 1.902 | 1.858 | 1.742 | 3.212 | 3.213 | 3.204 | 1.153 | 1.121 | 1.098 | 2.232 | 2.236 | 2.114 | 4.218 | 4.219 | 4.004 | 1.523 | 1.429 | 1.406 | 2.291 | 2.22 | 2.153 | 3.676 | 3.867 | 3.581 |
| 9 | DIFI | 28.37 | 33.8 | 34.72 | 1.27 | 1.102 | 1.086 | 2.001 | 2 | 1.972 | 3.402 | 3.358 | 3.349 | 1.187 | 1.112 | 1.101 | 2.182 | 2.068 | 2.056 | 4.153 | 4.249 | 4.126 | 1.46 | 1.89 | 1.637 | 2.234 | 2.066 | 2.102 | 3.797 | 3.559 | 3.603 |
| 10 | EDDA | 38.63 | 39.7 | 40.71 | 1.284 | 1.256 | 1.249 | 2.004 | 1.967 | 1.956 | 3.362 | 3.346 | 3.326 | 1.161 | 1.171 | 1.158 | 2.152 | 2.078 | 2.032 | 4.229 | 4.258 | 4.211 | 1.315 | 1.401 | 1.352 | 2.102 | 2.175 | 2.147 | 3.471 | 3.576 | 3.452 |
| 14 | ENNA | 41.97 | 40.12 | 40.84 | 1.151 | 0.961 | 1.148 | 1.827 | 1.743 | 1.711 | 3.115 | 3.049 | 3.046 | 1.056 | 1.164 | 1.049 | 1.958 | 2.011 | 1.999 | 3.871 | 4.047 | 3.974 | 1.42 | 1.379 | 1.325 | 2.207 | 2.169 | 2.146 | 3.509 | 3.531 | 3.479 |
| 15 | FALO | 34.97 | 37.09 | 38.04 | 1.266 | 1.254 | 1.121 | 2.063 | 2.024 | 1.908 | 3.566 | 3.457 | 3.362 | 1.285 | 1.176 | 1.168 | 2.244 | 2.107 | 2.077 | 4.55 | 4.348 | 4.326 | 1.586 | 1.577 | 1.375 | 2.443 | 2.423 | 2.257 | 3.921 | 3.859 | 3.834 |
| 17 | GAMR | 27.67 | 31.52 | 32.27 | 1.228 | 1.212 | 1.133 | 2.002 | 2.001 | 1.983 | 3.413 | 3.399 | 3.338 | 1.168 | 1.249 | 1.181 | 2.116 | 2.206 | 2.181 | 4.253 | 4.176 | 4.174 | 1.464 | 1.475 | 1.382 | 2.314 | 2.273 | 2.16 | 3.713 | 3.766 | 3.625 |
| 19 | JAOU | 38.8 | 38.73 | 39.14 | 1.13 | 1.22 | 1.105 | 1.96 | 1.976 | 1.87 | 3.371 | 3.282 | 3.163 | 1.121 | 1.049 | 1.034 | 2.147 | 1.939 | 1.922 | 4.101 | 3.984 | 3.964 | 1.534 | 1.45 | 1.388 | 2.462 | 2.143 | 2.075 | 3.986 | 3.561 | 3.452 |
| 21 | KERN | 42.25 | 43.25 | 44.74 | 1.126 | 1.074 | 1.043 | 1.935 | 1.994 | 1.886 | 3.297 | 3.31 | 3.249 | 1.169 | 1.226 | 1.209 | 2.16 | 2.15 | 2.143 | 4.296 | 4.262 | 4.25 | 1.393 | 1.449 | 1.338 | 2.205 | 2.24 | 2.127 | 3.664 | 3.629 | 3.62 |
| 25 | MEND | 43.85 | 46.23 | 47.9 | 1.074 | 1.059 | 0.989 | 1.8 | 1.798 | 1.717 | 3.081 | 3.005 | 2.91 | 1.176 | 1.267 | 1.102 | 2.031 | 2.116 | 1.976 | 4.032 | 4.104 | 4.094 | 1.539 | 1.322 | 1.256 | 2.327 | 2.128 | 2.003 | 3.646 | 3.428 | 3.283 |
| 26 | MHAN | 33.93 | 38.73 | 38.69 | 1.091 | 1.063 | 1.027 | 1.849 | 1.842 | 1.838 | 3.268 | 3.301 | 3.236 | 1.359 | 1.401 | 1.346 | 2.364 | 2.289 | 2.271 | 4.38 | 4.246 | 4.342 | 1.34 | 1.278 | 1.245 | 2.214 | 2.148 | 2.139 | 3.634 | 3.213 | 3.416 |
| 28 | MOUR | 28.61 | 31.4 | 31.94 | 1.132 | 1.125 | 1.098 | 1.986 | 1.976 | 1.952 | 3.349 | 3.334 | 3.289 | 1.193 | 1.172 | 1.149 | 2.288 | 2.183 | 2.167 | 4.428 | 4.401 | 4.389 | 1.231 | 1.189 | 1.173 | 2.142 | 2.123 | 2.103 | 3.583 | 3.554 | 3.493 |
| 29 | NASS | 41.11 | 41.39 | 44 | 1.085 | 0.967 | 1.079 | 1.905 | 1.841 | 1.768 | 3.262 | 3.224 | 3.142 | 1.175 | 1 | 1.112 | 1.976 | 1.969 | 1.859 | 4.087 | 4.121 | 3.957 | 1.381 | 1.418 | 1.39 | 2.216 | 2.217 | 2.197 | 3.55 | 3.646 | 3.597 |
| 33 | SIDK | 41.97 | BL | BL | 1.116 | BL | BL | 1.87 | BL | BL | 3.194 | BL | BL | 1.143 | BL | BL | 2.148 | BL | BL | 4.162 | BL | BL | 1.456 | BL | BL | 2.386 | BL | BL | 3.703 | BL | BL |
| 34 | SOUK | 33.41 | 35.36 | 37.38 | 1.221 | 1.237 | 1.15 | 2.036 | 1.97 | 1.981 | 3.27 | 3.43 | 3.376 | 1.154 | 1.239 | 1.23 | 2.236 | 2.226 | 2.212 | 4.223 | 4.277 | 4.306 | 1.567 | 1.453 | 1.423 | 2.348 | 2.281 | 2.265 | 3.703 | 3.851 | 3.785 |
| 36 | YOUS | 38.97 | 39.14 | 41.25 | 1.097 | 1.139 | 1.044 | 1.883 | 1.899 | 1.865 | 3.27 | 3.25 | 2.231 | 1.132 | 1.089 | 1.049 | 2.199 | 2.059 | 1.95 | 4.323 | 4.178 | 4.039 | 1.107 | 1.187 | 1.104 | 1.934 | 2.111 | 2.06 | 3.359 | 3.657 | 3.442 |
| 38 | ZARR | 37.5 | 39.42 | 39.82 | 1.193 | 1.166 | 1.114 | 1.861 | 1.908 | 1.857 | 3.106 | 3.224 | 3.139 | 1.184 | 1.18 | 1.077 | 2.158 | 2.076 | 2.044 | 3.895 | 3.888 | 3.845 | 1.498 | 1.481 | 1.393 | 2.205 | 2.231 | 2.099 | 3.531 | 3.584 | 3.441 |
| | Moyenne | 35.941 | 37.581 | 38.744 | 1.161 | 1.130 | 1.097 | 1.941 | 1.925 | 1.874 | 3.305 | 3.291 | 3.190 | 1.180 | 1.170 | 1.129 | 2.169 | 2.108 | 2.066 | 4.216 | 4.180 | 4.121 | 1.429 | 1.427 | 1.352 | 2.255 | 2.208 | 2.147 | 3.665 | 3.635 | 3.556 |
| | Ecart Type | 5.425 | 4.336 | 4.727 | 0.069 | 0.089 | 0.058 | 0.080 | 0.080 | 0.090 | 0.134 | 0.130 | 0.276 | 0.068 | 0.100 | 0.081 | 0.102 | 0.101 | 0.112 | 0.172 | 0.139 | 0.174 | 0.125 | 0.154 | 0.113 | 0.133 | 0.094 | 0.074 | 0.168 | 0.184 | 0.157 |
| TESTS PROTOCOLE | | CMJ | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | | 0-5M (T5) | | | 10M (T10) | | | 20M (T20) | | |
| | | SAUTS | | | 20M RECTILIGNE | | | | | | 20M SLALOM | | | | | | 20M FOOT | | | | | | | | | | | | | | |

Annexe 4. Résultats du GSN.

| Groupe | Sujet | CMJ = conter mouvement jump | | | |
|-------------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------------|-------|
| | | Pré tests (T0) | à 3 semaines (T1) | Post tests (T2) | |
| | | CMJ (en cm) | CMJ (en cm) | CMJ (en cm) | |
| GSV | 1 | ABQA | 34.71 | 34.32 | 35.23 |
| | 6 | BOUI | 39.18 | 39.36 | 39.98 |
| | 7 | BOUS | 38.25 | 45.78 | 45.7 |
| | 8 | BOUT | 32.65 | 37.09 | 37.64 |
| | 11 | ELAL | 39.7 | 40.26 | 40.83 |
| | 12 | ELAM | 40.97 | 41.25 | 41.54 |
| | 13 | ENNE | 38.87 | 41.25 | 42.12 |
| | 16 | FELL | 31.15 | 33.29 | 34.19 |
| | 18 | HAID | 38.59 | 39.28 | 39.98 |
| | 20 | JMIL | 34.32 | 37.77 | 40.12 |
| | 22 | KESS | 36.42 | 41.68 | 42.39 |
| | 23 | LAAF | 30.79 | 37.23 | 37.96 |
| | 24 | MAZI | 36.42 | 38.46 | 38.59 |
| | 27 | MIRI | 48.82 | 48.05 | 49.76 |
| | 30 | NOUA | 32.65 | 36.69 | 36.76 |
| | 31 | REGR | 34.97 | 37.36 | 38.18 |
| | 32 | SALM | 30.43 | 32.9 | 33.93 |
| | 35 | TALI | 37.41 | 37.64 | 41.68 |
| | 37 | ZAAR | 28.61 | 30.29 | 32.4 |
| Moyenne | | 36.048 | 38.418 | 39.420 | |
| E-T | | 4.711 | 4.260 | 4.177 | |
| Meilleur | | 48.82 | 48.05 | 49.76 | |
| Moins bon | | 28.61 | 30.29 | 32.4 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | |

Annexe 5. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 su CMJ pour le GSV.

| Groupe | Sujet | CMJ = conter mouvement jump | | | |
|-------------|-------|-----------------------------|-------------------|-----------------|-------|
| | | Pré tests (T0) | à 3 semaines (T1) | Post tests (T2) | |
| | | CMJ (en cm) | CMJ (en cm) | CMJ (en cm) | |
| GSN | 2 | AMAL | 27.43 | 29.32 | 30.05 |
| | 3 | AMRA | 35.01 | 38.18 | 38.82 |
| | 4 | BENT | 30.29 | 33.93 | 34.41 |
| | 5 | BOUH | 38.14 | 39.14 | 42.68 |
| | 9 | DIFI | 28.37 | 33.8 | 34.72 |
| | 10 | EDDA | 38.63 | 39.7 | 40.71 |
| | 14 | ENNA | 41.97 | 40.12 | 40.84 |
| | 15 | FALO | 34.97 | 37.09 | 38.04 |
| | 17 | GAMR | 27.67 | 31.52 | 32.27 |
| | 19 | JAOU | 38.8 | 38.73 | 39.14 |
| | 21 | KERN | 42.25 | 43.25 | 44.74 |
| | 25 | MEND | 43.85 | 46.23 | 47.9 |
| | 26 | MHAN | 33.93 | 38.73 | 38.69 |
| | 28 | MOUR | 28.61 | 31.4 | 31.94 |
| | 29 | NASS | 41.11 | 41.39 | 44 |
| | 33 | SIDK | 41.97 | bl | bl |
| | 34 | SOUK | 33.41 | 35.36 | 37.38 |
| | 36 | YOUS | 38.97 | 39.14 | 41.25 |
| | 38 | ZARR | 37.5 | 39.42 | 39.82 |
| Moyenne | | 35.941 | 37.581 | 38.744 | |
| E-T | | 5.425 | 4.336 | 4.727 | |
| Meilleur | | 43.85 | 46.23 | 47.9 | |
| Moins bon | | 27.43 | 29.32 | 30.05 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | |

Annexe 6. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 su CMJ pour le GSN.

| | | Vitesse = 5 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|--------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 5m R | 5m S | 5m F | 5m R | 5m S | 5m F | 5m R | 5m S | 5m F | |
| GSV | 1 | ABQA | 1.178 | 1.108 | 1.401 | 1.252 | 1.169 | 1.521 | 1.159 | 1.165 | 1.459 |
| | 6 | BOUI | 1.03 | 1.13 | 1.595 | 1.233 | 1.161 | 1.504 | 1.104 | 1.013 | 1.496 |
| | 7 | BOUS | 1.1 | 1.201 | 1.503 | 1.1 | 1.161 | 1.33 | 1.085 | 1.128 | 1.278 |
| | 8 | BOUT | 1.126 | 1.173 | 1.464 | 1.269 | 1.232 | 1.38 | 1.123 | 1.115 | 1.318 |
| | 11 | ELAL | 1.159 | 1.188 | 1.506 | 1.132 | 1.224 | 1.461 | 1.129 | 1.167 | 1.441 |
| | 12 | ELAM | 1.066 | 1.169 | 1.435 | 1.187 | 1.204 | 1.374 | 1.136 | 1.146 | 1.332 |
| | 13 | ENNE | 1.08 | 1.111 | 1.423 | 1.12 | 1.07 | 1.417 | 1.072 | 1.02 | 1.364 |
| | 16 | FELL | 1.19 | 1.214 | 1.778 | 1.123 | 1.17 | 1.556 | 1.111 | 1.133 | 1.416 |
| | 18 | HAID | 1.717 | 1.271 | 1.248 | 1.107 | 1.348 | 1.143 | 1.094 | 1.225 | 1.054 |
| | 20 | JMIL | 1.216 | 1.249 | 1.72 | 1.204 | 1.218 | 1.531 | 1.189 | 1.213 | 1.391 |
| | 22 | KESS | 1.094 | 1.027 | 1.181 | 1.13 | 1.005 | 1.168 | 1.089 | 1.001 | 1.114 |
| | 23 | LAAF | 1.264 | 1.157 | 1.284 | 1.105 | 1.133 | 1.463 | 1.093 | 1.128 | 1.352 |
| | 24 | MAZI | 1.15 | 1.198 | 1.65 | 1.093 | 1.182 | 1.367 | 1.031 | 1.099 | 1.286 |
| | 27 | MIRI | 1.118 | 1.104 | 1.287 | 1.128 | 1.102 | 1.226 | 1.122 | 1.045 | 1.203 |
| | 30 | NOUA | 1.221 | 1.132 | 1.345 | 1.127 | 1.264 | 1.309 | 1.114 | 1.126 | 1.263 |
| | 31 | REGR | 1.2 | 1.196 | 1.382 | 1.142 | 1.202 | 1.391 | 1.136 | 1.19 | 1.383 |
| | 32 | SALM | 1.071 | 1.115 | 1.444 | 1.089 | 1.18 | 1.601 | 1.084 | 1.096 | 1.447 |
| 35 | TALI | 1.958 | 1.225 | 1.597 | 1.257 | 1.23 | 1.445 | 1.156 | 1.138 | 1.36 | |
| 37 | ZAAR | 1.112 | 1.301 | 1.399 | 0.914 | 1.196 | 1.401 | 1.116 | 1.104 | 1.404 | |
| Moyenne | | 1.213 | 1.172 | 1.455 | 1.143 | 1.182 | 1.399 | 1.113 | 1.119 | 1.335 | |
| E-T | | 0.232 | 0.067 | 0.159 | 0.081 | 0.073 | 0.125 | 0.036 | 0.064 | 0.115 | |
| Meilleur | | 1.03 | 1.027 | 1.181 | 0.914 | 1.005 | 1.143 | 1.031 | 1.001 | 1.114 | |
| Moins bon | | 1.958 | 1.301 | 1.778 | 1.269 | 1.348 | 1.601 | 1.189 | 1.225 | 1.496 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 5m R : 5 mètres rectiligne , 5m S : 5 mètres slalom , 5m F : 5 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 7. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 5m pour le GSV.

| | | Vitesse = 5 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|--------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 5m R | 5m S | 5m F | 5m R | 5m S | 5m F | 5m R | 5m S | 5m F | |
| GSN | 2 | AMAL | 1.22 | 1.147 | 1.553 | 1.127 | 1.101 | 1.449 | 1.09 | 1.066 | 1.38 |
| | 3 | AMRA | 1.139 | 1.152 | 1.312 | 1.094 | 1.048 | 1.373 | 1.065 | 1.034 | 1.326 |
| | 4 | BENT | 1.16 | 1.3 | 1.466 | 1.195 | 1.299 | 1.488 | 1.137 | 1.162 | 1.437 |
| | 5 | BOUH | 1.072 | 1.153 | 1.523 | 1.087 | 1.121 | 1.429 | 1.066 | 1.098 | 1.406 |
| | 9 | DIFI | 1.27 | 1.187 | 1.46 | 1.102 | 1.112 | 1.89 | 1.086 | 1.101 | 1.637 |
| | 10 | EDDA | 1.284 | 1.161 | 1.315 | 1.256 | 1.171 | 1.401 | 1.249 | 1.158 | 1.352 |
| | 14 | ENNA | 1.151 | 1.056 | 1.42 | 0.961 | 1.164 | 1.379 | 1.148 | 1.049 | 1.325 |
| | 15 | FALO | 1.266 | 1.285 | 1.586 | 1.254 | 1.176 | 1.577 | 1.121 | 1.168 | 1.375 |
| | 17 | GAMR | 1.228 | 1.168 | 1.464 | 1.212 | 1.249 | 1.475 | 1.133 | 1.181 | 1.382 |
| | 19 | JAOU | 1.13 | 1.121 | 1.534 | 1.22 | 1.049 | 1.45 | 1.105 | 1.034 | 1.388 |
| | 21 | KERN | 1.126 | 1.169 | 1.393 | 1.074 | 1.226 | 1.449 | 1.043 | 1.209 | 1.338 |
| | 25 | MEND | 1.074 | 1.176 | 1.539 | 1.059 | 1.267 | 1.322 | 0.989 | 1.102 | 1.256 |
| | 26 | MHAN | 1.091 | 1.359 | 1.34 | 1.063 | 1.401 | 1.278 | 1.027 | 1.346 | 1.245 |
| | 28 | MOUR | 1.132 | 1.193 | 1.231 | 1.125 | 1.172 | 1.189 | 1.098 | 1.149 | 1.173 |
| | 29 | NASS | 1.085 | 1.175 | 1.381 | 0.967 | 1 | 1.418 | 1.079 | 1.112 | 1.39 |
| | 33 | SIDK | 1.116 | 1.143 | 1.456 | bl | bl | bl | bl | bl | bl |
| | 34 | SOUK | 1.221 | 1.154 | 1.567 | 1.237 | 1.239 | 1.453 | 1.15 | 1.23 | 1.423 |
| 36 | YOUS | 1.097 | 1.132 | 1.107 | 1.139 | 1.089 | 1.187 | 1.044 | 1.049 | 1.104 | |
| 38 | ZARR | 1.193 | 1.184 | 1.498 | 1.166 | 1.18 | 1.481 | 1.114 | 1.077 | 1.393 | |
| Moyenne | | 1.161 | 1.180 | 1.429 | 1.130 | 1.170 | 1.427 | 1.097 | 1.129 | 1.352 | |
| E-T | | 0.069 | 0.068 | 0.125 | 0.089 | 0.100 | 0.154 | 0.058 | 0.081 | 0.113 | |
| Meilleur | | 1.072 | 1.056 | 1.107 | 0.961 | 1 | 1.187 | 0.989 | 1.034 | 1.104 | |
| Moins bon | | 1.284 | 1.359 | 1.586 | 1.256 | 1.401 | 1.89 | 1.15 | 1.346 | 1.637 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 5m R : 5 mètres rectiligne , 5m S : 5 mètres slalom , 5m F : 5 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 8. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 5m pour le GSN.

| | | Vitesse = 10 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 10m R | 10m S | 10mF | 10m R | 10m S | 10mF | 10m R | 10m S | 10mF | |
| GSV | 1 | ABQA | 1.99 | 2.25 | 2.276 | 2.099 | 2.154 | 2.337 | 2.02 | 2.096 | 2.305 |
| | 6 | BOUI | 1.867 | 2.102 | 2.47 | 1.844 | 2 | 2.318 | 1.828 | 1.949 | 2.027 |
| | 7 | BOUS | 1.9 | 2.101 | 2.431 | 1.883 | 2.042 | 2.075 | 1.871 | 2.021 | 2.067 |
| | 8 | BOUT | 1.937 | 2.202 | 2.322 | 2.094 | 2.121 | 2.226 | 1.925 | 2.005 | 2.179 |
| | 11 | ELAL | 1.998 | 2.084 | 2.313 | 1.878 | 2.111 | 2.251 | 1.865 | 2.052 | 2.21 |
| | 12 | ELAM | 1.8 | 2.049 | 2.238 | 1.942 | 2.245 | 2.162 | 1.907 | 2.025 | 2.14 |
| | 13 | ENNE | 1.91 | 1.986 | 2.54 | 1.841 | 1.905 | 2.105 | 1.812 | 1.906 | 2.102 |
| | 16 | FELL | 1.918 | 1.975 | 2.541 | 1.917 | 2.08 | 2.289 | 1.827 | 2.048 | 2.149 |
| | 18 | HAID | 1.944 | 2.09 | 2.258 | 1.916 | 2.164 | 2.113 | 1.902 | 2.04 | 2.061 |
| | 20 | JMIL | 2.011 | 2.243 | 2.55 | 2.025 | 2.188 | 2.382 | 1.979 | 2.148 | 2.226 |
| | 22 | KESS | 1.87 | 2.009 | 1.961 | 1.92 | 1.954 | 1.937 | 1.856 | 1.923 | 1.917 |
| | 23 | LAAF | 2.121 | 2.144 | 2.086 | 1.886 | 2.121 | 2.184 | 1.873 | 2.119 | 2.097 |
| | 24 | MAZI | 1.88 | 2.206 | 2.425 | 1.856 | 2.121 | 2.23 | 1.819 | 1.977 | 2.212 |
| | 27 | MIRI | 1.831 | 1.996 | 2.03 | 1.866 | 2.016 | 2.05 | 1.833 | 1.977 | 2.044 |
| | 30 | NOUA | 1.94 | 2.164 | 2.212 | 1.857 | 2.224 | 2.324 | 1.846 | 2.104 | 2.298 |
| | 31 | REGR | 1.974 | 2.091 | 2.217 | 1.929 | 2.073 | 2.27 | 1.918 | 2.054 | 2.229 |
| | 32 | SALM | 1.843 | 2.06 | 2.283 | 1.833 | 2.095 | 2.404 | 1.83 | 1.984 | 2.258 |
| | 35 | TALI | 2.599 | 2.078 | 2.32 | 2.026 | 2.086 | 2.268 | 1.928 | 1.95 | 2.184 |
| | 37 | ZAAR | 1.891 | 2.256 | 2.188 | 1.876 | 2.16 | 2.199 | 1.727 | 2.085 | 2.199 |
| Moyenne | | 1.959 | 2.110 | 2.298 | 1.920 | 2.098 | 2.217 | 1.872 | 2.024 | 2.153 | |
| E-T | | 0.172 | 0.090 | 0.168 | 0.082 | 0.087 | 0.121 | 0.066 | 0.068 | 0.101 | |
| Meilleur | | 1.8 | 2.256 | 1.961 | 1.833 | 1.905 | 1.937 | 1.727 | 1.906 | 1.917 | |
| Moins bon | | 2.599 | 1.986 | 2.55 | 2.099 | 2.245 | 2.404 | 2.02 | 2.148 | 2.305 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 10m R : 10 mètres rectiligne , 10m S : 10 mètres slalom , 10m F : 10 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 9. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 10m pour le GSV.

| | | Vitesse = 10 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 10m R | 10m S | 10mF | 10m R | 10m S | 10mF | 10m R | 10m S | 10mF | |
| GSN | 2 | AMAL | 2.066 | 2.184 | 2.433 | 1.981 | 2.083 | 2.349 | 1.874 | 2.047 | 2.24 |
| | 3 | AMRA | 1.93 | 2.149 | 2.1 | 1.904 | 1.956 | 2.122 | 1.893 | 1.952 | 2.114 |
| | 4 | BENT | 1.996 | 2.29 | 2.286 | 1.969 | 2.185 | 2.316 | 1.96 | 2.178 | 2.265 |
| | 5 | BOUH | 1.902 | 2.232 | 2.291 | 1.858 | 2.236 | 2.22 | 1.742 | 2.114 | 2.153 |
| | 9 | DIFI | 2.001 | 2.182 | 2.234 | 2 | 2.068 | 2.066 | 1.972 | 2.056 | 2.102 |
| | 10 | EDDA | 2.004 | 2.152 | 2.102 | 1.967 | 2.078 | 2.175 | 1.956 | 2.032 | 2.147 |
| | 14 | ENNA | 1.827 | 1.958 | 2.207 | 1.743 | 2.011 | 2.169 | 1.711 | 1.999 | 2.146 |
| | 15 | FALO | 2.063 | 2.244 | 2.443 | 2.024 | 2.107 | 2.423 | 1.908 | 2.077 | 2.257 |
| | 17 | GAMR | 2.002 | 2.116 | 2.314 | 2.001 | 2.206 | 2.273 | 1.983 | 2.181 | 2.16 |
| | 19 | JAOU | 1.96 | 2.147 | 2.462 | 1.976 | 1.939 | 2.143 | 1.87 | 1.922 | 2.075 |
| | 21 | KERN | 1.935 | 2.16 | 2.205 | 1.994 | 2.15 | 2.24 | 1.886 | 2.143 | 2.127 |
| | 25 | MEND | 1.8 | 2.031 | 2.327 | 1.798 | 2.116 | 2.128 | 1.717 | 1.976 | 2.003 |
| | 26 | MHAN | 1.849 | 2.364 | 2.214 | 1.842 | 2.289 | 2.148 | 1.838 | 2.271 | 2.139 |
| | 28 | MOUR | 1.986 | 2.288 | 2.142 | 1.976 | 2.183 | 2.123 | 1.952 | 2.167 | 2.103 |
| | 29 | NASS | 1.905 | 1.976 | 2.216 | 1.841 | 1.969 | 2.217 | 1.768 | 1.859 | 2.197 |
| | 33 | SIDK | 1.87 | 2.148 | 2.386 | bl | bl | bl | bl | bl | bl |
| | 34 | SOUK | 2.036 | 2.236 | 2.348 | 1.97 | 2.226 | 2.281 | 1.981 | 2.212 | 2.265 |
| | 36 | YOUS | 1.883 | 2.199 | 1.934 | 1.899 | 2.059 | 2.111 | 1.865 | 1.95 | 2.06 |
| | 38 | ZARR | 1.861 | 2.158 | 2.205 | 1.908 | 2.076 | 2.231 | 1.857 | 2.044 | 2.099 |
| Moyenne | | 1.941 | 2.169 | 2.255 | 1.925 | 2.108 | 2.208 | 1.874 | 2.066 | 2.147 | |
| E-T | | 0.080 | 0.102 | 0.133 | 0.080 | 0.101 | 0.094 | 0.090 | 0.112 | 0.074 | |
| Meilleur | | 1.8 | 1.958 | 1.934 | 1.743 | 1.939 | 2.066 | 1.711 | 1.859 | 2.06 | |
| Moins bon | | 2.066 | 2.364 | 2.462 | 2.024 | 2.289 | 2.423 | 1.983 | 2.271 | 2.265 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 10m R : 10 mètres rectiligne , 10m S : 10 mètres slalom , 10m F : 10 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 10. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 10m pour le GSN.

| | | Vitesse = 20 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 20m R | 20m S | 20mF | 20m R | 20m S | 20mF | 20m R | 20m S | 20mF | |
| GSV | 1 | ABQA | 3.45 | 4.58 | 3.501 | 3.485 | 4.461 | 3.798 | 3.393 | 4.247 | 3.777 |
| | 6 | BOUI | 3.177 | 4.154 | 3.838 | 3.38 | 4.115 | 3.693 | 3.291 | 4.109 | 3.402 |
| | 7 | BOUS | 3.17 | 4.151 | 3.87 | 3.104 | 3.935 | 3.35 | 3.103 | 3.879 | 3.284 |
| | 8 | BOUT | 3.237 | 4.368 | 3.671 | 3.416 | 4.284 | 3.594 | 3.296 | 4.104 | 3.525 |
| | 11 | ELAL | 3.258 | 4.127 | 3.731 | 3.244 | 4.174 | 3.628 | 3.201 | 4.167 | 3.607 |
| | 12 | ELAM | 3.045 | 3.937 | 3.492 | 3.209 | 4.072 | 3.524 | 3.119 | 3.939 | 3.417 |
| | 13 | ENNE | 3.18 | 3.896 | 3.734 | 3.038 | 3.804 | 3.439 | 3.035 | 3.799 | 3.423 |
| | 16 | FELL | 3.141 | 3.826 | 3.819 | 3.233 | 4.106 | 3.599 | 3.187 | 3.965 | 3.504 |
| | 18 | HAID | 3.179 | 3.373 | 4.318 | 3.131 | 3.479 | 4.229 | 3.094 | 3.341 | 4.07 |
| | 20 | JMIL | 3.564 | 4.304 | 4.088 | 3.557 | 4.326 | 3.984 | 3.509 | 4.315 | 3.746 |
| | 22 | KESS | 3.252 | 4.076 | 3.376 | 3.357 | 4.015 | 3.284 | 2.259 | 4.083 | 3.163 |
| | 23 | LAAF | 3.479 | 4.108 | 3.509 | 3.261 | 4.163 | 3.632 | 3.257 | 4.137 | 3.576 |
| | 24 | MAZI | 3.235 | 4.146 | 3.827 | 3.301 | 4.155 | 3.605 | 3.168 | 4.127 | 3.536 |
| | 27 | MIRI | 3.024 | 3.873 | 3.218 | 3.141 | 3.839 | 3.286 | 3.13 | 3.828 | 3.277 |
| | 30 | NOUA | 3.33 | 4.133 | 3.571 | 3.171 | 4.25 | 3.445 | 3.121 | 4.184 | 3.582 |
| | 31 | REGR | 3.158 | 4.162 | 3.551 | 3.368 | 4.324 | 3.643 | 3.324 | 4.269 | 3.624 |
| | 32 | SALM | 3.146 | 4.079 | 3.608 | 3.194 | 4.121 | 3.818 | 3.179 | 4.086 | 3.66 |
| 35 | TALI | 3.933 | 4.42 | 3.695 | 3.287 | 4.372 | 3.597 | 3.173 | 4.075 | 3.463 | |
| 37 | ZAAR | 3.244 | 4.188 | 3.524 | 3.205 | 4.182 | 3.61 | 3.077 | 4.173 | 3.603 | |
| Moyenne | | 3.274 | 4.100 | 3.681 | 3.267 | 4.115 | 3.619 | 3.153 | 4.044 | 3.539 | |
| E-T | | 0.211 | 0.257 | 0.252 | 0.134 | 0.230 | 0.230 | 0.247 | 0.222 | 0.203 | |
| Meilleur | | 3.024 | 3.373 | 3.218 | 3.038 | 3.479 | 3.284 | 3.035 | 3.341 | 3.163 | |
| Moins bon | | 3.933 | 4.58 | 4.318 | 3.557 | 4.461 | 3.984 | 3.509 | 4.315 | 3.777 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 20m R : 20 mètres rectiligne , 20m S : 20 mètres slalom , 20m F : 20 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 11. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 20m pour le GSV.

| | | Vitesse = 20 metres | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|
| | | Pré tests (T0) | | | Tests à 3 semaines (T1) | | | Post tests (T2) | | | |
| Groupe | Sujet | 20m R | 20m S | 20mF | 20m R | 20m S | 20mF | 20m R | 20m S | 20mF | |
| GSN | 2 | AMAL | 3.474 | 4.348 | 3.906 | 3.362 | 4.132 | 3.867 | 3.382 | 4.04 | 3.723 |
| | 3 | AMRA | 3.28 | 4.202 | 3.462 | 3.189 | 3.99 | 3.421 | 3.178 | 3.837 | 3.382 |
| | 4 | BENT | 3.512 | 4.362 | 3.825 | 3.502 | 4.352 | 3.867 | 3.494 | 4.298 | 3.808 |
| | 5 | BOUH | 3.212 | 4.218 | 3.676 | 3.213 | 4.219 | 3.867 | 3.204 | 4.004 | 3.581 |
| | 9 | DIFI | 3.402 | 4.153 | 3.797 | 3.358 | 4.249 | 3.559 | 3.349 | 4.126 | 3.603 |
| | 10 | EDDA | 3.362 | 4.229 | 3.471 | 3.346 | 4.258 | 3.576 | 3.326 | 4.211 | 3.452 |
| | 14 | ENNA | 3.115 | 3.871 | 3.509 | 3.049 | 4.047 | 3.531 | 3.046 | 3.974 | 3.479 |
| | 15 | FALO | 3.566 | 4.55 | 3.921 | 3.457 | 4.348 | 3.859 | 3.362 | 4.326 | 3.834 |
| | 17 | GAMR | 3.413 | 4.253 | 3.713 | 3.399 | 4.176 | 3.766 | 3.338 | 4.174 | 3.625 |
| | 19 | JAOU | 3.371 | 4.101 | 3.986 | 3.282 | 3.984 | 3.561 | 3.163 | 3.964 | 3.452 |
| | 21 | KERN | 3.297 | 4.296 | 3.664 | 3.31 | 4.262 | 3.629 | 3.249 | 4.25 | 3.62 |
| | 25 | MEND | 3.081 | 4.032 | 3.646 | 3.005 | 4.104 | 3.428 | 2.91 | 4.094 | 3.283 |
| | 26 | MHAN | 3.268 | 4.38 | 3.634 | 3.301 | 4.246 | 3.213 | 3.236 | 4.342 | 3.416 |
| | 28 | MOUR | 3.349 | 4.428 | 3.583 | 3.334 | 4.401 | 3.554 | 3.289 | 4.389 | 3.493 |
| | 29 | NASS | 3.262 | 4.087 | 3.55 | 3.224 | 4.121 | 3.646 | 3.142 | 3.957 | 3.597 |
| | 33 | SIDK | 3.194 | 4.162 | 3.703 | bl | bl | bl | bl | bl | bl |
| | 34 | SOUK | 3.27 | 4.223 | 3.703 | 3.43 | 4.277 | 3.851 | 3.376 | 4.306 | 3.785 |
| 36 | YOUS | 3.27 | 4.323 | 3.359 | 3.25 | 4.178 | 3.657 | 3.231 | 4.039 | 3.442 | |
| 38 | ZARR | 3.106 | 3.895 | 3.531 | 3.224 | 3.888 | 3.584 | 3.139 | 3.845 | 3.441 | |
| Moyenne | | 3.305 | 4.216 | 3.665 | 3.291 | 4.180 | 3.635 | 3.245 | 4.121 | 3.556 | |
| E-T | | 0.134 | 0.172 | 0.168 | 0.130 | 0.139 | 0.184 | 0.139 | 0.174 | 0.157 | |
| Meilleur | | 3.081 | 3.871 | 3.462 | 3.005 | 3.888 | 3.213 | 2.91 | 3.837 | 3.283 | |
| Moins bon | | 3.566 | 4.55 | 3.986 | 3.502 | 4.401 | 3.867 | 3.494 | 4.389 | 3.834 | |
| Différences | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | N.S (P>0,05) | | | |
| 20m R : 20 mètres rectiligne , 20m S : 20 mètres slalom , 20m F : 20 mètres Football | | | | | | | | | | | |

Annexe 12. Recueil des valeurs à T0-T1-T2 sur 20m pour le GSN

