



Détermination et variation du profil physique du footballeur de très haut niveau : référence spéciale aux performances athlétiques selon les différents postes de jeu orientant sur la validation d'un test d'agilité

Grégory Vigne

► To cite this version:

Grégory Vigne. Détermination et variation du profil physique du footballeur de très haut niveau : référence spéciale aux performances athlétiques selon les différents postes de jeu orientant sur la validation d'un test d'agilité. Education. Université Claude Bernard - Lyon I, 2011. Français. NNT : 2011LYO10343 . tel-00752237

HAL Id: tel-00752237

<https://theses.hal.science/tel-00752237>

Submitted on 15 Nov 2012

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.

Thèse de l'UNIVERSITE DE LYON

Délivrée par

L'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1

Ecole doctorale de l'EDISS

N° ordre : 343 - 2011

Détermination et variation du profil
physique du footballeur de très haut-
niveau – référence spéciale aux
performances athlétiques selon les
différents postes de jeu orientant sur
la validation d'un test d'agilité

THESE

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université Claude Bernard LYON 1

Champs disciplinaire STAPS

VIGNE Grégory

Soutenue publiquement le 13 Décembre 2011

Directeur de thèse : M. HAUTIER Christophe, MCF HDR, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon

Jury :

M. MASSARELLI Raphaël, PU, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lyon, Président

M. CHAMARI Karim, PU, Directeur de Laboratoire de recherche Tunisien « Optimisation de la performance sportive » CNMSS, ISSEP Ksar-Saïd, Université la Manouba, Tunisie, Rapporteur

M. DOREL Sylvain, MCF, Université de Nantes, Rapporteur

M. DELLAL Alexandre, Docteur en science du sport, et responsable du pôle performance et de recherche de l'Olympique Lyonnais FC, Examineur

REMERCIEMENTS

A Monsieur Christophe HAUTIER

Je vous remercie pour votre précieuse aide pour la réalisation de cette thèse, ainsi que pour patience et vos encouragements au cours de ses 6 années de travaux. Soyez assuré de ma reconnaissance.

A Monsieur Claudio GAUDINO

Je vous remercie pour votre soutien et votre accueil au sein du club de l'Inter de Milan ainsi que de votre précieuse aide dans la récolte et la compréhension des données pour aboutir à la réalisation de cette thèse, ainsi que pour la compréhension de la préparation physique à haut niveau. Soyez assuré de toute mon estime.

A Madame Isabelle ROGOWSKI

Je vous remercie pour votre soutien et votre précieuse aide dans l'analyse des données. Soyez assuré de ma reconnaissance.

A Messieurs Karim CHAMARI et Sylvain DOREL

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie des rapporteurs pour cette thèse. A travers vos expertises et vos connaissances scientifiques, votre présence au sein de ce jury est un honneur.

A Messieurs Raphaël MASSARELLI et Alexandre DELLAL

Je vous remercie d'avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse. Votre renommée dans le monde de la recherche vous confère toute ma considération et mon estime.

A Madame Roberta MACCHI et au staff technique et médical de l'Inter de Milan

Je vous remercie pour votre précieuse aide dans la récolte des données et vos orientations dans mon travail de recherche, ainsi que votre chaleureux accueil.

A mes collègues Nicolas DUBOIS, Charles MOULIN et Jean-Pierre GUILLAUME

Je vous remercie pour votre aide dans la mise en place des protocoles de travail. Votre aide m'a été indispensable pour la réalisation de cette thèse.

A ma famille

A mes grands-parents, mes parents, ma sœur, Alexandra et mes proches. Votre présence, votre patience et votre soutien m'ont été et me seront toujours indispensables.

Résumé

Mots clefs : Football-Joueurs Elite-Profil d'activité-Suivi longitudinal-Test Agilité

Cette thèse s'adresse aussi bien aux scientifiques, aux entraîneurs, aux préparateurs physiques et aux sportifs souhaitant approfondir leurs connaissances de l'activité football. Les aspects scientifiques abordés ainsi que leur transposition en outils de terrain pourront être utilisés comme moyen d'évaluation et d'orientation des séances d'entraînement. Ainsi, au travers de ce travail, nous avons abordé le ratio entre le temps de travail et le temps de récupération réalisés en matches de très haut niveau dans le Championnat de Première Division Italienne au cours de la saison 2004/2005. Ce ratio moyen de compétition est de 1/8, à savoir 2.2 secondes d'effort et 18 secondes de récupération. La deuxième partie de ce travail consistait à analyser l'évolution du profil d'effort et la possession de balle collective de footballeurs de très haut niveau au cours de trois saisons consécutives avec un effectif et un staff technique stables. L'étude a permis de mettre en avant une diminution de la quantité d'effort produite par les joueurs de l'ordre de 5% sans altération de la performance ainsi que l'augmentation de la possession de balle collective. La troisième et dernière partie a été de créer et d'analyser un test d'agilité spécifique à l'activité football. Après, une analyse complète des différents éléments liés à la reproductibilité et à la validité du test, il s'avère que ce test semble rendre compte de l'activité motrice du footballeur. De plus, les mesures réalisées dans le cadre de ce travail ont permis de fournir les premières normes de performance qui peuvent être attendues en fonction de l'âge du joueur et de son niveau de jeu. Au terme de notre travail, nous pouvons conclure que cette thèse a apporté des résultats spécifiques pour orienter l'entraînement athlétique du footballeur moderne et à proposer un nouvel outil de détection des jeunes footballeurs.

Abstract

Key words : Soccer-Elite players-Activity profile-Seasonal variations-Agility Test

This work is dedicated to scientists, coaches and physical trainers as well as athletes involved in elite soccer activity. The scientific results and their practical applications could be used as a basis for the work of scientists as well as football professionals. The first part of this thesis showed that playing positions significantly influence activity profile. Moreover, this study demonstrated that the work/rest ratio observed in elite soccer Italian Serie A championship attained 1/8 and represented a mean work time of 2.2 seconds for an averaged recovery time of 18 seconds. The second part of this thesis, explored the evolution of activity profile and total ball possession during 3 consecutive seasons in the same elite team. This study has showed how for three consecutive seasons the players of successful Serie-A team reduced their distances performed at submaximal speeds, and increased ball possession while maintaining the distances covered at high/maximal speeds. It is suggested that this is due to a better understanding of tactical roles and team organization. The third part of the thesis tended to develop and to valid a specific agility soccer test composed with fundamental soccer tasks which has to be performed as quickly as possible. The validity and repeatability of the test has been demonstrated and it has been applied on a large population of different ages, positions and levels. As a conclusion, this thesis provided new specific results and perspectives that would influence professional soccer athletic conditioning and that provided a new specific test to detect young soccer players.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	5
CHAPITRE I : ANALYSE DE LA LITTERATURE : FOOTBALL MODERNE ET ANALYSE DE L'ACTIVITE DU FOOTBALLEUR	8
1. DETERMINATION DES FACTEURS DE LA PERFORMANCE	8
2. LES SYSTEMES D'ANALYSE DE LA PERFORMANCE EN MATCH.....	11
3. DONNEES SUR L'ENSEMBLE DU MATCH	19
3. 1. GENERALITES.....	19
3. 2. PAR POSTE	28
3. 3. EN FONCTION DE LA POSSESSION DE BALLE	32
3. 4. EN FONCTION DU RESULTAT.....	36
4. DONNEES PREMIERE ET DEUXIEME MI-TEMPS.....	38
4. 1. GENERALITES.....	38
4. 2. PAR POSTE	41
4. 3. EN FONCTION DE LA POSSESSION DE BALLE	43
5. ANALYSE DE L'ACTIVITE MOTRICE DU FOOTBALLEUR	45
6. SYNTHESE DE LA LITTERATURE, PROBLEMATIQUES ET HYPOTHESES.....	49
CHAPITRE II : ETUDE 1 : PROFIL D'ACTIVITE D'UNE EQUIPE DE FOOTBALL DE L'ELITE ITALIENNE	54
CHAPITRE III : ETUDE 2 : EXIGENCES PHYSIQUES D'UNE EQUIPE DE FOOTBALL A SUCCES EVOLUANT EN SERIE-A AU COURS DE 3 SAISONS CONSECUTIVES.....	78
CHAPITRE IV : ETUDE 3 : FIABILITE ET VALIDITE D'UN TEST SPECIFIQUE D'AGILITE EN FOOTBALL (TESTAGILFOOT®)	94
CHAPITRE V : DISCUSSION GENERALE.....	119
CONCLUSION GENERALE	127
BIBLIOGRAPHIE :	131
TABLES DES ILLUSTRATIONS	153
ANNEXES.....	155

Introduction

Le football (ou soccer dans les pays anglophones) est le jeu le plus populaire au monde. La FIFA recense 270 millions de pratiquants, compte 301 000 clubs, 38 287 000 licenciés dont 113 000 joueurs professionnels. Le football possède le statut de sport numéro un dans la majorité des pays. Certains continents, comme l'Afrique, l'Amérique du Sud et l'Europe, sont même presque entièrement dominés par cette discipline. Le football est un sport collectif opposant deux équipes de onze joueurs sur un terrain dans un stade. L'objectif de chaque formation est de mettre un ballon sphérique dans le but adverse, sans utiliser les bras, et de le faire plus souvent que l'autre équipe.

Le gain ou la perte d'un match de football ne dépend pas seulement de l'habileté des joueurs à manier le ballon. Le football étant un sport d'équipe, les questions d'intelligence collective sont primordiales. L'issue d'un match est aussi et surtout liée à l'aspect tactique du jeu. Le positionnement des joueurs sur le terrain, les phases de jeu répétées à l'entraînement, et, d'une manière générale, la capacité des onze joueurs à pratiquer un football homogène et cohérent entre pour une très grande part dans les résultats de l'équipe. C'est peut-être parce que le football ne requiert pas seulement de l'habileté, de la force ou de la résistance, mais aussi une compréhension subtile des options stratégiques favorables à l'équipe, parfois appelée « intelligence de jeu » ou « lucidité », qu'il est devenu l'un des sports les plus populaires à travers la planète.

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 René Deleplace, 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

opérateur de l'adaptation des équipes aux jeux sportifs collectifs. Récemment, 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 1).

Figure 1 : Représentation de trois schémas de jeu les plus utilisés en football moderne



Dispositif tactique en « 4-4-2 » Dispositif tactique en « 4-3-3 » Dispositif tactique en « 4-5-1 »

Le football se transforme en business dès le milieu des années 1880 au Royaume-Uni. Durant les années 1980, les diffuseurs télévisuels acceptent d'abandonner la politique du dédommagement et acceptent de payer le « spectacle football ». Les droits payés par la télévision représentent depuis lors entre un tiers et deux tiers des budgets des clubs (en 2005-2006, les recettes des vingt clubs de première division française proviennent à 57% des droits de télévision). Cela a pour conséquence le gonflement budgétaire des clubs dont l'équilibre financier dépend de plus en plus des droits TV. L'arrivée de la télévision n'a pas que des conséquences financières. La diffusion de rencontres associée à la volonté de la FIFA d'améliorer le jeu engendrent des modifications au niveau du jeu lui-même et de sa perception par les médias et le public (modification de calendrier, de certaines règles telles que

l'introduction puis la suppression du « but en or » ou du « but en argent », l'apparition des ramasseurs de balle, de l'interdiction pour le gardien de but de prendre le ballon à la main sur une passe d'un de ses partenaires, le gardien a désormais le droit de conserver 6 secondes maximum le ballon dans les mains). De part ces évolutions, il paraît important de se pencher sur l'étude du temps de jeu effectif (durée du match hors arrêt de jeu) lors des différentes grandes compétitions internationales. Celui-ci évolue et passe de 54.58 minutes en 1990 à 68 minutes en 2000 (Jacquet et al, 2002). En 2002, celui-ci est redescendu à 56.07 minutes. Cependant, la quantité d'action produite par les joueurs reste élevée. Dès lors, le nombre d'actions s'en trouvant ainsi augmenté. 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) comptaient 62 actions à haute intensité et Bangsbo (1991) 76. Mohr et al (2003) recensaient entre 150 et 250 actions brèves et intenses au cours de l'analyse de match. Cela est principalement dû à l'intensité et donc à l'enchaînement des actions qui demeure important. Burgess (2006) dénombrait 58 courses à intensité maximale d'une durée minimale de 2 secondes. Plus récemment, Bradley et al (2010) comptabilisaient 160 courses à très haute intensité.

Chapitre I : Analyse de la littérature : Football moderne et analyse de l'activité du footballeur

1. Détermination des facteurs de la performance

Comme nous venons de le voir, le football est une activité qui ne cesse d'évoluer d'un point de vue sportif, financier et médiatique. L'apport des médias en nouvelles technologies permet aux téléspectateurs, aux entraîneurs et aux scientifiques d'avoir accès à une possibilité d'analyse plus fine de l'activité. Il est dorénavant possible, avec l'apport des nouvelles technologies, d'évaluer l'impact physique des matchs de haut niveau au travers de l'analyse des types d'effort effectués par chaque joueur. Ces éléments doivent être connus dans un plan quantitatif (analyse brute, volume, nombre, etc) et dans un plan qualitatif (rapport entre temps d'effort et temps de récupération notamment) (Dellal, 2008). Dans la littérature scientifique, de nombreux auteurs utilisent ce moyen d'évaluation afin de définir des orientations d'entraînement et l'élaboration de tests de terrain spécifiques (i.e. Bangsbo, 1994 ; Bisciotti, 2003 ; Buchheit, 2008 ; Dellal, 2008 ; Hoff, 2005 ; Impellizzeri, 2005 ; Sporis, 2010 ; Vigne, 2010 ; Wong, 2010) pour améliorer la performance athlétique des joueurs en compétition.

Depuis ces vingt dernières années, l'intérêt des sciences du sport pour le football s'est considérablement accru. L'apparition d'études axées sur le football dans la littérature scientifique remonte aux années 1960 (Buhr, 1965). Jusqu'à nos jours, de nombreux auteurs se sont penchés sur l'analyse du football tant d'un point de vue physiologique, athlétique, psychologique, sociologique ou économique. Ceci a donné lieu de très nombreuses publications (n=4385 sur Medline sous le terme « soccer »). Le premier congrès mondial Science et Football a eu lieu à Liverpool en 1987 sous l'impulsion de Thomas Reilly.

Aujourd'hui, de nombreux colloques ou congrès nationaux et internationaux évoquent

Détermination et variation du profil physique du footballeur de très haut-niveau—référence spéciale aux performances athlétiques selon les différents postes de jeu orientant sur la validation d'un test d'agilité Page 8

l'activité football et certains de manière spécialisée tel que Le Congrès Mondial Science et Football ou encore le colloque international Football et Recherches ainsi que le congrès international Science et Football. L'implication des différents domaines de recherche permet de mieux comprendre l'évolution de l'activité et de spécialiser de plus en plus les sujets de recherche.

La détermination des facteurs de performances en football est un processus complexe comme le souligne Boulogne (1989) qui affirme que la complexité du football se traduit par une grande difficulté à conjuguer les différents paramètres de la performance (facteurs psychologiques, technico-tactiques, athlétiques et physiologiques).

Les facteurs psychologiques font partie intégrante des variables qui déterminent la performance. A ce titre, ils doivent être soumis à une programmation planifiée en interdépendance avec les autres composantes tactiques, techniques et athlétiques.

Dans le football moderne, les procédés technico-tactiques individuels et collectifs sont exécutés de manière précise et efficace avec beaucoup d'aisance par les joueurs, avec une grande concordance entre les efforts à consentir, le temps et l'espace à gérer d'une manière rationnelle (perception de la notion " spatio-temporelle", appréciation, sensation et gestion de l'effort). Aussi, le savoir-faire des footballeurs dans la gestion de l'effort, la maîtrise et l'orientation des mouvements dans des conditions de jeu extrêmes, à savoir le manque d'espace et de temps, s'est sensiblement accru (Lukchinov, 1981). Grehaigne (1993) met l'accent sur la fonction sensori-motrice puisque selon lui, cette faculté est un des facteurs fondamentaux de la performance et de la formation des qualités techniques.

En effet, les analyses technicistes se polarisent sur la description, l'apprentissage du geste sportif parfait ou sur une analyse séquentielle (nombre de contacts avec le ballon) et systématique des principes techniques (l'orientation et l'élévation de la trajectoire pour les frappes de balle).

Le football est constitué par une multiplicité de coopération et d'opposition possible entre coéquipiers et adversaires. En effet, au niveau des situations, un des joueurs d'une équipe peut être confronté à des adversaires tous différents et cela dans des conditions qui ne seront jamais exactement identiques. C'est de cette multiplicité que l'approche tactique vise à montrer la place fondamentale de la stratégie et de la tactique dans la conception et l'apprentissage de jeu collectif. Ceci oblige le joueur à savoir gérer ses potentialités et à avoir une intelligence tactique et un comportement efficace.

L'information bien perçue, bien traitée, bien interprétée lui permet d'agir et de mieux réagir (efficacité intellectuelle) aux modifications de son environnement. On peut donc dire que c'est tout une connaissance et une maîtrise tactique (individuelle et collective) qui doit être acquise au cours du processus de l'entraînement pour résoudre les différents problèmes que pose le jeu.

D'un point de vue de la condition physique, Van Gool (1988), Bangsbo (1994), Reilly et al (2000), Verheijen (1996) ainsi que Stolen et al (2005) analysent que le football requiert endurance, force, vitesse et coordination. Même si la grande majorité de ces travaux sont entrepris dans le domaine de la physiologie de l'exercice comme le précisent Williams et Hodges (2005), Mohr et al (2004), Bangsbo et al (2005), la performance en football dépend aussi des paramètres psychologiques (Reilly et Gilbourne, 2003), techniques et tactiques (Hoff, 2004).

Aujourd'hui, ces aspects sont tous aussi importants les uns que les autres. Selon le poste occupé par le joueur sur le terrain, selon les schémas de jeu et les animations préconisés par le staff technique, une mauvaise prestation d'un joueur peut directement influencer la performance générale de l'équipe (Jacquet et al, 2002).

2. Les systèmes d'analyse de la performance en match

Afin de mieux comprendre la performance en football, l'analyse des temps d'activité lors d'un match est apparue comme nécessaire et a donné lieu à de nombreuses publications récentes (Bangsbo, 2006 ; Dellal, 2008 et 2010 ; Di Salvo, 2007, 2009 et 2010 ; Rampinini, 2007 ; Randers, 2010) (Tableau 1). La compréhension des différentes séquences de jeu effectuées par les joueurs a pour but d'améliorer l'entraînement en favorisant l'individualisation du travail physique et technique. En football, comme dans tous les sports, entraîneurs, préparateurs physiques et athlètes recherchent continuellement de nouvelles techniques d'entraînement afin de développer les caractéristiques physiques et techniques des joueurs dans le but d'améliorer la performance sportive. Durant un match, les joueurs doivent se déplacer sur le terrain en tenant compte de situations dites « ouvertes » comprenant les adversaires, les partenaires et le ballon.

Le développement de systèmes de tracking vidéo d'analyse de l'activité des joueurs au cours des matchs a permis d'obtenir de grandes quantités d'informations sur les déplacements de tous les joueurs au cours du match.

Tableau 1 : Distance totale parcourue (m) en fonction du système d'analyse utilisé (Carling et al, 2008)

Références	Niveau de compétition (sexe)	Nombre de joueurs	Distance totale parcourue (m)
Analyse vidéo manuelle			
Di Salvo et al (2007)	International Anglais (femme)	30	11979
Impellizzeri et al (2007)	Professionnels Italiens Juniors (homme)	29	9890
Strudwick et Reilly (2001)	Professionnels Anglais (homme)	24	11264
Mohr et al (2003)	Très haut niveau Danois (homme)	24	10330
Randers et al (2007)	Première Division Danoise (homme)	23	10800
Randers et al (2007)	Première Division Suédoise (homme)	23	10150
Mohr et al (2003)	Professionnels Italiens (homme)	18	10860
Rienzi et al (2000)	Professionnels d'Amérique du Sud (homme)	17	8638
Krustrup et (2005)	Très haut niveau Danois (femme)	14	10300
Thatcher et al (2005)	Professionnels anglais (homme)	12	10274
Thatcher et al (2005)	Professionnels -19 ans (homme)	12	9741
Andersson et al (2007)	International Suédois/Danois (femme)	11	10000
Andersson et al	Très haut niveau	11	9700

(2007)	Suédois/Danois (femme)		
Rienzi et al (2000)	Professionnels Anglais (femme)	6	10104
Holmes (2002)	Très haut niveau Anglais (femme)	5	12400
Analyse manuelle avec tablette tactile			
Burgess et al (2006)	Professionnels australiens (homme)	36	10100
Helgerud et al (2001)	Très haut niveau Norvégiens Juniors (homme)	9	10335
Repérage vidéo automatique			
Rahnama et al (2002)	Matches Ligue des Champions (homme)	791	11010
Di Salvo et al (2007)	Championnats Professionnels Européens (homme)	300	11393
Barros et al (2007)	Première Division Brésilienne (homme)	55	10012
Rampinini et al (2007)	Professionnels Européens (homme)	18	10864
Zubillaga et al (2007)	Matches de Ligue des Champions (homme)	18	10461
Fernandes et al (2003)	Première Division Portugaise (homme)	3	12793
Brule et al (1998)	Professionnels Français (homme)	1	11000
Odetoyinbo et al (2007)	Professionnels Anglais (homme)	Sous réserve	10659
Global Positioning System (GPS)			
Hewitt et al (2007)	International Australiens	6	9140

	(femme)		
Mesurage triangulaire			
Miyagi et al (1999)	Professionnels Japonais (homme)	1	10460

De nombreux systèmes d'analyse de mouvement à caméras multiples existent en football pour étudier les déplacements des joueurs sur le terrain en fonction de critères de temps et de vitesse par exemple tel qu'Amisco, ProZone ou encore SICS. Ce dernier est un système d'analyse vidéo à repérage semi-automatique avec six caméras (trois de chaque côté du terrain) principalement utilisé en Italie.

Tableau 2 : Liste des différents systèmes d'analyse vidéo et GPS utilisés dans l'analyse du profil d'activité athlétique des joueurs de football (d'après Carling et al, 2008)

Société / Institution (Pays)	Nom du Système	Type de Système
		GPS
GPSports (Australie)	SPI Elite [®]	Repérage GPS
RealTrackFootball (Espagne)	Real Track Football [®]	Repérage GPS
		Transmetteurs électroniques
Citech Holdings PtyLtd (Australie)	Biotrainer [®]	Transmetteurs électroniques
INMOTIO Object Tracking BV (Pays-Bas)	LPM soccer 3D [®]	Transmetteurs électroniques
		Repérage vidéo automatique
Université de Chukyo (Japon)	Transformation linéaire directe	Repérage vidéo automatique
Feedback Sport (Nouvelle Zélande)	Feedback Football [®]	Repérage vidéo automatique
Collège des Sciences d'Hiroshima (Japon)	Transformation linéaire directe	Repérage vidéo automatique

Performance Group International (Grande Bretagne)	DatatraX [®]	Repérage vidéo automatique
ProZone Holdings Ltd (Grande Bretagne)	ProZone [®]	Repérage vidéo automatique
Sport-UniversalProcess SA (France)	AMISCO Pro [®]	Repérage vidéo automatique
TRACAB (Suède)	Tracab [®]	Repérage vidéo automatique
Université de Campinas (Brésil)	Dvideo	Repérage vidéo automatique
		Repérage vidéo semi-automatique
Bassano del Grappa (Italie)	SICS [®]	Repérage vidéo semi-automatique
		Analyse manuelle
Noldus (Pays-Bas)	Observer Pro [®]	Codage vidéo manuel
Sportstec (Australie)	TrakPerformance [®]	Tablette tactile (manuel)

Des études mettant en évidence l'utilisation des systèmes de caméras multiples pour analyser les déplacements des footballeurs font leur apparition dans les années 70 avec notamment Reilly et Thomas (1976). Les progrès scientifiques permettent d'avoir un panel plus important dans le choix des systèmes d'analyse (caméras automatiques, semi-automatiques, Global Positioning System (GPS), accéléromètre) (Tableau 2). Récemment, une étude conduite par Randers (2010) s'est intéressée aux différentes techniques de recueil des données afin d'établir l'utilisation préférentielle de tel ou tel système tout en comparant leurs fiabilités. Au cours de cette étude, il a comparé quatre systèmes d'analyse différents lors du même match de football dont un système d'analyse vidéo de temps de mouvement (Bangsbo et al, 1991 ; Mohr et al, 2003), un système de repérage vidéo semi-automatique Amisco Pro[®], version 1.0.2 (Di Salvo et al, 2007) et deux modèles différents de GPS (MinimaxX v2.0 (Edgecomb et Norton, 2006) et GPSports SPI Elite System (Coutts et Duffield, 2008)). Il en ressort que des

différences existent au niveau du traitement en valeurs absolues des distances couvertes par les joueurs, notamment à haute intensité.

Le système de GPS portatif (GPSports SPI Elite System, Canberra, Australia) a été déterminé comme fiable et valide pour enregistrer les activités à haute intensité (HIR) et en sprint des footballeurs (Jennings et al, 2010 ; Coutts et Duffield, 2010; Edgecomb et Norton, 2006 ; Barbero-Alvarez et al, 2010). Ce système de GPS présente un coefficient de variation de 3.6 % pour la distance totale, 11.2 % pour HIR et 5.8 % pour le sprint (Coutts et Duffield, 2010). De plus, Barbero-Alvarez et al (2010) ont confirmé l'utilisation de GPS comme une alternative pour évaluer la capacité à répéter les sprints (RSA) avec des corrélations particulièrement fortes entre le GPS et la performance en RSA mesurée avec des temps pour 15 m ($r^2=0.87$) et 30 m ($r^2=0.94$), sachant que la distance de sprint est rarement supérieure à 30 m dans des matches de football (Bradley et al, 2009). La faible différence de valeurs de HIR entre la technologie GPS et vidéo semi-automatique pourrait être liée au stress des joueurs de porter un système matériel GPS. En effet, le GPS a été placé dans le dos à l'intérieur d'une poche en néoprène attachée à un harnais autour de l'épaule du joueur, à l'intérieur d'une autre poche cousue dans un maillot de corps sans manches. Comparativement le GPS MinimaxX v2.0 a été estimé moins fiable pour l'estimation des courses à très haute intensité. En effet, il ne prendrait en compte que 50 à 75% du nombre de sprints comparé aux trois autres systèmes. Cette différence s'expliquerait par une fréquence d'enregistrement plus faible de ce système.

Le SICS est un système d'analyse vidéo à repérage semi-automatique avec six caméras à une fréquence de 25-Hz (trois de chaque côté du terrain). Les six caméras fixes sont positionnées autour du terrain et par la suite calibrées et synchronisées. Tous les joueurs sont enregistrés simultanément et la distance totale couverte dans les différentes catégories d'allure sont

déterminées par plusieurs formules détaillées dans l'étude d'Osgnach et al (2010). La fiabilité du système d'analyse vidéo SICS a été démontré par Rampinini et al (2009a) qui ont montré une erreur typique de 1.0% pour la distance totale parcourue et une erreur typique comme pour le coefficient de variation (CV) pour la distance parcourue à haute intensité de 3.2% (95% CI=1.9-9.2%) tandis qu'une précédente étude pilote a montré une exactitude de 3.6% (n=5 ; 95% CI=2.6-10.3%). Ce système est semblable au système Amisco Pro[®], version 1.0.2 validé par Randers et al (2010).

Les paramètres de performance physiques mesurés dans ces études étaient la distance totale, la distance de sprint et à intensité haute intensité. Les systèmes d'analyse de mouvement de temps utilisée en jeux réduits (SSG) et en match étaient respectivement le GPS et le système d'analyse de match à caméras multiples. Les activités réalisées à différentes vitesses ont été enregistrées avec la même méthodologie utilisée dans de précédentes études (Hill-Haas et al, 2010 ; Bradley et al, 2009 ; Dellal et al, 2011). Les distances parcourues par minute ont été enregistrées dans chaque situation pour de futures analyses. Randers et al (2010) n'a montré aucune différence statistique entre le GPS (à 5 Hz) et des systèmes de caméras multiples semi-automatiques en marche, à intensité basse ou modérée, en sprint, pour la distance totale couverte ainsi que pour détecter la fatigue alors qu'une faible différence a été notifiée pour la course à haute intensité. Cependant, des différences existent avec le GPS (à 1 Hz) et les autres systèmes d'analyse en ce qui concerne les courses à très haute intensité (Randers et al, 2010). Pour améliorer les comparaisons entre les valeurs de ces deux technologies, une partie des données a été analysée selon la durée du match et pour SSG en fonction des minutes de jeu par exercice. Les variations interindividuelles observées lors de l'utilisation d'un système d'analyse vidéo de temps de mouvement n'excèdent pas 4% (Bangsbo, 1991).

Cependant, toutes les techniques sont validées pour le suivi athlétique de l'athlète mais sur des catégories d'allures soit sous maximales soit maximales. En effet, les systèmes d'analyse

montrent tous une diminution de la performance entre la première et la deuxième mi-temps et détectent les changements d'intensité de course. Les données restent scientifiquement utilisables ramenées en valeurs relatives.

D'Orazio et Leo (2010) pensent que l'amélioration des systèmes d'analyse automatiques va réduire les interventions manuelles. Ces mêmes auteurs pensent que ces systèmes automatiques sont les plus adaptés au recueil des données de par leur fiabilité et leur robustesse aux changements climatiques.

3. Données sur l'ensemble du match

3. 1. Généralités

Ces analyses rapportées dans la littérature scientifique mettent en évidence le fait que le football est un sport intermittent, caractérisé par des efforts explosifs répétés (Dellal, 2008 ; Dupont, 2003 ; Taskin, 2008), qui requiert une multitude de qualités motrices (Cazorla et Farhi, 1998). L'intensité élevée du jeu en football, ponctué par des périodes de faible intensité ou de repos, révèlent le caractère acyclique de ce sport et le classe parmi les sports dit intermittents (Bishop et al, 1999 ; McMillan et al, 2004). Mombaerts (1991) met ainsi en évidence l'alternance des séquences de jeu et de repos au cours du match. Ce sont ces intervalles de repos passif qui accentuent l'aspect discontinu de l'effort du footballeur. Le même auteur relate qu'à cette époque, plus de la moitié des séquences de jeu avaient une durée de 15 secondes (sec) et moins. Le temps moyen de repos était de 15 sec, l'alternance jeu-repos est de 15 sec / 15 sec, ce qui représentait 30 % des séquences de jeu en match, puis l'alternance 7 sec / 15 sec qui représentait 25 % des séquences de jeu. Ces temps restant utilisable dans l'entraînement, reflètent moins les efforts actuels réalisés par les footballeurs. L'implication de nombreux scientifiques et leurs récentes analyses (Mohr, 2003 ; Di Salvo, 2010 ; Rampinini, 2009 ; Dellal, 2010 et 2011 ; Buchheit, 2008 ; Orendurff, 2010) montrent un fractionnement différent des actions à haute intensité avec une diminution du temps d'effort et de récupération chez des footballeurs expérimentés. Orendurff et al (2010) montrent que 43% des efforts sont d'une durée < 6 secondes, 23% entre 6 et 9 secondes, 13% entre 9 et 12 secondes et 9% entre 12 et 15 secondes. Cela représente 90% des courses. De plus, 53% de récupérations sont < 6 secondes, 22% entre 6 et 9 secondes, 9% entre 9 et 12 secondes et 5% entre 12 et 15 secondes. Cela représente 90% des périodes de récupération.

La charge aérobie lors d'un match est approximativement estimée à 75% de la VO2 max correspondant à 80% de la FC max (Stolen et al, 2005 ; Cazorla, 1998 ; Bangsbo, 1994 ;

Reilly, 1997 ; Mohr et al, 2004 ; Astrand et al, 2003). Mohr et al (2004) relève une fréquence cardiaque moyenne est de 160 battements/minute représentant entre 80 à 90% de la FC max (Stolen et al, 2005).

Ayant caractérisé le football comme un sport intermittent avec la répétition d'effort brefs et intenses, il convient de donner quelques chiffres se rapportant à la charge anaérobie lors d'un match. Il a été mesuré que la concentration moyenne en lactate à la fin d'un match est de 3 à 6 mmol.l⁻¹ mais celle-ci peut atteindre 12 mmol.l⁻¹ suite à un effort explosif (Bangsbo, 1994 ; Krstrup et al, 2003). Beaucoup d'entraîneurs parlent, estiment et utilisent le seuil anaérobie dans la construction de leurs séances athlétiques. Il a été estimé que le seuil anaérobie se situe entre 76.6 et 90.3% de la FC max chez le footballeur (Stolen et al, 2005) selon son niveau d'entraînement. Ces informations sont bien évidemment à individualiser pour chacun des footballeurs que l'on a sous sa responsabilité.

Durant un match, chaque joueur réalise 1000 à 1400 actions de courtes durées comprises entre 2 et 4 secondes (Stolen et al, 2005) dont 220 à haute intensité (Mohr et al, 2003). Bangsbo (1994), a démontré une récurrence des actions toutes les 4 à 6 secondes. Ces efforts sont composés de sprints courts, d'accélération et décélérations rapides, de changements de direction, de sauts, de frappes de balle et de tacles (Taskin, 2008). Strudwick et Reilly (2001) ont montré qu'un joueur effectuait une course à haute intensité toutes les 60 secondes et un sprint toutes les 4 minutes. Mohr et al (2003) ont montré que la quantité d'actions augmentait avec le niveau de pratique. Les joueurs de l'élite professionnelle parcourent plus de distances en sprint, en courses de haute intensité et en course arrière que des joueurs de niveau inférieur. De même, le nombre de courses à basses et hautes intensités ainsi que le nombre de sprints sont supérieurs chez ces mêmes joueurs. Mohr et al (2003) ont démontré qu'un joueur professionnel parcourait une distance plus importante qu'un joueur amateur. Ils ont aussi

quantifié la fréquence, la durée moyenne et le pourcentage du temps passé au cours des différents déplacements par match pour les joueurs professionnels et amateurs (Tableau 3). De plus, les auteurs constatent une évolution de la quantité d'actions au cours de la saison en fonction de la période compétitive. Ainsi, les distances moyennes totale et à haute intensité couvertes par les joueurs sont plus importantes en fin de saison qu'au début ou au milieu de la saison. En revanche, il n'a pas été établi de différence significative de ce type pour les sprints. Ceci tend à montrer l'importance de l'entraînement au cours de la saison et notamment de sa gestion et de sa programmation afin d'améliorer les capacités athlétiques des joueurs les plus jeunes et de remettre à niveau et de les maintenir pour des joueurs entraînés ayant fini leur développement.

Tableau 3 : Fréquence, durée moyenne et pourcentage du temps passé au cours des différents déplacements par match pour les joueurs professionnels et amateurs (Mohr et al, 2003).

	Debout	marche	jogging	Course lente	Course arrière	Course modérée	Course rapide	sprint	total
Fréquence(nbre)									
Professionnels	163±6	379±10*	316±15	198±8	73±4*	109±7*	69±5*	39±2*	1346±34*
Amateurs	163±10	398±12	321±13	185±8	60±4	96±5	49±3	26±1	1297±27
Durée moyenne(s)									
Professionnels	7.0±0.4	6.4±0.3	3.0±0.1	2.6±0.0	2.7±0.1	2.2±0.0	2.1±0.0	2.0±0.0	3.5±0.1
Amateurs	7.1±0.4	6.4±0.3	3.1±0.1	2.7±0.1	2.7±0.1	2.4±0.0	2.2±0.0	1.9±0.0	3.6±0.1
% temps									
Professionnels	19.5±0.7	41.8±0.9	16.7±0.9*	9.5±0.4	3.7±0.3*	4.5±0.3*	2.8±0.2*	1.4±0.1*	100.0
Amateurs	18.4±1.5	43.6±0.8	19.1±0.9	9.4±0.4	2.9±0.2	3.8±0.3	1.9±0.1	0.9±0.1	100.0

*différence significative ($p < 0.05$) entre les joueurs professionnels et les joueurs amateurs.

Le temps de jeu moyen des footballeurs est de 73.62 ± 29.4 minutes en ne prenant en compte que les joueurs ayant participé aux 2 mi-temps (Vigne et al, 2010). Les différentes études révèlent que les joueurs parcourent en moyenne entre 8 et 15 kms par match pour des valeurs extrêmes (Bangsbo, 1994 ; Dellal, 2010 ; Bradley, 2009 ; Rienzi, 2000 ; Mohr, 2003 ; Hawkins, 2004 ; Di Salvo, 2007 ; Rampinini, 2009) (Tableau 5). Toutefois, il semble nécessaire de rapporter ce chiffre en valeur relative pour obtenir une meilleure lisibilité de l'effort global du footballeur, c'est-à-dire en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$. Burgess et al (2006) rapportent qu'un joueur effectue en moyenne $110.6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Pour être plus précis, il convient maintenant de déterminer la proportion des différents types d'efforts en fonction de la distance totale parcourue. Sur ce point, les nombreux auteurs conviennent de différencier la marche, le jogging, les efforts modérés, les efforts de haute intensité, les sprints et parfois la course arrière. Cependant, les différences chiffrées que l'on peut constater résultent de la compartimentation de ces efforts en termes d'allure. Peu de différences sont enregistrées sur la marche, le jogging, les efforts modérés et la course arrière. En revanche, en ce qui concerne les efforts de haute intensité et les sprints, certaines opinions divergent. La limite haute des efforts à haute intensité et la limite basse des sprints n'est pas clairement définie scientifiquement. Certains auteurs quantifient les sprints à partir de $19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ et d'autres à partir de 25 voire même $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Le profil d'activité peut tout de même être établi. La littérature scientifique permet de le quantifier comme suit. Pour Bangsbo (1994), un footballeur parcourt en moyenne 3200 mètres en marche, 2400 mètres de trot, 3100 mètres de course lente, 1200 mètres en course moyenne, 700 mètres de course rapide, 300 mètres de sprints. Burgess et al (2006) estiment quant à eux 3400 mètres de marche, 3800 mètres de jogging, 1800 mètres de course à

moyenne intensité, 700 mètres de course à haute intensité et 400 mètres de sprint. Thatcher et Batterham (2004) complètent ce profil avec 1300 mètres de course arrière.

Mohr et al (2003) caractérise le profil d'effort durant un match en fonction du temps de jeu avec 42% en marche (6 km.h^{-1}), 30% à faible intensité (12 km.h^{-1}), 9% à haute intensité (18 km.h^{-1}), 1.4% en sprint (30 km.h^{-1}) et 3.7% en course arrière (10 km.h^{-1}). Vigne et al (2010) ont rapporté le profil d'effort en fonction de la distance totale parcourue. On retrouve 39% de marche ($< 5 \text{ km.h}^{-1}$), 30% de jogging ($< 13 \text{ km.h}^{-1}$), 13% de course à intensité modérée (entre 13 et 16 km.h^{-1}), 8% de course à intensité élevée (entre 16 et 19 km.h^{-1}) et 10% à très haute intensité ($> 19 \text{ km.h}^{-1}$). Orendurff (2010) montre que les joueurs passent, en fonction du temps de jeu et des valeurs extrêmes en rapport au poste de jeu, 9% debout à l'arrêt ($=0$), 10% en piétinant ($=1$), 21% en marche ($=2$), 31% en jogging ($=3$), 43% en course ($=4$), 19 % en « vitesse de croisière » ($=5$) et 1.5% en sprint (≥ 6). Chaque catégorie a été spécifiée en fonction de l'intensité de l'effort à l'aide d'une échelle allant de 0 à ≥ 6 . Bradley (2010) enregistre quant à lui, 5.2% du temps de jeu debout (0 à 0.6 km.h^{-1}), 59% en marche (0.7 à 7.1 km.h^{-1}), 26% en jogging (7.2 à 14.3 km.h^{-1}), 6.4% en course (14.4 à 19.7 km.h^{-1}), 2% en course de haute intensité (19.8 à 25.1 km.h^{-1}) et 0.6% en sprint ($\geq 25.2 \text{ km.h}^{-1}$).

Bangsbo (1994) relevait que les joueurs effectuaient 20 sprints de moins de 3 secondes. Quant à Stolen et al (2005), ils en notaient entre 10 et 20 par match. En 3 secondes, départ arrêté, un footballeur effectue une distance de sprint d'environ 20 m. Mohr et al (2003) évaluaient le nombre de sprints de ce type à 39. Cependant, la vitesse retenue pour le sprint était supérieure à 30 km.h^{-1} . Si l'on prend le nombre d'efforts effectués à une vitesse supérieure à 18 km.h^{-1} (efforts à haute intensité), on obtient environ 256 efforts de haute et très haute intensité. O'Donoghue et al (2002) notaient, lors d'une période de 15 minutes de jeu, que les joueurs effectuaient 30 sprints dont 14 inférieurs à 2 secondes et 3 supérieurs à 6 secondes et plus. Sporis et al (2009) évaluaient qu'un joueur réalisait un sprint de 5 mètres en 1.44 secondes en

moyenne, de 10 mètres en 2.27 secondes en moyenne et de 20 mètres en 3.38 secondes 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 sera dépendant du poste de jeu, de l'adversaire, de la possession de balle, de l'évolution du score, du système de utilisé et des consignes données par le staff technique. Il s'agit de ratios moyens obtenus après l'analyse de la moyenne des efforts à haute intensité et des durées de récupération suivant ces efforts.

En résumé, un footballeur parcourt en moyenne 11100 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 intensité moyenne ($13-17 \text{ km.h}^{-1}$), 1200 de course à haute intensité ($17-21 \text{ km.h}^{-1}$), 600 m de sprint ($> 21 \text{ km.h}^{-1}$) et 500 m de course arrière ($> 10 \text{ km.h}^{-1}$) (Figure 2). 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 moyenne intensité, 11% de course à haute intensité, 5% de sprint et 5% de course arrière (Figure 3). Il convient de s'intéresser plus particulièrement aux efforts à haute intensité puisqu'ils sont définis comme étant les clefs de la performance.

Figure 2: Distance totale parcourue en fonction de l'intensité de course (m)

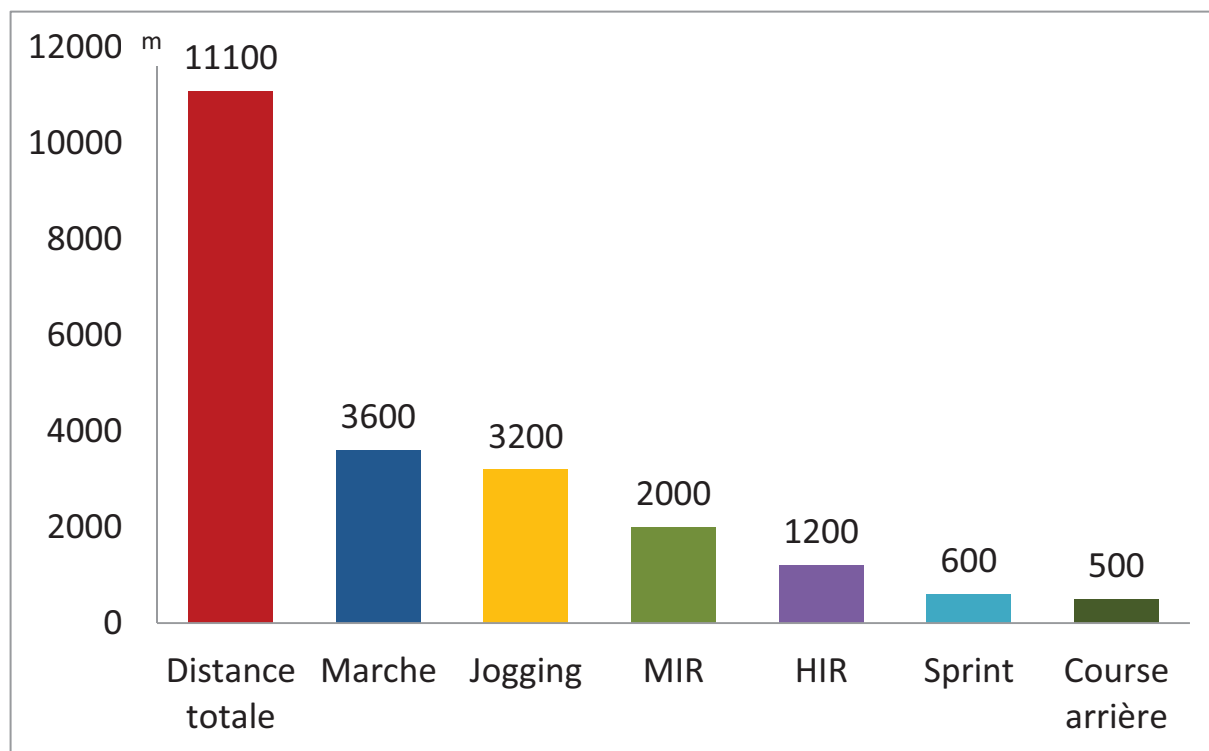
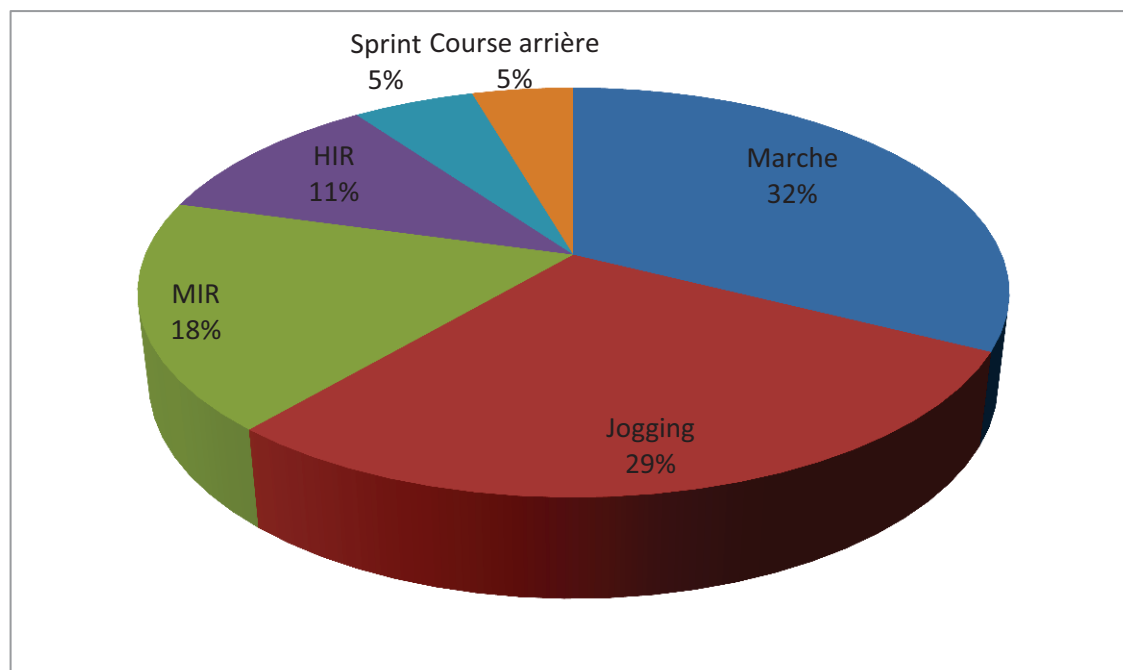


Figure 3 : Répartition des efforts en fonction du temps de jeu (%)



Le caractère intermittent de l'activité dont la clef de la réussite semble être les efforts à haute (entre 16 et 19 km.h⁻¹) et très haute intensité (entre 19 et 24 km.h⁻¹), il convient de rappeler qu'un joueur effectue environ 250 actions de hautes intensité dans un match dont 90% sont inférieures à 15 secondes (Figure 4) et qui sont entrecoupées de récupérations variables dont 85% sont inférieures à 15 secondes (Figure 5). Au sein de ces actions, le footballeur effectue en moyenne 80 sprints (>24 km.h⁻¹) par match qui représente entre 0.5 et 3-4% de la distance totale parcourue.

Figure 4 : Répartition des efforts à haute intensité (%)

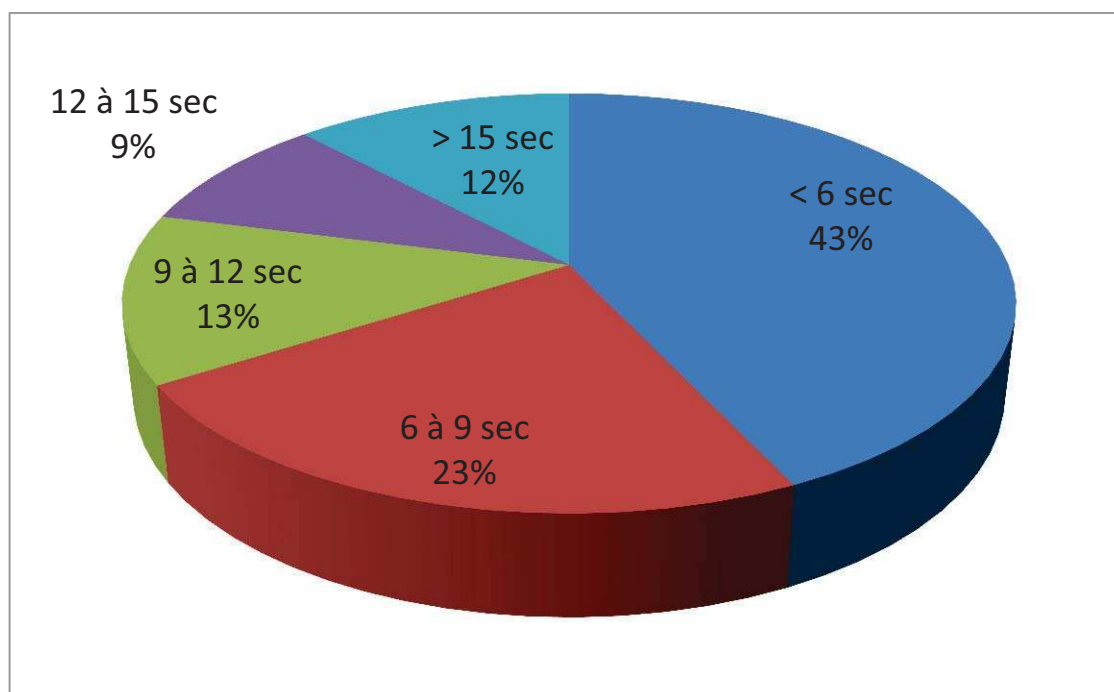


Figure 5 : Répartition des récupérations (%)

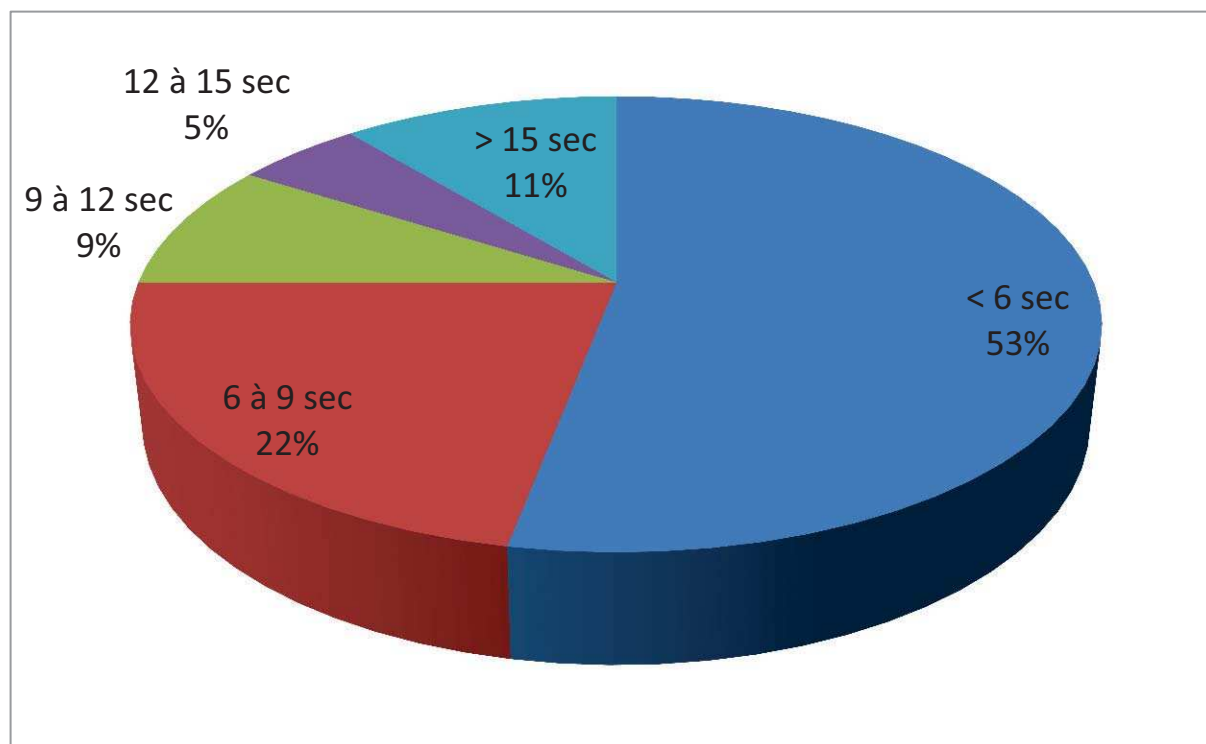


Tableau 4: Performance en sprint pour des footballeurs selon différents auteurs (s)

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
Gorostiaga 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

Lorsque l'on s'intéresse aux vitesses moyennes lors des sprints de footballeur sur différentes distances (Tableau 4), on se rend compte que sans accéléromètre, cette catégorie est

difficilement évaluable avec précision. En effet, sur le tableau ci-dessus, les vitesses moyennes s'étendent d'environ 17 km.h⁻¹ sur 5m à 26 km.h⁻¹ sur 40m. Bien que les résultats soient difficilement comparables au 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.

3. 2. Par poste

Certains auteurs ont spécifié les performances des joueurs au cours d'un match en fonction du poste de jeu. Récemment, Rampinini et al (2007) et Dupont et al (2010) ont montré que les distances totales parcourues aux différentes intensités varieraient selon les postes de jeu (Tableaux 5 et 6). Dupont et al (2010), enregistraient qu'un défenseur central parcourait 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 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. Il en ressort que 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 de jeu. Cela peut sembler-t-il s'expliquer par la non différenciation des milieux axiaux et excentrés. Il semblerait 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. En ce qui concerne les attaquants, il semblerait que ce soit le système en 4-3-3 qui soit le plus exigeant pour eux.

Tableau 5 : Comparaison de la distance totale parcourue à différentes intensités de course en fonction du poste de jeu (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

Concernant les efforts à très haute intensité, O'Donoghue (2002) relève qu'un défenseur effectue 28 sprints d'une durée moyenne de 3.1 secondes avec une durée moyenne de récupération de 32 secondes vs 32 sprints d'une durée moyenne de 3.2 secondes avec environ 27 secondes de récupération pour les milieux et 31 sprints d'environ 3.2 secondes avec une moyenne de récupération de 28 secondes pour les attaquants lors d'une période d'analyse de 15 minutes.

Orendurff et al (2010) ont établi un modèle d'activité pour différents postes de jeu étudiés. Pour un milieu axial, il montre une activité variable de 3 à 45 secondes à une intensité de 6 en début de match et ensuite supérieure à 5 au cours du match dans leur échelle allant de 0 (debout à l'arrêt) à ≥ 6 (sprint) avec des périodes de récupération généralement courtes variant entre 3 et 15 secondes à une intensité moyenne de 4. Pour un défenseur central, on remarque que lors du match, il réalise des efforts d'approximativement 3 secondes 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 secondes à une intensité <3 en début de match pour évoluer entre 12 et 45 secondes 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 secondes avec de très courtes périodes de récupérations allant de 3 à 6 secondes 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 secondes avec des récupérations de 18 à 48 secondes 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 très haute intensité ($\geq 19.8 \text{ km.h}^{-1}$) significativement inférieure par rapport aux défenseurs centraux (101 s) et latéraux (74 s) et aux attaquants (73 s) ($p < 0.01$).

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 (m) (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

En 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. Ils sont ceux qui ont le moins de récupération suite à un effort de très haute intensité comparé 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.

3. 3. En fonction de la possession de balle

Comme nous venons de le montrer, de récentes analyses ont permis d'établir le profil d'activité et les besoins physiques lors d'un match de football selon les différents postes de jeu. Cependant, afin d'avoir une meilleure compréhension des efforts physiques à différentes vitesses imposés par la compétition, il semble nécessaire de s'intéresser à l'activité des joueurs en possession ou non-possession du ballon (collective et individuelle). Il semblerait que

l'activité en course soit modifiée par la possession collective ou non du ballon. Les équipes n'étant pas en possession de la balle tendraient à effectuer une distance de course plus importante. En effet, l'équipe possédant le ballon effectue des passes et « fait courir le ballon » tandis que l'équipe qui ne possède pas le ballon cherche à le récupérer en effectuant des courses en suivant la direction du ballon. Elle « coure après le ballon ». Bangsbo (1994) établissait qu'un joueur possède le ballon environ 1.3 minutes. Dellal et al (2010 et 2011) montrent que la possession de balle varie entre 44 et 75 secondes au cours d'un match contre 53 secondes pour Carling (2010) qui estime que chaque possession dure en moyenne 1.1 secondes. Ce même auteur montre qu'un joueur parcourt en moyenne 191 mètres en possession individuelle du ballon, ce qui représente 1.7% de la distance totale couverte par le joueur. Cette distance est répartie en fonction de l'intensité de course, à savoir 34% à une vitesse supérieure à 19.1 km.h^{-1} , 26% entre 14.1 et 19 km.h^{-1} , 12% entre 11.1 et 14 km.h^{-1} et 28% pour $<11 \text{ km.h}^{-1}$. Cet auteur montre qu'un joueur effectue en moyenne 47 possessions de balle et qu'il touche en moyenne de 1 à 2.2 fois le ballon par possession. Dellal et al (2010) font la même constatation avec un nombre de possession de balle variant entre 38 et 57 et un nombre de touche de balle oscillant entre 1.87 et 2.23 par possession. Lago et Martin (2007) découvrent une influence du lieu du match sur la possession de balle. En effet, ces auteurs enregistrent une augmentation de 6% de la possession de balle lorsque le match est joué à domicile par rapport à l'extérieur.

Certains auteurs (Carling, 2010 ; Lago et Martin, 2007 ; Dellal, 2010 et 2011) s'étant intéressés à la possession de balle ont montré une influence significative du poste de jeu sur celle-ci (Tableau 7).

En effet, les arrières latéraux et les milieux de terrain axiaux et excentrés possèdent plus de fois le ballon que les défenseurs centraux et les attaquants axiaux. Les milieux excentrés sont ceux qui touchent en moyenne le plus de fois le ballon par possession (≈ 2.2) par rapport aux

arrières latéraux qui sont ceux qui le touche le moins (≈ 1.8). Si l'on prend en compte ces deux facteurs associés (nombre de possession et nombre de touches), ce sont les défenseurs centraux qui manipulent le moins le ballon au cours du match (respectivement 39 et 2) (Carling, 2010). Dellal et al (2010 et 2011) montrent quant à eux, que les milieux axiaux offensifs et excentrés et les attaquants ont un nombre de possession de balle et de touche de balle supérieurs aux défenseurs centraux et aux arrières latéraux.

Tableau 7 : Caractéristiques techniques en possession de balle en fonction du poste de jeu (Carling, 2010)

	Nombre moyen de possession de balle	Temps moyen total de possession (s)	Temps moyen par possession (s)	Nombre moyen de touches de balle par possession
Tous les joueurs	74	53	1.1	2
Arrière latéral	56	51	0.9	1.8
Défenseur central	39	48	1.2	2
Milieu excentré	50	64	1.3	2.2
Milieu axial	53	59	1.1	2.1
Attaquant axial	35	44	1.1	2

Bradley et al (2011) se sont intéressés à la possession de balle en fonction du système de jeu utilisé. Il en résulte que les joueurs parcourent une plus grande distance à très haute intensité ($>19.8 \text{ km.h}^{-1}$) dans un système en 4-4-2 et en 4-3-3 qu'en 4-5-1. Inversement, en 4-5-1, les joueurs parcourent plus de distance quand ils ne sont pas en possession du ballon par rapport au 4-4-2 ou au 4-3-3. En 4-4-2, un joueur touche en moyenne 2.5 fois le ballon par possession, 2.6 fois en 4-3-3 et 2.4 fois en 4-5-1. Ces différences sont peut-être liées aux caractéristiques tactiques offensives et défensives naturelles de chacun de ces systèmes. Ces résultats semblent suggérer que pour améliorer l'individualisation des programmes d'entraînement des footballeurs, il ne suffit pas de prendre en compte son poste de jeu mais également du système de jeu dans lequel il évolue.

3. 4. En fonction du résultat

De récentes études (Bloomfield, 2005 ; Hugues, 2005 ; Lago et Martin, 2007 ; Rampinini et al, 2007 ; Taylor, 2008) ont mis en relation la distance parcourue et le nombre de possession de balle avec l'évolution du score au cours d'un match et le classement final en fin de saison. Ces études montraient que le score influence le profil d'effort des joueurs. En effet, Lago (2009) montre que 65% de la variance de la possession de balle est expliquée par le fait de jouer à domicile ou à l'extérieur, le temps où l'équipe perd, le temps où le score est de parité, l'équipe et les adversaires. Sur l'étude d'une saison, Rampinini et al (2007) (Tableau 8) montrent que les joueurs appartenant aux équipes ayant terminé dans les cinq dernières places au classement du championnat, effectuent significativement un travail physique plus important que les joueurs appartenant aux équipes ayant terminé dans les cinq premières places ($p < 0.01$). Spécifiquement, les joueurs des équipes « moins bien classées » parcourent, sans ballon, au total plus de distance (+4%), plus de course à haute intensité (14 à 19 km.h⁻¹) (+11%) et plus de distance à très haute intensité (>19 km.h⁻¹) (+9%). A l'inverse, les joueurs appartenant aux équipes les plus « mieux classées », effectuent avec ballon au total plus de distance (+18%) et plus de distance à très hautes intensités (+16%). Ces joueurs ont donc un nombre de possession de balle supérieur aux autres joueurs. Lago (2009) montrait, au cours du match, que l'équipe qui perd possède plus longtemps le ballon que l'équipe qui gagne ou lorsqu'il y a match nul (pour l'équipe qui joue à domicile). Cet auteur montre une augmentation de la possession de balle de 1% toutes les 11 minutes lorsque l'équipe perd. Une augmentation de 0.04% toutes les minutes est constatée lorsque le score est nul chez l'équipe jouant à domicile. De façon plus générale, il remarque une augmentation de 6% lorsque l'équipe joue à domicile. Hugues et al (1988) ont trouvé que l'équipe qui gagne à un nombre plus important de touches de balle lors de chaque possession que l'équipe qui perd.

Ces études, qui peuvent paraître contradictoires, sont à analyser séparément. En effet, Rampinini et al (2007) étudient les différents critères sur l'ensemble de la saison tandis que Lago (2009) les étudie sur l'évolution du score au cours du match. Cela implique donc de prendre en compte le moment où l'équipe prend l'avantage sur l'autre. Ces études mettent en évidence que l'équipe qui gagne parcourt plus de distance avec le ballon en augmentant son nombre de touches de balle. Cependant, elle aura tendance à laisser la possession de balle à son adversaire. L'équipe qui perd parcourt plus de distance afin de récupérer le ballon. Cependant, lorsque le ballon est récupéré, notamment en fin de match, elle aura tendance à pratiquer un jeu plus direct, ce qui a pour conséquences de diminuer le temps de possession et le nombre de touche de balle. Elle recommencera donc à courir après le ballon et à augmenter sa distance parcourue sans ballon. De plus, les équipes les « mieux classées » possèdent des joueurs techniquement supérieurs aux joueurs des équipes les « moins bien classées », ce qui participe à influencer positivement la possession de balle sur l'ensemble d'une saison.

Tableau 8 : Caractéristiques techniques en fonction du classement final (Rampinini et al, 2007)

Variables	Equipes ayant terminées dans les cinq premiers	Equipes ayant terminées dans les cinq derniers
Distance totale parcourue avec le ballon (m)	540	443
Distance parcourue à haute intensité avec le ballon (m)	299	251
Distance parcourue à très haute intensité avec le ballon (m)	127	109
Nombre de possession de balle	44.7	34.5

4. Données première et deuxième mi-temps

4. 1. Généralités

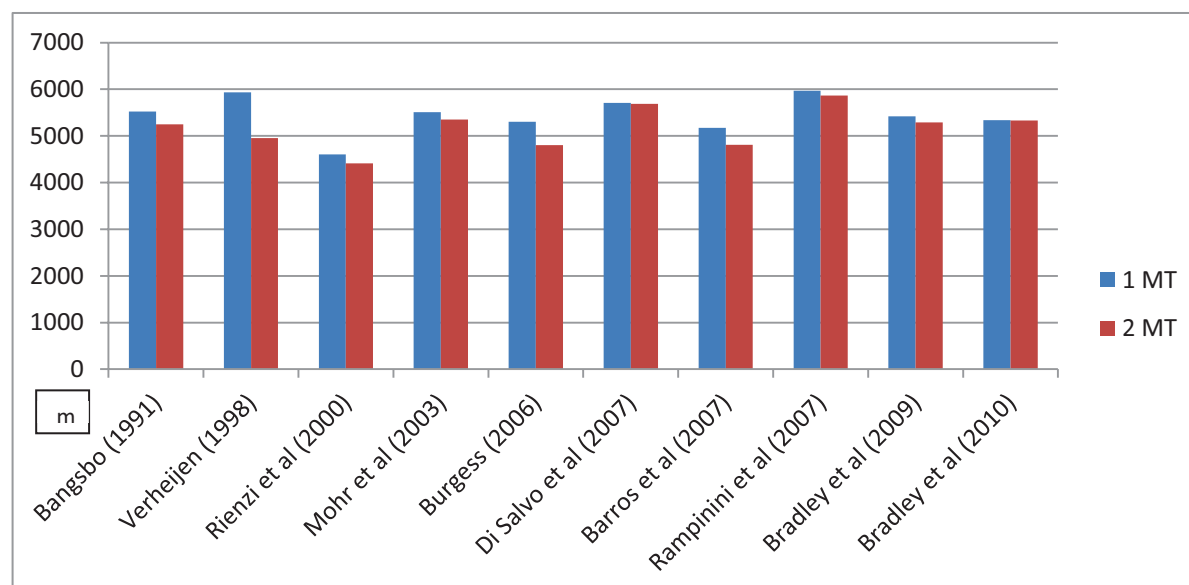
De nombreuses études relèvent que la distance totale parcourue en deuxième mi-temps est significativement inférieure à celle effectuée en première période (Bangsbo et al, 1991 ; Verheijen, 1998 ; Rienzi et al, 2000 ; Mohr et al, 2003 ; Burgess, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Rampinini et al, 2007 ; Barros et al, 2007 ; Dellal et al, 2010 et 2011). Dans le Tableau 9, sont répertoriées et analysées les différentes études citées précédemment (Figure 6).

Tableau 9 : Comparaison de la distance totale parcourue durant chaque mi-temps (m)

Auteurs	Distance parcourue en 1 ^{ère} mi-temps	Distance parcourue en 2 ^{ème} mi-temps	Distance totale parcourue	Différence en %
Bangsbo (1991)	5520	5250	10800	-5
Verheijen (1998)	5934	4954	10888	-9
Rienzi et al (2000)	4605	4415	10600	-4
Mohr et al (2003)	5510	5350	8638	-3
	5200	5130	10330	-1
Burgess (2006)	5300	4800	10100	-4
Di Salvo et al (2007)	5709	5684	11393	-9
Barros et al (2007)	5173	4808	10012	-7
Rampinini et al (2007)	5966	5862	11918	-1
Bradley et al (2009)	5422	5292	10714	-2
Bradley et al (2010)	5336	5330	10666	0
Bradley et al (2011)*	4-4-2 : 5371	5327	10697	-1
	4-3-3 : 5457	5329	10786	-2
	4-5-1 : 5347	5266	10613	-1

*Spécifiée en fonction du système de jeu analysé

Figure 6 : Distance totale parcourue en 1^{ère} mi-temps (1 MT) et 2^{ème} mi-temps (2 MT) selon différents auteurs (m)



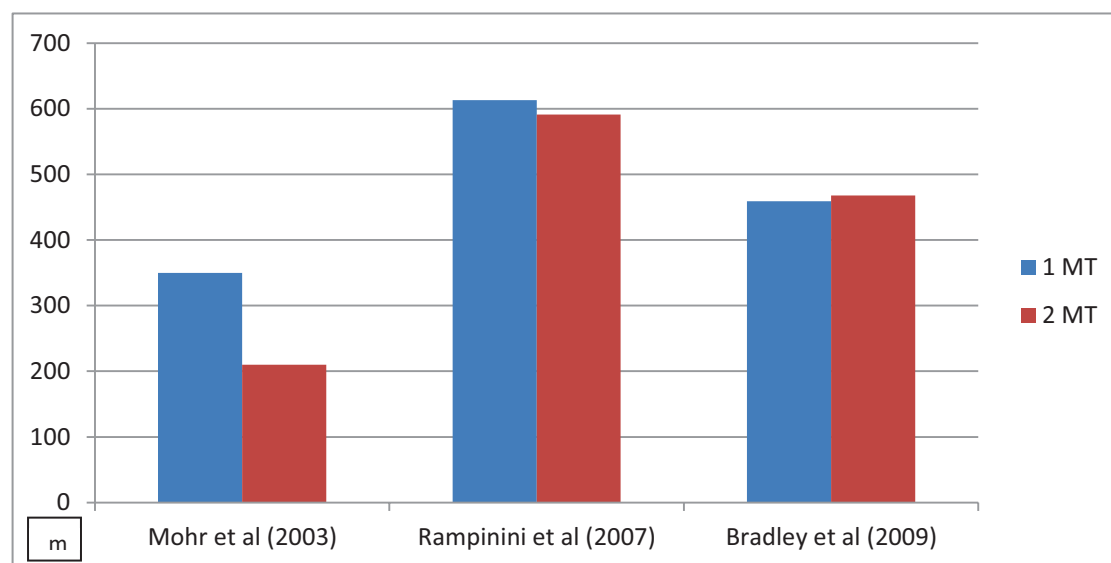
Burgess et al (2006) ont rapporté les distances parcourues en première et deuxième mi-temps au temps de jeu des joueurs. Ils enregistrent que les défenseurs effectuent 104.2 m.min⁻¹ en première mi-temps et 93.1 m.min⁻¹ en seconde mi-temps. Pour les milieux, cet auteur note 123.4 m.min⁻¹ en 1^{ère} mi-temps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

Tableau 10: Comparaison de la distance totale moyenne parcourue en sprint durant chaque mi-temps (m)

Auteurs	Distance parcourue en sprint en 1ère mi-temps	Distance parcourue en sprint en 2ème mi-temps	Distance totale parcourue en sprint	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 (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

Figure 7: Distance totale parcourue en sprint en fonction de la mi-temps selon différents auteurs (m)



Bradley et al (2009) ne trouvaient 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). 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 ($p=0.02$). Le constat est similaire pour la seconde mi-temps ($p=0.02$).

Bradley et al (2009) montrent que la durée moyenne des récupérations entre deux actions de très haute intensité ($\geq 19.8 \text{ km.h}^{-1}$) est de 72 secondes sur l'ensemble du match. Cependant, cette durée augmente de 15% entre la première mi-temps ($\approx 67 \text{ s}$) et la deuxième mi-temps ($\approx 77 \text{ s}$). De même, il note que la durée augmente de 28% entre les 15 premières minutes du match ($\approx 65 \text{ s}$) et les 15 dernières ($\approx 83 \text{ s}$). Il remarque également que la durée moyenne des récupérations, après un effort de très haute intensité, augmente au cours de chacune des deux mi-temps. Elles sont plus longues lors de la deuxième période de 5 minutes 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.

4. 2. Par poste

Il semble intéressant de rapporter les distances parcourues en fonction de la mi-temps aux postes de jeu. Les défenseurs parcourent entre 5052 et 5582 mètres en première mi-temps et entre 4950 et 5231 mètres en seconde mi-temps vs entre 5819 et 5982 m et entre 4659 et 5787 m pour les milieux vs entre 5009 et 5427 m et entre 4637 et 5600 m pour les attaquants. Les différents résultats sont reportés dans les Tableau 11 et 12 qui spécifient ces distances en fonction du système de jeu utilisé.

Tableau 11 : Comparaison de la distance totale parcourue par mi-temps en fonction du poste de jeu (m)

Auteurs	Variables	Défenseurs	Milieux	Attaquants
Burgess (2006)	Total	8800	10100	9900
	1 ^{ère} mi-temps	4700	5700	5400
	2 ^{ème} mi-temps	4300	5400	4800
Bradley et al (2011)*	Total	4-4-2 : 10452	11505	9982
		4-3-3 : 10073	11586	11130
		4-5-1 : 10123	11606	10012
	1 ^{ère} mi-temps	4-4-2 : 5221	5823	5009
		4-3-3 : 5123	5913	5530
		4-5-1 : 5052	5819	5167
	2 ^{ème} mi-temps	4-4-2 : 5231	5681	4974
		4-3-3 : 4950	5673	5600
		4-5-1 : 5071	5787	4842

*En fonction du système de jeu utilisé

Tableau 12 : Comparaison de la distance totale parcourue en sprint en fonction de la mi-temps et du poste de jeu (m)

Auteurs	Variables	Défenseurs	Milieux	Attaquants
Bradley et al (2011)*	Total	4-4-2 : 862	1118	950
		4-3-3 : 751	985	1155
		4-5-1 : 748	1103	870
	1 ^{ère} mi-temps	4-4-2 : 437	537	474
		4-3-3 : 406	497	578
		4-5-1 : 355	535	464
	2 ^{ème} mi-temps	4-4-2 : 424	581	475
		4-3-3 : 344	488	576
		4-5-1 : 393	568	406

*En fonction du système de jeu utilisé

En fonction du système de jeu utilisé, la répartition des efforts n'est pas la même en fonction du poste de jeu occupé. Bradley et al (2011) montrent que dans une formation en 4-3-3, les défenseurs parcourent plus de distance au total, en course de haute et très haute intensité que dans un système en 4-4-2 ou en 4-5-1 durant la première mi-temps que la seconde mi-temps ($p < 0.01$). Dans une formation en 4-5-1, les attaquants parcourent moins de distance en course à haute intensité en deuxième mi-temps comparée à la première période ($p < 0.05$). Cette diminution de performance pourrait peut-être s'expliquer par le fait que dans ce système, les joueurs à vocation offensive sont souvent isolés et doivent donc « faire la différence » tout seul, en répétant la plupart du temps ces efforts à haute intensité.

4. 3. En fonction de la possession de balle

Rampinini et al (2007) montrent que la distance totale et la distance couverte à haute intensité (entre 14 et 19 km.h^{-1}) en possession de balle diminue entre la première et la deuxième mi-temps (respectivement -5% et -9%). En effet, Rampinini et al (2007) montrent que les joueurs effectuent, avec le ballon, une plus grande distance au total en première mi-temps par rapport à la deuxième mi-temps (+5%). De même, la distance parcourue avec le ballon à haute intensité (14 à 19 km.h^{-1}) est supérieure de 9% en première période comparée à la seconde. Les joueurs parcourent au total 250 mètres en première mi-temps avec le ballon contre 237 mètres en seconde période. De même, ils parcourent 142 mètres en première mi-temps contre 130 mètres en seconde pour de hautes intensités de course. De plus, le nombre de possession de balle diminue de 9% en seconde mi-temps comparé à la première (19 vs 21 respectivement). Cependant, aucune différence significative n'est constatée à très haute intensité ($> 19 \text{ km.h}^{-1}$). Dans le même temps, le nombre de possession de balle diminue de 9% en seconde mi-temps. Ces résultats sont reportés dans le Tableau 13.

Tableau 13 : Caractéristiques techniques en fonction de la mi-temps (Rampinini et al, 2007)

Variables	Première mi-temps	Deuxième mi-temps
Distance totale parcourue avec le ballon (m)	250	237
Distance parcourue à haute intensité avec le ballon (m)	142	130
Distance parcourue à très haute intensité avec le ballon (m)	60	55
Nombre de possession de balle	20.4	18.7

5. Analyse de l'activité motrice du footballeur

Cependant, l'étude des déplacements des joueurs, aussi fine soit elle, ne suffit pas à définir complètement l'activité football qui est composée de multiples actions telles que les sauts, les retournements, les tacles, les passes. C'est pourquoi la coordination est une qualité primordiale dans la pratique du football comme dans celle de n'importe quel sport. Selon Hirtz (1977), son rôle de contrôle et de régulation de l'activité motrice lui attribue le statut de qualité primordiale dans l'apprentissage, le perfectionnement et l'utilisation adéquate des actions motrices. Selon Frey (1978), la coordination correspond à la capacité des sportifs à maîtriser des actions dans des situations prévisibles (automatisme) ou imprévisible (adaptation), de les exécuter de façon économique et d'apprendre assez rapidement les mouvements. Hahn (1988) la définit comme étant l'action simultanée du système nerveux central et du muscle squelettique afin d'exécuter un mouvement volontaire de telle sorte qu'il y ait un enchaînement harmonieux entre les différentes composantes de ce mouvement.

Lors d'un match de football, Bloomfield et al (2007) estimaient qu'un joueur passait 41% du temps de jeu à réaliser des actions motrices. Cet auteur recensait 727 rotations et changements de direction. Strudwick et Reilly (2002) observaient un changement d'activité toutes les 3.5 secondes. Hawkins (2004) notait plus de 450 changements de direction de plus de 90°, impliquant des sauts, des tacles, des passes longues et courtes (tendues, lobées), des courses arrières et des têtes. S'enchaînant aléatoirement durant le match et s'effectuant en présence d'adversaire et par rapport à ces partenaires, ces éléments nécessitent une coordination de qualité. Bloomfield et al (2007) relèvent principalement des rotations inférieures à 90°.

Au cours d'un match, les joueurs effectuent différentes actions comme nous avons pu le voir dans la définition de l'activité par Taskin (2008) et Cazorla (1998). Ainsi, Whitters et al (1982) relevaient qu'un joueurs effectuait, par match, 9.2 sauts, 49.9 demi-tours, 13.1 tacles.

Bangsbo (1994) complétait ces données en comptant 8 têtes et 30 dribbles. Plus récemment, Mohr et al (2003) comptabilisaient 15 têtes et 20 tacles.

Bloomfield et al (2007) ont étudié le pattern d'activité du footballeur en fonction de son poste de jeu (Tableau 14 et Tableau 15). Il en ressort que des différences existent entre les défenseurs, les milieux et les attaquants. En effet, un défenseur effectue en moyenne 822 rotations et changements de direction tandis qu'un milieu en réalise 608 et un attaquant 748. Le poste agit également sur le type de rotation et du changement de direction. Une différence significative est constatée pour les rotations de 0 à 90° (droite et gauche) ainsi que pour les changements de direction vers la gauche. En moyenne, un défenseur réalise approximativement 700 rotations entre 0 et 90° alors qu'un milieu en effectue 500 et un attaquant 600. Cependant, milieux et attaquants font plus de rotation de 270 à 360° que les défenseurs.

Tableau 14 : Nombre de rotations et de changements de direction lors d'un match en fonction du poste de jeu
(Bloomfield et al, 2007)

Variables	Attaquants	Milieux	Défenseurs	Total
0-90° droite	323.7	248.3	344.3	305.8
0-90° gauche	302.2	243	364.3	303.2
90-180° droite	43.3	49.3	43	45.2
90-180° gauche	51.5	47	49.3	49.3
180-270° droite	2.5	4.7	2.3	3.2
180-270° gauche	2.2	3	2	2.4
270-360° droite	1.3	0.7	0	0.7
270-360° gauche	0.6	2.3	0	1
Changement de direction à droite	8.5	5.7	7.7	7.3
Changement de direction à gauche	12	4	9.3	8.5
Total	748	608	822	727

Tableau 15 : % du temps passé lors des différents changements de direction en fonction du temps passé à réaliser des actions motrices rapporté au poste de jeu (Bloomfield et al, 2007)

Variables	Attaquants	Milieux	Défenseurs	Total
Droit en avant	46.9	54.1	45.3	48.7
Droit en arrière	5.6	5.2	10.1	7
Latéral à gauche	3.7	3.4	6.5	4.5
Latéral à droite	3.5	3.2	5	3.9
En avant, en diagonale et à gauche	4.5	4.9	4.5	4.6
En avant, en diagonale et à droite	5.4	4.4	5.1	5
Aucun	24.4	18.8	18.3	20.6

En termes d'intensité, les attaquants passent 35.8% de leur temps à réaliser des actions motrices, les milieux 44.5% et les défenseurs 41.9% à une fréquence moyenne de 28 répétitions toutes les 15 minutes. La durée moyenne d'une action motrice est 13 secondes et la durée moyenne entre deux actions motrices à basse intensité est de 20 secondes. Les auteurs en concluent à un rapport Temps d'activité/Temps de récupération de 1/1.6.

6. Synthèse de la littérature, problématiques et hypothèses

L'analyse de l'activité du joueur de football en match a permis de mettre en exergue l'étroite relation existant entre la condition physique et l'aspect technico-tactique, c'est-à-dire en relation avec la balle, les partenaires et les adversaires. Le footballeur parcourt entre 8638 m et 11918 m (Mohr et al, 2003 ; Rampinini et al, 2007) à une intensité comprise entre 80 et 90% de la FC max correspondant approximativement à une valeur de 75% de la VO₂ max (Stolen et al, 2005) sans pour autant atteindre des valeurs de lactatémie élevées en fin de match (entre 3 et 6 mmol.l⁻¹) (Bangsbo, 1994). Plus précisément, la distance totale parcourue en deuxième mi-temps serait de 1 à 9 % moins importante que celle effectuée en première période (Mohr et al, 2003 ; Di Salvo et al, 2007). Durant un match, chaque joueur réalise 1000 à 1400 actions de courtes durées comprises entre 2 et 4 secondes (Stolen et al, 2005) dont 220 à haute intensité (Mohr et al, 2003). Ces efforts sont composés de sprints courts, d'accélération et décélération rapides, de changements de direction, de sauts, de frappes de balle et de tacles (Taskin, 2008). Strudwick et Reilly (2001) ont montré qu'un joueur effectuait une course à haute intensité toutes les 60 secondes et un sprint toutes les 4 minutes. Burgess (2006) dénombrait 58 courses à intensité maximale d'une durée minimale de 2 secondes. Plus récemment, Bradley et al (2010) comptabilisaient 160 courses à très haute intensité. 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 km.h⁻¹).

Au niveau technico-tactique, Dellal et al (2010 et 2011) montrent que la possession de balle varie entre 44 et 75 secondes au cours d'un match contre 53 secondes pour Carling (2010). Carling (2010) montre qu'un joueur parcourt en moyenne 191 mètres en possession individuelle du ballon, ce qui représente 1.7% de la distance totale couverte par le joueur. De récentes études (Bloomfield, 2005 ; Hugues, 2005 ; Lago et Martin, 2007 ; Rampinini et al,

2007 ; Taylor, 2008) ont mis en relation la distance parcourue et le nombre de possession de balle avec l'évolution du score au cours d'un match et le classement final en fin de saison. Ces études montraient que le score influence le profil d'effort des joueurs. Spécifiquement, les joueurs des équipes « moins bien classés » parcourent, sans ballon, au total plus de distance (+4%), plus de course à haute intensité (14 à 19 km.h⁻¹) (+11%), plus de distance à très haute intensité (>19 km.h⁻¹) (+9%). A l'inverse, les joueurs appartenant aux équipes les plus « mieux classés », effectuent, avec ballon, au total plus de distance (+18%) et plus de distance à très hautes intensités (+16%). 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. Il en ressort que 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.

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 dépend du poste de jeu occupé (Dupont et al, 2010 ; Orendurff et al, 2010), de l'adversaire (Lago et Martin, 2007), de la possession ou non du ballon (Carling, 2010 ; Dellal et al, 2010 et 2011), du résultat (Rampinini et al, 2007 ; Lago, 2009), du système de jeu usité et des consignes données par le staff technique (Bradley et al, 2010).

Cependant, l'analyse des déplacements des joueurs ne suffit pas à définir complètement l'activité football qui est composée de multiples actions telles que les sauts, les retournements,

les tacles, les passes. Lors d'un match de football, Bloomfield et al (2007) estimaient qu'un joueur passait 41% du temps de jeu à réaliser des actions motrices. Cet auteur recensait 727 rotations et changements de direction. Strudwick et Reilly (2002) observaient un changement d'activité toutes les 3.5 secondes. Il existe également des différences entre les postes. En termes d'intensité, les attaquants passent 35.8% de leur temps à réaliser des actions motrices, les milieux 44.5% et les défenseurs 41.9% à une fréquence moyenne de 28 répétitions toutes les 15 minutes.

Ces analyses modernes et spécifiques de l'activité permettent d'orienter l'entraînement des différents facteurs de la performance en fonction du poste de jeu occupé et du niveau de jeu. Cependant, malgré la récente étude de Bradley et al (2010) sur l'influence du schéma de jeu utilisé et l'indication d'un ratio temps de travail/temps de récupération dans l'étude de O'Donoghue et al (2001), ne serait-il pas envisageable de déterminer un ratio temps de travail/temps de récupération pour des courses à très haute intensité ($>19 \text{ km.h}^{-1}$) au sein d'une même équipe professionnelle évoluant dans un système de jeu fixe ? De même, une étude longitudinale sur trois saisons consécutives de cette même équipe ayant obtenu des résultats sportifs similaires nous indiquerait-elle une modification de l'activité physique des joueurs ? et/ou de la possession de balle collective ? En s'appuyant sur l'analyse de l'activité motrice des joueurs en compétition faite par Bloomfield et al (2007) associée au nombre de déplacements à très haute intensité en fonction de la distance parcourue d'une équipe de niveau international, ne pourrait-on pas envisager la création d'un test d'agilité spécifique aux déplacements du footballeur ?

La littérature sur les composantes de l'activité du footballeur et sur les facteurs de la performance a permis de :

- Mettre en avant le besoin de compléter la base de données existante sur l'activité athlétique des footballeurs de haut niveau sur une saison ainsi que sur trois saisons consécutives
- D'analyser le lien qui existe entre l'activité athlétique et l'activité motrice du footballeur

Nous proposons dans la suite de notre travail d'étudier ces différents aspects par le biais d'études expérimentales. Dans une première étude, nous aborderons de manière descriptive l'analyse de l'activité physique du footballeur moderne au travers des données d'une équipe italienne de niveau international et évaluerons le rapport entre le temps de travail et le temps de récupération. Dans la littérature, les résultats sont obtenus sur différentes équipes utilisant différents systèmes de jeu. L'analyse d'une même équipe tout au long d'une saison pourrait nous donner des indications spécifiques afin d'orienter l'entraînement d'efforts à très haute intensité. Puis nous évaluerons l'évolution de l'activité physique du footballeur ainsi que la possession de balle collective au travers des données d'une équipe italienne de niveau international à succès au cours de trois saisons consécutives. Nous émettons l'hypothèse que les distances parcourues par les joueurs pendant les matchs et la possession de balle totale de l'équipe sont restées constantes au fil du temps et à un niveau relativement élevé pour assurer un tel succès. Il se peut cependant que l'expérience partagée par les joueurs ainsi que les automatismes mis en place, leur permettent de conserver le même classement en championnat tout en diminuant la quantité de travail sur le terrain. Enfin, nous essaierons de mettre en relation les données de l'activité athlétique et motrice du footballeur afin d'établir un test d'agilité spécifique au footballeur. Dans la qualité d'agilité du footballeur, il semblerait que le temps de réaction au démarrage, la rapidité des changements de direction et la vitesse linéaire soient les principaux déterminants de cette qualité en football. L'ensemble

de ces études a pour objectif d'apporter des données directement utilisables pour les entraîneurs et préparateurs physiques.

Chapitre II : Etude 1 : Profil d'activité d'une équipe de football de l'Elite Italienne

Depuis ces vingt dernières années, l'intérêt de la science pour le football s'est considérablement accru. Afin de mieux comprendre la performance en football, l'analyse des temps d'activité lors d'un match est apparue comme nécessaire et a donné lieu à de nombreuses publications récentes (Bangsbo et al, 2006 ; Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Edgecomb et Norton, 2006 ; Rampinini et al, 2007). La compréhension des différentes séquences de jeu effectuées par les joueurs a pour but d'améliorer l'entraînement en favorisant l'individualisation du travail physique et technique et l'évaluation de la charge de travail en match (Dawson et al, 2004). L'analyse de l'effort en match a également pour objectif de modéliser finement l'activité pour évaluer l'influence du poste, adapter le contenu de l'entraînement et mesurer l'effet de la fatigue dans le but d'améliorer la préparation athlétique des joueurs et d'orienter les choix tactiques (Bangsbo et al, 2002 ; Eniseler, 2005 ; Mohr et al, 2003 et 2005).

Le football est caractérisé comme une activité de type intermittent avec des efforts brefs et intenses (Stolen et al, 2005 ; Tumilty, 1993). Durant un match, chaque joueur réalise 1000 à 1400 actions de courtes durées comprises entre 2 et 4 secondes. Les sprints, d'une durée équivalente de 2 à 4 secondes, sont répétés approximativement toutes les 90 secondes (Stolen et al, 2005). Il est communément admis que ces efforts de type anaérobie constituent une clef importante dans la réussite sportive (Bangsbo et al, 1991 ; Rampinini et al, 2006). Mohr et al (2003) ont montré qu'un joueur effectuait entre 150 et 250 actions brèves et intenses durant un match et que la quantité d'actions de ce type augmentait avec le niveau de pratique et

évoluait au cours de la saison en fonction de la période compétitive. De plus, ce même auteur a démontré que le poste occupé par le joueur avait un effet significatif sur le nombre de sprints que ce dernier réalise lors d'un match. Ainsi, les joueurs réalisant le plus de sprints sont les arrières latéraux et les attaquants alors que les défenseurs centraux sont ceux qui effectuent le moins de sprints (Mohr et al, 2005).

Cependant, certaines données sont encore manquantes ou méritent d'être approfondies sur une population homogène de très haut niveau. En effet, les résultats récents les plus intéressants ont été obtenus sur plusieurs équipes au cours d'une saison, chacune ayant son propre schéma de jeu (Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Rampinini et al, 2007). De ce fait, si les distances calculées, le nombre d'actions réalisées et les récupérations permettent de modéliser le football de haut niveau d'un point de vue global, ils ne sont, en revanche, pas représentatifs du mode de jeu d'une équipe homogène. L'analyse que nous avons effectuée a été faite sur trente matches joués à domicile afin de mettre en évidence l'effet du schéma tactique et de minimiser l'effet de l'équipe adverse. De plus, l'analyse du modèle d'effort sera affinée par une analyse réalisée en fonction du poste de jeu.

Les analyses récentes se sont également intéressées aux effets de la fatigue sur le nombre et la qualité des efforts réalisés en seconde mi-temps comparés à la première. Ces études montrent une diminution du nombre d'efforts brefs et intenses en deuxième période (Di Salvo et al, 2007 ; Mohr et al, 2005). Ces études interprètent à juste titre cette diminution du nombre d'actions comme un effet significatif de la fatigue. D'après Mohr et al (2005), les périodes de baisse de performance au cours d'un match sont dues à une accumulation de potassium extracellulaire et à des désordres électriques au sein de la cellule musculaire. Ces désordres sont dus à une modification de l'équilibre électrochimique (K^+) au niveau de la cellule influençant la propagation de l'influx nerveux au niveau du sarcolemme et des tubules T, ralentissant ainsi la libération d'ion calcium Ca^{2+} au sein de la fibre musculaire (Clausen,

2007). Mohr et al (2005) expliquent la diminution de la performance en fin de match par une déplétion du glycogène musculaire des fibres de type I et IIa ainsi que par l'hyperthermie due à la déshydratation subie par les joueurs lors d'un match. La déshydratation liée à la transpiration entraînerait une perte de sodium ce qui déséquilibrerait la balance électrolytique et amènerait aux crampes. Cependant, de récentes études (Goulet, 2011 ; Schwellnus et al, 2009 et 2011) ont montré que la déshydratation due à la compétition n'engendrait pas de baisse de performance en endurance malgré une perte de 4% du poids de corps (Goulet, 2011). Schwellnus et al (2009 et 2011) montrent qu'il n'existe pas de relation entre les troubles de concentration en électrolytes (sodium) et la déshydratation dans le développement des crampes musculaires induites par l'exercice chez des triathlètes en Ironman. Il semblerait que la survenue de crampes soit liée à un exercice prolongé à une relative haute intensité par rapport à l'entraînement. Lors de la réalisation de notre étude, aucune étude n'avait tenté d'éliminer l'influence des changements de joueurs sur ces variables. En effet, les joueurs peuvent sortir du terrain suite à une blessure ou à une baisse de performance ou à une modification du schéma tactique et être remplacés par des joueurs plus « frais ». De ce fait, la différence entre première et deuxième mi-temps s'en trouve minimisée car le nouveau joueur est susceptible de réaliser autant de sprints qu'en début de première période. Récemment, Carling et al (2010) n'ont montré aucune influence significative des changements de joueurs sur le ratio d'activité habituel pour les milieux de terrain et les attaquants. En revanche, les milieux de terrain entrés en cours de jeu effectuent une plus grande totale ainsi qu'une plus grande distance de course à haute intensité et ont un temps de récupération plus faible entre les efforts à haute intensité rapportés en minute comparés aux milieux restés sur le terrain. De plus, les attaquants remplaçants parcourent une distance plus faible durant les dix premières minutes de leur entrée en jeu comparativement à leur activité durant les dix premières de jeu lorsqu'ils sont titulaires. De plus, il nous semble que l'influence de la fatigue pourrait être

mise en évidence au travers de l'analyse des temps de récupération pris par les joueurs suite aux actions intenses. Lors de notre étude, ce type d'information n'était pas disponible dans la littérature alors qu'il était susceptible de modifier significativement le rapport entre temps de sprint et temps de récupération. Depuis, Bradley et al (2010), ont montré une diminution de 18% de la distance couverte à haute intensité et une hausse de 14% des temps de récupération entre les 15 premières et les 15 dernières minutes du match ainsi indépendamment du niveau de jeu. Carling et al (2011) n'ont constaté aucune différence significative quant à la distance couverte en possession de balle individuelle entre les deux mi-temps.

L'analyse de la densité de l'effort au cours du match et en fonction de la mi-temps représente donc un objectif original qui devrait permettre de mieux orienter la préparation des sportifs de haut niveau. C'est pourquoi, le principal objectif de cette étude était de compléter notre connaissance en analysant le modèle d'effort d'une équipe de niveau international, caractérisée par une formation en 4-4-2.

Cette étude poursuit donc deux objectifs majeurs. Le premier est d'analyser l'influence du poste de jeu sur le profil d'effort dans le football de haut niveau au cours d'une saison et sur une équipe élite du championnat national italien de Serie A. Le second objectif est d'étudier les efforts brefs et intenses et la durée des récupérations en première et deuxième mi-temps pour analyser la possible diminution de performance au cours d'un match.

Méthodes

L'étude a été réalisée sur 30 matches à domicile dont 20 matches de Série A, 6 matches de Champions League et 4 de Coupe d'Italie au cours de la saison 2004/2005 d'une équipe professionnelle italienne de haut niveau. 25 joueurs ont participé à cette étude (n=293) dont 9 défenseurs (n=121), 11 milieux de terrain (n=111) et 5 attaquants (n=61) (les gardiens de but

étant exclus). Les joueurs mesurent en moyenne 181.74 ± 7.10 cm et pèsent 79.71 ± 9.65 kg. Lors de ces matches, l'équipe étudiée a obtenu 18 victoires, 9 matches nuls et 3 défaites et a terminé le championnat national dans la première partie du classement. L'analyse des matches a été réalisée grâce au système d'analyse de match à caméras multiples SICS. Comme exposé par Rampinini et al (2006), les critères pour déterminer ces conditions ont été basés sur la fiabilité du système d'analyse vidéo de match SICS (Bassano del Grappa, Italie). SICS est un système d'analyse vidéo à repérage semi-automatique avec six caméras à une fréquence de 25-Hz (trois de chaque côté du terrain). Les six caméras fixes sont positionnées autour du terrain et par la suite calibrées et synchronisées. Tous les joueurs sont enregistrés simultanément et la distance totale couverte dans les différentes catégories d'allure sont déterminées par plusieurs formules détaillées dans l'étude d'Osgnach et al (2010). La fiabilité du système d'analyse vidéo SICS a été démontré par Rampinini et al (2009a) qui ont montré une erreur typique de 1.0% pour la distance totale parcourue et une erreur typique comme pour le coefficient de variation (CV) pour la distance parcourue à haute intensité de 3.2% (95% CI=1.9-9.2%) tandis qu'une précédente étude pilote a montré une exactitude de 3.6% (n=5 ; 95% CI=2.6-10.3%).

L'effort a été modélisé sous la forme de cinq intensités différentes : marche (<5 km.h⁻¹), jogging (5 à 13 km.h⁻¹), vitesse d'intensité modérée (13 à 16 km.h⁻¹), vitesse à haute intensité (16 à 19 km.h⁻¹) et en sprints (>19 km.h⁻¹). Les intensités de course ont été déterminées en prenant en considération les caractéristiques des joueurs. La vitesse maximale aérobie et la vitesse au seuil anaérobie individuelles ont été évaluées en début de saison par le test de Conconi (le seuil d'accumulation de lactate de l'effectif a été fixé à 16 km.h⁻¹ par le staff technique et médical). La distance parcourue à chaque vitesse a été calculée en première et deuxième mi-temps. Le nombre de déplacements supérieurs à 2 mètres effectués à des vitesses moyennes comprises entre 16 et 19 km.h⁻¹ et en sprints (>19 km.h⁻¹) ainsi que le

nombre de récupération d'au moins 2 secondes ont été mesurés. Les temps de récupération représentent toutes les phases durant lesquelles les joueurs sont debout, en marche ou en jogging (inférieur à 13 km.h⁻¹), en vitesse en-dessous de 16 km.h⁻¹. La durée de la récupération après les efforts a été mesurée et classée dans l'une des catégories suivantes : de 2 à 9 sec, de 10 à 30 sec, de 30 à 60 sec, de 60 à 120 sec et >120 sec. Les distances de course ont été choisies en référence à la littérature (46, 77, 165, 187) et les durées de récupération ont été choisies en référence aux méthodes d'entraînement et de la littérature (Bangsbo, 1994). La vitesse de course choisie pour catégoriser le sprint (> 19 km.h⁻¹) a été fixée selon les données de la littérature sur en départ arrêté. Ne possédant d'accéléromètre, il a été établi une vitesse moyenne en sachant que la grande majorité des déplacements sont inférieurs à 20m et donc sur des vitesses moyennes allant de 17 km.h⁻¹ sur 5 m à 23 km.h⁻¹ sur 20m.

Analyses statistiques

Les données présentées incluent les valeurs de tous les joueurs ayant participé à au moins un match durant la saison. Toutes les valeurs de distance d'action sont rapportées en fonction du temps de jeu réalisé dans le but d'homogénéiser nos résultats.

Les moyennes et écart types sont présentés pour toutes les variables étudiées. Avant l'utilisation de procédures de test statistique paramétrique, les hypothèses de normalité et de sphéricité ont été vérifiées. En ce qui concerne les variables calculées pour la durée totale du match, l'effet du poste de jeu a été calculé par une analyse de variance à mesures répétées à un facteur (ANOVA). Quand l'effet du poste de jeu était significatif, l'origine de la différence était déterminée par un test post hoc de Bonferroni. Pour tous les tests statistiques, le seuil de significativité a été fixé à $p \leq 0.05$. Tous les tests ont été réalisés à l'aide du logiciel SPSS, version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Résultats

Analyse globale du match et du poste de jeu

Le temps de jeu moyen sur un match est de 73.62 ± 29.4 minutes, en première mi-temps de 36.09 ± 18.59 et en deuxième mi-temps de 38.21 ± 15.23 . Ces temps sont calculés en fonction de tous les joueurs ayant participé au match. En première mi-temps les joueurs jouent en moyenne 45.55 ± 3.68 minutes contre 43.76 ± 10.62 minutes en deuxième période. Ces deux temps de jeu sont calculés uniquement avec les joueurs ayant participé à la première et à la deuxième mi-temps. La distance totale moyenne parcourue par les joueurs indépendamment de leur poste de jeu est de 8929.84 ± 3514.7 m. Ce résultat tient compte de tous les joueurs ayant participé à l'étude. Cependant, au regard de la littérature, lorsque l'on ne prend en considération que les joueurs ayant participé à chaque fois aux deux mi-temps, la distance totale parcourue est de 10446.74 ± 2027.80 m. Toutes intensités confondues, les sujets parcourent en moyenne 121.82 ± 9.57 m par minute. Les différentes distances parcourues en fonction de leur intensité sont répertoriées dans le Tableau 16.

93% des déplacements à haute intensité sont compris entre 2 et 19 m (Tableau 17) (Figure 10). Ces sprints correspondent à une durée d'effort moyenne comprise entre 2 et 4 sec. 86% des récupérations sont d'une durée comprise entre 2 et 60 sec. (Tableau 18) (Figure 11).

Du fait que la capacité maximale aérobie, le seuil anaérobie et les profils d'activité n'étaient pas significativement différents entre les défenseurs centraux et les défenseurs latéraux dans cette étude, les données de ces sujets ont été regroupées ensemble.

Tableau 16 : Distances moyennes couvertes durant un match (m) (n=388)

Distances parcourues									
	Total			Première mi-temps			Deuxième mi-temps		
	/temps de jeu	distance/ minute	%	/temps de jeu	distance/ minute	%	/temps de jeu	distance/ minute	%
Total	8929.84 ± 3514.70	121.82 ± 9.57	100	5642.31 ± 626.87 **	124.15 ± 12.43	100	4995.41 ± 1156.61	114.94 ± 15.04	100
Marche	3477.86 ± 1433.41	46.85 ± 3.85	38.95	2134.03 ± 258.58***	46.97 ± 4.67	37.82	2046.96 ± 520.52	46.92 ± 5.61	40.98
Jogging	2631.19 ± 1097.98	35.65 ± 5.63	29.47	1638.40 ± 305.26***	36.00 ± 8.48	29.04	1445.00 ± 269.22	33.24 ± 8.10	28.93
13 à 16 km.h ⁻¹	1192.02 ± 478.22	16.40 ± 3.08	13.35	788.26 ± 175.64***	17.34 ± 3.62	13.97	641.50 ± 204.42	14.80 ± 3.55	12.84
16 à 19 km.h ⁻¹	750.65 ± 314.14	10.51 ± 2.48	8.41	498.68 ± 127.09***	11.04 ± 2.93	8.84	398.33 ± 137.87	9.21 ± 2.61	7.97
> 19 km.h ⁻¹	878.13 ± 433.2	12.4 ± 4.05	9.83	582.94 ± 208.93***	12.8 ± 4.48	10.33	463.62 ± 195.5	10.77 ± 4.2	9.28

Différence significative entre première et deuxième mi-temps, *p< 0.05 ; **p< 0.01 ; ***p< 0.001

Tableau 17 : Nombre moyen de déplacements en fonction de l'intensité de course (n=388)

	Nombre de déplacements par période		Total	
	16 à 19 km.h ⁻¹	> 19 km.h ⁻¹	Nbre	%
Total	97.01	80.95	177.96	100
2 à 4 m	43.32	25.79	69.11	38.83
5 à 9 m	41.02	24.85	65.87	37.01
10 à 19 m	11.23	19.47	30.7	17.25
20 à 29 m	1.25	6.69	7.94	4.46
30 à 39 m	0.16	2.52	2.68	1.51
> 40 m	0.02	1.63	1.65	0.93

Tableau 18 : Nombre moyen de récupérations après une course entre 16 et 19 km.h⁻¹ et au-dessus de 19km.h⁻¹ (n=388)

	Nombre de récupération par période	%
Total	145.39	100
2 à 9 s	57.16	39.31
10 à 30 s	40.28	27.70
30 à 60 s	28.16	19.37
60 à 120 s	16.13	11.09
> 120 s	3.66	2.52

L'ANOVA montre que le poste de jeu à une influence significative sur le temps de jeu ($p<0.001/F=9.76$), la distance totale parcourue ($p<0.001/F=8442$), la marche ($p=0.004/F=5.48$), le jogging ($p<0.001/F=16.88$) les courses d'intensité comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($p<0.001/F=29,50$) et entre 16 et 19 km.h⁻¹ ($p<0.001/F=21.47$), les temps de récupération par minute de 10 à 30 s ($p=0.004/F=5.73$), de 30 à 60 s ($p<0.01/F=9.87$) et supérieures à 120 s ($p=0.012/F=4.48$), le nombre total de déplacements sans les sprints ($p<0.001/F=18.376$), le nombre de déplacements pour des distances comprises entre 2 et 4 m sans les sprints ($p<0.001/F=12.18$), de 5 à 9 m sans les sprints ($p<0.001/F=17.45$), de 10 à 19 m sans les sprints ($p<0.001/F=20.50$), de 20 à 29 m sans les sprints ($p<0.001/F=11.91$) et de 30 à 39 m sans les sprints ($p<0.01/F=4.66$). Les tests post hoc révèlent que les défenseurs ont un temps de jeu supérieur aux autres postes : 82.92 ± 24.83 min contre 70.8 ± 31.6 min pour les milieux et 67.14 ± 31.77 pour les attaquants ($p<0.001$). Le Tableau 19 montre que les milieux de terrain parcourent par minute plus de distance que les défenseurs et les attaquants (129.01 ± 9.8 m.min⁻¹ contre 118.37 ± 12.03 ($p<0.001$) et 115.38 ± 6.89 ($p<0.001$)). Pour des intensités de course comprises entre 13 et 19 km.h⁻¹, la distance couverte par les défenseurs est plus importante que pour les attaquants ($p<0.001$) mais plus faible que pour les milieux de terrain ($p<0.001$) (tableau 19). En ce qui concerne les récupérations, il existe peu de différences entre les postes. Les milieux de terrain ont plus de récupération de 10 à 30 sec ($p<0.05$) et de 30 à 60 sec ($p<0.01$) que les défenseurs. En revanche, les défenseurs ont plus de récupération >120 sec que les milieux ($p<0.001$) (0.12 récupération.min⁻¹ correspondent à une récupération de plus de 120 s toutes les 8 min 20). Pour ce qui est du nombre total de déplacements sans les sprints, les milieux de terrain réalisent plus de déplacements que les autres postes pour des distances comprises entre 2 et 40 m ($p<0.01$). Nous constatons la même tendance pour le nombre de sprints effectués entre 2 et 9 m et entre 30 et 40 m ($p<0.05$) (Tableau 19). Les attaquants sont ceux qui effectuent le moins de déplacements par minute

($p < 0.001$) et ceux qui parcourent le plus de distance en marche par minute en comparaison des autres postes ($p < 0.001$). D'une manière générale, les attaquants courent significativement moins que les autres postes pour des intensités de course allant du jogging à 19 km.h^{-1} ($p < 0.001$).

Tableau 19 : Temps de jeu, distances couvertes et nombre de déplacements (sans les sprints) durant un match en fonction du poste de jeu (n=293) (calculé seulement pour les joueurs ayant participé aux deux mi-temps)

			Total	
			Absolu	%
Temps de jeu (min)	Défenseurs	82.92 ± 24.83+++	/Minutes	
	Milieux	70.8 ± 31.6***		
	Attaquants	67.14 ± 31.77***+++		
Total (m)	Défenseurs	9698.76 ± 2901.48	118.37 ± 12.03+++	
	Milieux	8943.00 ± 3992.23		
	Attaquants	7733.77 ± 3650.38***+		
Marche (m)	Défenseurs	3791.45 ± 1171.63++	45.66 ± 3.51	38.57
	Milieux	3226.82 ± 1481.54**		
	Attaquants	3409.89 ± 1647.06		
Jogging (m)	Défenseurs	2914.10 ± 945.56	35.48 ± 5.47+++	29.97
	Milieux	2712.16 ± 1276.57		
	Attaquants	2066.46 ± 1071.80***+++		
13 à 16 km.h ⁻¹ (m)	Défenseurs	1299.72 ± 422.47	16.12 ± 3.58+++	13.62
	Milieux	1301.25 ± 594.96		
	Attaquants	848.65 ± 417.22***+++		
16 à 19 km.h ⁻¹ (m)	Défenseurs	791.34 ± 286.91	9.82 ± 2.66+++	8.30
	Milieux	827.48 ± 376.81		
	Attaquants	562.70 ± 278.69***+++		
> 19 km.h ⁻¹ (m)	Défenseurs	902.15 ± 406.09	11.29 ± 4.44+++	9.54
	Milieux	875.29 ± 438.64		
	Attaquants	846.07 ± 454.86		
Nombre de déplacements de 2 à 4 m	Défenseurs	45.00 ± 17.83	0.58 ± 0.28+++	
	Milieux	47.13 ± 23.56		
	Attaquants	34.54 ± 17.62***+++		
Nombre de déplacements de 5 à 9 m	Défenseurs	43.63 ± 16.83	0.54 ± 0.15+++	
	Milieux	44.56 ± 21.00		
	Attaquants	31.24 ± 16.31***+++		
Nombre de déplacements de 10 à 19 m	Défenseurs	11.79 ± 5.70	0.14 ± 0.06+++	
	Milieux	12.77 ± 6.93		
	Attaquants	7.87 ± 4.67***+++		
Nombre de déplacements de 20 à 29 m	Défenseurs	1.29 ± 1.32	0.02 ± 0.03	
	Milieux	1.55 ± 1.57		
	Attaquants	0.69 ± 0.90***+++		
Nombre de déplacements de 30 à 39 m	Défenseurs	0.17 ± 0.41	0.002 ± 0.005	
	Milieux	0.21 ± 0.53		
	Attaquants	0.04 ± 0.21++		
Nombre de déplacements > 40 m	Défenseurs	0.01 ± 0.09		
	Milieux	0.05 ± 0.43		
	Attaquants	0.01 ± 0.11		
Nombre total de déplacements	Défenseurs	101.89 ± 36.97	1.27 ± 0.4+++	
	Milieux	106.28 ± 49.28		
	Attaquants	74.40 ± 36.25***+++		

Différent des défenseurs, *p< 0.05 ; **p< 0.01 ; ***p< 0.001

Différent des milieux, +p< 0.05 ; ++p< 0.01 ; +++p< 0.001

Analyse par mi-temps

L'ANOVA a montré que la mi-temps avait une influence significative sur la distance totale parcourue ($p < 0.001$ / $F = 64\,592$), la marche ($p = 0.001$ / $F = 10.32$), le jogging ($p < 0.001$ / $F = 10\,688$), les courses d'intensité comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($p < 0.001$ / $F = 127.09$), entre 16 et 19 km.h⁻¹ ($p < 0.001$ / $F = 124.43$), la distance totale en sprint ($p < 0.001$ / $F = 72.6$), les temps de récupération de 2 à 9 s ($p < 0.001$ / $F = 29.32$), de 10 à 30 s ($p < 0.001$ / $F = 69.55$), de 30 à 60 s ($p = 0.001$ / $F = 76.53$), de 60 à 120 s ($p < 0.001$ / $F = 13.99$) et supérieures à 120 s ($p < 0.001$ / $F = 23.05$). Les tests post hoc ont révélés que la distance totale parcourue en seconde mi-temps est significativement plus faible que la distance totale parcourue en première mi-temps (Figure 8). La distance couverte aux différentes vitesses de course est significativement plus faible en seconde mi-temps. Inversement, la distance couverte en marche est significativement supérieures en seconde mi-temps comparée à la première mi-temps (Tableau 21).

Il a été observé une diminution significative du nombre de récupérations inférieures à 60 sec en seconde mi-temps ($p < 0.05$). En revanche, pour des durées supérieures, il n'existe pas de différence ($p > 0.05$) entre première et deuxième période sauf pour celles dépassant 120 secondes, qui augmentent significativement en deuxième mi-temps ($p < 0.01$).

Il existe une influence de l'interaction poste/mi-temps pour seulement deux catégories : la marche ($p = 0.001$ / $F = 6.75$) et la distance parcourue entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($p = 0.027$ / $F = 3.66$). Les attaquants parcourent significativement moins de distance en 1^{ère} période comparée à la seconde ($p < 0.01$) et marchent plus durant cette 2^{ème} mi-temps ($p < 0.01$).

Tableau 20 : Nombre de période de récupération et de sprints durant un match en fonction du poste de jeu (n=293)
(calculé seulement pour les sujets ayant participé aux deux mi-temps)

		Total	
		Absolu	/Minutes
Nombre de récupération de 2 à 9 s	Défenseurs	21.92 ± 19.20	0.29 ± 0.27++
	Milieux	24.34 ± 14.77	0.38 ± 0.25**
	Attaquants	17.76 ± 23.51+	0.26 ± 0.25++
Nombre de récupération de 10 à 30 s	Défenseurs	19.17 ± 12.32	0.24 ± 0.15++
	Milieux	19.99 ± 11.67	0.31 ± 0.16**
	Attaquants	16.73 ± 11.21	0.24 ± 0.11++
Nombre de récupération de 30 à 60 s	Défenseurs	18.05 ± 8.87	0.22 ± 0.09+++
	Milieux	18.95 ± 10.53	0.28 ± 0.13***
	Attaquants	16.56 ± 10.20	0.24 ± 0.1+
Nombre de récupération de 60 à 120 s	Défenseurs	17.62 ± 6.97	0.21 ± 0.06
	Milieux	15.93 ± 7.99	0.22 ± 0.07
	Attaquants	14.89 ± 7.97*	0.22 ± 0.07
Nombre de récupération > 120 s	Défenseurs	10.14 ± 4.71+++	0.12 ± 0.05++
	Milieux	7.42 ± 4.69***	0.1 ± 0.05**
	Attaquants	7.95 ± 4.79**	0.11 ± 0.05
Nombre de sprints de 2 à 4 m	Défenseurs	27.10 ± 17.79	0.34 ± 0.19++
	Milieux	27.50 ± 15.57	0.41 ± 0.19**
	Attaquants	20.99 ± 20.29*+	0.3 ± 0.2+++
Nombre de sprints de 5 à 9 m	Défenseurs	24.93 ± 12.90	0.31 ± 0.16+++
	Milieux	26.64 ± 14.56	0.4 ± 0.17***
	Attaquants	21.78 ± 13.33+	0.32 ± 0.11+++
Nombre de sprints de 10 à 19 m	Défenseurs	19.77 ± 8.96	0.25 ± 0.11++
	Milieux	19.86 ± 11.07	0.3 ± 0.13**
	Attaquants	18.40 ± 10.31	0.27 ± 0.1
Nombre de sprints de 20 à 29 m	Défenseurs	6.93 ± 4.05	0.09 ± 0.05
	Milieux	6.46 ± 4.44	0.1 ± 0.08
	Attaquants	6.68 ± 3.84	0.1 ± 0.04
Nombre de sprints de 30 à 39 m	Défenseurs	2.69 ± 2.09	0.03 ± 0.03
	Milieux	2.20 ± 1.81	0.03 ± 0.04
	Attaquants	2.78 ± 1.99	0.04 ± 0.03
Nombre de sprints > 40 m	Défenseurs	1.66 ± 1.57	0.02 ± 0.02
	Milieux	1.42 ± 1.33	0.02 ± 0.03
	Attaquants	1.92 ± 1.54+	0.03 ± 0.02*
Nombre total de sprints	Défenseurs	83.08 ± 38.49	1.04 ± 0.42+++
	Milieux	84.09 ± 42.25	1.26 ± 0.42***
	Attaquants	72.55 ± 43.73	1.06 ± 0.32+++

Différent des défenseurs, *p< 0.05 ; **p< 0.01 ; ***p< 0.001

Différent des milieux, +p< 0.05 ; ++p< 0.01 ; +++p< 0.001

Tableau 21 : Temps de jeu et distances couvertes par mi-temps en fonction du poste de Jeu (n=293) (Calculé seulement pour les sujets ayant participé aux deux mi-temps)

		Première mi-temps		Deuxième mi-temps	
		Absolu	Minutes	Absolu	Minutes
Temps de jeu (min)	Défenseurs	45.59 ± 3.2		46.07±8.8+	
	Milieux	45.61 ± 2.87		42.08 ± 11.29*	
	Attaquants	45.29 ± 5.51		42.23 ±11.93*	
Distance totale (m)	Défenseurs	5030.88 ± 539.6	119.36 ± 22.06	4700.81 ± 980.04	111.98 ± 21.76
	Milieux	5287.2 ± 671.89	130.24 ± 17.57	4566 ± 1266.58	121.87 ± 26.02
	Attaquants	5039.35 ± 650.04	122.48 ± 25.12	4268.78 ± 1223.37	109.81 ± 20.21
Marche (m)	Défenseurs	2085.98 ± 219.92	45.75 ± 3.55	2108.6 ± 436.06	45.69 ± 4.2
	Milieux	2079.91 ± 175.6	45.63 ± 2.81	1945.46 ± 527.54	46.76 ± 7.08
	Attaquants	2327.81 ± 351.97*+++	51.82 ± 6.02***+++	2109.36 ± 630.4	49.67 ± 3.91
Jogging (m)	Défenseurs	1157.65 ± 124.26	25.68 ± 2.92	1083.97 ± 225.99	24.73 ± 4.58
	Milieux	1249.69 ± 113.32	25.88 ± 2.60	1065.04 ± 284.27	24.18 ± 2.38
	Attaquants	1071.15 ± 142.18***+++	25.85 ± 2.67*+	917.97 ± 260.08	22.02 ± 2.14
13 à 16 km.h⁻¹ (m)	Défenseurs	770.65 ± 133.88+++	16.92 ± 2.7+++	657.15 ± 177.48	14.28 ± 2.89
	Milieux	903.81 ± 139.73***	19.82 ± 2.82***	705.96 ± 219.29	16.88 ± 3.46
	Attaquants	612.94 ± 147.5***+++	13.66 ± 3***+++	493.18 ± 147.16	12.04 ± 2.57
16 à 19 km.h⁻¹ (m)	Défenseurs	472.05 ± 115.66+++	10.39 ± 2.55+++	395.35 ± 131.63	8.54 ± 2.41
	Milieux	579.56 ± 108.44***	12.74 ± 2.38***	441.51 ± 138.3	10.65 ± 2.38
	Attaquants	404.31 ± 87.74***+++	9.22 ± 2.96*+++	325.66 ± 118.13	7.88 ± 2.15
> 19 km.h⁻¹ (m)	Défenseurs	533.99 ± 219.64	11.75 ± 4.77++	455.75 ± 204.43	9.88 ± 4
	Milieux	610.69 ± 188.78	13.4 ± 4.07**	464.3 ± 195.66	11.37 ± 4.78
	Attaquants	629.54 ± 205.29	13.8 ± 4.2**	478 ± 178.6	11.43 ± 3.05
Nombre de récupération 2 à 9 s	Défenseurs	14.28 ± 16.93	0.31 ± 0.37+	9.79 ± 7.32	0.22 ± 0.15
	Milieux	17.94 ± 8.86	0.39 ± 0.19*	11.84 ± 7.11	0.28 ± 0.17
	Attaquants	15.07 ± 26.14	0.33 ± 0.57	8.38 ± 5.05	0.2 ± 0.1
Nombre de récupération 10 à 30 s	Défenseurs	12.07 ± 8.53+	0.27 ± 0.19++	9.04 ± 6.26	0.2 ± 0.13
	Milieux	14.84 ± 6.71*	0.33 ± 0.15**	9.69 ± 5.79	0.24 ± 0.17
	Attaquants	13.57 ± 7.7	0.29 ± 0.17	8.48 ± 5.42	0.2 ± 0.11
Nombre de récupération 30 à 60 s	Défenseurs	11.16 ± 5.02++	0.24 ± 0.11+++	8.62 ± 4.5	0.19 ± 0.09
	Milieux	13.52 ± 5.3**	0.3 ± 0.11***	9.86 ± 5.23	0.24 ± 0.12
	Attaquants	12.67 ± 5	0.27 ± 0.11	9.15 ± 5.1	0.21 ± 0.11
Nombre de récupération 60 à 120 s	Défenseurs	9.88 ± 3.37	0.22 ± 0.07	9.56 ± 3.91	0.21 ± 0.08
	Milieux	10.38 ± 2.74	0.23 ± 0.06	9.49 ± 3.6	0.23 ± 0.07
	Attaquants	10.75 ± 3	0.24 ± 0.08	8.75 ± 3.38	0.21 ± 0.07
Nombre de récupération> 120 s	Défenseurs	5.14 ± 2.37+++	0.11 ± 0.05+	6.12 ± 2.5	0.13 ± 0.05
	Milieux	4.37 ± 2.18***	0.1 ± 0.05*	4.99 ± 2.43	0.11 ± 0.05
	Attaquants	4.75 ± 1.98	0.1 ± 0.04	5.7 ± 2.47	0.14 ± 0.07

Différent des défenseurs, *p< 0.05 ; **p< 0.01 ; ***p< 0.001 ; Différent des milieux, +p< 0.05 ; ++p< 0.01 ; +++p< 0.001

Figure 8: Distance totale parcourue en 1 ère et 2ème mi-temps (m.min-1)

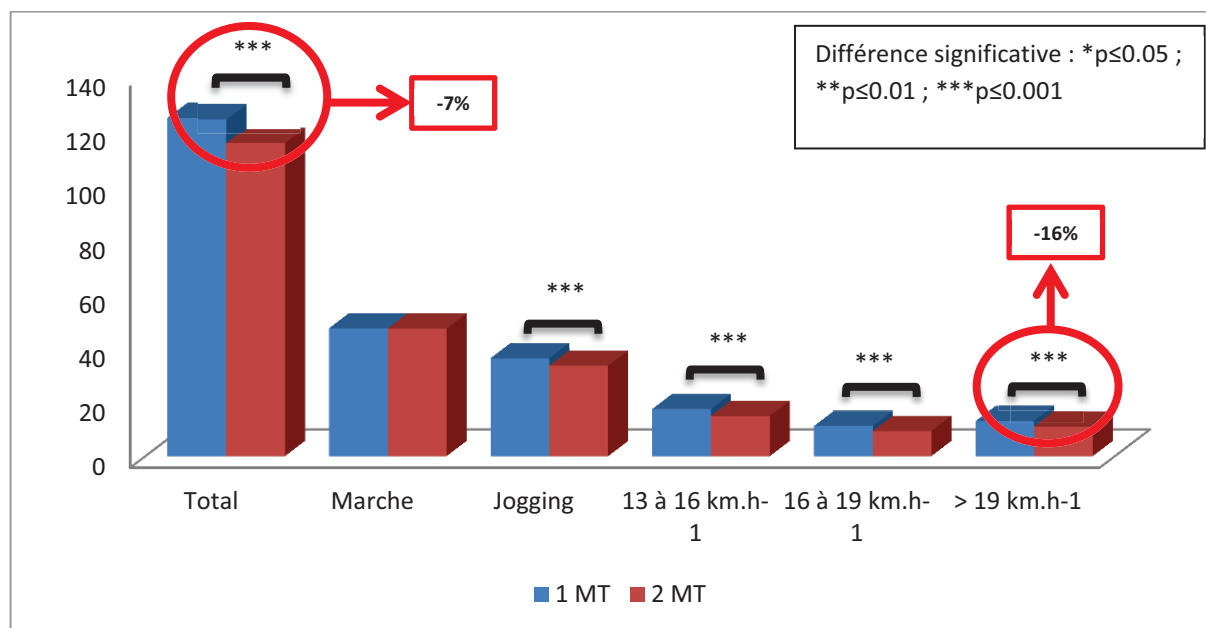
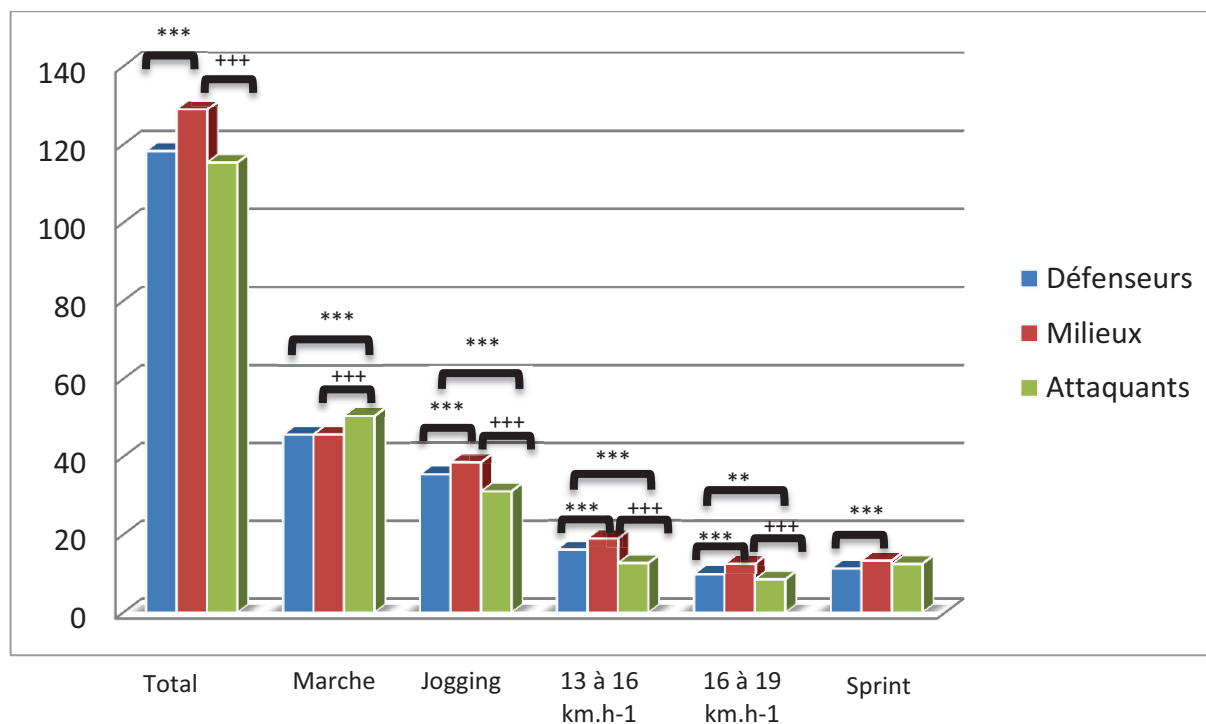


Figure 9: Distance totale parcourue en fonction du poste de jeu (m.min-1)



Différent des défenseurs : * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Différent des milieux : + $p \leq 0.05$; ++ $p \leq 0.01$; +++ $p \leq 0.001$

Figure 10: Nombre de déplacements > 16 km.h-1 (%)

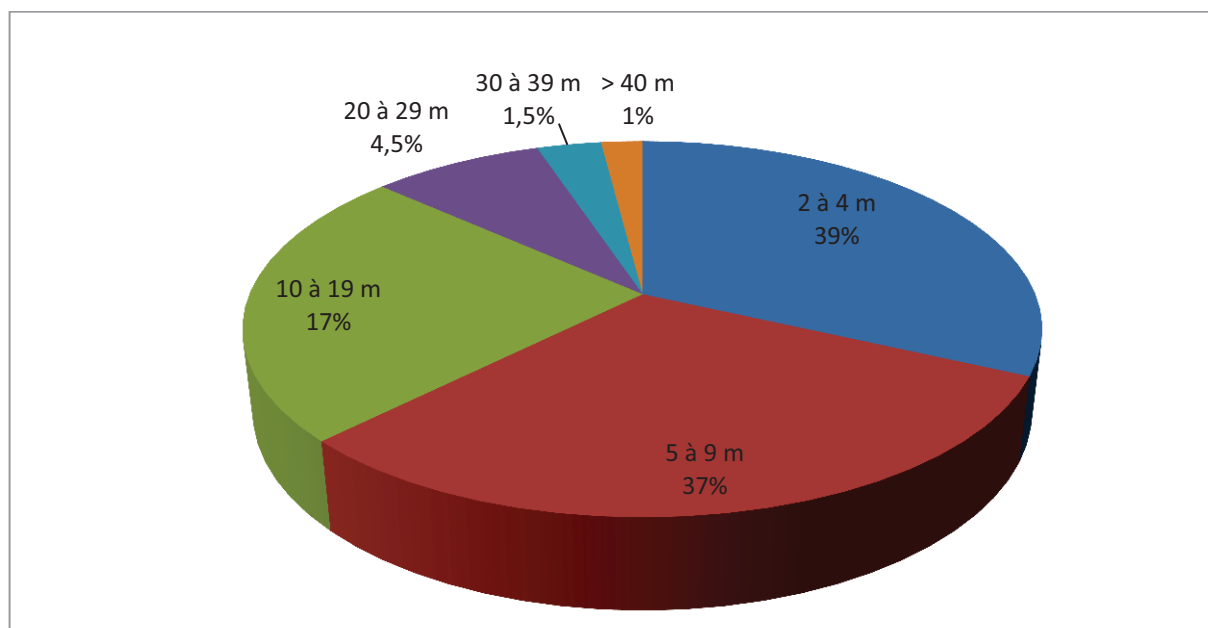
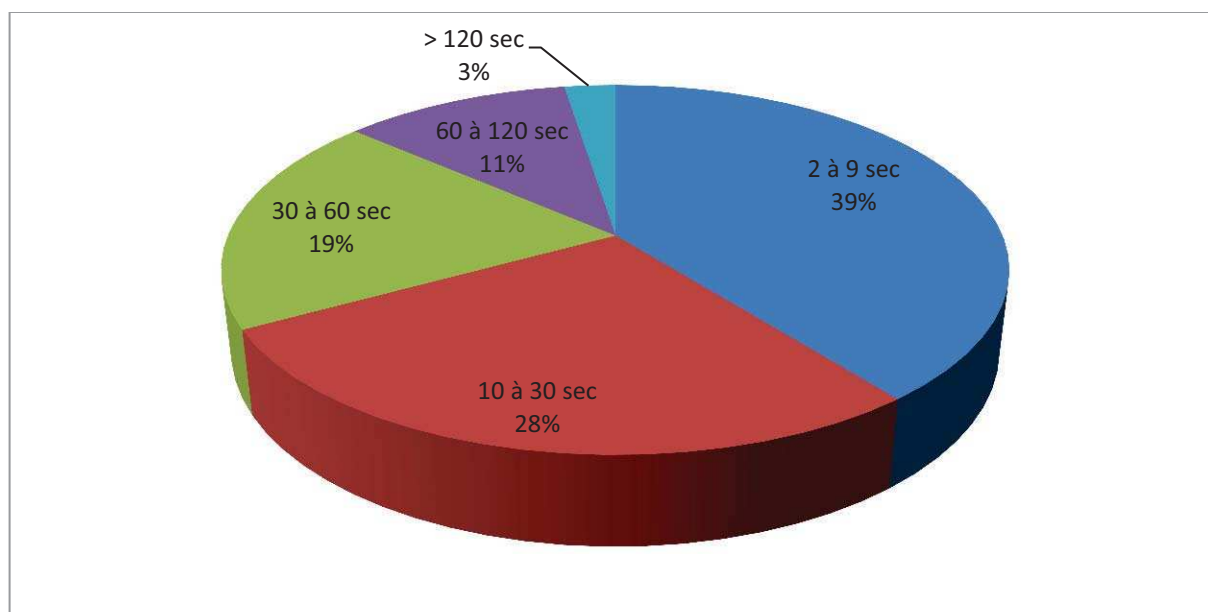


Figure 11: Nombre de récupérations (%)



Discussion

Sur l'ensemble du match

La présente étude avait pour objectif la quantification de l'activité des joueurs évoluant à des postes différents et l'analyse de l'influence de la mi-temps sur le profil d'effort dans chaque catégorie. L'étude portait sur 25 joueurs répartis en trois catégories appartenant au groupe professionnel d'une équipe élite du championnat national italien de Serie A au cours de la saison 2004/2005. Les résultats ont été obtenus sur 30 matches de niveau national à international. La distance moyenne parcourue par les joueurs, indifféremment de leur poste de jeu est de $121.82 \pm 9.57 \text{ m.min}^{-1}$ ce qui correspondait à une moyenne de 10964 m pour une durée de match de 90 minutes. Ces résultats sont comparables aux 10800m de distance parcourue rapportés par Bangsbo et al (1991). Dans cette étude, les distances parcourues ont été répertoriées en 5 catégories d'intensité. Dans la présente étude, la distance totale parcourue au cours du match étaient composée à 38.9% de marche ($3477 \pm 1433 \text{ m}$), 29.5% de jogging ($2631 \pm 1097 \text{ m}$), 13.3% de course entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($1192 \pm 478 \text{ m}$), 8.4% de course entre 16 et 19 km.h⁻¹ ($750 \pm 314 \text{ m}$) et à 9.8% de sprint ($878 \pm 433 \text{ m}$). Bien que les intensités soient légèrement différentes selon les auteurs et les études, il semblerait que nos résultats sont comparables à ceux de Di Salvo et al (2007).

Le football est représenté comme un sport de type intermittent composé d'efforts brefs et intenses qui semblent être la clef de la réussite sportive. Dans notre étude, 93% des déplacements de hautes intensités étaient compris entre 2 et 19 m. Etant donnée la durée de chaque sprint et le nombre de ces sprints, on a pu calculer que la durée moyenne d'effort était de 2.2 sec (tableau 20). 86% des récupérations étaient comprises entre 2 et 60 sec. Dans la plupart des cas, les temps de récupération était fonction de la distance parcourue en sprint.

Etant donné la durée et le nombre de ces récupérations, on a pu calculer que la durée moyenne de récupération est de 18 sec (tableau 19). Dans 90% des cas, le profil d'effort intermittent était donc de 2.2 sec/18 sec, ce qui correspond à un ratio travail/récupération de 1/8. Ce ratio peut être très intéressant pour optimiser la préparation physique en football. Ces résultats tendraient à mettre en évidence que la préparation physique du footballeur de haut niveau moderne devrait s'articuler autour d'exercices intermittents avec un rapport distance/récupération de 1/8 où le temps de récupération est calculé sur le temps mis pour effectuer la distance de sprint. Il s'agirait d'un travail de la capacité à répéter les sprints chez les footballeurs de haut niveau (RSA). Les exercices d'intensité supra-maximale pourraient s'organiser sur des distances de 5 à 20 mètres en respectant une durée de récupération égale à 8 fois le temps mis pour effectuer le sprint. La récupération peut donc varier entre 8 secondes pour un sprint de 5 m, 15 secondes pour un sprint de 10 m ou encore 24 secondes pour un sprint de 20 m. Le type de sprint doit être aléatoire afin de se rapprocher au mieux des exigences de l'activité. L'ensemble peut s'effectuer sur des blocs de 4 à 6 minutes. La récupération physiologique restant obligatoire puisque le rapport de récupération est celui d'un match et non le délai physiologique.

Différence entre première et deuxième mi-temps

Dans la littérature, l'influence de la mi-temps sur la distance totale moyenne parcourue n'est pas significative (Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007). Cependant, lorsque l'on s'intéresse de manière plus précise aux différentes catégories, les auteurs notent une augmentation de la distance parcourue en marche et à faible intensité (Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007). En effet, de récentes études ont montré que la somme des courses à haute intensité et des sprints déclinait au cours d'un match de football (Krustrup et al, 2006 ; Mohr

et al, 2003 et 2004 ; Bangsbo, 1991, 1994 et 2005). Cependant, Di Salvo et al (2007) ont montré l'opposé. Ces différences peuvent être expliquées par la fatigue, les calculs ou les résultats de l'équipe. Dans notre étude, il a été observé une influence significative de la mi-temps sur la distance parcourue par minute, à une course d'intensité comprise entre 13 et 19 km.h⁻¹, sur la distance de sprint ainsi que sur le nombre de récupération ($p<0.05$) (tableau 21). Quel que soit la vitesse de course, il a été observé une diminution de la distance parcourue entre la première et la seconde mi-temps ainsi qu'une diminution du nombre de récupérations comprises entre 2 et 60 sec ($p<0.05$). En revanche, le nombre de récupérations supérieures à 120 sec ($p<0.001$) augmentait en seconde mi-temps. En accord avec Mohr et al (2003), les 15 dernières minutes de jeu dans la seconde période semblent liées à un état de fatigue avancé qui expliquerait l'augmentation du nombre de récupérations supérieures à 120 sec. L'influence de la mi-temps sur les différents résultats n'est significative que lorsque les distances sont exprimées par minute de jeu. En revanche lorsque les distances sont analysées en valeur brute, comme c'est le cas dans les études précédentes, il n'existe plus de différence significative entre la première et la seconde mi-temps. Ceci peut être expliqué par l'influence des remplacements sur la distance parcourue en seconde période. En effet, un remplaçant sera capable de réaliser de grandes distances de course même en seconde période, ce qui dans une analyse globale du match, masque l'influence de la fatigue sur la performance des coéquipiers ayant joué tout le match. Ainsi, et conformément à notre étude, Burgess et al (2006) obtiennent des différences significatives entre la première et la deuxième mi-temps lorsque les valeurs sont rapportées par minute de jeu. Il constate que le nombre d'actions par minute est de 11 % supérieure en première mi-temps par rapport à la seconde.

Influence du poste de jeu

Les défenseurs ont un temps de jeu, sur l'ensemble du match, supérieur aux autres postes (83 min vs 71 pour les milieux et 67 pour les attaquants). Ces différences s'observent notamment en seconde période. Le temps de jeu n'est pas significativement différent en première mi-temps contrairement à la seconde période ($p < 0.05$). En effet, les défenseurs jouent en moyenne 46.07 minutes en seconde mi-temps contre 42.08 pour les milieux et 42.23 pour les attaquants. Le profil d'effort d'un défenseur se compose de 38.57% de marche, 29.97% de jogging, 13.62% de courses comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹, 8.30% d'effort entre 16 et 19 km.h⁻¹ et de 9.54% de sprint.

De leur côté, les milieux de terrain parcourent significativement plus de distance que les autres postes (129 m.min⁻¹ vs 118 pour les défenseurs et 115 pour les attaquants) ($p < 0.001$). Le profil d'effort d'un milieu se compose de 35.42% de marche, 29.94% de jogging, 14.68% de courses comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹, 9.59% d'effort entre 16 et 19 km.h⁻¹ et de 10.38% de sprint. L'influence de ce poste est mise en évidence dans de nombreuses sources scientifiques (Bangsbo et al, 1991 ; Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Krstrup et al, 2006 ; Rampinini et al, 2007). Ces valeurs supérieures aux autres postes sont expliquées par le double rôle des milieux. En effet, ils participent à la fois aux séquences offensives mais également aux séquences défensives.

Les attaquants sont les joueurs qui parcourent le moins de distance lors d'un match comparé aux autres postes que ce soit pour des actions de moyenne ou de haute intensité. A l'inverse, les attaquants parcourent une distance plus importante en marche que les autres joueurs. Le profil d'effort d'un attaquant se compose de 43.82% de marche, 26.95% de jogging, 11.02% de courses comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹, 7.39% d'effort entre 16 et 19 km.h⁻¹ et de 10.83% de sprint. Lorsque l'on observe le profil d'effort des attaquants, on constate que les sprints

tiennent une part plus importante que pour les autres postes. Peu de blessures ont été observées lors de cette saison. Par conséquent, le temps de jeu des attaquants et des milieux peut être expliqué par des choix tactiques en fonction de l'évolution du score. Une équipe qui mène au score aura tendance à sortir un attaquant pour le remplacer par un milieu voire un défenseur. A contrario, le remplacement d'un défenseur sera beaucoup plus rare. Quelques soit le score, il s'agira soit de conserver le résultat, soit de ne pas augmenter l'écart pour se laisser une possibilité de revenir au score.

Concernant le profil de récupération des joueurs, nous ne constatons pas de différence en ce qui concerne la répartition des récupérations en fonction du poste de jeu. Elles sont utilisées de manière homogène par les joueurs et chaque catégorie de récupération établie en fonction de la durée, représente environ 20% du nombre total des récupérations. Après avoir établi un rapport distance/récupération du travail intermittent, la qualité de la récupération (passive, semi-active ou active) pourrait améliorer l'impact physiologique de ce type de travail et de l'individualiser en fonction du poste occupé par les joueurs. Il peut être suggéré que le 4-4-2 a une influence sur la distance, et le temps de travail ou de récupération durant les matches. Par exemple, nous pensons que dans la formation en 4-3-3, les milieux et les défenseurs parcourraient plus de distance durant les phases offensives et inversement pour les autres joueurs.

Conclusion

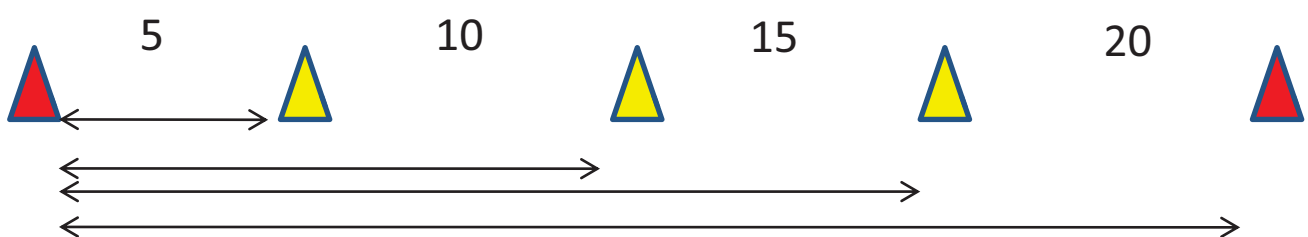
Sur la base des résultats des études précédentes, l'objectif de ce travail était d'analyser l'influence du poste de jeu sur le profil d'effort de joueurs élite du Championnat national italien de Serie A d'une même équipe au cours de la saison, et d'étudier les différences entre les deux mi-temps sur les efforts brefs et intenses associés à l'évolution de la durée des

récupérations. Au niveau de l'analyse globale, notre étude montre que dans 90% des cas, le profil d'effort intermittent est de 2.2 sec/18 sec. Cela nous permet de calculer un ratio travail/récupération de 1/8 pour les activités en sprints. Ce constat laisse entrevoir une évolution du travail intermittent à une intensité supra maximale (RSA) en football de manière à se rapprocher au mieux des conditions actuelles de compétition. Toutefois, il s'agit d'un ratio moyen pour lequel les types de récupérations doivent rester variables compte tenu de l'amplitude des temps de récupérations utilisée dans cette étude. L'établissement du profil d'effort en fonction du poste de jeu permet d'analyser de manière plus précise l'activité du joueur et par conséquent d'adapter les séances athlétiques en fonction des besoins de l'activité. Dans cette étude, nous constatons un effet significatif de la mi-temps et du poste de jeu sur l'évolution de la fatigue lorsque les variables étudiées sont rapportées au temps de jeu par minute.

Dans une future étude, il semblerait intéressant d'étudier de manière longitudinale l'évolution des différents paramètres au cours de la saison afin d'analyser les périodes correspondant à un état de fatigue important ou de surentraînement chez certains sujets.

Exemple d'application pratique

Il peut être envisageable d'effectuer un travail de répétition de sprints sous forme intermittente en respectant le ratio de 1/8 en variant les efforts mais également le type de récupération. La récupération pourrait être passive ou semi-active.



Le préparateur physique ou l'entraîneur donnent deux consignes aux joueurs afin d'effectuer le travail. Tout d'abord, il donne la distance à parcourir (5, 10, 15 ou 20 m) puis donne le plot auquel ils doivent se remplacer en sachant que le remplacement s'effectue obligatoirement à une des deux extrémités. Ensuite, le départ est donné par un coup de sifflet. Le travail peut s'effectuer sur 2 blocs de 5 minutes avec une récupération de 5 minutes entre les blocs. Le préparateur physique doit prendre en considération la distance choisie et donc le temps mis afin de calculer la durée de la récupération. Il conserve alors le caractère aléatoire de l'effort et donc de l'activité. Pour exemple, un joueur effectuant son sprint de 20 m avec un temps de 3 sec, possède alors un temps de récupération de 24 secondes. Le sprint suivant doit s'effectuer au bout de 27 secondes si le préparateur physique laisse défiler le temps sur son chronomètre.

Chapitre III : Etude 2 : Exigences physiques d'une équipe de football à succès évoluant en Serie-A au cours de 3 saisons consécutives

Le football a été largement analysé à la fois par les entraîneurs et les scientifiques durant ces vingt dernières années afin de comprendre pleinement et de définir l'activité des joueurs de football de l'élite lors de match en compétition. Récemment, l'utilisation de systèmes semi-automatiques composés de multiples caméras permet d'obtenir des informations tactiques, techniques et athlétiques au cours des matches pour tous les joueurs simultanément (Dellal et al, 2010, 2011 ; Di Salvo et al, 2007, 2010 ; Rampinini et al, 2007). Il a été montré que les joueurs de football adultes parcourent une distance comprise entre 10 km et 13 km lors d'un match, comprenant ~ 3,2 km de marche, ~ 0.7 km d'actions à haute intensité et ~ 0.25 à 0,4 km de sprint (Bangsbo et al, 2006 ; Bradley et al, 2009 ; Dellal et al, 2010, 2011 ; Di Salvo et al, 2007 ; Rampinini et al, 2007 ; Sporis et al, 2009). Dans le même contexte, le profil physique des joueurs de football d'élite italiens a été décrit par Vigne et al (2010) qui a suggéré que les joueurs effectuent 39% de la marche ($< 5 \text{ km.h}^{-1}$), 30% d'actions à faible intensité ($> 5\text{-}13 \text{ km.h}^{-1}$), 13% à intensité modérée ($> 13\text{-}16 \text{ km.h}^{-1}$), 8% à haute intensité ($> 16 \text{ à } 19 \text{ km.h}^{-1}$) et 10% à très haute intensité ($> 19 \text{ km.h}^{-1}$). Thatcher et Batterham (2004) ont ajouté que les joueurs effectuent environ 1,3 km en course arrière lors du match qui représente 3,7% de l'activité totale, cependant, ce type de l'action a récemment été omis dans la littérature, malgré l'importance de ce mouvement, caractéristique du jeu.

En outre, des études ont révélé des différences essentielles concernant temps d'activité et les caractéristiques techniques lorsque l'analyse était spécifiée en fonction du poste de jeu lors des matches (Dellal et al, 2010, 2011 ; Di Salvo et al, 2007). Il a été démontré que les milieux de terrain parcourent la plus grande distance totale par rapport aux autres postes de jeu tandis que les attaquants ont les plus hautes valeurs en sprint et en marche (Dellal et al, 2010, 2011 ; Vigne et al, 2010). Les conséquences physiques et techniques en compétition sont bien connues selon les positions de jeu, mais à notre connaissance, aucune étude n'a tenté de suivre l'activité des joueurs en matches officiels au cours de saisons consécutives. Rampinini et al (2007) ont révélé la variation de la performance physique au cours d'une saison et conclu que l'activité à haute intensité varie sensiblement tout au long de la saison. Gregson et al (2010) en accord avec cette variation de l'activité à haute intensité tout au long de la saison, ont décrit comment cette variabilité existe aussi lorsque deux matches étaient joués avec un temps de récupération limité entre les deux. Par ailleurs, Bradley et al (2011) ont essayé d'analyser les effets des composantes tactiques (i.e. la formation de jeu) sur les exigences physiques et techniques en Premier League anglaise. Les résultats ont révélé comment l'utilisation de différents systèmes de jeu peut imposer différentes exigences physiques et techniques sur les joueurs. Par exemple, les attaquants effectuent ~ 30% de plus à haute intensité lorsque leur équipe joue dans un système en 4-3-3 par rapport aux formations en 4-4-2 et 4-5-1.

Toutefois, tel que suggéré par Lago-Penas et Dellal (2010), les implications tactiques dépendent de multiples facteurs. En effet, ces auteurs ont examiné la possession de balle totale au cours de 380 matches participant à la Ligue espagnole de première division durant la saison 2008-2009 et ont démontré que la variable possession seule ne suffit pas à influencer le classement final de l'équipe pour la majorité de la ligue, mais montrent cependant une tendance pour les équipes ayant terminé dans les 5 premières. Dans ce

contexte, la question de la relation entre la variable tactique, la possession de balle totale et la demande physique dans les matches d'élite n'a pas encore été étudiée. Néanmoins, en ce qui concerne les conséquences physiques, plusieurs auteurs ont souligné l'importance des sprints et de l'activité à très haute intensité en ce qui concerne le résultat d'un match de football (Stolen et al, 2005 ; Dellal et al, 2011). En outre, en rapport à la possession de balle, en gardant une composition d'équipe et une formation de jeu relativement stable pourrait éventuellement contribuer à accroître la possession de balle, augmentant ainsi la probabilité de succès à très haut niveau en empêchant les adversaires d'imposer leur jeu (Lago Pena et Dellal, 2010).

Par conséquent, le but de l'étude rétrospective était de déterminer les temps d'activité et la possession de balle totale pendant 3 saisons consécutives d'une équipe de football de l'élite Italienne évoluant en Serie-A, utilisant un système de jeu constant et ayant remporté le championnat lors des 3 saisons consécutives étudiées. Nous émettons l'hypothèse que les distances parcourues par les joueurs pendant les matchs et la possession de balle totale de l'équipe sont restées constantes au fil du temps et à un niveau relativement élevé pour assurer un tel succès.

Méthodes

Approche expérimentale du problème

Les activités physiques des joueurs lors de matches officiels est connus. Cependant, les effets d'un système de jeu stable sur la demande physique et la possession de balle collective durant des matches consécutifs de très haut niveau ainsi que durant des saisons consécutives n'ont pas été étudiés. En conséquence, dans cette étude, le profil d'activité des joueurs et la possession de balle collective ont été examinés durant des matches officiels joués à domicile

au cours de trois saisons consécutives (Première saison : 2004/2005 ; Deuxième saison : 2005/2006 ; Troisième saison : 2006/2007) tout en jouant toujours l'UEFA Champions League. Les joueurs (n=25) qui n'ont pas participé aux trois saisons ou qui ont eu une blessure majeure ont été exclus de l'analyse statistique, et par conséquent, un total de 10 joueurs ont été étudiés (défenseurs, n=4 ; milieux, n=3 ; attaquants, n=3 ; âge=27.4±4.0 ans, poids=82.8±8.0 kg, taille=181.5±7.7 cm). Durant cette étude, le renouvellement de l'équipe de saison en saison a été inférieur à 50% (moins de 16 nouveaux joueurs par an) pour la totalité de l'équipe mais inférieure à 10% pour l'équipe type (moins de 3 joueurs). Tous les joueurs ont suivi le même programme nutritionnel qui consiste principalement en un apport glucidique important pris 3 heures avant le début des rencontres. Le staff médical a mis en place des stratégies d'hydratation avant, pendant et après les matches. Toutes les charges de travail, les sessions d'entraînements et les méthodes de récupération ont été utilisés entre les matches et ont été les mêmes pour tous les joueurs et au cours des trois saisons. Le préparateur physique et l'entraîneur adjoint ont toujours utilisé le même échauffement collectif standardisé avant les matches pour tous les joueurs.

Le système de jeu utilisé (4-4-2) et le staff technique sont restés les mêmes durant toute l'étude. Par conséquent, les consignes tactiques données par les entraîneurs aux joueurs ont été individuellement et collectivement constants.

Sujets

Vingt-cinq joueurs de l'Elite italienne évoluant en Serie A et participant à l'UEFA Champions League ont pris part à l'étude. Les joueurs ayant participé à cette étude (âge=27.4±4.0 ans, poids=82.8±8.0 kg, taille=181.5±7.7 cm) ont été classés en 3 postes de jeu : Défenseurs (n=4) ; Milieux (n=3) ; Attaquants (n=3). Les joueurs effectuaient 5 à 7 séances d'entraînement par semaine plus 1 ou 2 matches officiels (Serie A, Champions League, Coupe

d'Italie, Supercoupe d'Italie). Les gardiens de but ont été exclus de cette étude et n'ont pas participé au même programme physique que les autres joueurs de l'équipe. L'étude a été réalisée selon les normes éthiques dans le sport et la recherche en sciences de l'exercice et était en conformité avec la déclaration d'Helsinki 1964. Le comité d'éthique de l'université locale a approuvé le protocole.

Temps d'activité et possession de balle totale collective

Les données ont été collectées lors de 90 matches joués à domicile au cours des trois saisons en utilisant le même système d'analyse vidéo semi-automatique SICS® (Bassano del Grappa, Italie). Six caméras sont positionnées autour du terrain et calibrées et synchronisées. Tous les joueurs sont enregistrés simultanément et la distance totale parcourue dans les différentes catégories d'allure ont été déterminées dans l'étude d'Osgnach et al (2010). Cinq intensités de course ont été utilisées pour évaluer la distances totale parcourue : Marche ($< 5 \text{ km.h}^{-1}$), course à faible intensité ($5\text{-}13 \text{ km.h}^{-1}$, LIR), course à moyenne intensité ($13\text{-}16 \text{ km.h}^{-1}$, MIR), course à haute intensité ($16\text{-}19 \text{ km.h}^{-1}$, HIR) et course à très haute intensité ($> 19 \text{ km.h}^{-1}$, VHIR). La fiabilité du système d'analyse vidéo SICS a été démontré par Rampinini et al (2009a) qui ont montré une erreur typique de 1.0% pour la distance totale parcourue et une erreur typique comme pour le coefficient de variation (CV) pour la distance parcourue à haute intensité de 3.2% (95% CI=1.9-9.2%) tandis qu'une précédente étude pilote a montré une exactitude de 3.6% ($n=5$; 95% CI=2.6-10.3%). Toutes les valeurs de distance et de temps d'action sont rapportées en fonction du temps de présence sur le terrain dans le but de pouvoir comparer les résultats avec les études précédentes et entre les saisons. De même, la possession de balle collective est exprimée en pourcentage durant chaque match.

Analyses statistiques

Les moyennes et écart types sont présentés pour toutes les variables étudiées, incluant un intervalle de confiance de 95%. Avant l'utilisation de procédures de test statistique paramétrique, les hypothèses de normalité et de sphéricité ont été vérifiées (Mauchly test). Une ANOVA à mesures répétées à un facteur a été utilisée pour les effets du poste de jeu (Défenseurs, Milieux et Attaquants), pour les temps d'activité (différentes intensités de course) et l'effet de la saison (Première, Deuxième et Troisième). Quand l'effet du poste de jeu, des temps d'activité et de la saison était significatif, l'origine de la différence était déterminée par un test post hoc de Bonferroni. Pour tous les tests statistiques, le seuil de significativité a été fixé à $p \leq 0.05$. Tous les tests ont été réalisés à l'aide du logiciel SPSS, version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). La taille d'effet (Cohen's d) a été calculé pour déterminer des différences pratiques. Les valeurs de taille d'effet (ES) de 0-0.19, 0.20-0.49, 0.50-0.79 et 0.80 et plus sont considérées respectivement comme insignifiantes, faibles, moyennes et grandes (Cohen, 1988).

Résultats

Le profil d'activité moyen de l'équipe ainsi que les profils d'effort spécifiques de chaque poste de joueur au cours des trois saisons sont présentés dans le Tableau 22 et la Figure 14. Les distances totales parcourues par minute de match étaient significativement différentes entre les saisons. La variation de la proportion des distances parcourues ne présentait pas des différences significatives pour toutes les catégories de vitesse. Au cours des trois saisons, la distance parcourue par minute de jeu ne varie pas significativement pour la marche et VHIR. Cependant, l'analyse a montré des diminutions significatives de la distance parcourue par minute de jeu à LIR entre la première et deuxième saison ($P < 0,01$; ES faible = 0,21) et entre les deuxième et troisième saisons ($P < 0,05$;

ES faible = 0,32). Les distances parcourues à MIR ($P < 0,01$, ES faible = 0,30) et HIR ($P < 0,05$, ES faible = 0,32) (Figure 12) ont également montré une diminution significative entre les deuxième et troisième saisons, alors qu'aucune différence significative n'a été trouvée entre les premières et deuxième saisons. Nous n'avons pas observé de différences entre les différentes périodes au cours des saisons pour tous les temps d'activité.

Les milieux parcourent une plus grande distance totale comparés aux défenseurs ($p < 0.05$; grand ES=1.72) et aux attaquants ($p < 0.01$; grand ES=0.92). Nous ne constatons aucune différence significative entre les différents postes de jeu pour la marche et à VHIR (Figure 13). En revanche, des différences apparaissent au niveau du jogging ainsi que des intensités de course comprises entre 13 et 19 km.h⁻¹. En effet, les milieux parcourent plus de distance que les attaquants en jogging ($p < 0.05$; grand ES=0.75), entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($p < 0.01$; grand ES=0.73). De même, les défenseurs parcourent plus de distance que les attaquants pour des vitesses de course comprises entre 13 et 16 km.h⁻¹ ($p < 0.05$; grand ES=1.80) et entre 16 et 19 km.h⁻¹ ($p < 0.05$; grand ES=1.75) au cours des trois saisons (Tableau 22 et Figure 13).

L'évolution du profil d'effort en fonction des postes de jeu et en fonction de la saison ne montre pas d'évolution significative entre les 3 saisons que ce soit chez les défenseurs, les milieux et les attaquants.

Les résultats montrent une amélioration du pourcentage de possession de balle collective entre la première à la troisième saison (52.1% vs 54.9%, $p < 0.05$; IC95% = 48.7%-58.8% et IC95% = 47.5%-59.1% respectivement) durant tous les matches joués à domicile. Aucune différence significative n'a été observée au cours des différentes périodes de la saison. De plus, le nombre total de points marqués à domicile augmente significativement entre la première et la

troisième saison (40 contre 48) accompagné d'un classement à domicile qui reste à un excellent niveau de performance (2ème contre 1er).

Discussion

La présente étude révèle des changements significatifs concernant les exigences physiques des joueurs au sein d'une équipe à succès de Serie-A au cours de trois saisons consécutives pour les matches à domicile. Si les distances parcourues par minute en marche ou à très haute intensité de course ne varie pas au fil des saisons, on observe une diminution significative des distances parcourues à lors des intensités intermédiaires (LIR, MIR, HIR). Parallèlement à cela, la possession de balle de l'équipe, a augmenté de façon significative tout en améliorant le nombre de points et en gardant un excellent classement. L'analyse des exigences physiques des joueurs de football par la quantification de la distance parcourue à des vitesses spécifiques de course a été largement utilisé au cours des dernières années (Bradley et al, 2011 ; Carling, 2010 ; Dellal et al, 2010, 2011 ; Orendurff et al, 2010 ; Rampinini et al, 2009 ; Sporis et al, 2009 ; Vigne et al, 2010). Néanmoins, comme la distance absolue couverte pourrait être viciée par le temps de jeu (durée du jeu ou le joueur remplacé pendant le match ou juste entré pour remplacer un autre joueur), nous avons choisi d'exprimer la distance relative en fonction du temps de jeu (Burgess et al, 2006), i.e. distance couverte par minute.

Récemment, Osgnach et al (2010), ont montré que l'analyse de la performance en match dans la présente étude, c'est à dire l'analyse des distances parcourues à des vitesses différentes, sous-estime le coût énergétique des accélérations et décélérations effectuées par les joueurs. Néanmoins, même si cette question indique clairement que les résultats de la présente étude doivent être interprétés avec prudence, la plupart des analyses match de la dernière décennie se sont appuyées sur une analyse descriptive. Pour cela, ces

résultats peuvent être comparés à des études similaires en gardant à l'esprit le fait que la présente analyse ne prend pas en compte les coûts énergétiques des accélérations ou décélérations, et le changement de direction.

La réduction de la distance parcourue à des vitesses intermédiaires a permis de réduire les exigences physiques imposées aux joueurs. Cela, peut augmenter la réserve d'énergie (en particulier en glycogène) et donc retarder la fatigue pendant le match selon les conclusions de précédentes études (Mohr et al, 2005). Cela aurait pu être un facteur contribuant à l'augmentation observée des points collectés au cours des 3 saisons. Dans ce contexte, la diminution de la distance totale parcourue par minute de jeu de la première à la troisième saison (en particulier pour LIR, MIR, HIR) correspond à des joueurs couvrant ~ 6-7 mètres de moins par minute pendant le match, ce qui entraîne une réduction de la distance totale parcourue d'environ 5%. A un tel niveau de performance et considérant le nombre de matches qui peuvent être joués au cours d'une saison (47 à 55 matches), cette adaptation peut représenter un avantage décisif lors de l'enchaînement des matches et sur la fin de saison. Cela peut également être intéressant, spécialement lors du début de la Champions League avec des périodes chargées en matches (7 matches en 21 jours). Cependant, il a été montré que l'enchaînement de deux matches en trois jours n'avait pas d'influence significative sur le nombre de sprints effectué et la distance parcourue à haute intensité (Rey et al, 2010). Notre étude confirme qu'il n'apparaît pas de changement sur l'activité à très haute intensité au cours de trois saisons consécutives. Les distances parcourues plus faibles en LIR, MIR et HIR sont probablement dû d'une meilleure organisation de l'équipe ou d'une meilleure compréhension du système de jeu provenant de la stabilité tactique. Dans ce contexte, les efforts physiques réalisés à haute intensité et à des intensités au-dessus du seuil anaérobie puisent directement sur les stocks de glycogène musculaire. Or l'épuisement des réserves en glycogène a été

avancé comme un des principaux facteurs explicatifs de la diminution de performance en fin de match (Mohr et al, 2003 et 2005 ; Rampinini et al, 2007). Cependant, la distance parcourue à très haute intensité ($> 19\text{km.h}^{-1}$) n'était pas significativement différente au cours des trois saisons, probablement dû au fait que ce type de course influence généralement le résultat dans le football de haut niveau et donc le score final (Lago, 2009). Par conséquent, même si l'amélioration de leur gestion de l'énergie par une réduction significative des distances parcourues à des vitesses intermédiaires, les joueurs la présente étude, n'ont pas modifié leurs distances couvertes à haute intensité, leur permettant de garder une bonne performance au cours des 3 saisons consécutives étudiées.

Certains paramètres peuvent aussi expliquer la diminution de la demande physique imposée aux joueurs (Carling, 2010 ; Lago et al, 2007, 2009 et 2010 ; Rampinini et al, 2009), en particulier la possession de balle totale, qui a continué à s'améliorer tout au long de la période analysée. De récentes études ont montré que la possession de balle en phase offensive (Lago et al, 2010), le résultat et les conditions de jeu (Rampinini et al, 2007) et /ou le lieu de la rencontre (Lago et al, 2007, 2009 et 2010) ont beaucoup d'influence sur les temps d'activité des joueurs de très haut niveau. Lago (2009) a montré que les stratégies en football sont influencées par des variables de match (lieu de la rencontre, qualité de l'adversaire, conditions de jeu) et que les équipes modifient leur jeu en conséquence. Tous ces paramètres pourraient avoir un effet la demande physique durant un match et il est essentiel de considérer ces variables en plus de la cohérence tactique du système de jeu. De nombreuses études (Mohr et al, 2003 et 2005) ont montré que les joueurs présentaient de la fatigue en fin de match, particulièrement une diminution de leurs performances physiques (sprint et courses à très haute intensité) au cours des 15 dernières minutes de match. Cependant, dans notre étude, il peut être suggéré que la diminution de la demande physique au cours du match n'était pas due à la fatigue mais influencée par les joueurs du fait d'une meilleure organisation tactique et

compréhension du système de jeu. Il devrait être noté, cependant, que la fatigue en match pourrait être retardée en améliorant la connaissance tactique tant des joueurs individuellement que collectivement. De plus, il apparaît que la demande physique lors de match de très haut niveau peut être un indicateur de classement final et du niveau de l'équipe, comme indiqué par Rampinini et al (2007) qui ont montré que les équipes classées dans les 5 dernières places de Serie A présentaient une distance totale parcourue supérieure aux équipes ayant terminées dans les 5 premières places ($p < 0.01$). Ceci implique que les équipes les mieux classées effectuent un travail physique moindre lors des matches en raison d'une meilleure connaissance tactique et d'une plus grande habileté technique. Spécifiquement, les joueurs des équipes les moins bien classées parcourent, sans ballon, au total plus de distance (+4%), plus de course à haute intensité (14 à 19 km.h⁻¹, +11%), plus de distance à très haute intensité (>19 km.h⁻¹, +9%). A l'inverse, les joueurs appartenant aux équipes les mieux classées, effectuent, avec ballon, au total plus de distance (+18%) et plus de distance à très hautes intensités (+16%). L'équipe étudiée a terminé dans les 3 meilleures de Serie A, et comme montré par Rampinini et al (2007), les joueurs de notre étude ont couvert une plus grande distance en possession de balle. La stabilité tactique du système de jeu pourrait améliorer la fluidité des mouvements de jeu et la coordination entre les joueurs comme indiqué par les résultats de cette étude qui ne montre pas de variation entre les saisons. Avant tout, l'entraînement doit se focaliser sur la qualité des passes durant les phases offensives et non sur la possession de balle collective puisqu'il a été montré que l'équipe ayant la possession de balle la plus longue était l'équipe qui, généralement, perdait en Liga Espagnole (Lago, 2010) à l'exception des équipes ayant terminé dans les 5 premières. L'équipe analysée dans notre étude ayant terminé dans les 3 premières équipes de Serie A, on pourrait considérer que la possession de balle collective est un facteur essentiel.

En outre, bien que la demande physique varie de la première à la troisième saison, l'analyse de notre étude montre des différences similaires en les différents postes de jeu au cours des trois saisons. En effet, les résultats de cette étude sont conformes à de précédentes études (Di Salvo et al, 2007 ; Rampinini et al, 2009 ; Sporis et al, 2009 ; Vigne et al, 2010) montrant que les milieux de terrain parcourent plus de distance au cours d'un match que leurs coéquipiers et les défenseurs parcourent plus de distance en match que les attaquants. Une stabilité du système de jeu ne permet pas d'assurer la stabilité des exigences physiques, car les entraîneurs pourraient fournir des instructions tactiques différentes selon le lieu du match, l'évolution du score, l'importance du match, l'adversaire et de la compétition (Serie A contre l'UEFA Champions League). Dans ce contexte, Bradley et al (2011) ont montré que la variation des consignes tactiques influençait les demandes physiques (principalement les sprints et les courses à moyenne et hautes intensités) et techniques, avec par exemple une augmentation d'environ 30% des courses à haute intensité chez les attaquants. Dans ce contexte, il est possible que les consignes tactiques n'aient pas avoir le même effet sur les différents postes de jeu. Il est intéressant de noter que malgré la diminution significative des distances totales couvertes par les joueurs au cours des 3 saisons, les différences du profil d'activité en fonction du poste de jeu ont persisté, en opposition avec les résultats de Bradley et al (2011). Bien que les distances totales parcourues entre 13 km.h⁻¹ et 19 km.h⁻¹ aient diminué pour tous les postes de jeu (Tableau 22), aucune différence significative concernant les distances totales parcourues n'ont été trouvées au cours des 3 saisons pour chaque poste de jeu. Ainsi, l'information principale de ce manuscrit concernant la stabilité (VHIR, classement final en Serie-A), la diminution (LIR, MIR, HIR) et l'augmentation (la possession de balle de l'équipe, le nombre de points gagné à domicile) des activités des joueurs au cours des 3 saisons n'étaient pas dépendante du poste de jeu. Par conséquent, cette dernière

information pourrait justifier le fait que c'était l'activité de toute l'équipe qui a induit des évolutions des performances physiques et techniques au cours des 3 saisons étudiées.

Applications pratiques

L'étude rétrospective présente a étudié une équipe à succès de Serie-A au cours de 3 saisons consécutives. La distance physique couverte en marche, à faible intensité de course, à intensité modérée et à haute intensité a diminué entre la saison 1 et la saison 3, pendant qu'il y avait une stabilité dans la distance parcourue à très haute intensité de course et en sprint. Cette tendance a été observée pour toute l'équipe ainsi que pour les différents postes de jeu. Techniquement, alors que la distance parcourue a diminué, l'équipe a augmenté sa possession de balle au cours des saisons étudiées. La stabilité du système de jeu et de la stratégie tactique utilisée pourrait être un facteur expliquant ces variations intéressantes au niveau des performances collectives physiques et techniques. Ce choix de stabilité tactique fait par les entraîneurs permet une amélioration des positionnements tactiques et/ou déplacements des joueurs et améliore donc l'économie des dépenses énergétiques favorisant une meilleure répétition des sprints et des courses à très haute intensité. Par conséquent, il pourrait être recommandé aux entraîneurs à chaque fois qu'il est possible, d'utiliser une organisation tactique stable afin de permettre à leurs joueurs d'utiliser au mieux leurs capacités physiques et techniques tout au long de la répétition des matches au cours des saisons.

Tableau 22 : Distance totale couverte durant un match en fonction de la saison et du poste de jeu (m.min⁻¹)

		Défenseurs	Milieux	Attaquants	Total Equipe	%
Total	2004-2005	117.21 ± 6.02	125.41 ± 3.87	112.71 ± 2.61	118.32 ± 6.69***	
	2005-2006	116.31 ± 6.17	122.54 ± 4.32	109.91 ± 3.72	116.26 ± 6.82††	
	2006-2007	110.96 ± 5.44	121.17 ± 3.55	104.07 ± 3.48	111.96 ± 8.05**	
	Moyenne	114.83 ± 2.2‡	123.04 ± 2.54#	108.90 ± 2.54‡‡	115.59 ± 1.40	
Marche	2004-2005	45.55 ± 3.8	46.27 ± 3.08	50.82 ± 2.79	47.34 ± 3.8	40.01
	2005-2006	46.46 ± 3.61	46.87 ± 1.2	50.19 ± 2.38	47.71 ± 2.98	41.04
	2006-2007	46.61 ± 3.5	48.43 ± 3.1	49.72 ± 2.1	48.09 ± 3.02	42.95
	Moyenne	46.21 ± 1.48	47.19 ± 1.71	50.25 ± 1.17	47.88 ± 0.94	41.42
Jogging	2004-2005	35.24 ± 4.99	39.67 ± 4.73	29.13 ± 4.11	34.74 ± 5.97**	29.36
	2005-2006	32.27 ± 3.88	36.96 ± 4.53	27.62 ± 2.33	32.28 ± 5.03†	27.77
	2006-2007	31.53 ± 5.26	35.27 ± 6.36	25.37 ± 3.11	30.81 ± 6.09*	27.52
	Moyenne	33.02 ± 2.18	37.30 ± 2.52	27.38 ± 2.52‡	32.57 ± 1.39	28.18
13-16 km.h⁻¹	2004-2005	15.80 ± 2.13	18.00 ± 2.37	12.34 ± 1.54	15.42 ± 2.95	13.03
	2005-2006	15.46 ± 1.9	17.27 ± 1.43	11.65 ± 0.69	14.86 ± 2.7††	12.78
	2006-2007	14.69 ± 1.8	15.78 ± 1.91	10.84 ± 0.47	13.86 ± 2.55	12.38
	Moyenne	15.32 ± 0.83	17.02 ± 0.95	11.61 ± 0.95#‡‡	14.65 ± 0.53	12.67
16-19 km.h⁻¹	2004-2005	9.51 ± 0.98	10.71 ± 0.56	8.19 ± 1.14	9.47 ± 1.31	8.00
	2005-2006	9.91 ± 1.68	10.36 ± 0.21	7.65 ± 0.89	9.37 ± 1.6†	8.06
	2006-2007	8.81 ± 0.83	9.92 ± 0.41	7.35 ± 0.92	8.70 ± 1.25	7.77
	Moyenne	9.41 ± 0.46	10.33 ± 0.53	7.73 ± 0.53#‡	9.16 ± 0.29	7.93
> 19 km.h⁻¹	2004-2005	11.11 ± 1.58	10.77 ± 1.42	12.22 ± 1.82	11.34 ± 1.55	9.58
	2005-2006	12.20 ± 3.35	11.07 ± 1.62	12.80 ± 2.28	12.04 ± 2.45	10.36
	2006-2007	9.33 ± 1.24	11.76 ± 3.55	10.79 ± 2.33	10.49 ± 2.38	9.37
	Moyenne	10.88 ± 1.02	11.20 ± 1.18	11.93 ± 1.18	11.34 ± 0.65	9.81

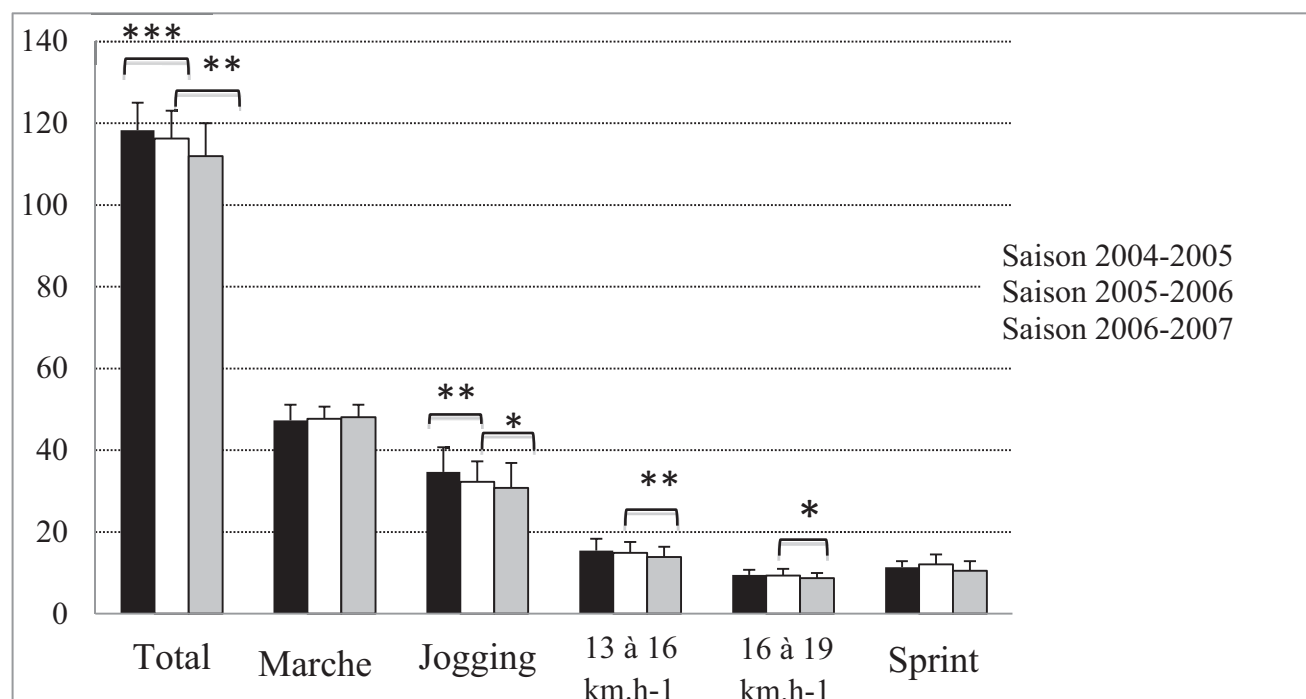
Différent de 2005/2006; *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

Différent de 2006/2007; †p<0.05 ††p<0.01 †††p<0.001

Différent des Défenseurs; #p<0.05 ##p<0.01 ###p<0.001

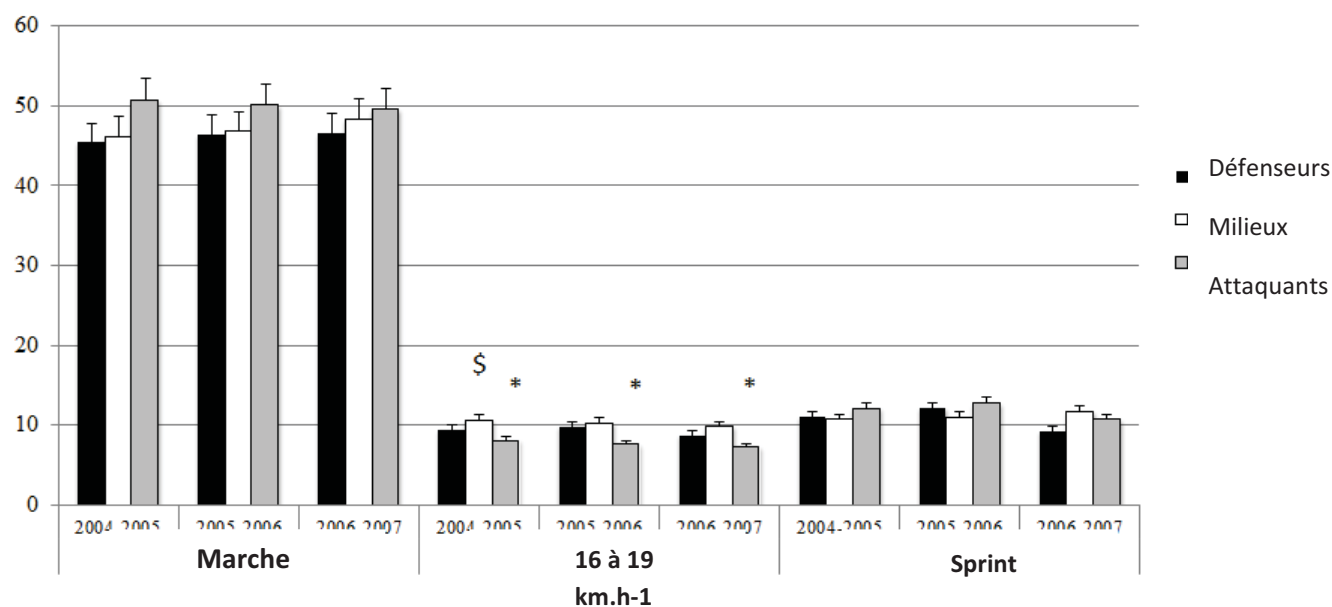
Différent des Milieux; ‡p<0.05 ‡‡p<0.01 ‡‡‡p<0.001

Figure 12 : Distances totales parcourues par l'équipe en fonction des catégories de courses lors des trois saisons (m.min⁻¹)



Différence significative avec la saison 2005/2006: *P<0.05; **P<0.01 ; ***P<0.001

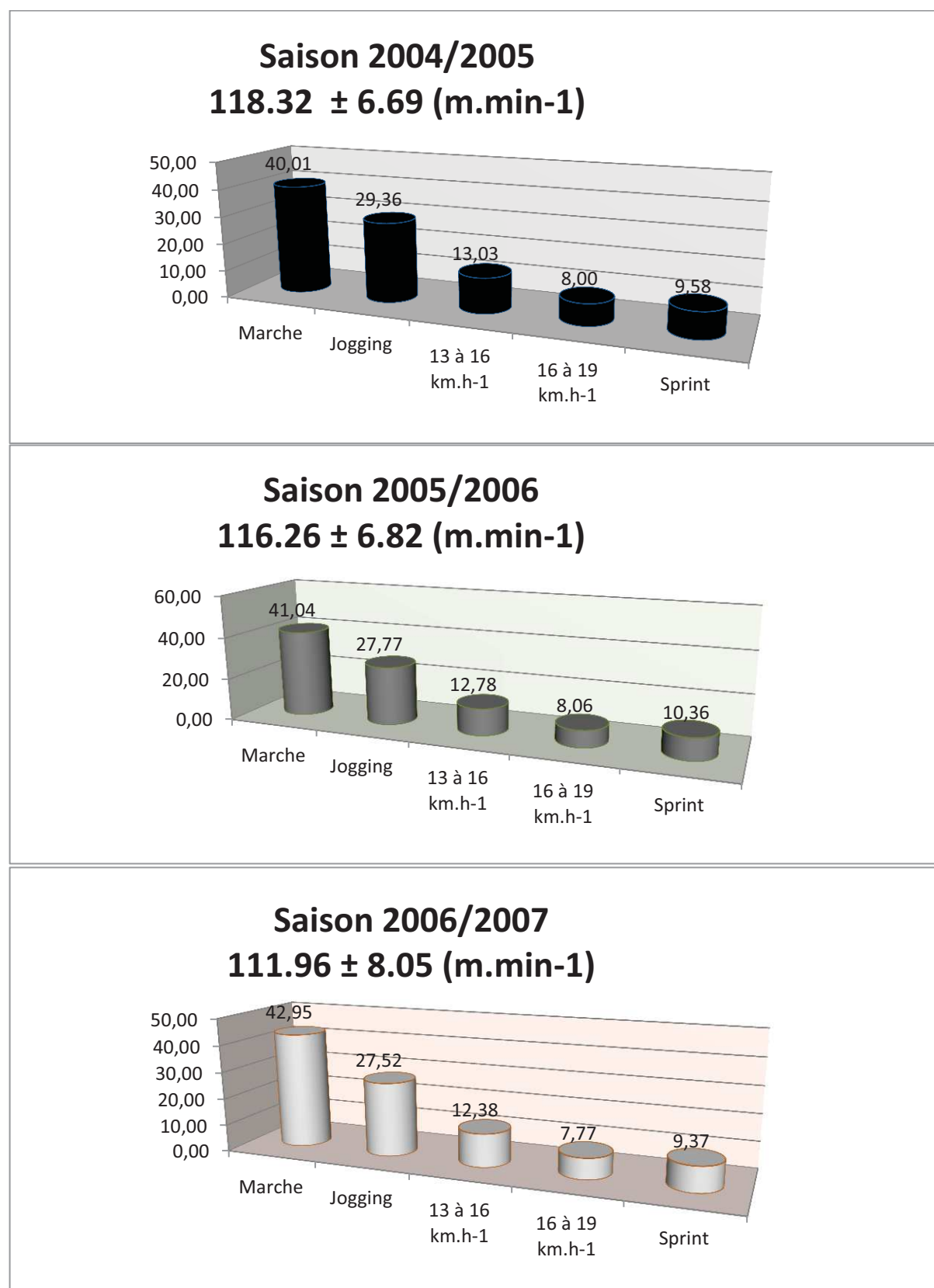
Figure 13: Distance parcourue en fonction du poste de jeu durant trois saisons consécutives (m.min-1)



* Différence significative avec Défenseurs *P<0.05

\$ Différence significative avec Attaquants \$P<0.05

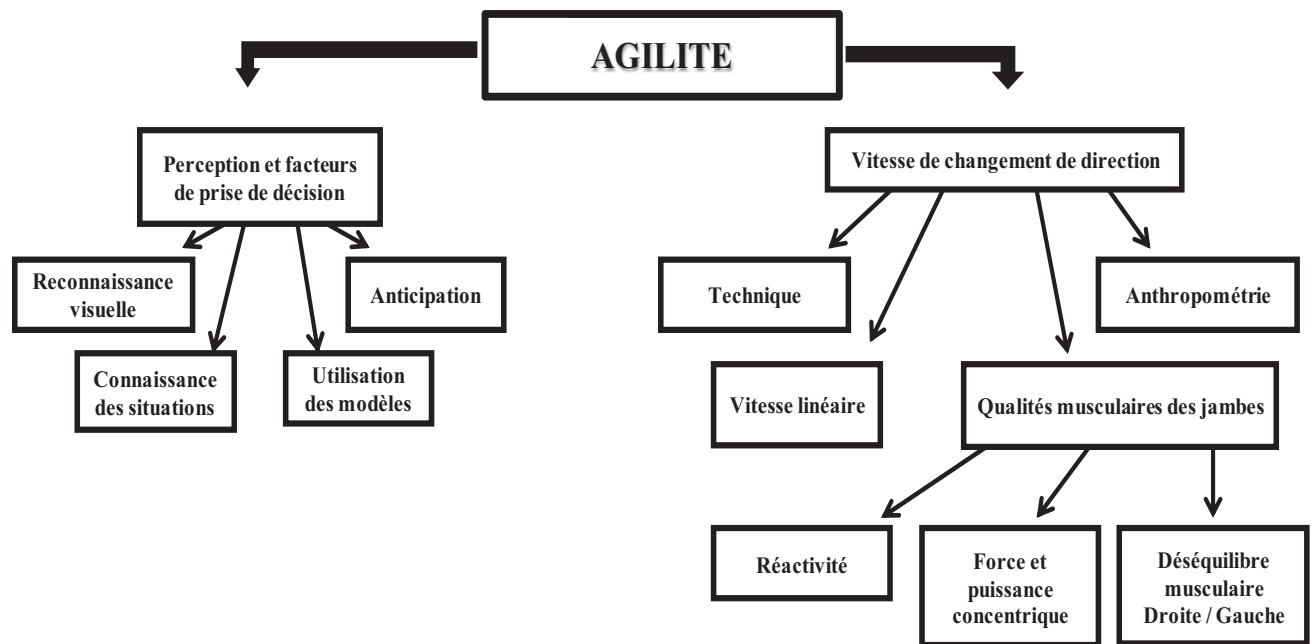
Figure 14 : Représentation graphique du profil d'activité des joueurs au cours des trois saisons (m.min-1)



Chapitre IV : Etude 3 : Fiabilité et Validité d'un Test spécifique d'agilité en football (TestAgilFoot®)

Le football est un sport intermittent caractérisé par des efforts explosifs répétés, et qui requiert une multitude de qualités motrices (Taskin, 2008). Durant un match, chaque joueur réalise 1000 à 1400 actions de courtes durées comprises entre 2 et 4 secondes (Stolen, 2005). Mohr et al (2003) ont montré que la quantité d'action brève augmentait avec le niveau de pratique et évoluait au cours de la saison en fonction de la période compétitive. 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 (Taskin, 2008). De plus, durant un match, les joueurs doivent se déplacer sur le terrain en tenant compte de situations dites « ouvertes » comprenant les adversaires, les partenaires et le ballon. La qualité d'agilité semble apparaître comme la qualité essentielle à la pratique du sport de haut niveau. L'agilité peut être définie comme un mouvement rapide du corps entier avec changement de vitesse ou de direction en réponse à un stimulus. Selon le modèle de Sheppard (2006) (figure 15), l'agilité intègre une composante cognitive et une composante physique.

Figure 15 : Composants universels de l'agilité (Sheppard, 2006)



La composante physique repose sur la vitesse linéaire du sujet, sa réactivité, ses qualités musculaires, sa technique et certaines caractéristiques anthropométriques. Il existe une multitude de tests cherchant à évaluer la qualité d'agilité dans le milieu sportif tels que le T-test, l'Illinois agility test, et de récents articles ont encore pour objet de mesurer l'agilité des footballeurs par des tests de course (Sporis et al, 2010). Cependant, ces tests n'intègrent pas les modes de déplacement spécifiques au football tels que des appuis très brefs réalisés avec un abaissement du centre de gravité et des changements de direction répétés de type slalom observés au cours des duels. Il est nécessaire de proposer un test plus spécifique permettant de confronter les joueurs à des situations de déséquilibre, d'incertitude et d'adaptation que l'on retrouve en situation de compétition.

Un test de coordination spécifique à l'activité football doit regrouper les déplacements typiques du footballeur et s'appuyer sur les analyses récentes des efforts en compétition

(Bangsbo et al, 2006 ; Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Edgecomb et Norton, 2006 ; Rampinini et al, 2007). Si la distance totale parcourue en match avoisine les 11 kms (Di Salvo et al, 2007) en revanche, il est communément accepté que les efforts explosifs constituent un facteur essentiel à la performance de l'équipe (Bradley et al, 2010 ; Di Salvo et al, 2010). La distance totale parcourue en match est composée à 40 % de marche (3477 ± 1433 m), 29 % de jogging (2631 ± 1097 m), 13% de course entre 13 et 16 km.h⁻¹ (1192 ± 478 m), 8% de course entre 16 et 19 km.h⁻¹ (750 ± 314 m), et 10% de sprint (878 ± 433 m). Plus de 90% des déplacements à haute intensité sont compris entre 2 et 19 mètres et 86% des temps de récupération durent entre 2 et 60 secondes (Vigne et al, 2010). Les joueurs réalisent différentes courses (avant, arrière), différents appuis (latéraux, cloche-pieds et tipping) ainsi que des changements de direction (avant/arrière et latéraux) tout au long d'un match. Deux types de courses arrière sont effectués par les joueurs (arrière et arrière d'opposition), ce qui représente environ 5.9 % de la distance totale parcourue (Thomas et Reilly, 1979). Un joueur effectue en moyenne 50 demi-tours par match (Withers et al, 1982) et environ 450 changements de direction (Hawkins, 2004). La distance maximale moyenne parcourue en sprint représente 48 m (Vigne et al, 2010). La durée moyenne des efforts d'agilité est comprise entre 2 et 6 sec (Stolen et al, 2005) et Vigne et al (2010) ont montré que les déplacements de 2 à 9 m représentaient 75% du nombre total de déplacements à haute intensité.

L'objectif de cette étude est triple. Tout d'abord, le but est de proposer et valider un test de coordination spécifique à l'activité football en intégrant les différents types de déplacement reproductibles rencontrés en compétition. Ce test doit solliciter les qualités musculaires, les capacités d'équilibre, de vitesse linéaire, de réactivité, et de fréquence gestuelle (protocole 1). L'objectif secondaire est de déterminer la reproductibilité du test, c'est-à-dire, le nombre

d'essai nécessaire afin d'obtenir le meilleur résultat au test (protocole 2). Le dernier objectif est d'établir des références pour le test en question, en fonction de l'âge, du niveau de compétition et du poste de jeu. Ce test pouvant faire partie des critères de sélection afin d'envisager ou non un avenir professionnel pour des jeunes ayant atteint leur pic de croissance. Pour cela, le test a été effectué par des joueurs d'âge, de niveau de compétition et de poste de jeu différents (protocole 3).

Protocole 1 – validation du test d'agilité du footballeur

Matériels et Méthodes

Population

Concernant la validation du test, soixante-trois jeunes joueurs de football ont participé à cette étude. Les sujets évoluaient à des niveaux de compétition différents: national (n=30), régional (n=27) et départemental (n=6). Leur moyenne d'âge était de 18.9 ± 4.0 ans, réparti en quatre catégories (13 ans (n=5), 15 ans (n=15), 18 ans (n=22) et seniors (n=21)), mesuraient 178.2 ± 8.6 cm et pesaient 70 ± 11.2 kg. Les joueurs pratiquaient le football depuis 11.5 ± 4.2 ans et avaient 9.9 ± 5.0 heures d'entraînement hebdomadaire en moyenne.

Méthodes

Afin d'évaluer et d'isoler les différentes composantes de la qualité d'agilité, la totalité des soixante-trois joueurs a effectué un ensemble de six tests validés par la littérature scientifique et utilisés dans le milieu sportif, dans le but d'étudier l'influence de ces paramètres sur notre test de coordination. Après un échauffement de 15 minutes incluant 5 minutes d'un léger

jogging, 5 minutes de gammes athlétiques (montée de genoux, talon/fesse,...) à une intensité modérée, 3 minutes d'étirements activo-dynamiques suivi de 2 minutes d'exercices à intensité élevée basés sur de la réactivité et des accélérations, les sujets passaient les tests dans l'ordre suivant ; fréquence gestuelle (test Eurofit), test d'équilibre de Flamingo (test Eurofit), saut horizontal sans élan (test Eurofit), temps de démarrage (la mesure de ce paramètre a pour objectif de mesurer le temps de réaction et la mise en action sur 1 m (minimiser au maximum l'effet de la puissance musculaire sur le résultat). La variable « temps de démarrage » correspondait au temps (en secondes) pour parcourir la distance, la « vitesse linéaire sur 10 m » correspondait au temps de parcours (en secondes) et « l'hexagon test » correspondait au temps mis pour effectuer les trois tours du test (en secondes).

- Fréquence gestuelle :

Ce test a été utilisé tout en respectant le protocole mis en place par EUROFIT (1995). Une modification mineure a été apportée. Les sujets étaient par deux, de tailles relativement identiques afin de ne pas interférer les résultats. Celui qui réalisait le test était debout et avait pour objectif de monter ses genoux le plus grand nombre de fois possible à la hauteur de son bassin (épine iliaque). Le repère était matérialisé par les mains de son partenaire qui se tenait également debout et qui avait pour objectif de compter le nombre de fois où les genoux de son partenaire venaient toucher ses mains pendant 15 secondes. Le test débutait au signal « top » et se concluait au même signal. En effet, le test s'est déroulé sur cette durée au lieu de prendre en considération le temps mis pour effectuer 50 montées de genoux. L'objectif ici est de mesurer la fréquence gestuelle, c'est-à-dire la vitesse à laquelle l'athlète est capable de répéter une action motrice en un minimum de temps (vitesse segmentaire). La variable « fréquence gestuelle » a donc été évaluée par le nombre de montées de genoux réalisées correctement pour un temps fixe de 15 secondes.

- Test d'équilibre Flamingo (EFL) :

Le test d'équilibre Flamingo a été utilisé tout en respectant le protocole mis en place par EUROFIT (1995). Une modification mineure a été apportée. En effet, le test s'est déroulé sur un temps maximal de 30 secondes au lieu de la minute recommandée. Cette évaluation permettait d'apprécier l'équilibre général du corps.

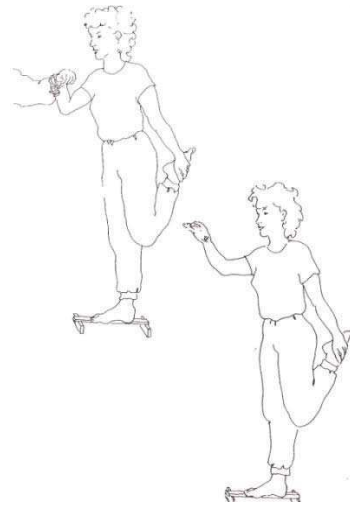


Figure 16 : Test d'équilibre Flamingo

Debout sur le pied d'appui, sur l'axe longitudinal de la poutre, l'objectif était de garder l'équilibre aussi longtemps que possible. La jambe libre était fléchie, et saisie par la plante du pied avec la main du même côté en imitant la position du flamant rose. L'autre bras pouvait éventuellement être utilisé pour garder l'équilibre. Avant le début du test, le sujet se positionnait en s'appuyant sur un partenaire. Le test commençait dès lors que cet appui cessait. Le test était interrompu à chaque perte d'équilibre (la main lâche le pied) ou si une partie quelconque du corps entraînait en contact avec le sol. Afin d'être le plus précis possible, les sujets ont été filmés afin de mesurer le temps réalisé par chaque joueur au test. L'équilibre de chaque jambe a été évalué. La variable « équilibre » correspond au temps réalisé sur la jambe d'appui et la variable Latéralité a été calculée selon le ratio : le temps réalisé sur le pied d'appui divisé par le temps réalisé sur le pied de frappe.

- Saut horizontal sans élan :

Ce test a été utilisé tout en respectant le protocole mis en place par EUROFIT (1995), afin de mesurer la force explosive des sujets. Le départ s'effectue de la position debout, les pieds à la même hauteur, les orteils justes derrière la ligne de départ. Les genoux sont fléchis et les bras sont placés en avant, à l'horizontale. L'objectif est de sauter le plus loin possible. A la réception, les pieds sont joints, sans perte d'équilibre. La variable Saut horizontal correspondait à la distance maximale du saut, mesurée en mètre.

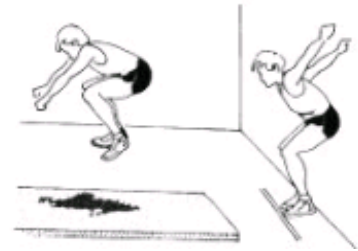


Figure 17 : Saut horizontal sans élan

- Temps de démarrage :

La mesure de ce paramètre a pour objectif de mesurer le temps de réaction et la mise en action sur 1 m (minimiser au maximum l'effet de la puissance musculaire sur le résultat). Il représente la durée nécessaire pour produire, le plus rapidement possible, une réponse déterminée à l'apparition d'un stimulus prédéterminé. Le sujet se plaçait derrière la ligne de départ. L'examineur était placé derrière le sujet avec les cellules

photoélectriques Brower[®] Timing Systems placées à hauteur des épines iliaques. Au moment où l'examineur coupait la ligne de cellules, un bruit aigu retentissait. A cet instant précis, le joueur évalué devait le plus rapidement possible franchir la ligne d'arrivée. La variable Temps de démarrage correspondait au temps, mesuré en secondes, pour parcourir la distance.

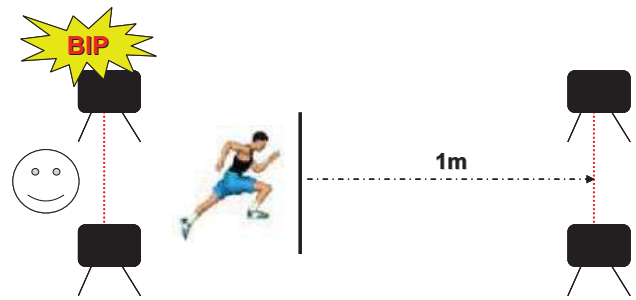


Figure 18: Test du Temps de démarrage

- Vitesse linéaire sur 10m :

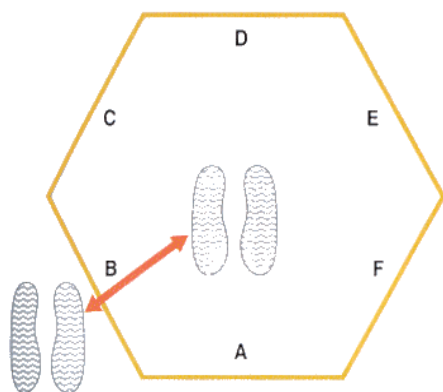
La vitesse linéaire a été évaluée grâce au test sur 10m. Il s'est déroulé de la façon suivante : départ libre arrêté et aller le plus vite possible afin d'obtenir le meilleur temps possible (secondes). La variable Vitesse correspondait au temps de parcours, mesuré en secondes à l'aide de cellules photoélectriques Brower® Timing Systems placées à hauteur des épaules.

- Hexagon test :

L'hexagone avec 66 cm de côté et 120° d'angle était marqué au sol à la peinture. Les sujets partaient au milieu de l'hexagone, face à la ligne A. Pendant tout le test, les sujets étaient face à cette ligne. Au signal de l'examineur, le chronomètre démarrait. Les joueurs sautaient par-dessus la ligne B, et revenaient au milieu, puis sautaient par-dessus la ligne C pour revenir au milieu et ainsi de suite. Quand les joueurs sautaient par-dessus la ligne A et

revenaient au milieu, cela équivalait à un tour. Trois tours étaient effectués pour valider le test et arrêter le chronomètre. Deux essais par sujet étaient autorisés. Si un saut était effectué sur une mauvaise ligne, le test était interrompu. La variable Hexagon test correspondait au meilleur temps des trois essais, exprimé en secondes.

Figure 19 : Schématisation de l'Hexagon Test



L'ensemble des tests a été effectué la même semaine sur les terrains en herbe des différents clubs. Les conditions météorologiques ont peu varié d'un jour à l'autre. Avant la passation des tests, les sujets ont effectué un échauffement individuel de 15 minutes, incluant 5 minutes d'un léger jogging, 5 minutes de gammes athlétiques (montée de genoux, talon/fesse,...) à une intensité modérée, 3 minutes d'étirements activo-dynamiques suivi de 2 minutes d'exercices à intensité élevée basés sur de la réactivité et des accélérations. De plus, les sujets devaient pratiquer un essai sur l'ensemble des tests avant l'évaluation finale. Un ordre de passation des tests a été mis en place : fréquence gestuelle, équilibre, latéralité, saut horizontal sans élan, réactivité, vitesse sur 10m, hexagon test, et enfin le test d'agilité. Ceci dans le but de monter progressivement en intensité, et de prévenir toutes formes de blessures. Chaque sujet a bénéficié d'une récupération de 3 minutes entre chaque essai.

La construction du test de coordination s'est appuyée sur l'analyse des différents types de déplacements lors d'un match de football. Le test débutait (à 0 m sur la figure 20) par une course arrière de cinq mètres, les épaules dos au parcours (fig.20 (1)). Deux courses arrière d'opposition étaient ensuite proposées au joueur (fig.20 (2)) au cours desquelles la latéralité des membres inférieurs était respectée (choix libre du côté de passage en fonction du pied

d'appui). Ensuite, les joueurs effectuaient un demi-tour afin de continuer le parcours de face (fig.20 (3)). Une fois de face, une première course avant (fig.20 (4)) leur était proposée afin de prendre de la vitesse pour réaliser les ateliers suivants. A vitesse élevée, les joueurs réalisaient alors des appuis unipodaux à l'intérieur de huit cerceaux (fig.20 (5)). La latéralité des membres inférieurs était respectée par le biais de cerceaux communs situés au centre de l'atelier. Le joueur choisissait de passer sur la partie droite ou gauche de l'atelier en fonction de son pied d'appui. L'objectif recherché était d'analyser la faculté de réponse du joueur en situation de déséquilibre à vitesse élevée. Situation notamment retrouvée lors des conduites de balle et d'évitement de l'adversaire. Après une seconde course avant (fig.20 (6)), les joueurs effectuaient une décélération en passant deux appuis l'un après l'autre devant une barre située au sol puis deux appuis derrière (fig.20 (7)) avant de repartir en course avant pour reprendre de la vitesse (fig.20 (8)). Les joueurs réalisaient alors un travail de fréquence gestuelle à l'aide d'une échelle placée au sol d'une longueur de quatre mètres séparée par des lattes espacées de 30 centimètres (fig.20 (9)). Atelier analysant la pose et la précision des appuis lors d'efforts brefs et intenses. Enfin, les joueurs reprenaient de la vitesse (fig.20 (10)) pour rentrer dans un atelier de six changements de direction marqué par sept piquets (fig.20 (11)) et terminer par un sprint de six mètres (fig.20 (12) à 12.80 m sur la figure 20)). Dans un souci de reproductibilité, seul les mouvements non aléatoires ont été conservés.

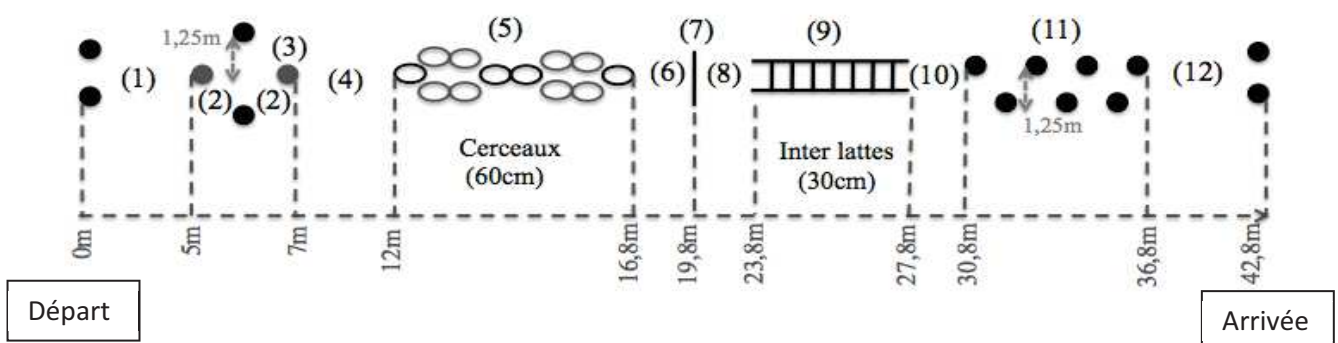


Figure 20 : TestAgilFoot®

Méthodes statistiques

Pour la validation du test, la meilleure performance de chaque joueur réalisée lors des sept tests a été conservée. Les moyennes et les écart-types ont été présentés. Pour étudier l'influence des différentes qualités physiques analysées lors des tests, une régression linéaire multiple a été utilisée à l'aide du logiciel SPSS 11.0.1 (Chicago, IL, USA). Les corrélations de Pearson ont été effectuées afin d'évaluer l'impact relatif de chaque qualité physique sur notre test d'agilité. Le seuil de significativité des coefficients a été fixé à $p \leq 0.05$.

Résultats

Tableau 21: Résultats moyens aux tests ($\pm$ écart-type) d'agilité, de vitesse sur 10m, de réactivité sur 1m, à l'hexagon test, au saut horizontal sans élan, à la fréquence gestuelle, au Flamingo test et à la latéralité (n=63)

Type de test	Résultat moyen au test
Test d'agilité (s)	17.65 $\pm$ 1.17
Vitesse 10 m (s)	1.90 $\pm$ 0.11
Réactivité sur 1 m (s)	0.73 $\pm$ 0.07
Hexagon Test (s)	13.01 $\pm$ 1.91
Saut horizontal sans élan (m)	2.25 $\pm$ 0.19
Fréquence gestuelle (nbre)	58.4 $\pm$ 5.4
Test d'équilibre de Flamingo (s)	19.65 $\pm$ 8.91
Latéralité (ratio)	0.99 $\pm$ 0.66

La moyenne des scores de l'ensemble des tests est présentée dans le Tableau 23. L'analyse des corrélations de Pearson a montré que toutes les variables étaient fortement corrélées avec la performance au test d'agilité, mis à part la variable latéralité. Le coefficient de corrélation entre le test d'agilité et la vitesse était de $r = 0.61$ ($p < 0.01$), $r = 0.58$ ($p < 0.01$) avec le temps de démarrage, $r = 0.66$ ($p < 0.01$) avec l'Hexagon test, $r = -0.48$ ($p < 0.01$) avec le saut horizontal sans élan, $r = -0.31$ ($p < 0.01$) avec la fréquence gestuelle et $r = -0.37$ ($p < 0.01$) avec le Flamingo test.

La régression linéaire multiple a été utilisée pour déterminer l'influence de chaque test sur la performance au test d'agilité. La corrélation multiple était de 0.76 ($r^2 = 0.58$), ce qui indique que 58% de la variation du temps au test d'agilité était expliqué par les variables Hexagon test, la réactivité et la vitesse linéaire, et l'hexagon test ($\beta = 0.349$) est le prédicteurs le plus fort au test d'agilité, suivi de la réactivité ($\beta = 0.310$) et de la vitesse ($\beta = 0.215$). Après avoir mis en évidence les résidus normalisés, il est apparu qu'il n'y avait aucun individu extrême (Figure 21).

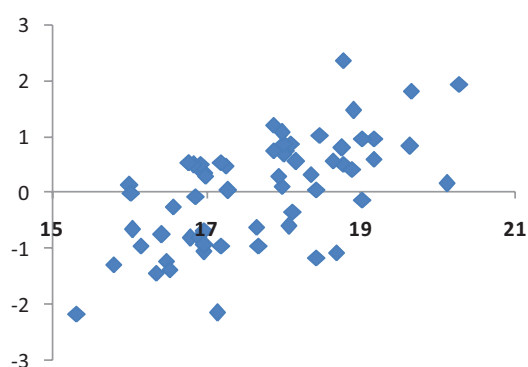


Figure 21 : Résidus normalisés

Les corrélations partielles indiquent une variabilité commune entre le test d'agilité et les trois tests indépendamment des autres variables. Cette statistique peut être utilisée pour mettre en évidence l'influence de la réactivité, de l'hexagon test, et de la vitesse sur le test d'agilité. La

corrélation la plus importante a été obtenue entre le test d'agilité et la réactivité ($r[\text{Temps de démarrage}] = 0.41$). Cette valeur indique que le temps de démarrage influence à 41% le temps réalisé au test d'agilité. Les corrélations partielles entre l'hexagon test et la vitesse avec le test d'agilité sont de $r[\text{Hexagon test}] = 0.36$ et $r[\text{Vitesse}] = 0.27$ respectivement (Figures 22, 23 et 24).

Le temps réalisé au test d'agilité peut se traduire par la formule :

$$\text{TestAgilFoot}^{\text{®}} = 6.3 + 0.22 \cdot \text{HT} + 5.1 \cdot \text{TD} + 2.53 \cdot \text{V}$$

HT : Hexagon Test ; TD : Temps de Démarrage ; V : Vitesse sur 10m

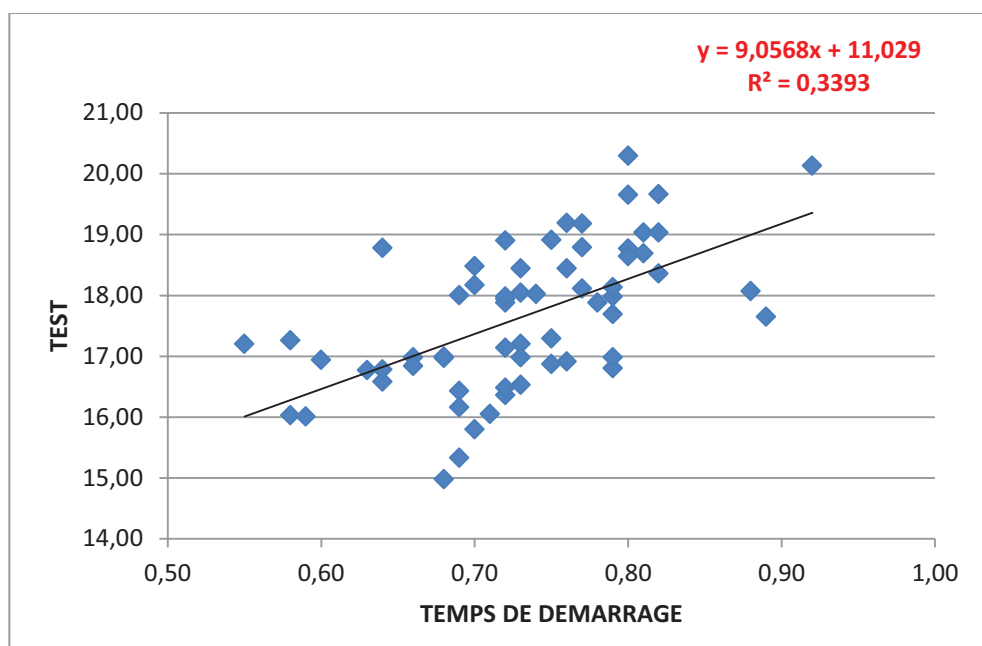


Figure 22 : Courbe de régression du temps de démarrage

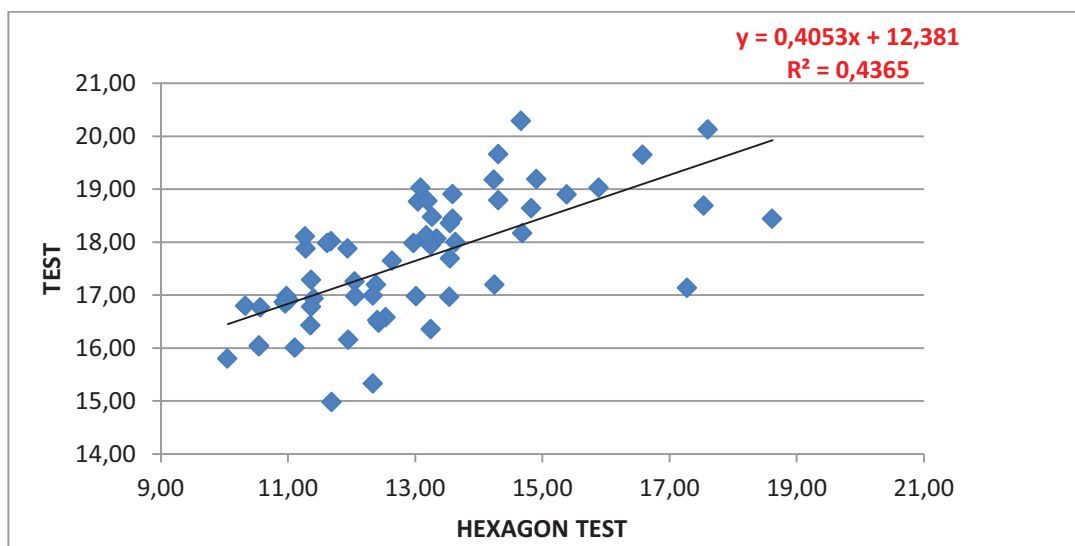


Figure 23 : Courbe de régression de l'hexagon test

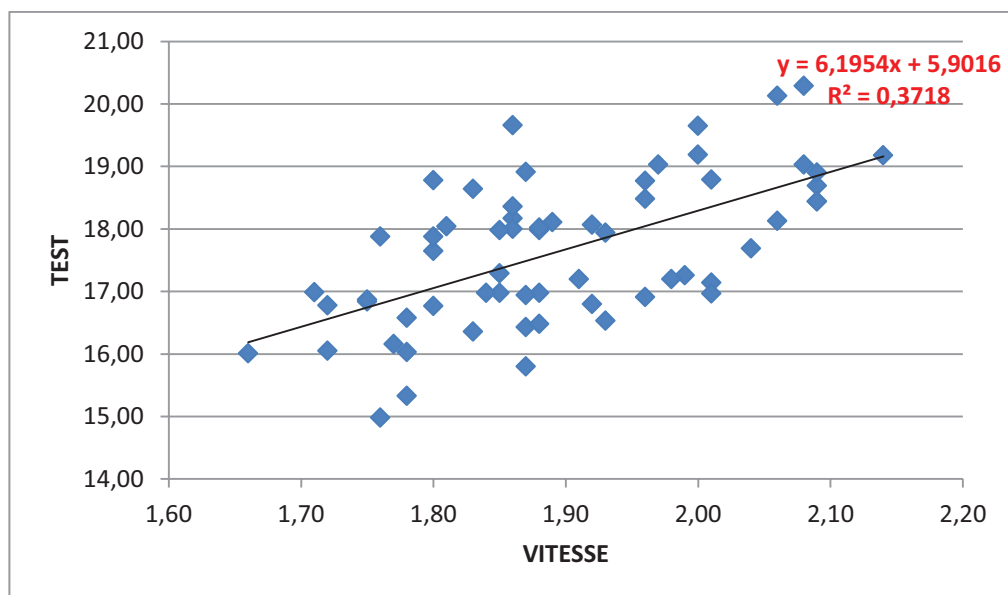


Figure 24 : Courbe de régression de la vitesse

Protocole 2 – mesure de la reproductibilité du test d’agilité du footballeur

Matériels et Méthodes

Population et Méthode

Afin de mesurer la reproductibilité, le TestAgilFoot[®] a été réalisé sur un groupe de vingt-six joueurs Seniors évoluant au niveau national (CFA, CFA2 et National) et répété quatre fois. Leur moyenne d’âge était de 24 ± 3.4 ans, mesuraient 182.4 ± 5.5 cm et pesaient 78.1 ± 6.9 kg. Les joueurs pratiquaient le football depuis 16 ± 3.4 ans et avaient 8.5 ± 4.0 heures d’entraînement hebdomadaire en moyenne.

Méthodes statistiques

Pour tester la reproductibilité du test, la performance de chaque joueur réalisée lors des quatre passages a été conservée. Le coefficient de corrélations intra-class (ICC) a été effectué afin de quantifier la répétabilité du test.

Résultats

Le temps moyen au test d’agilité était de 17.95 ± 0.67 s pour le premier passage, 17.89 ± 0.77 s pour le second passage et 17.81 ± 0.88 s pour le troisième passage. Les coefficients de corrélation intra class (ICC) pour le test d’agilité ont été trouvés à 0.88 entre le premier et le deuxième test, 0.89 entre le second et le troisième essai et de 0.55 entre le premier et le troisième essai.

Protocole 3 – mesure de la sensibilité du test d’agilité du footballeur

Matériels et Méthodes

Population et méthode

Afin d’établir des références au test proposé, 478 joueurs de football ont réalisé le test. Leur moyenne d’âge était de 18.5 ± 4.8 ans réparti en quatre catégories (U15 (n=107), U17 (n=124), U19 (n=64) et seniors (n=183)), mesurant en moyenne 176.9 ± 7.3 cm et pesant 70.1 ± 9.8 kg, évoluant à différents niveaux de compétition (national (n=289), régional (n=144) et départemental (n=45)). Les moyennes du nombre d’années de pratique et d’heures d’entraînement hebdomadaire sont respectivement de 11.3 ± 4.7 ans et 8.3 ± 3.7 heures. Les joueurs ont été répartis en six catégories ; défenseur central (n=74), défenseur latéral (n=90), milieu défensif (n=96), milieu offensif (n=98), attaquant (n=80) et gardien de but (n=40).

Chaque individu a réalisé trois passages au test de coordination décrit dans le protocole 1. De manière à permettre une récupération minimale de 3’, les équipes ont été séparées en groupe de huit joueurs. La durée totale de test pour une équipe d’une vingtaine de joueurs était de 1h30’. La meilleure performance aux trois passages a été retenue pour caractériser l’individu et l’équipe à laquelle il appartient.

Méthodes statistiques

Tous les résultats sont présentés avec leur écart-type. Les coefficients de corrélations intra class pour le test d’agilité ont été analysés par l’intermédiaire d’une ANOVA (Weir, 2005). Une corrélation de Pearson a été utilisée entre le test d’agilité et chacun des autres tests. Une régression linéaire multiple a été utilisée pour déterminer quels tests sont les meilleurs prédicteurs de la performance au test d’agilité. Après avoir vérifié la normalité et la sphéricité

des données, une analyse de variance à trois facteurs (poste de jeu*âge*niveau de pratique) a été réalisée afin de déterminer l'influence de l'âge, du niveau de pratique et du poste de jeu ainsi que les interactions d'ordre 1 et 2. En cas de différences significatives, un test post hoc de Bonferroni était appliqué pour déterminer l'origine de la différence (poste, niveau de jeu, âge). Tous les tests statistiques ont été réalisés avec le logiciel SPSS 11.0.1 (SPSS Inc., Chicago, IL). Le seuil de significativité a été fixé à $p \leq 0.05$, à l'exception des tests post hoc de Bonferroni où la correction de Bonferroni était appliquée avec la formule $p' = p/n$, avec p , le niveau de significativité ($p \leq 0.05$), n le nombre de comparaisons et p' , le niveau de significativité corrigé. La correction de p a été considérée à 0.0003.

Résultats

Le temps de parcours variait de 13.90 s à 21.81 s avec une moyenne de 17.82 ± 1.33 s. Les résultats de l'ANOVA montrent une influence significative du poste de jeu ($F=2.55$; $p=0.02$; puissance observée a posteriori=0.79) ainsi que de l'interaction âge/niveau de pratique ($F=9.06$; $p<0.001$; puissance observée a posteriori=1.0).

Parmi les six postes de jeu, les temps moyens réalisés par les milieux offensifs (17.41 ± 1.16 s) étaient similaires à ceux des attaquants (17.70 ± 1.28 s), des défenseurs latéraux (17.83 ± 1.36 s) et des gardiens de but (18.01 ± 1.33 s) mais significativement plus faibles que les milieux défensifs (18.08 ± 1.51 s; $p=0.001$) et les défenseurs centraux (18.07 ± 1.19 s ; $p=0.004$) (Figure 25).

Figure 25: Temps moyens par poste de jeu

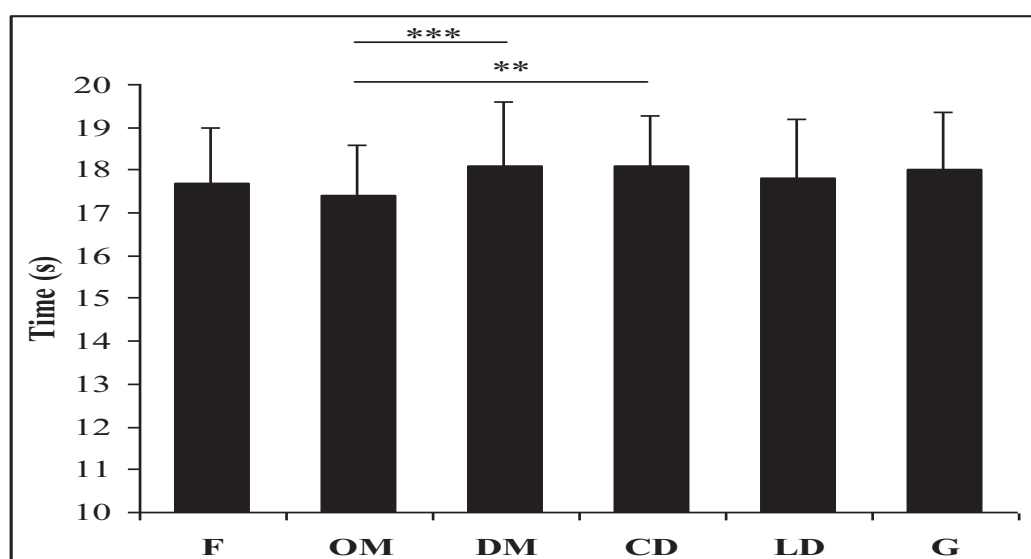
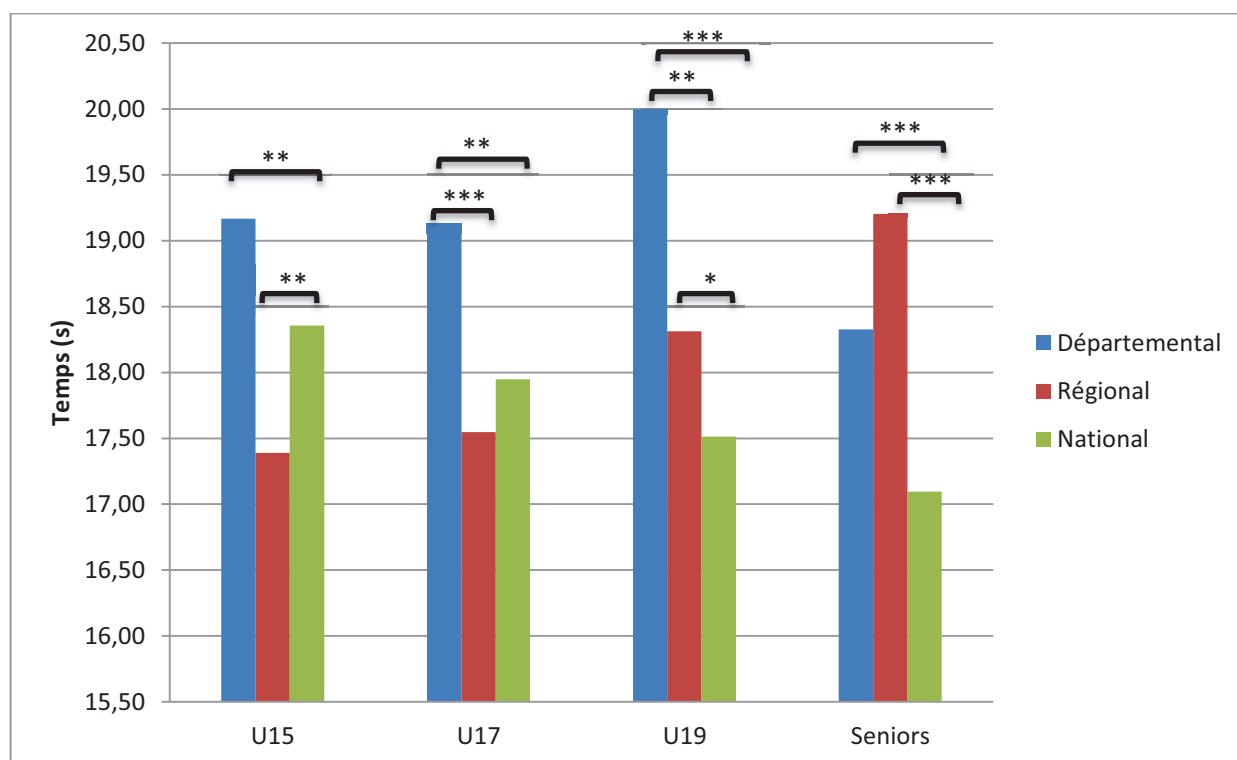


Figure 26: Temps moyens par catégorie d'âge et niveau de pratique



Différence significative : * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Discussion

L'objectif premier de cette étude était de proposer un test spécifique à l'activité football qui soit accessible, reproductible, valide, et sensible. De plus, l'évaluation de la sensibilité du test donnera l'occasion de fournir les premières références ou normes de performance en fonction de l'âge et du niveau de jeu.

Le test d'agilité spécifique du footballeur développé et expérimenté dans cette étude tend à reproduire avec un matériel simple et déjà à disposition de tous les clubs, les déplacements spécifiques au football de haut niveau. Ce test permet d'évaluer en un minimum de temps (une heure et ½) une équipe de 24 joueurs avec trois passages pour chaque individu. De ce fait, nous considérons que ce test peut constituer un outil accessible et efficace pour évaluer l'agilité tout en répondant aux contraintes matérielles et organisationnelles des entraîneurs sur le terrain.

Considérant la spécificité du test et le fait que celui-ci intègre un grand nombre d'habiletés motrices constitutives de l'activité football, il apparaît que la reproductibilité du test est bonne. Les résultats obtenus lors du premier test sont légèrement inférieurs à ceux obtenus lors du deuxième test et ces derniers sont également inférieurs aux résultats obtenus lors du troisième test. Ceci tend à indiquer qu'il existe un apprentissage moteur lors des premières répétitions du test. Ce résultat est en accord avec l'étude de Sporis et al (2010) qui observe également une amélioration de la performance au test d'agilité entre la première et la seconde répétition. Il semble donc que quel que soit la population et la qualité physique testée, au moins un essai dans les conditions de test doit être réalisé avant toute mesure officielle, en vue d'éliminer les effets de l'apprentissage. Étant donné la complexité du test que nous proposons, il est normal d'augmenter le nombre de répétitions d'apprentissage en vue d'optimiser

l'intégration des consignes. C'est pourquoi nous préconisons de réaliser deux essais maximaux avant toute mesure définitive sur le test d'agilité spécifique du footballeur. Le coefficient de corrélation intra classe obtenu dans cette étude montre que la reproductibilité du test d'agilité est très bonne entre le premier et le deuxième test (0.88) ainsi qu'entre le deuxième et le troisième test (0.89). Comme discuté par Lemmink et al (2004), dans le domaine des sciences du sport, un coefficient de corrélation intra-classe supérieur à 0.90 peut être considéré comme élevé, pour une valeur entre 0.80 et 0.90 il sera modéré et faible si inférieur à 0.80. Le faible niveau de corrélation intra classe observé entre le premier et le troisième test peut être lié au fait que certains sujets avaient un niveau d'expertise supérieur dès le premier test qui a induit une moindre amélioration de la performance au cours des tests suivants. En effet, les scores obtenus aux tests nécessitant une habilité spécifique peuvent ne pas être stables si les sujets n'ont pas d'habitude ou d'entraînement au test avant la mesure (Lemmink et al, 2004). L'effet d'apprentissage peut être plus élevé chez certains sujets présentant un moindre niveau d'expertise et cela influe sur le CCI. Malgré cela on peut considérer que les coefficients de corrélation intra-classe du test d'agilité du footballeur sont en ligne avec ceux des études précédentes réalisées sur le T-test (Pauole et al, 2000) ou sur la répétition de sprints courts (Boddington et Lambert, 2001). En conclusion, la reproductibilité du test est bonne à condition de donner l'opportunité aux athlètes d'intégrer les actions motrices qui le constituent en réalisant au minimum deux essais maximaux.

La validité du test d'agilité du footballeur peut être évaluée dans sa capacité à représenter les différentes composantes de l'agilité que sont : la vitesse linéaire, les qualités musculaires, la réactivité, les changements de direction et la fréquence gestuelle. Les principaux résultats de cette étude ont montré que la performance au TestAgilFoot[®] était fortement corrélée avec tous les paramètres mesurés lors des différents tests, excepté la latéralité. De plus, la performance

au test d'agilité a été principalement expliquée par les variables temps de démarrage ($r = 0.58$), hexagon test ($r = 0.66$) et vitesse linéaire ($r = 0.61$). Les corrélations positives entre la vitesse sur 10m, le temps de démarrage, et l'hexagon test ont montré qu'une diminution de ces paramètres était liée à une diminution du temps au test d'agilité. A l'inverse, les variables saut horizontal, équilibre et fréquence gestuelle étaient corrélées négativement à la performance au test d'agilité (respectivement $r = -0.48$, $r = -0.37$, $r = -0.31$). L'absence de corrélation significative entre la variable latéralité et le temps au test d'agilité peut s'expliquer par le choix laissé au joueur lors des exercices impliquant cette composante (Figure 20—ateliers n° 2 et 5). L'analyse de régression linéaire multiple a abouti à un modèle expliquant 58% de la variation de la performance au test d'agilité à partir de trois variables, le temps de démarrage, l'hexagon test et la vitesse linéaire. Ces qualités sont déterminantes pour réagir rapidement à un stimulus, changer de direction en un minimum de temps et aller vite sur une courte distance c'est pourquoi elles correspondent aux exigences de l'activité football (Cazorla, 2003). Ces résultats montrent donc que le test proposé semble valide puisqu'il évalue tous les composants de l'agilité telle que nous l'avons définie en référence au modèle de Sheppard (2006).

La dernière étape de ce travail avait pour but de tester la sensibilité du test d'agilité spécifique du footballeur et de fournir les premières normes en fonction de l'âge et du niveau de jeu. Les résultats obtenus au cours de cette étape montrent que le niveau de performance au test d'agilité est sensible à l'âge des sujets, à leur niveau de jeu et au poste occupé par ces sportifs. La figure 26 montre que les performances au test d'agilité s'améliorent significativement entre l'âge de 13 ans et la catégorie senior pour le niveau de jeu national. En revanche, cette amélioration des performances avec l'âge n'est pas observée pour des niveaux de pratiques

plus faibles. Ceci peut être expliqué par la continuité de l'entraînement et de la pratique du football chez les athlètes de niveau national alors qu'au niveau régional et départemental, les joueurs présents en catégorie 13 ans ne continuent pas nécessairement l'entraînement lorsqu'ils vieillissent. De plus, il est probable que le nombre d'individus talentueux dans chaque niveau de jeu est plus important dans les catégories jeunes alors qu'avec le temps ces individus talentueux sont détectés et sélectionnés dans les équipes nationales ce qui explique que les équipes régionales et départementales s'appauvrissent en individus talentueux au fur et à mesure des années. Les résultats démontrent que les performances au test d'agilité sont sensibles au niveau de jeu puisque les équipes nationales ont de meilleurs résultats que les autres équipes quel que soit l'âge des pratiquants. Ces différences peuvent être expliquées d'une part par la sélection effectuée par les équipes nationales qui retiennent les individus les plus talentueux et les plus agiles et d'autre part, par l'entraînement de ces sportifs qui est plus important au niveau national et qui pourrait intégrer une part plus significative de travail d'agilité et de vivacité. En conclusion, les résultats de cette étude tendent à montrer que le test d'agilité spécifique du footballeur est sensible aux différences interindividuelles et au niveau de jeu. De plus, il apparaît clairement que le poste de jeu influence significativement la performance au test d'agilité (figure 25) car les milieux offensifs, les attaquants et les gardiens réalisent les meilleures performances (17.51 ± 1.21 s, de 17.97 ± 1.15 s et de 18.10 ± 1.39 s). Ceci tendrait à démontrer que les appuis et l'agilité sont similaires chez les gardiens et les joueurs de champ bien que les distances parcourues soient foncièrement différentes. On ne peut écarter l'hypothèse selon laquelle la performance au test d'agilité serait également très sensible à la puissance anaérobie des individus. Ce facteur expliquerait le fait que les joueurs occupant des postes différents mais nécessitant des capacités de vitesse et d'explosivité comparables présentent des résultats similaires au test d'agilité. Ainsi, bien que les gardiens réalisent des efforts plus brefs et ne réalisent pas exactement les mêmes gestes que les joueurs

de champ, leurs explosivité naturelle et développée par l'entraînement leur permet d'obtenir de très bon résultats au test d'agilité spécifique. Nous pensons que ceci ne constitue pas une limite à la validité du test si l'on accepte le modèle de Sheppard présenté en figure 15 qui intègre une composante physique dans l'agilité. En conclusion, ces résultats montrent que le test d'agilité semble suffisamment sensible pour différencier les joueurs en fonction de leur âge, de leur niveau de jeu et de leur poste. Cependant, il conviendra dans l'avenir d'appliquer ce test à des niveaux de jeux supérieurs et sur un nombre de sujets plus important de manière à consolider nos résultats. Pour autant, les valeurs présentées dans cet article constituent une première base de référence pour classer les individus et les comparer lors de la mise en œuvre de notre test sur le terrain. Les futures études permettront de compléter la base de données en vue d'affiner les normes et la sensibilité du test pour une utilisation systématique et mondiale.

Conclusion

En conclusion, les résultats de cette étude tendent à montrer que le test d'agilité TestAgilFoot[®] proposé était accessible, reproductible, valide, et sensible à l'âge, aux postes de jeu et au niveau des athlètes. En effet, il propose un nombre important d'habiletés motrices retrouvées dans l'activité, répond aux contraintes matérielles et organisationnelles des entraîneurs, est reproductible, est représentatif des composantes de l'agilité telles que définies par Sheppard et est sensible au poste de jeu, à l'âge et au niveau de jeu. De plus, les mesures réalisées dans le cadre de ce travail ont permis de fournir les premières normes de performance qui peuvent être attendues en fonction de l'âge du joueur et de son niveau de jeu. Les corrélations observées entre la performance au test et la vitesse de course, la réactivité et l'hexagon test tendent à montrer que les facteurs de performance les plus importants à développer à l'entraînement dès le plus jeune âge sont ces trois paramètres. Bien entendu, les autres paramètres ne doivent pas être négligés notamment parce qu'ils sont corrélés également

avec l'agilité mais aussi parce que ce sont des pierres angulaires de la performance du footballeur. Les exercices proposés à l'entraînement pourront soit reprendre intégralement le test et ses composantes soit viser les éléments de chaque qualité physique constitutive de cette qualité de façon à agir de façon significative sur le temps de démarrage, le changement de direction et la vitesse linéaire.

Cependant, cette étude comporte quelques limites. La première est que nous n'avons pas encore pu réaliser le TestAgilFoot[®] sur une population de joueurs professionnels afin d'obtenir, nous pensons, des résultats permettant de discriminer les joueurs Seniors évoluant à différents niveaux Nationaux, mais également avoir des valeurs de références au très haut niveau. Ceci pourra faire l'objet de futures études. La deuxième est le nombre limité de sujets par âge, par niveau de pratique et par poste. Le test est en cours dans d'autres clubs afin d'augmenter le nombre de sujets et ainsi d'observer l'évolution des tendances mises en avant dans cette étude et peut-être de les confirmer. Enfin, une limite pouvant être attribuée à notre test est l'absence du ballon pour évaluer l'agilité spécifique du footballeur. Ceci est un choix de notre part. En observant l'activité du footballeur, il a été remarqué qu'un joueur possède le ballon entre 44 et 75 sec lors du match (Dellal, 2011) alors que celui-ci passe 41% (Bloomfield et al, 2007) du temps de jeu à effectuer des actions motrices. La quantité d'actions réalisée sans ballon est donc considérablement supérieure à celle avec ballon. Cependant, certains exercices proposés dans notre TestAgilFoot[®] peuvent être réalisés avec ballon. Nous considérons l'ajout du ballon comme une complexification de la tâche à réaliser. Par conséquent, il nous semble qu'il soit préférable de maîtriser dans un premier temps les actions motrices du footballeur sans ballon puis d'y intégrer progressivement le ballon.

Applications pratiques

Ce test peut être utilisé à l'entraînement en tant qu'exercice pour améliorer la coordination spécifique au football ou pour l'évaluation et le suivi des sportifs. La performance à ce test pourrait permettre d'une part de quantifier les effets positifs ou négatifs de l'entraînement et d'autre part de comparer les individus pour détecter les jeunes joueurs et faciliter leur orientation vers un poste de jeu. De plus, toujours dans un souci d'individualisation du travail, il semblerait intéressant de filmer l'ensemble des joueurs réalisant le test afin d'analyser a posteriori la qualité de leurs actions motrices et de mettre en évidence les faiblesses individuelles. Cette analyse permettrait de travailler spécifiquement sur les faiblesses de chaque joueur.

Chapitre V : Discussion générale

Les entraîneurs de football se sont toujours intéressés à l'analyse de l'activité des joueurs en compétition dans un but d'optimiser leurs séquences d'entraînement. En effet, le travail effectué par les entraîneurs au cours de la saison lors des entraînements est souvent la conséquence des observations effectuées en match. Le résultat doit être l'amélioration des défauts et des qualités individuelles et collectives des joueurs. De nombreuses études ont permis de définir les facteurs de la performance en football (Bangsbo, 1991, 1994 et 2008 ; Mohr et al, 2003 ; Dellal, 2008, 2010 et 2011 ; Carling, 2010 ; Bradley et al, 2010). Les staffs techniques ont un impact important et direct sur les composantes athlétiques et technico-tactiques, ainsi que psychologiques et plus indirectement sur l'hygiène de vie. Une des problématiques réside dans la gestion indépendante ou simultanée de ces différents facteurs. Les interactions sont à la fois directes et/ou indirectes. Par conséquent, la connaissance approfondie de ces différents facteurs semblent être indispensable pour la mise en place cohérente d'une planification.

Le développement de systèmes de tracking vidéo d'analyse de l'activité des joueurs au cours des matches a permis d'obtenir de grandes quantités d'informations sur les déplacements de tous les joueurs au cours du match. De nos jours, l'analyse vidéo semi-automatique est la plus précise (Randers et al, 2010). Parmi les sociétés qui utilisent ce système, on retrouve Amisco[®], ProZone[®] ou encore SICS[®]. L'ensemble de ces études permettent d'établir qu'un footballeur parcourt entre 8638 m et 11918 m (Mohr et al, 2003 ; Rampinini et al, 2007) à une intensité comprise entre 80 et 90% de la FC max correspondant approximativement à une valeur de 75% de la VO2 max (Stolen et al, 2005) avec une diminution de la distance totale parcourue entre la première et la deuxième mi-temps de l'ordre de 1 à 9 % (Mohr et al, 2003 ;

Di Salvo et al, 2007). Plus précisément, 4 à 5 % de leur activité sont effectuées en courses maximales ou supra maximales (Dellal, 2008) dont 247 à 400 m sont effectués en sprint (Bangsbo, 2008 ; Thatcher et Batterham, 2004). Ces courses sont notamment composées de changements de direction, de sauts, de passes, de tirs, de duel et de toutes autres actions spécifiques aux footballeurs. D'un point de vue technico-tactique, les joueurs sont en possession de la balle entre 1.12 et 2.48 minutes (Dellal, 2008), ce qui représente 1.2 à 2.4 % de leurs distances totales parcourues (Di Salvo et al, 2007). De plus, Rampinini et (2007) observent une diminution de la performance tactique et technique en seconde mi-temps comparée à la première.

Notre étude n°1, au moyen d'une analyse quantitative et qualitative de 30 matches joués à domicile d'une équipe professionnelle de Serie A évoluant en 4-4-2, a permis d'établir un profil d'activité spécifique au système de jeu et du poste occupé. La distance moyenne parcourue par les joueurs, indifféremment de leur poste de jeu est de 121.82 ± 9.57 m.min⁻¹ ce qui correspondait à une moyenne de 10964 m pour une durée de match de 90 minutes. Ces résultats sont comparables aux 10800m de distance parcourue rapportés par Bangsbo et al (1991). Dans notre étude, la distance totale parcourue au cours du match était composée à 38.9% de marche (3477 ± 1433 m), 29.5% de jogging (2631 ± 1097 m), 13.3% de course entre 13 et 16 km.h⁻¹ (1192 ± 478 m), 8.4% de course entre 16 et 19 km.h⁻¹ (750 ± 314 m) et à 9.8% de sprint (878 ± 433 m). Bien que les intensités soient légèrement différentes selon les auteurs et les études, il semblerait que nos résultats sont comparables à ceux de Di Salvo et al (2007).

De nombreuses études ont montré que la somme des courses à haute intensité et les sprints déclinait au cours d'un match de football (Krustrup et al, 2006 ; Mohr et al, 2003 et 2004 ; Bangsbo, 1991, 1994 et 2005). Dans notre étude, il a été observé une influence significative

de la mi-temps sur la distance parcourue par minute, à une course d'intensité comprise entre 13 et 19 km.h⁻¹, sur la distance de sprint ainsi que sur le nombre de récupération ($p<0.05$) (tableau 20). Quel que soit la vitesse de course, il a été observé une diminution de la distance parcourue entre la première et la seconde mi-temps ainsi qu'une diminution du nombre de récupérations comprises entre 2 et 60 sec ($p<0.05$). En revanche, le nombre de récupérations supérieures à 120 sec ($p<0.001$) augmentait en seconde mi-temps. En accord avec Mohr et al (2003), les 15 dernières minutes de jeu dans la seconde période semblent liées à un état de fatigue avancé qui expliquerait l'augmentation du nombre de récupérations supérieures à 120 sec.

Concernant le poste de jeu, les milieux de terrain parcourent significativement plus de distance que les autres postes (129 m.min⁻¹ vs 118 pour les défenseurs et 115 pour les attaquants) ($p<0.001$). L'influence de ce poste est mise en évidence dans de nombreuses sources scientifiques (Bangsbo et al, 1991 ; Burgess et al, 2006 ; Di Salvo et al, 2007 ; Krusturp et al, 2006 ; Rampinini et al, 2007). Les attaquants sont les joueurs qui parcourent le moins de distance lors d'un match comparé aux autres postes que ce soit pour des actions de moyenne ou de haute intensité. A l'inverse, les attaquants parcourent une distance plus importante en marche que les autres joueurs. Lorsque l'on observe le profil d'effort des attaquants, on constate que les sprints tiennent une part plus importante que pour les autres postes.

Dans notre étude, 93% des déplacements de hautes intensités étaient compris entre 2 et 19 m. Etant donnée la durée de chaque sprint et le nombre de ces sprints, on a pu calculer que la durée moyenne d'effort était de 2.2 sec. 86% des récupérations étaient comprises entre 2 et 60 sec. Dans la plupart des cas, les temps de récupération étaient fonction de la distance parcourue en sprint. Etant donné la durée et le nombre de ces récupérations, on a pu calculer que la durée moyenne de récupération est de 18 sec. Dans 90% des cas, le profil d'effort

intermittent était donc de 2.2 sec/18 sec, ce qui correspond à un ratio travail/récupération de 1/8.

Ce ratio peut être très intéressant pour optimiser la préparation physique en football. Ces résultats tendraient à mettre en évidence que la préparation physique du footballeur de haut niveau moderne devrait s'articuler autour d'exercices intermittents avec un rapport distance/récupération de 1/8 où le temps de récupération est calculé sur le temps mis pour effectuer la distance de sprint. Il s'agirait d'un travail de la capacité à répéter les sprints chez les footballeurs de haut niveau (RSA). Le staff technique ne pourra pas augmenter de manière importante les performances en sprint de ces joueurs car l'amélioration de la technique de course est limitée et soumise à des variations perpétuelles des conditions de jeu. Toutefois, par le biais d'un travail spécifique de RSA, il augmentera la capacité de ces joueurs à répondre aux exigences du jeu.

Notre étude 2, par l'intermédiaire d'une analyse qualitative et quantitative, a permis d'établir le profil d'activité de joueurs professionnels d'une même équipe évoluant en Serie A dans un système de jeu fixe en 4-4-2 avec un staff technique et un effectif stable au cours de trois saisons consécutives en tenant également compte de la possession de balle collective.

Dans notre étude, les distances totales par minute de match sont significativement différentes entre les saisons 2004/2005 ($118.32 \pm 6.69 \text{ m.min}^{-1}$) et 2005/2006 ($116.26 \pm 6.82 \text{ m.min}^{-1}$, $p < 0.001$) ainsi qu'entre les saisons 2005/2006 et 2006/2007 ($111.96 \pm 8.05 \text{ m.min}^{-1}$, $p < 0.01$). La diminution de la distance moyenne parcourue par minute de jeu, tous postes confondus, permet aux joueurs de parcourir en moyenne 6 à 7 mètres de moins par minute de présence sur le terrain. Une telle diminution représente une épargne de plus de 5% de l'effort total en

jeu. A un tel niveau de performance et considérant le nombre de matches qui peuvent être joués au cours d'une semaine et au cours d'une saison, cette adaptation peut représenter un avantage décisif sur la fin de saison.

Le profil d'effort moyen exprimé en pourcentage de la distance totale parcourue ne varie pas significativement d'une saison à l'autre. La distance parcourue en marche et en sprint pour tous les joueurs confondus, exprimée en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ne varie pas non plus significativement d'une saison à l'autre, ce qui peut être expliqué par le fait que les sprints sont des efforts déterminants en football et qu'ils peuvent impacter directement sur les résultats de l'équipe (Lago et al, 2010). Les distances parcourues en marchant ne varient pas en fonction des saisons car elles représentent les phases de récupération et sont donc liées à la distance parcourue en sprint. En revanche, nous observons une diminution significative de la distance par minute parcourue en jogging entre les saisons 2004/2005 et 2005/2006 ($p < 0.01$) et entre les saisons 2005/2006 et 2006/2007 ($p < 0.05$). Il en est de même pour la distance parcourue entre 13 et 16 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ pour les saisons 2005/2006 et 2006/2007 ($p < 0.01$) et pour des vitesses de courses entre 16 et 19 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ entre ces deux mêmes saisons ($p < 0.05$). Pour ces deux catégories de course, nous ne remarquons aucune différence significative avec la saison 2004/2005. On peut faire l'hypothèse que les déplacements réalisés en course représentent les efforts collectifs de placement, remplacement (Mombaerts, 1991) et que leur diminution est explicable par une meilleure organisation de l'équipe. Nous observons également une augmentation significative de la possession de balle collective entre la première et la troisième saison (52.1% vs 54.9%, $p < 0.05$).

L'analyse du profil d'effort en fonction des postes de jeu (Défenseurs, Milieux et Attaquants) montre des différences significatives en ce qui concerne la distance totale parcourue par les milieux comparée aux défenseurs ($p < 0.05$) et aux attaquants ($p < 0.01$). Nous ne constatons aucune différence significative entre les différents postes de jeu pour la marche et le sprint.

L'évolution du profil d'effort en fonction des postes de jeu et en fonction de la saison ne montre pas d'évolution significative entre les 3 saisons que ce soit chez les défenseurs, les milieux et les attaquants.

En synthèse, les résultats de cette étude permettent de faire l'hypothèse que la stabilité du système de jeu au cours de trois saisons consécutives a permis d'améliorer l'efficacité de l'organisation du jeu sur le terrain et de diminuer le nombre et la durée des efforts les plus coûteux tout en augmentant la possession de balle collective. Cependant, d'autres phénomènes peuvent également expliquer une diminution des distances parcourues en course (Carling, 2010 ; Lago et al, 2007, 2009 et 2010 ; Rampinini et al, 2007).

Notre étude 3, permet de proposer un test spécifique à l'activité football qui soit accessible, reproductible, valide, et sensible à l'âge, au niveau de pratique et aux postes de jeu.

Le test d'agilité spécifique du footballeur développé et expérimenté dans cette étude tend à reproduire avec un matériel simple et déjà à disposition de tous les clubs, les déplacements spécifiques au football de haut niveau. De ce fait, nous considérons que ce test semble constituer un outil accessible et efficace pour évaluer l'agilité tout en répondant aux contraintes matérielles et organisationnelles des entraîneurs sur le terrain.

La validité du test d'agilité du footballeur peut être évaluée dans sa capacité à représenter les différentes composantes de l'agilité que sont : la vitesse linéaire, les qualités musculaires, la réactivité, les changements de direction et la fréquence gestuelle. Les principaux résultats de cette étude ont montré que la performance au TestAgilFoot® était fortement corrélés à tous les paramètres mesurés lors des différents tests, excepté la latéralité. De plus, la performance au test d'agilité a été principalement expliquée par les variables temps de démarrage ($r = 0.58$), hexagon test ($r = 0.66$) et vitesse linéaire ($r = 0.61$). Les corrélations positives entre la vitesse

sur 10m, le temps de démarrage, et l'hexagon test ont montré qu'une diminution de ces paramètres était liée à une diminution du temps au test d'agilité. L'analyse de régression linéaire multiple a abouti à un modèle expliquant 58% de la variation de la performance au test d'agilité à partir de trois variables, le temps de démarrage, l'hexagon test et la vitesse linéaire. Ces qualités sont déterminantes pour réagir rapidement à un stimulus, changer de direction en un minimum de temps et aller vite sur une courte distance c'est pourquoi elles correspondent aux exigences de l'activité football (Cazorla, 2003). Ces résultats montrent donc que le test proposé est valide puisqu'il évalue tous les composants de l'agilité telle que nous l'avons définie en référence au modèle de Sheppard (2006).

Le coefficient de corrélation intra classe obtenu dans cette étude montre que la reproductibilité du test d'agilité semble très bonne entre le premier et le deuxième test (0.88) ainsi qu'entre le deuxième et le troisième test (0.89). C'est pourquoi nous préconisons de réaliser deux essais maximaux avant toute mesure définitive sur le test d'agilité spécifique du footballeur.

Les résultats obtenus au cours de notre étude tendent à montrer que le niveau de performance au test d'agilité est sensible à l'âge des sujets, à leur niveau de jeu et au poste occupé par ces sportifs. Les performances au test d'agilité s'améliorent significativement entre l'âge de 13 ans et la catégorie senior pour le niveau de jeu national. En revanche, cette amélioration des performances avec l'âge n'est pas observée pour des niveaux de pratiques plus faibles. De plus, il apparaît clairement que le poste de jeu influence significativement la performance au test d'agilité car les milieux offensifs, les attaquants et les gardiens réalisent les meilleures performances (17.51 ± 1.21 s, de 17.97 ± 1.15 s et de 18.10 ± 1.39 s).

Les résultats de cette étude semblent montrer que le test d'agilité TestAgilFoot[®] proposé était accessible, reproductible, valide, et sensible à l'âge, aux postes de jeu et au niveau des

athlètes. De plus, les mesures réalisées dans le cadre de ce travail ont permis de fournir les premières normes de performance qui peuvent être attendues en fonction de l'âge du joueur et de son niveau de jeu. Les corrélations observées entre la performance au test et la vitesse de course, la réactivité et l'hexagon test tendent à montrer que les facteurs de performance les plus importants à développer dès le plus jeune âge à l'entraînement sont ces trois paramètres. Bien entendu, les autres paramètres ne doivent pas être négligés notamment parce qu'ils sont corrélés également avec l'agilité mais aussi parce que ce sont des pierres angulaires de la performance du footballeur.

Conclusion générale

L'objectif de notre travail était de répertorier les études réalisées sur l'analyse de l'activité athlétique chez des joueurs de très haut niveau et d'y apporter notre contribution afin d'ouvrir de nouvelles perspectives de recherche.

Les analyses rapportées dans la littérature scientifique mettent en évidence le fait que le football est un sport intermittent caractérisé par des efforts explosifs répétés suivis de phases de récupération (Taskin, 2008) ; Bishop et al, 1999 ; McMillan et al, 2004). De plus il communément accepté que ce sport requiert une multitude de qualités motrices (Cazorla et Farhi, 1998). Les résultats de notre première étude montrent, en accord avec la littérature, que le temps de jeu moyen des athlètes est de 73.62 ± 29.4 minutes pour une distance totale parcourue de 10900 m. La littérature complète ce profil en indiquant que l'intensité moyenne au cours du match se situe aux alentours de 75% de la VO_2 max soit 85% de la FC max (Cazorla, 1998 ; Bangsbo, 1994 ; Reilly, 1997 ; Mohr, 2004 ; Astrand et al, 2003). La concentration moyenne en lactate à la fin d'un match est de 3 à 6 mmol.l⁻¹ mais celle-ci peut atteindre 12 mmol.l⁻¹ suite à un effort explosif (Bangsbo, 1994 ; Krstrup, 2003). Notre étude permet d'apporter une analyse plus fine du profil d'effort et indique que 93% des déplacements à haute intensité sont compris entre 2 et 19 m. Ces sprints correspondent à une durée d'effort moyenne comprise entre 2 et 4 sec. 86% des récupérations ayant une durée comprise entre 2 et 60 sec, nos résultats montrent que dans 90% des cas, le profil d'effort intermittent est de 2.2 sec/18 sec. Cela nous permet de calculer un ratio travail/récupération de 1/8. La comparaison des profils d'effort en fonction des postes montre que le poste de jeu à une influence significative sur le temps de jeu, la distance totale parcourue, ainsi que sur les distances parcourues aux différentes intensités, la quantité de sprints réalisés et les temps de récupération. Ainsi, les attaquants sont caractérisés par une distance totale plus faible et une

distance parcourue en marche plus importante que leurs coéquipiers mais également par une part plus importante des sprints au sein de leur profil d'effort. Les milieux de terrain effectuent par une distance totale et un nombre de sprints supérieurs aux autres postes. Ils sont également caractérisés par un plus grand nombre de déplacements entre 2 et 40 m, par plus de récupération de 10 à 30 s et par plus de sprints entre 2 et 9 m et entre 30 et 40 m que leurs coéquipiers. Les défenseurs sont, quant à eux, caractérisés par un temps de jeu supérieur ainsi que par un plus grand nombre de récupération comparé aux autres postes. Enfin nos résultats tendent à indiquer une fatigue entre au cours de la seconde mi-temps. En effet on observe une diminution significative de la distance totale parcourue et une augmentation des temps de récupération en seconde mi-temps.

Les résultats de la première étude laissent entrevoir une évolution du travail intermittent à une intensité supra maximale en football de manière à se rapprocher au mieux des conditions actuelles de compétition. L'établissement du profil d'effort en fonction du poste de jeu permet également d'analyser de manière plus précise l'activité du joueur et par conséquent d'adapter les séances athlétiques en fonction des besoins de chaque poste.

Le but de notre seconde étude était de déterminer les temps d'activité et la possession de balle totale pendant 3 saisons consécutives d'une équipe de football de l'élite Italienne évoluant en Serie-A, utilisant un système de jeu constant et ayant remporté le championnat lors des 3 saisons consécutives étudiées. Les résultats de cette étude montrent que, d'un point de vue global, la distance totale diminue significativement au cours des trois saisons tout en augmentant la possession de balle collective entre la première et la troisième saison ainsi que le nombre de points marqués à domicile et le classement de l'équipe à domicile. Si les

distances parcourues en sprint et en marche restent stables au cours des trois saisons, en revanche les distances parcourues en course à des vitesses comprises entre 5 km.h⁻¹ et 19 km.h⁻¹ diminuent au fur et mesure des saisons. La performance de l'équipe étant fortement reliée aux efforts brefs et intenses de type sprint, la stabilité des distances parcourues en sprint au cours des saisons semble explicable par les résultats de l'équipe au cours des saisons. Conformément aux études précédentes, les milieux de terrain restent les joueurs qui parcourent le plus de distance, suivis respectivement par les arrières et les attaquants. Bien qu'une tendance à la diminution semble apparaître au cours des saisons dans chaque poste de jeu, ces résultats n'atteignent pas le seuil de significativité. En conclusion, on peut faire l'hypothèse que le fait de conserver le même système de jeu pendant 3 saisons consécutives permet à l'équipe de s'adapter en vue de diminuer la distance parcourue en courses intermédiaires de remplacement tout en augmentation la possession de balle collective. De futures études permettront de confirmer sur un plus grand nombre de joueurs et de matches, le fait que ce sont les courses de placement et de remplacement qui diminuent le plus et cela devrait être plus sensible chez les milieux de terrain et les défenseurs.

La troisième étude présentée dans ce document tend à développer et valider un test spécifique d'agilité du footballeur à partir de l'analyse du profil d'activité et à fournir les premiers résultats. Le test que nous avons développé consiste à réaliser en un temps le plus court possible, un enchaînement de courses, d'appuis, de retournements et de changements de direction spécifiques à l'activité. Les résultats obtenus au cours de cette étape montrent que le niveau de performance au test d'agilité semble sensible à l'âge des sujets, à leur niveau de jeu et au poste occupé par ces sportifs. Les performances au test d'agilité s'améliorent significativement entre l'âge de 13 ans et la catégorie senior pour le niveau de jeu national.

Les résultats tendent à démontrer que les performances au test d'agilité sont sensibles au niveau de jeu puisque les équipes nationales ont de meilleurs résultats que les autres équipes quel que soit l'âge des pratiquants. Ces différences peuvent être expliquées d'une part par la sélection effectuée par les équipes nationales qui retiennent les individus les plus talentueux et les plus agiles et d'autre part par l'entraînement de ces sportifs qui est plus important au niveau national et qui pourrait intégrer une part plus significative de travail d'agilité et de vivacité. En conclusion, ces résultats montrent que le test d'agilité semble suffisamment fiable, sensible et reproductible pour différencier les joueurs en fonction de leur âge, de leur niveau de jeu et de leur poste. Les futures études permettront de compléter la base de données en vue d'affiner les normes et la sensibilité du test pour une utilisation systématique et internationale.

Au terme de notre travail, nous pouvons conclure que cette thèse a apporté des résultats spécifiques pour orienter l'entraînement athlétique du footballeur moderne mais également un outil de détection des jeunes footballeurs. La mesure d'un nouveau ratio temps de travail/temps de récupération pour des intensités supra-maximales afin de se rapprocher au mieux, lors de l'entraînement, de l'activité physique de l'athlète en compétition ; mais également l'influence de la stabilité d'un staff au cours de plusieurs saisons sur les variations du profil d'activité des joueurs entraînés ainsi que sur la possession de balle collective, le nombre de points marqués à domicile ainsi que le classement à domicile ; la validation d'un test d'agilité spécifique du footballeur. Toutes nos recherches ont été effectuées avec la volonté d'apporter des outils pratiques aux entraîneurs et préparateurs physiques afin de contribuer à améliorer les échanges et les collaborations entre le milieu sportif et scientifique pour perfectionner les méthodologies d'entraînement.

Bibliographie :

1. **ABERNETHY B, WOOD J.M, PARKS S.** Can the anticipatory skills of experts be learned by novices? *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 1999. 70 ; 313-318.
2. **AKRAMOV R. A.** Sélection et préparation des jeunes footballeurs. *OPU*, Alger. 1990.
3. **ALBARET JM.** Troubles de l'acquisition de la coordination : perspectives actuelles des dyspraxies de développement. *Evolutions Psycho-motrices*. 1995.11; 113-119.
4. **ANDERSSON H, KRUSTRUP P, MOHR M.** Differences in movement pattern, heart rate and fatigue development in international versus national league matches of Swedish and Danish elite female soccer players [abstract]. *J Sports Sci Med*. 2007. 6 Suppl 10; 109.
5. **ANGONEESE P.** Le Gardien du but moderne. *Ed. Broodcoorens Michel*. Bruxelles, Belgique. 1990.
6. **ASTRAND PO, RODAHL K, DAHL HA, STRØMME SB.** Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. Eds Human Kinetics. Windsor. Canada. 2003.
7. **AUWEELE YV, CUYPER BD, MELE VV, RZEWNICKI R.** Elite performance and personality: From description and prediction to diagnosis and intervention: *A Handbook of Research on Sports Psychology*: New York: Macmillan, edited by R. Singer, M. Murphey and L.K. Tennant. 1993. 257-292.
8. **BANGSBO J, NORREGAARD L, THORSO F.** Activity profile of competition soccer. *Canadian Journal of Sports Sciences*. 1991. 16; 110-116.
9. **BANGSBO J.** Physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand*. 1994a. 151 (619); 1–155.
10. **BANGSBO J.** Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci*. 1994b. 12 Spec No:S ; 5-12.
11. **BANGSBO J, MICHALSIK L.** Assessment and Physiological Capacity of Elite Soccer Players. In: *Spinks W, Reilly T, Murphy A (eds). Science and Football IV*. London: Routledge. 2002. 53 – 62.

12. **BANGSBO J, MOHR M, KRUSTRUP P.** Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* 2006. 24; 665–674.
13. **BANGSBO J.** Fitness training in football: a scientific approach. *Reedswain Publishing, Spring City.* Pennsylvania. 2008.
14. **BANOS F, ALBONELL M, FELIU A, FERNANDEZ J, BESTIT C, MARTI-HENNEBERG.** The puberty of football players: The effects of rate of growth and maturity on physical capacity: Barcelona, *Science and football Edition.* 1990.
15. **BARBERO-ALVAREZ JC, COUTTS A, GRANDA J, BARBERO-ALVAREZ V, CASTAGNA C.** The validity and reliability of a global positioning satellite system device to assess speed and repeated sprint ability (RSA) in athletes. *J Sci Med Sport.* 2010. 13 (2) ; 232-235.
16. **BARDY B.** L'apprentissage : Bilan et perspectives. *Congrès International de la SFPS. INSEP.* Paris. 2000.
17. **BARROS RML, MISUTA MS, MENEZES RP, FIGUEROA PJ, MOURA FA, CUNHA SA, ANIDO R, LEITE NJ.** Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *J Sports Sci.* 2007. 6; 233-242.
18. **BAUER E.** Humanbiologie. Verhagen und classing. Berlin. 1981.
19. **BAXTER-JONES AD.** Growth and development of young athletes: Should competition levels be age related? *Sports Med.* 1995. 20; 59-64.
20. **BELL W, RHODES G.** The morphological characteristics of the association football player. *Department of Physical Education.* College of Education. Cardiff, Wales. 1974.
21. **BENEDEK, PALFAI.** 600 jeux d'entraînement. *Broodcoorens Michel* Bruxelles. 1987.
22. **BEUNEN G, OSTYN M, SIMONS J, RENSON R, VAN GERVEN D.** Motorische vaardigheid, somatische ontwikkeling en biologische maturiteit. *Geneeskunde en Sport.* 1980. 13; 36–42.
23. **BEUNEN GP, MALINA RM.** Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews.* 1988. 16; 503–540.

24. **BEUNEN GP, MALINA RM, VAN'T HOF MA, SIMONS J, OSTYN M, RENSON R, VAN GERVEN D.** Adolescent growth and motor performance: A longitudinal study of Belgian boys. *Human Kinetics*. Champaign, IL. 1988.
25. **BEUNEN G, BAXTER-JONES AD, MIRWALD RL, THOMIS M, LEFEVRE J, MALINA RM, BAILEY DA.** Intraindividual allometric development of aerobic power in 8- to 16-year-old boys. *Med Sci Sports Exerc.* 2002. 34; 503-510.
26. **BEYER E.** Dictionnaire des sciences du sport. *Schorndorf, Carl Hofmann*. 1992.
27. **BIELICKI T, KONIAREK J.** Anthropométrie destinée aux futurs professeurs d'éducation physique. *Ed Varsovie*. 1977.
28. **BISCIOTTI GN, IODICE PP, ARCELLI E, FILAIRE E, SAGNOL M.** Un test de terrain simple pour la détermination du seuil anaérobie. *Sci Sports*. 2003. 18 (1); 46-47.
29. **BISHOP NC, BLANNIN AK, ROBSON PJ, WALSH NP, GLEESON M.** The effects of carbohydrate supplementation on immune responses to a soccer-specific exercise protocol. *J Sports Sci*. 1999. 17; 787-796.
30. **BLOOMFIELD J, POLMAN RCJ, O'DONOGHUE PG.** The "Bloomfield Movement Classification": Motion analysis of individuals in team sports. *Int J Perf Anal Sport*. 2004. 4(2); 20-31.
31. **BLOOMFIELD J, POLMAN RCJ, O'DONOGHUE PG.** Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sports Sci Med*. 2007. 6; 63-70.
32. **BODDINGTON MK, LAMBERT MI, ST CLAIR GIBSON A, NOAKES TD.** Reliability of a 5-m multiple shuttle test. *J Sports Sci*. 2001. 19(3); 223-228.
33. **BORMS J.** Early identification of athletic talent. *Keynote Address to the International Pre-Olympic Scientific Congress*, Dallas, TX, USA. 1996.
34. **BOUCHARD C, MALINA RM, PERUSSE L.** Genetics of Fitness and Physical Performance. *Human Kinetics*. Champaign, IL. 1997.
35. **BOULGAKOVA NJ.** Atbor i podgatova younikh plavstov : la sélection et la préparation des jeunes nageurs. *Edition Fizkultura i sport*. Moscou. 1978.
36. **BOULOGNE G.** Le guide pratique du football. *Ed Lavauzelles*. Paris. 1989.
37. **BRADLEY PS, SHELDON W, WOOSTER B, OLSEN P, BOANAS P, KRUSTRUP P.** High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*. 2009. 27(2); 159-168.

38. **BRADLEY PS, DI MASCIO M, PEART D, OLSEN P, SHELDON B.** High-intensity profiles of elite soccer players at different performance level. *J Strength Cond Res.* 2010. 24(9); 2343-2351.
39. **BRADLEY PS, CARLING C, ARCHER D, ROBERTS J, DODDS A, DI MASCIO M, PAUL D, DIAZ AG, PEART D, KRUSTRUP P.** The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 2011. 29(8); 821-30.
40. **BREWER J, BALSOM PD, DAVIS JA.** Seasonal birth distribution amongst European soccer players. *Sports Exercise and Injury.* 1995. 1; 154–157.
41. **BROOKS.** Exercices physiologie: *M Ayfield Publishing Company*, 2nd édition. 1996.
42. **BRULE P, CARLING C, DAVID A, et al.** AMISCO: the development of a computerised match analysis system to automatically track the movements of soccer players [abstract]. Proceedings of the IV World Congress of Notational Analysis of Sport. University of Porto. 1998. Sep. 22-25; Porto, 36.
43. **BUCHHEIT M.** The 30-15 Intermittent Fitness test: reliability and application for interval training of intermittent sport players. *ECSS proceedings.* Belgrade. 2005.
44. **BUCHHEIT M.** The 30-15 Intermittent Fitness Test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *J Strength Cond Res.* 2008. 22 (2); 365-374.
45. **BÜHRLE M, SCHMIDTBLEICHER D.** Influence of maximum strength training on the speed of movement. *Leistungssport.* 1977. 7 (1); 3-10.
46. **BURGESS DJ, NAUGHTON G, NORTON KI.** Profile of movement demands of national football players in Australia. *J Sci Med Sport.* 2006. 93; 1–8.
47. **BUHR G.** On the cardiac fitness of leading football (soccer) players examined in an open spirometer system without valves. *Z Kreislaufforsch.* 1965. 54(10) ; 1018-1024.
48. **CACCIARI E, MAZZANTI L, TASSINARI D, BERGAMASCHI R, MAGANI D, ZAPPULA F, NANNI G, COBIANCHI C, GHINI T, PINI R, TANI G.** Effects of sport (football) on growth: Auxological, anthropometric and hormonal aspects. *European Journal of Applied Physiology.* 1990. 61; 149–158.

49. **CARLING C, BLOOMFIELD J, NELSEN N, REILLY T.** The role of motion analysis in elite soccer. Contemporary performance measurement techniques and work rate data. *Sports Med.* 2008. 38 (10); 839-862.
50. **CARLING C.** Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *J Sports Sci.* 2010a. 1-8.
51. **CARLING C, ESPIE V, LE GALL F, BLOOMFIELD J, JULLIEN H.** Work-rate of substitutes in elite soccer : a preliminary study. *J Sci Med Sport.* 2010b. 13 (2); 253-255.
52. **CARLING C, DUPONT G.** Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *J Sports Sci.* 2011. 29 (1); 63-71.
53. **CARTER JEL.** Morphological factors limiting human performance: In Limits of Human Performance. *Champaign edited by D.H. Clarke and H.M. Eckert. American Academy of Physical Education. Human Kinetics.* IL. 1985. 18; 106-117.
54. **CASAJUS JA.** Seasonal variation in fitness variables in professional soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001.
55. **CASTAGNA C, D'OTTAVIO S, ABT G.** Activity profile of Young soccer player during actual match play. *J Strenght Cond Res.* 2003. 17 ; 775-780.
56. **CAZORLA G, LEGER L, MARINI JF.** Les épreuves d'effort en physiologie - Épreuves et mesures du potentiel aérobie. *Évaluation de la valeur physique - Travaux et recherches en EPS Ed. INSEP.* Paris. 1984a. 7 ; 95-119.
57. **CAZORLA G, LEGER L, MARINI JF.** Les épreuves d'effort en physiologie. Épreuves et mesures du potentiel anaérobie. *Évaluation de la valeur physique - Travaux et recherches en E.P.S. Ed. INSEP.* Paris. 1984b. 7 ; 81-94.
58. **CAZORLA G, FARHI A.** Degré d'importance des exigences Physiques et Physiologiques en Football. *Actes du Colloque International De la Guadeloupe.* 1992.
59. **CAZORLA G, FAHRI A.** (1998) Football : exigences physiques et physiologiques actuelles. *Revue EPS.* 1998. 273 ; 60-64.
60. **CLAUSEN T.** Role of Na⁺, K⁺-pumps and transmembrane Na⁺, K⁺-distribution in muscle function. The FEPS lecture. Bratislava, 2007. *Acta Physiol (Oxf).* 2008. 192 (3); 339-349.

61. **COHEN J.** Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates. 1988. pp 567.
62. **COMETTI G.** Football et musculation. *Edition Actio*. Paris. 1993.
63. **COMETTI G.** L'entraînement de la force en football. *Edition Actio*. Paris. 1994.
64. **COMETTI G.** Préparation et entraînement du footballeur. *Ed. Amphora*. Paris. 2002.
65. **Council of Europe.** Eurofit: European test of physical fitness. *Council of Europe, Committee for the Development of Sport*. Rome. 1988.
66. **COUTTS AJ, DUFFIELD R.** Validity and reliability of GPS devices for measuring movement demands of team sports. *J Sci Med Sport*. 2010. 13 (1); 133-135.
67. **DAWSON B, HOPKINSON R, APPLEBY B, STEWART G, ROBERTS C.** Comparison of training activities and game demands in the Australian Football League . *J Sci Med Sport*. 2004. 7; 292–301.
68. **DEKKAR N.** Croissance et développement de l'élève algérien. *Thèse de Doctorat en sciences médicales*. Université d'Alger. 1986.
69. **DELIGNIÈRES D.** L'apprentissage des coordinations motrices complexes : une coopération entre coordination spontanée et coordination experte. *EA 2991*. Université Montpellier I. 1993.
70. **DELIGNIERES D, TEULIER C.** L'apprentissage des coordinations motrices complexes : une coopération entre coordination spontanée et coordination experte, *1st World Swimming Congress*. Paris. 17-21 mai 2005.
71. **DELIGNIERES D, TEULIER C, NOURRIT D.** Approche dynamique de l'apprentissage des coordinations motrices : un point sur les recherches actuelles. *Revue EPS*. 2006. 322 ; 5-12.
72. **DELLAL A.** Analyse de l'activité physique du footballeur et de ses conséquences dans l'orientation de l'entraînement : application spécifique aux exercices intermittents courses à haute intensité et aux jeux réduits. Thèse de Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. Université de Strasbourg. 2008.
73. **DELLAL A.** De l'entraînement à la performance en football. *Ed. De Boeck*. Bruxelles. 2008.

- 74.**DELLAL A, WONG DP, MOALLA W, CHAMARI K.** Physical and technical activity of soccer players in the French first League-with special reference to their playing position. *Int. Sport Med J.* 2010. 11(2); 278-290.
- 75.**DELLAL A, CHAMARI K, WONG DP, AHMAIDI S,KELLER D, BARROS R, BISCIOTTI GN,CARLING C.** Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *Eur. J Sport Sci.* 2011. 11 (1); 51-59.
- 76.**DEMETER.** Sport im waschstums und entwicklungsalter.*Barth.* Leipzig. 1981.
- 77.**DI SALVO V, BARON R, TSCHAN H, CALDERON MONTERO FJ, BACHL N, PIGOZZI F.** Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med.* 2007. 28; 222–227.
- 78.**DI SALVO V, BARON R, CARDINALE M.** Time motion analysis of elite footballers in European cup competitions [abstract]. *J Sports Sci Med.* 2007. 6 Suppl 10; 14.
- 79.**DI SALVO V, GREGSON W, ATKINSON G, TORDOFF P, DRUST B.** Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med.* 2009.30(3); 205-12.
- 80.**DI SALVO V, BARON R, GONZALEZ-HARO C, GORMASZ C, PIGOZZI F, BACHL N.** Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches.*J Sports Sci.* 2010. 3; 1-6.
- 81.**D’ORAZIO T, LEO M.** A review of vision-based systems of soccer video analysis. *Pattern recognition.* 2010. 43; 2911-2926.
- 82.**DOUCET C.** Football – Psychomotricité du jeune joueur, de l’éveil à la préformation. *Ed. Amphora.* Paris. 2007.
- 83.**DUCHE P, BEDU M, VAN PRAAGH E.** Exploration des performances anaérobies de l’enfant. Bilan de 30 ans de recherche STAPS. 2001. 54; 109-130.
- 84.**DUPONT G.** Exercices intermittents brefs et à haute intensité : influence de la modalité de récupération sur le temps limite d’exercice et le temps passé à un haut pourcentage de VO2 max. Thèse de Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. Université de Lille 2. 2003.
- 85.**DUPONT G, NEDELEC M, McCALL A, McCORMACK D, BERTHOIN S, WISLOFF U.** Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med.* 2010.

86. **EDGECOMB SJ, NORTON KI.** Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J Sci Med Sport*. 2006. 9; 25–32.
87. **ENISELER N.** Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *J Strength Cond Res*. 2005. 19 ; 799–804.
88. **EUROFIT.** Eurofit pour adultes, évaluation de l'aptitude physique en relation avec la santé. *UKK Institute for Health promotion research*. Tampere. Finlande. 1995.
89. **FAMOSE JP.** Apprentissage moteur et difficulté de la tâche. *INSEP Publications*. Paris. 1990.
90. **FERNANDES O, CAIXINHA P.** A new method of time-motion analysis for soccer training and competition [abstract n°505]. V World Congress of Science and Football. 2003. Apr 11-15, Lisbon.
91. **FISHER RJ, BORMS J.** The Search for Sporting Excellence: Sport Science Studies 3. Karl Hoffman, *International Council of Sport Science and Physical Education*. Germany. 1990.
92. **FOX, MATHEWS.** Bases Physiologiques de l'entraînement. *Ed. Vigot*. Paris. 1993.
93. **FRANKS A, WILLIAMS AM, REILLY T, NEVILL A.** Talent identification in elite youth soccer players: Physical and physiological characteristics. *Journal of Sports Sciences*. 1999.17; 812.
94. **FREY G.** Entwicklungsgemäßes training in der schule. *Sportwissenschaft*. 1978.
95. **FROBERG K, ANDERSON B, LAMMERT O.** Maximal oxygen uptake and respiratory functions during puberty in boy groups of different physical activity. *National Institute for Health Promotion*, In R. Frenkl & I. Szmodis (Eds.), Children and exercise, Pediatric work physiology XV. Budapest. 1991. 265–280.
96. **GODIK MA.** Méthode de sélection et bases de la préparation initiale des jeunes footballeurs : recommandations méthodiques. 1985.
97. **GOUBET P.** Profil des exigences de la pratique du football. *Colloque Aquitaine. Sciences et Sport*. 1988.
98. **GOULET E.** Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2011. 45; 1149-1156.

99. **GREGSON W, DRUST B, , ATKINSON G, SALVO VD.** Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *Int J Sports Med.* 2010. 31(4); 237-42.
100. **GREHAINE J.** L'organisation du jeu en football. *Ed Actio.* France. 1993.
101. **GUILLOTEAU P.** Appuis et coordination : exercices pratiques. *Direction technique nationale. Service de documentation de la Fédération française de football.* 1999.
102. **GUTTEN R.** Particularités du football moderne. *F.I.F.A News.* 1996. 46.
103. **HAHN E.** L'entraînement sportif des enfants. *Ed. Vigot.* Paris. 1988.
104. **HAITER-NETO F, KURITA LM, MENEZES AV, CASANOVA MS.** Skeletal age assessment: A comparison of 3 methods. *Am J Orthod Dentofacial Ortho.* 2006. 130:435.e15-435.e20.
105. **HAWKINS RD.** The official FA guide to success on and off the pitch: fitness for football. *The FA learning. Ed. Hodder Arnold.* 2004.
106. **HEATH-CARTER.** Growth and physical development applying the heath-carter somatotyp methods. *Eiben O.G.* Budapest. 1977.
107. **HELGERUD J, ENGEN LC, WISLØFF U, HOFF J.** Aerobic training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001. 33 (11); 1925-1931.
108. **HELLER J and al.** Body composition, aerobic capacity, ventilatory threshold and foot intake in different sports. *Annals of sports medicine.* California. 1987.
109. **HELSEN WF, HODGES NJ, VAN WINCKEL J, STARKES JL.** The roles of talent, physical precocity and practice in the development of soccer expertise. *J Sports Sci.* 2000. 18; 727-736.
110. **HELSEN WF, VAN WINCKEL J, WILLIAMS AM.** The relative age effect in youth soccer across Europe. *J Sports Sci.* 2005. 23; 629-636.
111. **HEWITT A, WITHERS R, LYONS K.** Matches analysis of Australian international women soccer players using an athlete tracking device [abstract]. *J Sports Sci Med.* 2007. 6 Suppl 10; 107.
112. **HILL-HAAS SV, DAWSON B, IMPELLIZZERI FM, COUTTS AJ.** Physiology of small-sided games training in football: a systematic review. 2010a. *Sports Med.* 41 (3); 199-220.
113. **HILL-HAAS SV, COUTTS AJ, DAWSON BT, ROWSELL GJ.** Time-motion characteristics and physiological responses of small-sided games in elite

- youth players: the influence of player number and rule changes. *J Strength Cond Res.* 2010b. 24 (8); 2149-2156.
- 114.**HILLIS WS.** Preparations for the World Cup (editorial). *British Journal of Sports Medicine.* 1998. 32; 95.
 - 115.**HIRTZ.** Koordinative Fähigkeiten–Kennzeichen: Altersgang und beeinflussungsmöglichkeiten. *Medizin und Sport.* Berlin. 1977.
 - 116.**HOARE DG, WARR CR.** Talent identification and women's soccer: An Australian experience. *Journal of Sports Sciences.* 2000.18; 751-758.
 - 117.**HOFF J.** Training and testing physical capacities for elite soccer players. *J Sports Sci.* 2005. 23; 573-582.
 - 118.**HOLMES L.** A physiological analysis of work-rate in English female football players. *Insight FA Coaches Assoc J.* 2002. 5 (2); 55-59.
 - 119.**HORSWILL CA, LOHMAN TG, SLAUGHTER MH, BOILEAU RA, WILMORE JH.** Estimation of minimal weight of adolescent males using multicomponent models. *Med Sci Sports Ex.* 1990. 22; 528-532.
 - 120.**HOWE MJA, DAVIDSON JW, SLOBODA JA.** Innate talents: Reality or myth? *Behavioral and Brain Sciences.* 1998. 21 ; 399-442.
 - 121.**HUGUES MD, ROBERTSON K, NICHOLSON A.** An analysis of the 1984 World Cup of Association Football. In : *Science and Football.* London. 1988. pp 363-367.
 - 122.**HUGUES M, FRANKS I.** Analysis of passing sequences, shots and goals in soccer. *J Sports Sci.* 2005. 23(5) ; 509-514.
 - 123.**IMPELLIZZERI FM, RAMPININI E, MARCORA SM.** Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci.* 2005. 23 (6); 583-592.
 - 124.**IMPELLIZZERI FM, MARCORA SM, CASTAGNA C, REILLY T, SASSI A, IAIA FM, RAMPININI E.** Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med.* 2006. 27 (6); 483-492.
 - 125.**IMPELLIZZERI FM, RAMPININI E, MAFFIULETTI NA, CASTAGNA C, BIZZINI M, WISLØFF U.** Effects of aerobic training of the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2008. 33 ; 1192-1198.

- 126.**ISRAEL and BURL.** Les possibilités d'entraînement au cours de la puberté. *Ed. Körperziehung.* Liepzig. 1980.5.
- 127.**IZAKSON.** Anatomie humaine et base de la morphologie dynamique et sportive. *Fiskulturai Sport.* Moscou. 1958.
- 128.**JACQUET A, MORLANS JP, BLAQUART 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. 2002.
- 129.**JANKOVIC S, MATKOVIC BR, MATKOVIC B.** Functional abilities and process of selection in soccer. *Communication to the 9th European Congress on Sports Medicine.* Porto, Portugal. 23-26 September 1997.
- 130.**JANSSENS M, VAN RENTERGHEM B, BOURGOIS J, VRIJENS J.** Physical fitness and specific motor performance of young soccer players aged 11± 12 years. *Communication to the 2nd Annual Congress of the European College of Sport Science, Journal of Sports Sciences.* 1998.16; 434-435.
- 131.**JENNINGS D, CORMACK S, COUTTS AJ, BOYD LJ, AUGHEY RJ.** Variability of GPS units for measuring distance in team sport movements. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010. 5 (4); 565-569.
- 132.**JULLIEN H, BISCH C, LARGOUËT N, MANOUVRIER C, CARLING CJ, AMIARD V.** Does a short period of lower limb strength training improve performance in field-based tests of running and agility in young professional soccer players? *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2008. 22 ; 404-411.
- 133.**KEIR RADNEDGE.** L'encyclopédie du football. Eds Olympe, (trad. fra.). Paris. 1996.
- 134.**KELLER J.** Activité physique et sportive et motricité de l'enfant. *Ed. Vigot .* Paris. 1992.
- 135.**KELLER J.** Développement des coordinations chez l'enfant. *Congrès International de la SFPS.* INSEP. Paris. 2000.
- 136.**KLANTE R.** Praktische trainings-lehre, allgemeine und spezielle kondition im fussballsport. *Ed. BFV.* Munich. 1993.
- 137.**KRUSTRUP 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 ; 1165–1174.

- 138.**LAGO C, MARTIN R.** Determinants of possession of the ball in soccer. *J Sports Sci.* 2007. 25(9) ; 969-974.
- 139.**LAGO C.** The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *J Sports Sci.* 2009. 1-7.
- 140.**LAGO C, LAGO J, DELLAL A, GOMEZ M.** Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. *J Sports Sci Med.* 2010. 9 ; 288-293.
- 141.**LAMBERTIN F.** Football : Préparation Physique Intégrée. *Ed Amphora.* Paris. 2000.
- 142.**LEFEVRE J, BEUNEN G, STEENS G, CLAESSENS A, RENSON R.** Motor performance during adolescence and age thirty as related to age at peak height velocity. *Annals of Human Biology.*1990. 17 ; 423–435.
- 143.**LEMMINK M, ELFERINK-GEMSER MT, VISSCHER C.** Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *Br J Sports Med.* 2004. 38; 138–142.
- 144.**LESGAFT PF.** Les bases de la morphologie du sport. *Fiskulturai sport.* Moscou. 1940.
- 145.**LITTLE T, WILLIAMS AG.** Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research.*2005. 19; 76-78.
- 146.**LYKKEN DT.** Research with twins: The concept of emergence. *Psychophysiology.* 1992. 19; 361-373.
- 147.**MAGUIRE J, PEARTON R.** The impact of elite labour migration on the identification, selection and development of European soccer players. *J Sports Sci.* 2000. 18; 759-769.
- 148.**MALINA RM, BEUNEN G, WELLENS R, CLAESSENS A.** Skeletal maturity and body size of teenage Belgian track and field athletes. *Ann. Hum. Biol.* 1986. 13; 331-339.
- 149.**MALINA RM.** Physical activity and training: effects on stature and the adolescent growth spurt. *Med Sci Sports Exerc.* 1994. 26; 759-766.

150. **MALINA RM, PENA REYES ME, EISENMANN JC, HORTA L, RODRIGUES J, MILLER R.** Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11-16 years. *J Sports Sci.* 2000. 18; 685-693.
151. **MALINA RM.** Growth and maturity status of young soccer (football) players. Routledge, In T. Reilly & M. Williams (Eds.), *Science and soccer* (2nd ed). London. 2003. 287–306.
152. **MALINA RM, BOUCHARD C, BAR-OR O.** Growth, maturation and physical activity. *Human Kinetics. Ed 2.* Champaign. IL. 2004.
153. **MALINA RM, CUMMING SP, MORANO PJ, BARRON M, MILLER SJ.** Maturity status of youth football players: a noninvasive estimate. *Med Sci Sports Exerc.* 2005. 37; 1044-1052.
154. **MARKOSJ AN and al.** Die entwicklung der bewegungen bei kindem: Wissensh. Z. Chrift der Rumboldt. Universitat Berlin. 1965.
155. **MARTIN RJ, DORE E, TWISK J, VAN PRAAGH E, HAUTIER CA, BEDU M.** Longitudinal changes of maximal short-term peak power in girls and boys during growth. *Med Sci Sports Exerc.* 2004. 36; 498-503.
156. **MATEIGKA J.** The testing of physical efficiency. *American journal of physical anthropology.* 1921. 4.
157. **MATHIEU R and al.** Proposition d'une nouvelle distribution des catégories d'âge en football. *Centre medico sportif.* Lyon. 1989.
158. **MCMILLAN K, HELGERUD J, MACDONALD R, HOFF J.** Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med.* 2005. 39 ; 273-277.
159. **MIMOUNI N, ANTIPOV E.** Profil morpho-fonctionnel des sportifs de haut niveau. *Bulletin de l'ISTS.* Alger. 1986. 1.
160. **MIMOUNI N.** Croissance et pratique sportive: les aspects morphologiques de l'adolescent. *INFS/STS.* Alger. 2000.
161. **MIRWALD RL, BAXTER-JONES AD, BAILEY DA, BEUNEN GP.** An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc.* 2002. 34 ; 689-694.
162. **MISSOUM.** Psychosociologie des groupes sportifs. In R. Thomas : *La relation au sein des A.P.S. Ed.Vigot.* Paris. 1983.

- 163.**MIYAGI O, OHASHI J, KITAGAWA K.** Motion characteristics of an elite soccer player during a game: communications to the Fourth World Congress of Science and Football [abstract]. *J Sports Sci.* 1999. 17 (10); 816.
- 164.**MOHR M, KRUSTRUP P, BANGSBO J.** Fatigue in soccer: A brief review. *J Sports Sci.* 2005. 23; 593–599.
- 165.**MOHR M, KRUSTRUP P, BANGSBO J.** Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 2003. 21; 519–528.
- 166.**MOHR M, KRUSTRUP P, NYBO L, NIELSEN JJ, BANGSBO J.** Muscle temperature and sprint performance during soccer matches–beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports.* 2004. 14(3); 697-705.
- 167.**MOMBAERTS E.** De l’analyse du jeu à la formation du joueur de football. *Ed. Actio.* Paris. 1991.
- 168.**MORRIS T.** Psychological characteristics and talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences.* 2000.18 ; 715-726.
- 169.**NACEUR J and al.** Etude descriptive des divers paramètres morphologiques et physiologiques d’athlètes d haut niveau. *Médecine du sport.* 1990.
- 170.**NELSON DA, BARONDESS DA.** A Noninvasive Measure of Physical Maturity as a Predictor of Bone Mass in Children. *Journal of the American College of Nutrition.* 2000. 19; 38–41.
- 171.**ODETOYINBO K, WOOSTER B, LANE A.** The effect of a succession of matches on the activity profiles of professional soccer players [abstract n° O-021]. *J Sports Sci Med.* 2007. 6 Suppl 10; 16.
- 172.**O’DONOGHUE PG, BOYD M, LOWLER J, BLEAKLEY EW.** Time-motion analysis of elite, semi-professional and amateur soccer competition. *J Hum Mov Studies.* 2001. 41; 1-12.
- 173.**O’DONOGHUE PG.** Time-motion analysis of work-rate in English FA Premier League Soccer. *Int J Perf Anal Sport.* 2002. 2(1); 36-43.
- 174.**OHASHI J, TOGARI H, ISOKAWA M and al.** Measuring movement speeds and distance covered during soccer match play. *Science and football.* London/New York. 1988. 51-59.
- 175.**OLIVIER G.** Morphologie et types humains. *Ed.Vigot, 4^{ème} Edition.* Paris 1971.

- 176.**OLIVIER I, RIPOLL H.** Développement psychomoteur de l'enfant et pratiques physiques et sportives. *Ed. revue EPS*. Paris. 1999.
- 177.**ORENDURFF, MS, WALKER, JD, JOVANOVIC, M, TULCHIN, KL, LEVY, M, and HOFFMANN, DK.** Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. . *J Strength and Conditioning Research*. 2010. 24 (10); 2683-2692.
- 178.**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. 42(1); 170-8.
- 179.**PANFIL R, NAGLAK Z, BOBER T, ZATON EWM.**Searching and developing talents in soccer: A year of experience. Copenhagen: HO + Storm, In *Proceedings of the 2nd Annual Congress of the European College of Sport Science*, edited by J. Bangsbo, B. Saltin, H. Bonde, Y. Hellsten, B. Ibsen, M. Kjaer and G. Sjøgaard. 1997. 649-650.
- 180.**PAUOLE K, MADOLE K, GARHAMMER J, LACOURSE M, ROZENEK R.** Reliability and validity of the T-Test as a mesure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *Journal of Strength and Conditioning Research*.2000. 14 (4); 443-450.
- 181.**PENA REYES ME, CARDENAS-BARAHONA E, MALINA RM.** Growth, physique, and skeletal maturation of soccer players 7-17 years of age. *Auxology, Humanbiologia Budapestinensis*. 1994.25; 453-458.
- 182.**PHILIPAERTS RM.** Change in somatotype of youth soccer players: Ghent youth soccer project. *7th Annual Congress of The European College of Sport Science*, Athens. 24–28 July 2002. 02; 821.
- 183.**PHILIPPAERTS RM, VAEYENS R, JANSSENS M, VAN RENTERGHEM B, MATTHYS D, CRAEN R, BOURGOIS J, VRIJENS J, BEUNEN G, MALINA RM.** The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *J Sports Sci*. 2006. 24 ; 221-230.
- 184.**PLATONOV.** L'entraînement sportif : Théorie et Méthodologie.2^{ème} Ed.*Revue EPS*. Paris.1984.
- 185.**RAHNAMA N, REILLY T, LEES A.** Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *Br J Sports Med*. 2002. 36 (5); 354-359.

186. **RAMPININI E, BISHOP D, MARCORA SM, FERRARI BRAVO D, SASSI R, IMPELLIZZERI FM.** Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med.* 2006. 28; 228-235.
187. **RAMPININI E, COUTTS AJ, CASTAGNA C, SASSI A, IMPELLIZZERI FM.** Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med.* 2007. 28; 1018-1024.
188. **RAMPININI E, IMPELLIZZERI FM, CASTAGNA C, COUTTS AJ, WISLOFF U.** Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport.* 2009a. 12; 227–233.
189. **RAMPININI E, SASSI A, MORELLI A, MAZZONI S, FRANCHINI M, COUTTS AJ.** Repeated-sprint ability in professional and amateur soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009b. 34; 1048-1054.
190. **RANDERS MB, JENSEN JM, KRUSTRUP P.** Comparison of activity profile during matches in Danish and Swedish premier league and matches in Nordic royal league tournament [abstract]. *J Sports Sci Med.* 2007. 6 Suppl 10; 16.
191. **RANDERS MB, ROSTGAARD T, KRUSTRUP P.** Physical match performance and yo-yo IR2 test results of successful and unsuccessful football teams in the Danish premier league [abstract]. *J Sports Sci Med.* 2007. 6 Suppl 10; 16.
192. **RANDERS MB.** Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *J Sports Sci.* 2010. 28(2); 171–182.
193. **REGNIER G, SALMELA JH, RUSSELL SJ.** Talent detection and development in sport: New York, Macmillan *In A Handbook of Research on Sports Psychology.* Edited by R. Singer, M. Murphey and L.K. Tennant. 1993. 290-313.
194. **RHEA MR, LAVINGE DM, ROBBINS P, ESTEVE-LANAO J, HULTGREN TL.** Metabolic conditioning among soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2009. 23(3); 800-806.
195. **REILLY T, THOMAS V.** A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J Hum Mov Studies.* 1976. 2; 87-97.

- 196.**REILLY T.** What Research Tells the Coach about Soccer. *DC: AAHPERD.* Washington. 1979.
- 197.**REILLY T, LEES A, DAVIDS K, MURPHY WJ.** Science and Football. *E & FN Spon.* London.1988.
- 198.**REILLY T.** Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *J Sports Sci.* 1997. 15; 257-263.
- 199.**REILLY T, WILLIAMS AM, NEVILL A, FRANKS A.** A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J Sports Sci.* 2000. 18; 695-702.
- 200.**REILLY T, BANGSBO J, FRANKS A.** Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci.* 2000. 18; 669-683.
- 201.**REILLY T, GILBOURNE D.** Science and football: a review of applied research in the football codes. *J Sports Sci.* 2003. 21; 693-705.
- 202.**REITER, ROOT.** Hormonal changes of adolescent. *Med Clins.* 1975.
- 203.**RICO-SANZ J.** Nutritional habits and body composition of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1992.
- 204.**RIENZI E, DRUST B, REILLY T, CARTER JEL, MARTIN A.**
Investigation of anthropometric and work rate profiles of elite South American international soccer players. *J Sports Med Phys Fitness.* 2000. 40(2); 162-169.
- 205.**RIGAL.** Motricité humaine. Ed Vigot. PUQ, Paris. 1985.
- 206.**RIOUX, CHAPUIS :** La cohésion de l'équipe. Ed Vrin. Paris. 1976.
- 207.**SANDERS AF.** Towards a model of stress and human performance. *Acta Psychologica.* 1983. 53; 64-97.
- 208.**SCHMID TRA.** Motor learning and performance, Ed. Vigot. Paris. 1993.
- 209.**SCHURCH P.** Perspective et limites du sport de haut niveau sous l'angle médical. *Revue Macolin.* Suisse. 1984.
- 210.**SEABRA A, MORAIS FP, JAR M, GARGANTA R.** Maturation, physique and motor performance in soccer players and sedentary controls. *University of Porto.* Portugal. 2002.
- 211.**SEMPE M.** L'auxologie : Méthodes et Séquences. *Thérapiex.* Paris. 1979.
- 212.**SHEA JB, MORGAN RL.** Contextual interference effects on the acquisition, retention, and transfert of a motor skill. *Journal of Experimental Psychology : Human Learning and Memory.* 1979. 5 ; 179-187.
- 213.**SHEPHARD RJ.** Biology and medicine of soccer: an update. *J Sports Sci.* 1999. 17; 757-786.

- 214.**SHEPPARD JM, YOUNG WB.** Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*. 2006a. 24; 919-932.
- 215.**SHEPPARD JM, YOUNG WB, DOYLE TL, SHEPPARD TA, NEWTON RU.** An evaluation of a new test of reactive agility and its Relationship to sprint speed and change of direction speed. *J Sci Med Sport*. 2006b. 9; 342-349.
- 216.**SHERAR LB, MIRWALD RL, BAXTER-JONES AD, THOMIS M.** Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *J Pediatr*. 2005. 147; 508-514.
- 217.**SCHWELLNUS MP.** Cause of exercise associated muscle cramps (EAMC) altered neuromuscular control, dehydration or electrolyte depletion? *Br J Sports Med*. 2009. 43; 401-408.
- 218.**SCHWELLNUS MP, DREW N, COLLINS M.** Increased running speed and previous cramps rather than dehydration or serum sodium changes predict exercise-associated muscle cramping: a prospective cohort study in 210 Ironman triathletes. *Br J Sports Med*. 2011. 45; 650-656.
- 219.**SILVA ASR, SANTHIAGO V, PAPOTI M, GOBATTO CA.** Psychological, biochemical and physiological responses of Brazilian soccer players during a training program. *Science et Sports*. 2008. 23; 66-72.
- 220.**SIMMONS C, PAULL GC.** Season-of-birth bias in association football. *Journal of Sports Sciences*. 2001. 19; 677–686.
- 221.**SIMONEAU JA, BOUCHARD C.** Genetic determination of fiber type proportion in human skeletal muscle. *Federation of the American Societies of Experimental Biology*. 1995.9; 1091-1095.
- 222.**SMALL K, McNAUGHTON L, GREIG M, LOVELL R.** The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medecine in Sport*. 2008. 13(1); 120-125.
- 223.**SPORIS G, RUZIC L, LEKO G.** The anaerobic endurance of elite soccer players improved after a high-intensity training intervention in the 8-week conditioning program. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2008, 22(2); 559-566.
- 224.**SPORIS G, JUKIC I, OSTOJIC SM, MILANOVIC D.** Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009. 23(7); 1947-1953.

- 225.**SPORIS G, JUKIC I, MILANOVIC L, VUCETIC V.** Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*.2010. 24(3); 679-686.
- 226.**STOLEN, CHAMARI K, CASTAGNA C, WISLØFF U.** Physiology of soccer: an update. *Sports Med*. 2005. 35; 501-536.
- 227.**STRUDWICK A, REILLY T.** Work-rate profiles of elite Premier League football players. *Insight FA Coaches Assoc J*. 2001. 59.
- 228.**STRUDWICK A, REILLY T, DORAN D.** Anthropometric and fitness profiles of elite players in two football codes. *J Sports Med phys Fitness*. 2002. 42 ; 239-242.
- 229.**SZCZESNY S.** Dynamique du développement des qualités motrices chez les élèves du cycle secondaire. *INSEP*. Paris. 1983.
- 230.**TASKIN H.** Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*.2008. 22; 1481-1486.
- 231.**TAYLOR JB, MELLALIEU SD, JAMES N, SHEARER DA.** The influence of match location, quality of opposition, and match status on technical performance in professional association football. *J Sports Sci*. 2008. 26(9); 885-895.
- 232.**TEMFEMO A, CARLING C, AHMAIDI S.** Relationship between power output, lactate, skin temperature, and muscle activity during brief repeated exercises with increasing intensity. *J Strength Cond Res*. 2011. 25 (4); 915-921.
- 233.**THATCHER R, BATTERHAM AM.** Developpement and validation of a sport-specific exercise protocol for elite youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004. 44(1); 15-22.
- 234.**THOMAS R.** La réussite sportive. *PUF*. Paris. 1975.
- 235.**THOMAS V, REILLY T.** Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br J Sports Med*. 1979. 13(3); 103-109.
- 236.**TODOROV T and al.** Norme pour l'évaluation du développement physique et de la détection des jeunes talents dans différentes disciplines sportives. *Ed.Vaproci Fyziceskata cultura*. Bulgarie. 1975.
- 237.**TOUMANIAN GS, MARTIROSOV EG.** Teloslagenie i sport (constitution et sport). Moscou. 1976.

238. **TUMILTY D.** Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med.* 1993. 16-80.
239. **TURPIN B.** Préparation et entraînement du foot balleur. *Ed. Amphora.* France. 2002.
240. **VAEYENS R, COUTTS A, PHILIPPAERTS RM.** Evaluation of the “under-21 rule”: Do young adult soccer players benefit? *J Sports Sci.* 2005a. 23(10); 1003–1012.
241. **VAEYENS R, PHILIPPAERTS RM, MALINA RM.** The relative age effect in soccer: a match-related perspective. *J Sports Sci.* 2005b. 23; 747-756.
242. **VAN GOOL D, VAN GERVEN D, BOUTMAS J.** The physiological load imposed in soccer players during match play. *Science and football.* London/ New York. 1988. 51-59.
243. **VAN PRAAGH E.** Physiologie du sport: Enfant et adolescent. *Ed. De Boek.* Bruxelles. Belgique. 2007.
244. **VANDERVAEL F.** Biométrie Humaine. *Ed. Masson.* Paris. 1980.
245. **VEALEY R.** Personality and sport: A comprehensive review. *Human Kinetics,* In *Advances in Sport Psychology*, edited by T.S. Horn. Champaign. IL. 1992. 25-59.
246. **VERHEIJEN R.** La condition physique du footballeur. *Ed. Elisma.* Pays-Bas. 1998.
247. **VIGNE G, GAUDINO C, ROGOWSKI I, ALLOATTI G, HAUTIER C.** Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med.* 2010.31; 304-310.
248. **VINCENT J, GLAMSER FD.** Gender differences in the relative age effect among US Olympic development program youth soccer players. *J Sports Sci.* 2006. 24; 405-413.
249. **VRIJENS.** Physical performance capacity and specific skills in young soccer players. *International Series on Sport Sciences. Human Kinetics.* Champaign IL. 1985.15.
250. **WALTER E.** Goal! Le football un langage universel. Eds La Cité L’age D’homme. Lausanne. 1974.
251. **WARD P, WILLIAMS AM.** Differences in perceptual skill in soccer: effects of age and expertise. *Congrès International de la SFPS.* INSEP. Paris. 2000.
252. **WEINECK J.** Manuel d’entraînement. *Ed. Vigot.* Paris. 1986.

253. **WEINECK J.** Manuel d'entraînement. *Ed. Vigot* Paris.1993.
254. **WEIR J.** Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005. 19(1); 231-240.
255. **WHITE JE and al.** Science and football. *Ed. E and F.N. Spon.* Liverpool, England.1987.
256. **WILLIAMS AM, FRANKS A.** Talent identification in soccer. *Sports Exercise and Injury.* 1998. 4; 159-165.
257. **WILLIAMS AM, REILLY T.** Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci.* 2000. 18; 657-667.
258. **WILLIAMS AM.** Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal of Sports Sciences.* 2000. 18; 737-750.
259. **WILLIAMS AM, HODGES NJ.** Practice, instruction and skill acquisition in soccer: challenging tradition. *Int J Sports Sci.* 2005. 637-650.
260. **WILMORE.** Body composition in sports and exercise: direction for future research. *M.S.S.E.* Indianapolis. 1983. 1.
261. **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; 285-288.
262. **WITHERS RT, MARICIC Z, WASILEWSKI S, KELLY L.** Match analyses of Australian Professional soccer players. *J Hum Mov Stud.* 1982. 8; 159-176.
263. **WOLANSKI.** A new method for the evaluation of teeth formation. *Acta genetic.* 1966.
264. **WONG PL, CHAOUACHI A, CHAMARI K, DELLAL A, WISLOFF U.** Effect of preseason concurrent muscular strength and high-intensity interval training in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010. 24 (3); 653-660.
265. **WORCLAV.** Croissance et maturation des jeunes sportifs : observation longitudinale. *Paediatric exercise science.* 1992.
266. **WRZOS J.** La Tactique de l'attaque. *Ed Broodcoorens Michel.* Belgique. 1984.
267. **YOUNG WB, McDOWELL MH, SCARLETT BJ.** Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2001. 15; 315-319.

268. **YOUNG WB, JAMES R, MONTGOMERY I.** Is muscle related to running speed with change of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2002. 42; 282.
269. **ZUBILLAGA A, GOROSPE G, MENDO AH, et al.** Match analysis of 2005-2006 Champions League final with Amisco system [abstract]. *J Sports Sci Med*. 2007.6 Suppl 10; 20.

Tables des illustrations

TABEAU 1 : DISTANCE TOTALE PARCOURUE (M) EN FONCTION DU SYSTEME D'ANALYSE UTILISE (CARLING ET AL, 2008)	12
TABEAU 2 : LISTE DES DIFFERENTS SYSTEMES D'ANALYSE VIDEO ET GPS UTILISES DANS L'ANALYSE DU PROFIL D'ACTIVITE ATHLETIQUE DES JOUEURS DE FOOTBALL (D'APRES CARLING ET AL, 2008)	14
TABEAU 3 : FREQUENCE, DUREE MOYENNE ET POURCENTAGE DU TEMPS PASSE AU COURS DES DIFFERENTS DEPLACEMENTS PAR MATCH POUR LES JOUEURS PROFESSIONNELS ET AMATEURS (MOHR ET AL, 2003).....	21
TABEAU 4: PERFORMANCE EN SPRINT POUR DES FOOTBALLEURS SELON DIFFERENTS AUTEURS (S)	27
TABEAU 5 : COMPARAISON DE LA DISTANCE TOTALE PARCOURUE A DIFFERENTES INTENSITES DE COURSE EN FONCTION DU POSTE DE JEU (M)	29
TABEAU 6 : DISTANCE TOTALE COUVERTE EN SITUATIONS OFFENSIVES ET DEFENSIVES A DIFFERENTES INTENSITES DE COURSE (M) (DELLAL ET AL, 2010)	31
TABEAU 7 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES EN POSSESSION DE BALLE EN FONCTION DU POSTE DE JEU (CARLING, 2010)	35
TABEAU 8 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES EN FONCTION DU CLASSEMENT FINAL (RAMPININI ET AL, 2007)	37
TABEAU 9 : COMPARAISON DE LA DISTANCE TOTALE PARCOURUE DURANT CHAQUE MI-TEMPS (M)	39
TABEAU 10: COMPARAISON DE LA DISTANCE TOTALE MOYENNE PARCOURUE EN SPRINT DURANT CHAQUE MI-TEMPS (M)	40
TABEAU 11 : COMPARAISON DE LA DISTANCE TOTALE PARCOURUE PAR MI-TEMPS EN FONCTION DU POSTE DE JEU (M).....	42
TABEAU 12 : COMPARAISON DE LA DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN SPRINT EN FONCTION DE LA MI-TEMPS ET DU POSTE DE JEU (M)	42
TABEAU 13 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES EN FONCTION DE LA MI-TEMPS (RAMPININI ET AL, 2007).....	44
TABEAU 14 : NOMBRE DE ROTATIONS ET DE CHANGEMENTS DE DIRECTION LORS D'UN MATCH EN FONCTION DU POSTE DE JEU (BLOOMFIELD ET AL, 2007)	47
TABEAU 15 : % DU TEMPS PASSE LORS DES DIFFERENTS CHANGEMENTS DE DIRECTION EN FONCTION DU TEMPS PASSE A REALISER DES ACTIONS MOTRICES RAPPORTE AU POSTE DE JEU (BLOOMFIELD ET AL, 2007)	48
TABEAU 16 : DISTANCES MOYENNES COUVERTES DURANT UN MATCH (M) (N=388).....	61
TABEAU 17 : NOMBRE MOYEN DE DEPLACEMENTS EN FONCTION DE L'INTENSITE DE COURSE (N=388).....	62
TABEAU 18 : NOMBRE MOYEN DE RECUPERATIONS APRES UNE COURSE ENTRE 16 ET 19 KM.H ⁻¹ ET AU-DESSUS DE 19KM.H ⁻¹ (N=388)	62
TABEAU 19 : TEMPS DE JEU, DISTANCES COUVERTES ET NOMBRE DE DEPLACEMENTS (SANS LES SPRINTS) DURANT UN MATCH EN FONCTION DU POSTE DE JEU (N=293) (CALCULE SEULEMENT POUR LES JOUEURS AYANT PARTICIPE AUX DEUX MI-TEMPS)	65
TABEAU 20 : NOMBRE DE PERIODE DE RECUPERATION ET DE SPRINTS DURANT UN MATCH EN FONCTION DU POSTE DE JEU (N=293) (CALCULE SEULEMENT POUR LES SUJETS AYANT PARTICIPE AUX DEUX MI-TEMPS)	67
TABEAU 21 : TEMPS DE JEU ET DISTANCES COUVERTES PAR MI-TEMPS EN FONCTION DU POSTE DE JEU (N=293) (CALCULE SEULEMENT POUR LES SUJETS AYANT PARTICIPE AUX DEUX MI-TEMPS)	68
TABEAU 22 : DISTANCE TOTALE COUVERTE DURANT UN MATCH EN FONCTION DE LA SAISON ET DU POSTE DE JEU (M.MIN-1)	91
TABEAU 23: RESULTATS MOYENS AUX TESTS (± ECARTYPE) D'AGILITE, DE VITESSE SUR 10M, DE REACTIVITE SUR 1M, A L'HEXAGON TEST, AU SAUT HORIZONTAL SANS ELAN, A LA FREQUENCE GESTUELLE, AU FLAMINGO TEST ET A LA LATERALITE (N=63).....	104

FIGURE 1 : REPRESENTATION DE TROIS SCHEMAS DE JEU LES PLUS UTILISES EN FOOTBALL MODERNE	6
FIGURE 2: DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN FONCTION DE L'INTENSITE DE COURSE (M)	25
FIGURE 3 : REPARTITION DES EFFORTS EN FONCTION DU TEMPS DE JEU (%)	25
FIGURE 4 : REPARTITION DES EFFORTS A HAUTE INTENSITE (%).....	26
FIGURE 5 : REPARTITION DES RECUPERATIONS (%).....	27
FIGURE 6 : DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN 1MT ET 2 MT SELON DIFFERENTS AUTEURS (M)	39
FIGURE 7: DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN SPRINT EN FONCTION DE LA MI-TEMPS SELON DIFFERENTS AUTEURS (M)	40
FIGURE 8: DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN 1 ERE ET 2EME MI-TEMPS (M.MIN-1)	69
FIGURE 9: DISTANCE TOTALE PARCOURUE EN FONCTION DU POSTE DE JEU (M.MIN-1)	69
FIGURE 10: NOMBRE DE DEPLACEMENTS > 16 KM.H-1 (%)	70
FIGURE 11: NOMBRE DE RECUPERATIONS (%)	70
FIGURE 12 : DISTANCES TOTALES PARCOURUES PAR L'EQUIPE EN FONCTION DES CATEGORIES DE COURSES LORS DES TROIS SAISONS (M.MIN ⁻¹).....	92
FIGURE 13: DISTANCE PARCOURUE EN FONCTION DU POSTE DE JEU DURANT TROIS SAISONS CONSECUTIVES (M.MIN-1)	92
FIGURE 14 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU PROFIL D'ACTIVITE DES JOUEURS AU COURS DES TROIS SAISONS (M.MIN-1)	93
FIGURE 15 : COMPOSANTS UNIVERSELS DE L'AGILITE (SHEPPARD, 2006)	95
FIGURE 16 : TEST D'EQUILIBRE FLAMINGO	99
FIGURE 17 : SAUT HORIZONTAL SANS ELAN	100
FIGURE 18: TEST DU TEMPS DE DEMARRAGE.....	101
FIGURE 19 : SCHEMATISATION DE L'HEXAGON TEST	102
FIGURE 20 : TESTAGILFOOT®.....	103
FIGURE 21 : RESIDUS NORMALISES.....	105
FIGURE 22 : COURBE DE REGRESSION DU TEMPS DE DEMARRAGE	106
FIGURE 23 : COURBE DE REGRESSION DE L'HEXAGON TEST	107
FIGURE 24 : COURBE DE REGRESSION DE LA VITESSE	107
FIGURE 25: TEMPS MOYENS PAR POSTE DE JEU	111
FIGURE 26: TEMPS MOYENS PAR CATEGORIE D'AGE ET NIVEAU DE PRATIQUE	111

ANNEXES

ANNEXE 1:
VIGNE G, GAUDINO C, ROGOWSKI I, ALLOATTI G, HAUTIER C. Activity profile in elite Italian soccer team. Int J Sports Med. 2010. 31; 304-310.

Activity Profile in Elite Italian Soccer Team

Authors

G. Vigne¹, C. Gaudino², I. Rogowski¹, G. Alloatti³, C. Hautier¹

Affiliations

Affiliation addresses are listed at the end of the article

Key words

- football
- time and motion analysis
- match performance
- activity profile

Abstract

The purpose of this study was to analyse the activity profile of players in a top-class team in the Italian national football league over the course of a season ($n=388$). The effect of playing position and the two halves on the number and duration of short, intense bursts of effort and recovery phases was studied. The main results show that midfielders cover significantly more distance than players in other positions ($p<0.001$). For midfielders, the number of displacements of 2–40 m and the number of sprints

covering between 2 and 9 m and between 30 and 40 m are considerably greater than for other positions ($p<0.05$). The distances covered in the second half compared to the first half are significantly lower for all categories of run ($p<0.05$). In the second half, the distance covered at very high intensity is significantly lower ($p<0.01$), whilst the number of recovery times greater than 120 s increases significantly compared to the first half ($p<0.01$). This study provides data which could be used as a basis for the work of scientists as well as football professionals.

Introduction

Over the last twenty years, scientific interest in football has grown considerably. In order to gain a greater knowledge and information on football, it seemed necessary to analyse the periods of activity during a match [4, 5, 7, 8, 14]. The understanding of the various sequences of play performed by players seeks to improve training methods by favouring individualised physical workouts and techniques and to evaluate the workload during a match [6]. The analysis of match effort also aims to allow fine modelling of the activity in order to assess the effect of the playing position, to adapt the content of training sessions, and to measure the effect of fatigue for the purpose of improving the athletic preparation of players and guiding tactical choices [3, 9–11]. Football is characterised as an intermittent activity with brief bursts of intense effort [15, 16]. During a match, each player performs from 1000–1400 actions with a short duration. Sprints, whose duration is equivalent to 2–4 s, are repeated approximately every 90 s [15]. It is widely accepted that these anaerobic efforts constitute an important key to success in sport

[1, 13]. Mohr et al. [11] have shown that a player performs between 150 and 250 brief, intense actions during a match, and that the number of actions of this type increases with level of play and varies over the course of a season according to the phase of the competition. This author has also shown that a player's position has a significant effect on the number of sprints performed during a match. The players performing the greatest number of sprints are the left and right backs (defenders) and the forwards, whilst the centre backs perform the smallest number of sprints [12].

Certain data are still lacking or require further investigation on a very high-level homogeneous population. The most interesting recent results were obtained from several teams over a season, where each team had its own formation [5, 7, 14]. Consequently, although the distances calculated, the number of actions performed and the recovery times make it possible to model top-class football from an overall point of view, they are not representative of the style of play of a homogeneous team. This analysis was carried out over thirty home matches in order to highlight the effect of the tactical plan and to minimise the effect of the opposing team. Moreover, the analy-

accepted after revision
January 11, 2010

Bibliography

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0030-1248320>
Published online:
March 18, 2010
Int J Sports Med 2010; 31:
304–310 © Georg Thieme
Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 0172-4622

Correspondence

Dr. Christophe Hautier
Centre de Recherche et
d'Innovation
Sur le Sport
Université de Lyon
Université Lyon 1
27–29 bd du 11 nov 1918
69100 Villeurbanne
France
Tel.: +33/472432848
Fax: +33/472432830
Christophe.hautier@univ-lyon1.fr

sis of the effort model is refined by an analysis carried out according to playing position.

Recent analyses have also examined the effects of fatigue on the number and quality of bursts of effort performed in the second half compared to the first half. These studies show a decrease in the number of brief, intense bursts of effort in the second half [7, 12]. These very interesting studies quite rightly interpret this decrease in the number of actions as a significant effect of fatigue. According to Mohr et al. [12], the performance slump periods during a match are caused by an accumulation of extracellular potassium and to electrical disorders within the muscular cell. This author also explains the performance slump at the end of a match by a depletion of muscular glycogen of the Type I and IIa fibres, as well as hyperthermia due to dehydration experienced by players during a match. To our knowledge, no study has attempted to eliminate the effect of player substitutions on these variables. Players may leave the pitch following an injury or a slump in performance, to be replaced by players who are more rested. Consequently, the difference between the first and second halves is minimised because the new player is likely to perform as many sprints as someone at the start of the first half. Moreover, we believe that the loss in performance capacity between first and second halves could be revealed through an analysis of recovery times taken by players following intense actions. This type of information is not currently found in the literature, even though it is likely to change the physical training to specific sprint times and recovery times quite significantly. An analysis of effort density during a match and according to the half is therefore an original objective, which should provide better guidance for the training of top-level players. That is why the primary objective of this study was to supplement our knowledge by analysing the effort model of an international-level Italian team, characterised by a 4-4-2 formation.

This study had two main objectives. The first was to analyse the effect of the playing position on the effort profile in high-level football, using a top-ranking Italian league team. The second was to compare intense bursts of effort and recovery times in the first and second halves of the match to analyse the possible performance decrease within the match.

Methods

The study was carried out over 30 home matches of a top-level Italian professional club in the 2004–2005 season, of which 20 were Serie A fixtures, six were Champions League matches, and four were Italian Cup matches. Twenty-five players participated in this study ($n=293$), including nine defenders ($n=121$), eleven midfielders ($n=111$), and five forwards ($n=61$). Goalkeepers were not included in the study. The mean height of the players was 181.74 ± 7.10 cm, and their mean mass was 79.71 ± 9.65 kg. In these matches, the team being studied had eighteen wins, nine draws and three losses. It finished the season near the top of the league table. The matches were analysed using the SICS multi-camera match analysis system. As stated by Rampinini et al. [14], the criteria for determining these conditions was based upon the reliability of the video match-analysis system SICS (Bassano del Grappa, Italy).

Effort was modelled as five different intensities: walking (<5 km. h^{-1}), jogging ($5\text{--}13$ km. h^{-1}), speed below the anaerobic threshold ($13\text{--}16$ km. h^{-1}), speed above the anaerobic threshold ($16\text{--}19$ km. h^{-1}), and sprint (>19 km. h^{-1}). Running intensities were

determined taking the athletes' characteristics into consideration. Individual maximal aerobic velocity and speed at anaerobic threshold were evaluated at the beginning of the season using the Conconi's Test.

The distance covered at each speed was calculated for the first half and second half. The number of displacements exceeding 2 m carried out above the anaerobic threshold ($16\text{--}19$ km. h^{-1}) and at a sprint (>19 km. h^{-1}), and the number of recovery periods of at least 2 sec, were measured. The recovery time represents all the phases during which players are standing, walking or jogging (under 13 km. h^{-1}), velocity under aerobic threshold. The length of recovery times after bursts of effort was measured and allocated to the following categories: 2–9 s, 10–30 s, 30–60 s, 60–120 s, and >120 s. Running distances were chosen in reference to literature [1, 5, 7, 11, 14] and recovery durations were chosen in reference to training methods and literature [2].

Statistical analysis

The data presented include values for all players who participated in at least one match during the season. For the purpose of obtaining uniform results, action distance values were normalised according to the amount of match time played.

Mean values and standard deviations are given for all variables studied. Before using parametric statistical test procedures, the assumptions of normality and sphericity were verified. With regard to variables calculated for the total duration of the match, the effect of playing position was determined by a one-way analysis of variance with repeated measure (ANOVA). Where the effect of playing position was significant, the origin of the difference was determined by Bonferroni's post hoc test. For all statistical tests, the significance threshold was set at $p \leq 0.05$. All tests were carried out using SPSS software, version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Results

Overall analysis of match and playing position

The mean playing time for a match was 73.62 ± 29.4 min. This was calculated on the basis of all players who participated in the match. In the first half, players played an average of 45.5 ± 3.68 min, compared to 43.76 ± 10.62 min in the second half. These two playing times are calculated only for players who participated in the first and second halves. The average total distance covered by players irrespective of playing position was 8929.84 ± 3514.7 m. The subjects covered an average of 121.82 ± 9.57 m. min^{-1} overall (taking all intensities into account). The various distances covered according to intensity are shown in **Table 1**.

Ninety-three percent of high-intensity displacements were between 2 and 19 m (**Table 2**). These sprints corresponded to a mean effort duration between 2 and 4 s. Eighty-six percent of recovery times were between 2 and 60 s (**Table 3**).

Because maximal aerobic capacity, speed at anaerobic threshold and activity profiles were not significantly different between central and lateral defenders in the present study, the data of these subjects were grouped together.

ANOVA showed that the playing position had significant influence on the time played ($p < 0.001/F = 9.76$), the total distance covered ($p < 0.001/F = 8.442$), the walking ($p = 0.004/F = 5.48$), the jogging ($p < 0.001/F = 16.88$), the running intensities between $13\text{--}16$ km. h^{-1} ($p < 0.001/F = 29.50$) and $16\text{--}19$ km. h^{-1} ($p < 0.001/F = 21.47$), the recovery times per minute from 10–30 s

Table 1 Mean distances covered during matches (m) (n = 388).

	Total			Distances covered			Second half		
	/playing time	distance/minute	%	/playing time	distance/minute	%	/playing time	distance/minute	%
total	8929.84 ± 3514.70	121.82 ± 9.57	100	5642.31 ± 626.87**	124.15 ± 12.43	100	4995.41 ± 1156.61	114.94 ± 15.04	100
walking	3477.86 ± 1433.41	46.85 ± 3.85	38.95	2134.03 ± 258.58***	46.97 ± 4.67	37.82	2046.96 ± 520.52	46.92 ± 5.61	40.98
jogging	2631.19 ± 1097.98	35.65 ± 5.63	29.47	1638.40 ± 305.26***	36.00 ± 8.48	29.04	1445.00 ± 269.22	33.24 ± 8.10	28.93
13–16 km.h ⁻¹	1192.02 ± 478.22	16.40 ± 3.08	13.35	788.26 ± 175.64***	17.34 ± 3.62	13.97	641.50 ± 204.42	14.80 ± 3.55	12.84
16–19 km.h ⁻¹	750.65 ± 314.14	10.51 ± 2.48	8.41	498.68 ± 127.09***	11.04 ± 2.93	8.84	398.33 ± 137.87	9.21 ± 2.61	7.97
> 19 km.h ⁻¹	878.13 ± 433.2	12.4 ± 4.05	9.83	582.94 ± 208.93***	12.8 ± 4.48	10.33	463.62 ± 195.5	10.77 ± 4.2	9.28

Significant difference between first and second half, *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001

Table 2 Average number of displacements according to running intensity (n = 388).

	Number of displacements		Total	
	16–19 km.h ⁻¹	> 19 km.h ⁻¹		%
total	97.01	80.95	177.96	100
2–4 m	43.32	25.79	69.11	38.83
5–9 m	41.02	24.85	65.87	37.01
10–19 m	11.23	19.47	30.7	17.25
20–29 m	1.25	6.69	7.94	4.46
30–39 m	0.16	2.52	2.68	1.51
> 40 m	0.02	1.63	1.65	0.93

Table 3 Average number of recovery periods after a run between 16 and 19 km.h⁻¹ and above 19 km.h⁻¹ (n = 388).

	Number of recovery periods	%
total	145.39	100
2–9 s	57.16	39.31
10–30 s	40.28	27.70
30–60 s	28.16	19.37
60–120 s	16.13	11.09
> 120 s	3.66	2.52

(p=0.004/F=5.73), from 30–60 s (p<0.01/F=9.87) and above 120 s (p=0.012/F=4.48), the total number of displacements without sprint (p<0.001/F=18.376), the number of displacements for distances of 2–4 m without sprint (p<0.001/F=12.18), of 5–9 m without sprint (p<0.001/F=17.45), of 10–19 m without sprint (p<0.001/F=20.50), of 20–29 m without sprint (p<0.001/F=11.91) and of 30–39 m without sprint (p=0.01/F=4.66). The post hoc tests revealed that the defenders had greater playing time than other positions: 82.92 ± 24.83 min, compared to 70.8 ± 31.6 min for midfielders (p=0.002) and 67.14 ± 31.77 for forwards (p<0.001). • **Table 4** shows that midfielders covered more distance per minute than defenders and forwards (129.01 ± 9.8 m.min⁻¹ compared to 118.37 ± 12.03 (p<0.001) and 115.38 ± 6.89 (p<0.001). For running intensities of between 13 and 19 km.h⁻¹, defenders covered a greater distance than forwards (p<0.001) but less than midfielders (p<0.001) (• **Table 4**). With regard to recovery times, there is little difference between the different playing positions. Midfielders have more recovery times per minute from 10–30 s (p<0.05) and from 30–60 s (p<0.01) than defenders. Defenders, on the other hand, have more recovery times per minute above 120 s than midfielders (p<0.01) (0.12 recovery.min⁻¹ corresponding to one 120 s recovery period every 8 min 20 s). Concerning the total number of displacements without sprint at all intensities, midfielders perform more displacements than other positions for distances of 2–40 m (p<0.01). We noted the same trend for the number of sprints performed from 2–9 m and from 30–40 m (p<0.05) (• **Table 5**). Forwards perform the smallest number of displacements per minute (p<0.001), and cover the greatest distance at a walk per minute compared to other types of players (p<0.001). In general, forwards run significantly less than other players for intensities from jogging to 19 km.h⁻¹ (p<0.001).

Half-by-half analysis

ANOVA showed that the playing-half had significant influence on the total distance covered (p<0.001/F=64592), the walking

Table 4 Playing time, distance covered and number of displacements (without sprint) during a match according to playing position (n = 293) (Calculated only for the subjects who performed the two periods).

		Absolute	Total /Minutes	%
playing time (min)	defenders	82.92 ± 24.83 + + +		
	midfielders	70.8 ± 31.6 ***		
	forwards	67.14 ± 31.77 *** + + +		
total (m)	defenders	9698.76 ± 2901.48	118.37 ± 12.03 + + +	
	midfielders	8943.00 ± 3992.23	129.01 ± 9.8 ***	
	forwards	7733.77 ± 3650.38 *** +	115.38 ± 6.89 + + +	
walking (m)	defenders	3791.45 ± 1171.63 + +	45.66 ± 3.51	38.57
	midfielders	3226.82 ± 1481.54 **	45.69 ± 3.37	35.42
	forwards	3409.89 ± 1647.06	50.56 ± 4.68 *** + + +	43.82
jogging (m)	defenders	2914.10 ± 945.56	35.48 ± 5.47 + + +	29.97
	midfielders	2712.16 ± 1276.57	38.62 ± 4.88 ***	29.94
	forwards	2066.46 ± 1071.80 *** + + +	31.1 ± 6.53 *** + + +	26.95
13–16 km.h ⁻¹ (m)	defenders	1299.72 ± 422.47	16.12 ± 3.58 + + +	13.62
	midfielders	1301.25 ± 594.96	18.94 ± 3.31 ***	14.68
	forwards	848.65 ± 417.22 *** + + +	12.71 ± 2.35 *** + + +	11.02
16–19 km.h ⁻¹ (m)	defenders	791.34 ± 286.91	9.82 ± 2.66 + + +	8.30
	midfielders	827.48 ± 376.81	12.37 ± 2.97 ***	9.59
	forwards	562.70 ± 278.69 *** + + +	8.53 ± 1.8 ** + + +	7.39
> 19 km.h ⁻¹ (m)	defenders	902.15 ± 406.09	11.29 ± 4.44 + + +	9.54
	midfielders	875.29 ± 438.64	13.39 ± 4.73 ***	10.38
	forwards	846.07 ± 454.86	12.49 ± 2.98	10.83
number of displacements from 2–4 m	defenders	45.00 ± 17.83	0.58 ± 0.28 + + +	
	midfielders	47.13 ± 23.56	0.69 ± 0.21 ***	
	forwards	34.54 ± 17.62 *** + + +	0.52 ± 0.15 + + +	
number of displacements from 5–9 m	defenders	43.63 ± 16.83	0.54 ± 0.15 + + +	
	midfielders	44.56 ± 21.00	0.67 ± 0.21 ***	
	forwards	31.24 ± 16.31 *** + + +	0.47 ± 0.13 * + + +	
number of displacements from 10–19 m	defenders	11.79 ± 5.70	0.14 ± 0.06 + + +	
	midfielders	12.77 ± 6.93	0.19 ± 0.08 ***	
	forwards	7.87 ± 4.67 *** + + +	0.12 ± 0.06 + + +	
number of displacements from 20–29 m	defenders	1.29 ± 1.32	0.02 ± 0.03	
	midfielders	1.55 ± 1.57	0.02 ± 0.03	
	forwards	0.69 ± 0.90 * + + +	0.01 ± 0.02 + + +	
number of displacements from 30–39 m	defenders	0.17 ± 0.41	0.002 ± 0.005	
	midfielders	0.21 ± 0.53	0.003 ± 0.01	
	forwards	0.04 ± 0.21 + +	0.0006 ± 0.003 +	
number of displacements > 40 m	defenders	0.01 ± 0.09		
	midfielders	0.05 ± 0.43		
	forwards	0.01 ± 0.11		
total number of displacements	defenders	101.89 ± 36.97	1.27 ± 0.4 + + +	
	midfielders	106.28 ± 49.28	1.58 ± 0.39 ***	
	forwards	74.40 ± 36.25 *** + + +	1.13 ± 0.23 *** + + +	

Different from defenders, *p < 0.05; **p < 0.01; ***p < 0.001

Different from midfielders, +p < 0.05; ++p < 0.01; +++p < 0.001

(p = 0.001/F = 10.32), the jogging (p < 0.001/F = 10.688), the running intensities between 13–16 km.h⁻¹ (p < 0.001/F = 127.09), 16–19 km.h⁻¹ (p < 0.001/F = 124.43), the total sprint distance (p < 0.001/F = 72.6), the recovery times from 2–9 s (p < 0.001/F = 29.32), from 10–30 s (p < 0.001/F = 69.55), from 30–60 s (p = 0.001/F = 76.53), from 60–120 s (p < 0.001/F = 13.99) and above 120 s (p < 0.001/F = 23.05). The post hoc tests revealed that the total distance covered in the second half is significantly lower than the distance covered in the first half. The distance covered at the different running speeds is significantly lower in the second half. Conversely, the distance covered by walking is greater in the second half than the first (► Table 6).

We observed a significant decrease in the number of recovery times below 60 s in the second half (p < 0.05). For longer durations, however, there is no difference between the first half and

the second half, except for those in excess of 120 s, which increase significantly in the second half (p < 0.01).

There is a position/half interaction effect for two categories only: walking (p = 0.001/F = 6.75) and distance covered at 13–16 km.h⁻¹ (p = 0.027/F = 3.66). Forwards cover significantly more walking distance in the second half (p < 0.01).

Discussion

Overall analysis

The purpose of this study was to quantify the activity of players playing in different positions and to analyse the differences between the two halves on the effort profile in each category. The study includes 25 players in three categories belonging to the professional contingent of a top-class Italian league club in

Table 5 Number of recovery periods and sprint during a match according to playing position (n = 293) (Calculated only for the subjects who performed the two periods).

		Total	
		Absolute	/Minutes
number of recovery periods from 2–9 s	defenders	21.92 ± 19.20	0.29 ± 0.27 + +
	midfielders	24.34 ± 14.77	0.38 ± 0.25 **
	forwards	17.76 ± 23.51 +	0.26 ± 0.25 + +
number of recovery periods from 10–30 s	defenders	19.17 ± 12.32	0.24 ± 0.15 + +
	midfielders	19.99 ± 11.67	0.31 ± 0.16 **
	forwards	16.73 ± 11.21	0.24 ± 0.11 + +
number of recovery periods from 30–60 s	defenders	18.05 ± 8.87	0.22 ± 0.09 + + +
	midfielders	18.95 ± 10.53	0.28 ± 0.13 ***
	forwards	16.56 ± 10.20	0.24 ± 0.1 +
number of recovery periods from 60–120 s	defenders	17.62 ± 6.97	0.21 ± 0.06
	midfielders	15.93 ± 7.99	0.22 ± 0.07
	forwards	14.89 ± 7.97 *	0.22 ± 0.07
number of recovery periods > 120 s	defenders	10.14 ± 4.71 + + +	0.12 ± 0.05 + +
	midfielders	7.42 ± 4.69 ***	0.1 ± 0.05 **
	forwards	7.95 ± 4.79 **	0.11 ± 0.05
number of sprints from 2–4 m	defenders	27.10 ± 17.79	0.34 ± 0.19 + +
	midfielders	27.50 ± 15.57	0.41 ± 0.19 **
	forwards	20.99 ± 20.29 * +	0.3 ± 0.2 + + +
number of sprints from 5–9 m	defenders	24.93 ± 12.90	0.31 ± 0.16 + + +
	midfielders	26.64 ± 14.56	0.4 ± 0.17 ***
	forwards	21.78 ± 13.33 +	0.32 ± 0.11 + + +
number of sprints from 10–19 m	defenders	19.77 ± 8.96	0.25 ± 0.11 + +
	midfielders	19.86 ± 11.07	0.3 ± 0.13 **
	forwards	18.40 ± 10.31	0.27 ± 0.1
number of sprints from 20–29 m	defenders	6.93 ± 4.05	0.09 ± 0.05
	midfielders	6.46 ± 4.44	0.1 ± 0.08
	forwards	6.68 ± 3.84	0.1 ± 0.04
number of sprints from 30–39 m	defenders	2.69 ± 2.09	0.03 ± 0.03
	midfielders	2.20 ± 1.81	0.03 ± 0.04
	forwards	2.78 ± 1.99	0.04 ± 0.03
number of sprints from > 40 m	defenders	1.66 ± 1.57	0.02 ± 0.02
	midfielders	1.42 ± 1.33	0.02 ± 0.03
	forwards	1.92 ± 1.54 +	0.03 ± 0.02 *
total number of sprints	defenders	83.08 ± 38.49	1.04 ± 0.42 + + +
	midfielders	84.09 ± 42.25	1.26 ± 0.42 ***
	forwards	72.55 ± 43.73	1.06 ± 0.32 + + +

Different from defenders, * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

Different from midfielders, + p < 0.05; + + p < 0.01; + + + p < 0.001

the 2004–2005 season. The results were obtained from 30 national or international matches. The mean distance covered by players irrespective of position was $121.82 \pm 9.57 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, equivalent to an average of 10964 m for a 90 min match. These results are comparable to the 10800 m distance covered, as reported by Bangsbo et al. [1] In this study, the distances covered were recorded in five categories according to intensity. In the present study, the total distance covered in a match consisted of 38.9% walking ($3477 \pm 1433 \text{ m}$), 29.5% jogging ($2631 \pm 1097 \text{ m}$), 13.3% running between 13 and $16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($1192 \pm 478 \text{ m}$), 8.4% running between 16 and $19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ($750 \pm 314 \text{ m}$), and 9.8% sprinting ($878 \pm 433 \text{ m}$). Although the intensities vary slightly according to different authors and different studies, our results appear to be comparable to those of Di Salvo [7].

Football is an intermittent sport involving brief, intense bursts of effort which seem to be the key to success in sport. In our study, 93% of high-intensity displacements are between 2 and 19 m. Given the duration of each sprint and the number of sprints, we can determine that the mean duration of effort is 2.2 s (Table 2). Eighty-six percent of recovery times were between 2 and 60 s. In most of the cases, the recovery times follow the highest sprint

distances. From the duration and number of recovery periods, the mean recovery time can be calculated: 18 s (Table 3). In 90% of the cases, the intermittent effort profile is therefore 2.2 s/18 s, which corresponds to a work/recovery ratio of 1/8. This ratio, could be very interesting to optimise physical preparation in football, i.e. a part of intermittent work should be designed in order to reproduce this work to rest ratio.

Differences between first and second halves

In the literature, the effect of the playing-half on the average total distance covered is not significant [5,7]. When examining the different categories more closely, however, the authors note a significant increase in distances covered walking and at low intensity [5,7]. Indeed, recent studies have shown that the amount of both high-intensity running and sprinting declines as a soccer match progresses. However, Di Salvo et al. [7] reported just the opposite. These differences can be explained by fatigue, calculation, or team result. In our study, we observed a significant influence of the half on the distance covered per minute at a running intensity between 13 and $19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, on the sprinting distance, and on the number of recovery periods ($p < 0.05$)

Table 6 Playing time and distance covered per half match according to playing position (n = 293) (Calculated only for the subjects who performed the two periods).

		First half		Second half	
		Absolute	/Minutes	Absolute	/Minutes
playing time (min)	defenders	45.59 ± 3.2		46.07 ± 8.8+	
	midfielders	45.61 ± 2.87		42.08 ± 11.29*	
	forwards	45.29 ± 5.51		42.23 ± 11.93*	
total distance (m)	defenders	5582.07 ± 992.36	119.36 ± 22.06	5026.54 ± 1182.32	111.98 ± 21.76
	midfielders	5982.69 ± 951.87	130.24 ± 17.57	4659.02 ± 1356.28	121.87 ± 26.02
	forwards	5427.31 ± 1056.78	122.48 ± 25.12	4637.63 ± 1308.1	109.81 ± 20.21
walking (m)	defenders	2085.98 ± 219.92	45.75 ± 3.55	2108.6 ± 436.06	45.69 ± 4.2
	midfielders	2079.91 ± 175.6	45.63 ± 2.81	1945.46 ± 527.54	46.76 ± 7.08
	forwards	2327.81 ± 351.97* + + +	51.82 ± 6.02*** + + +	2109.36 ± 630.4	49.67 ± 3.91
jogging (m)	defenders	1654.71 ± 308.29	36.30 ± 8.49	1549.40 ± 288.67	33.63 ± 8.58
	midfielders	1810.80 ± 337.38	39.70 ± 8.50	1543.24 ± 287.53	36.67 ± 7.84
	forwards	1449.69 ± 270.10	32.01 ± 8.44	1242.37 ± 231.47	29.42 ± 7.87
13–16 km.h ⁻¹ (m)	defenders	770.65 ± 133.88 + + +	16.92 ± 2.7 + + +	657.15 ± 177.48	14.28 ± 2.89
	midfielders	903.81 ± 139.73***	19.82 ± 2.82***	705.96 ± 219.29	16.88 ± 3.46
	forwards	612.94 ± 147.5*** + + +	13.66 ± 3*** + + +	493.18 ± 147.16	12.04 ± 2.57
16–19 km.h ⁻¹ (m)	defenders	472.05 ± 115.66 + + +	10.39 ± 2.55 + + +	395.35 ± 131.63	8.54 ± 2.41
	midfielders	579.56 ± 108.44***	12.74 ± 2.38***	441.51 ± 138.3	10.65 ± 2.38
	forwards	404.31 ± 87.74*** + + +	9.22 ± 2.96* + + +	325.66 ± 118.13	7.88 ± 2.15
> 19 km.h ⁻¹ (m)	defenders	533.99 ± 219.64	11.75 ± 4.77 + +	455.75 ± 204.43	9.88 ± 4
	midfielders	610.69 ± 188.78	13.4 ± 4.07**	464.3 ± 195.66	11.37 ± 4.78
	forwards	629.54 ± 205.29	13.8 ± 4.2**	478 ± 178.6	11.43 ± 3.05
Number of recovery periods from 2–9 s	defenders	14.28 ± 16.93	0.31 ± 0.37 +	9.79 ± 7.32	0.22 ± 0.15
	midfielders	17.94 ± 8.86	0.39 ± 0.19*	11.84 ± 7.11	0.28 ± 0.17
	forwards	15.07 ± 26.14	0.33 ± 0.57	8.38 ± 5.05	0.2 ± 0.1
Number of recovery periods from 10–30 s	defenders	12.07 ± 8.53 +	0.27 ± 0.19 + +	9.04 ± 6.26	0.2 ± 0.13
	midfielders	14.84 ± 6.71*	0.33 ± 0.15**	9.69 ± 5.79	0.24 ± 0.17
	forwards	13.57 ± 7.7	0.29 ± 0.17	8.48 ± 5.42	0.2 ± 0.11
Number of recovery periods from 30–60 s	defenders	11.16 ± 5.02 + +	0.24 ± 0.11 + + +	8.62 ± 4.5	0.19 ± 0.09
	midfielders	13.52 ± 5.3**	0.3 ± 0.11***	9.86 ± 5.23	0.24 ± 0.12
	forwards	12.67 ± 5	0.27 ± 0.11	9.15 ± 5.1	0.21 ± 0.11
Number of recovery periods from 60–120 s	defenders	9.88 ± 3.37	0.22 ± 0.07	9.56 ± 3.91	0.21 ± 0.08
	midfielders	10.38 ± 2.74	0.23 ± 0.06	9.49 ± 3.6	0.23 ± 0.07
	forwards	10.75 ± 3	0.24 ± 0.08	8.75 ± 3.38	0.21 ± 0.07
Number of recovery periods > 120 s	defenders	5.14 ± 2.37 + + +	0.11 ± 0.05 +	6.12 ± 2.5	0.13 ± 0.05
	midfielders	4.37 ± 2.18***	0.1 ± 0.05*	4.99 ± 2.43	0.11 ± 0.05
	forwards	4.75 ± 1.98	0.1 ± 0.04	5.7 ± 2.47	0.14 ± 0.07

Different from defenders, * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

Different from midfielders, + p < 0.05; + + p < 0.01; + + + p < 0.001

(Table 6). Whatever the running speed, we observed a decrease in the distance covered between the first half and the second half, as well as a decrease in the number of recovery periods between 2 and 120 s ($p < 0.05$). On the other hand, there was an increase in the number of recovery periods above 120 s ($p < 0.01$) in the second half. In agreement with Mohr et al. [11], the last 15 min of play in the second half seem to be linked to a state of advanced fatigue, which would explain the increased number of recovery periods in excess of 120 s. The effect of the half on the various results is significant only when distances are expressed per minute of play. When distances are analysed in terms of raw values, however, as in previous studies, there is no significant difference between the first half and second half. This could be explained by the effect of substitutes on the distance covered in the second half. An incoming substitute would be able to cover large running distances even in the second half, and in an overall analysis of a match, this masks the real difference between the two halves on the performance of team members who have played the entire match. Thus, and in accordance with our study, Burgess [5] obtains significant differences between the first and second halves when values are normalised per minute of play.

He notes that the occurrence of actions per minute is 11% greater in the first half than the second half.

Effect of position

Over an entire match, defenders have more playing time than other players (83 min, compared to 71 for midfielders and 67 for forwards). These differences are seen mainly in the second half. Playing time is not significantly different in the first half, contrary to the second half ($p < 0.05$). Defenders play an average of 46.07 min in the second half, compared to 42.08 for midfielders and 42.23 for forwards. The effort profile of a defender consists of 38.57% walking, 29.97% jogging, 13.62% running between 13 and 16 km.h⁻¹, 8.30% effort between 16 and 19 km.h⁻¹, and 9.54% sprinting.

Midfielders cover significantly more distance than other players (129 m.min⁻¹ compared to 118 for defenders and 115 for forwards) ($p < 0.001$). The effort profile of a midfielder consists of 35.42% walking, 29.94% jogging, 14.68% running between 13 and 16 km.h⁻¹, 9.59% effort between 16 and 19 km.h⁻¹, and 10.38% sprinting. The effect of this position is highlighted in many scientific sources [1, 5, 7, 10, 14]. These values, which are

higher than those for other positions, are explained by the dual role of midfielders, who participate in both offensive and defensive sequences of play.

Forwards cover the least distance in a match compared to other types of players, for both medium- and high-intensity actions. On the other hand, forwards cover a greater walking distance than other players. The effort profile of a forward consists of 43.82% walking, 26.95% jogging, 11.02% running between 13 and 16 km.h⁻¹, 7.39% effort between 16 and 19 km.h⁻¹, and 10.83% sprinting. Looking at the effort profile of forwards, we see that sprints account for a greater proportion than for other positions. Few injuries were observed during this season. Consequently, the playing time of forwards and midfielders can be explained by tactical choices according to changes in the score. A team which is leading will tend to take a forward out and replace him with a midfielder or defender. A defender, on the other hand, is far more rarely replaced. Whatever the score of the match, it will be a case of maintaining the result or preventing the gap from increasing to have a chance of equalising.

Concerning the recovery profile of players, we see no difference with regard to the distribution of recovery periods according to position. They are used homogeneously by players, and each recovery category established according to duration represents approximately 20% of the total number of recovery periods. After establishing a distance/recovery ratio for intermittent work, the quality of recovery (passive, semi-active, or active) could improve the physiological impact of this type of work and make it possible to individualise it according to the position of a player. It can be hypothesized that 4-4-2 formation had an influence on the distance and the time of work or rest during the match. For example, we believe that in a 4-3-3 formation midfielders and defenders would perform more distance during the attack phases of the game, and inversely for the other players.

Conclusion

The objective of this study was to analyse the effect of playing position on the effort profile of top-class Italian league players within a team over the course of a season and to study the differences between the two halves on the brief, intense bursts of effort associated with changes in the duration of recovery periods. In terms of the overall analysis, our study shows that in 90% of cases, the intermittent effort profile is 2.2s/18s. This allows us to calculate a work/recovery ratio of 1/8. This observation points to a development of intermittent work at a supramaximal intensity in football such as to approach competition conditions as closely as possible. The establishment of the effort profile according to position allows a more precise analysis of a player's activity and therefore allows to adapt training sessions according to the requirements of the activity. In this study, we note a significant effect of the playing-half and the playing position on the development of fatigue when the variables studied are normalised per minute of playing time.

In a future study, it would be of interest to perform a longitudinal study of the changes in the various parameters during the season in order to analyse the periods corresponding to a state of major fatigue or overtraining in certain subjects.

Acknowledgements

The authors would like to thank the medical soccer team staff and Roberta Macchi for their collaboration.

Affiliations

¹ Centre de recherche et d'Innovation sur le Sport, Université de Lyon, Université Lyon 1, France

² Internazionale Football Club, Milano, Italy

³ SUISM, Fisiologia – Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università de Torino, Italy

References

- 1 Bangsbo J, Nørregaard L, Thorsø F. Activity profile of competition soccer. *Can J Sport Sci* 1991; 16: 110–116
- 2 Bangsbo J. Physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand* 1994; 151 (suppl 619): 1–155
- 3 Bangsbo J, Michalsik L. Assessment and Physiological Capacity of Elite Soccer Players. In: Spinks W, Reilly T, Murphy A (eds). *Science and Football IV*. London: Routledge; 2002; 53–62
- 4 Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 2006; 24: 665–674
- 5 Burgess DJ, Naughton G, Norton KI. Profile of movement demands of national football players in Australia. *J Sci Med Sport* 2006; 93: 1–8
- 6 Dawson B, Hopkinson R, Appleby B, Stewart G, Roberts C. Comparison of training activities and game demands in the Australian Football League. *J Sci Med Sport* 2004; 7: 292–301
- 7 Di Salvo V, Baron R, Tschann H, Calderon Montero FJ, Bachl N, Pigozzi F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 2007; 28: 222–227
- 8 Edgecomb SJ, Norton KI. Comparison of global positioning and computer-based tracking systems for measuring player movement distance during Australian football. *J Sci Med Sport* 2006; 9: 25–32
- 9 Eniseler N. Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *J Strength Cond Res* 2005; 19: 799–804
- 10 Krstrup 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: 1165–1174
- 11 Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 2003; 21: 519–528
- 12 Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Fatigue in soccer: A brief review. *J Sports Sci* 2005; 23: 593–599
- 13 Rampinini E, Bishop D, Marcora SM, Ferrari Bravo D, Sassi R, Impellizzeri FM. Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *Int J Sports Med* 2006; 28: 228–235
- 14 Rampinini E, Impellizzeri FM, Castagna C, Coutts AJ, Wisloff U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport* 2009; 12: 227–233
- 15 Stølen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. Physiology of soccer: an update. *Sports Med* 2005; 35: 501–536
- 16 Tumilty D. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med* 1993; 16: 80–96

ANNEXE 2:
VIGNE G, GAUDINO C, DELLAL A,
ROGOWSKI I, ALLOATTI G, WONG
DP, OWEN A, HAUTIER C. Physical
outcome in a successful Italian Serie-A
soccer Team over 3 consecutive seasons .
J Strenght Cond Res. Submitted.

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the physical performance of a successful Serie-A team over 3 consecutive seasons. Twenty-five players participated in the study (28.1 ± 3.8 years; 79.7 ± 9.7 kg; 181.7 ± 7.0 cm) and were classified into three playing positions: defenders ($n=9$), midfielders ($n=11$), and forwards ($n=5$). The player's match activities were monitored by a multiple-camera match analysis SICS® system (Bassano del Grappa, Italy) during all the competitive Italian Serie A games played at home ($n=90$) during 3-consecutive seasons (first: 2004/2005, second: 2005/2006, and third: 2006/2007). Total team ball possession and total distance covered in walking ($<5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$), low-intensity running ($5-13 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, LIR), moderate-intensity running ($>13-16 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, MIR), high-intensity running ($>16-19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, HIR) and very high-intensity running ($>19 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, VHIR) were examined. In addition, the number of points accumulated at home and the final ranking at home team were considered. Results showed that the total ball possession (52.1%, 53.2% and 54.9%) and the number of points accumulated at home (40, 49 and 48) improved over the three seasons while the final ranking at home were stable (2nd, 2nd and 1st). Distances covered per minute of play were significantly different between first ($118.32 \pm 6.69 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) and second ($116.26 \pm 6.82 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $P < 0.001$) seasons, and between second and third seasons ($111.96 \pm 8.05 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$, $P < 0.01$). Distance covered in walking and VHIR were similar across the three seasons whereas distances covered in LIR, MIR and HIR decreased in the third season as compared to the second season ($P < 0.05$). Variations between playing positions were found during the 3-consecutive seasons, with midfielders covering greater distances than defenders ($P < 0.05$) and forwards ($P < 0.01$). This study showed how for three consecutive seasons the players of a successful Serie-A team reduced their distances performed at submaximal speeds, and increased ball possession, while maintaining the distances covered at high/maximal speeds, number of points at home and

final ranking at home. It is suggested that this is due to a better understanding of tactical roles and team organization.

KEYWORDS: Elite football; Seasonal variations; Match-play; Time-motion characteristics; Ball possession

INTRODUCTION

Soccer has been widely analyzed both by coaches and scientists throughout the previous twenty-years in order to fully understand and define the precise activity of soccer players during elite competitive match-play. In recent times, multiple-cameras within semi-automatic systems are continually used in order to provide information about the tactical, technical, and physical implications within competitive match-play for each player concomitantly (9, 10, 11, 12, 23). It was reported that male adult soccer players covered a distance ranging from 10 km to 13 km during a game including ~3.2 km of walking, ~0.7 km of high intensity activity and ~0.25-0.4 km of sprinting (1, 4, 9, 10, 11, 23, 26). In the same context, the physical profile of elite Italian soccer players has been described by Vigne and al. (28) who suggested that players perform 39% of walking ($<5 \text{ km.h}^{-1}$), 30% of low-intensity running ($>5\text{-}13 \text{ km.h}^{-1}$), 13% of moderate-intensity running ($>13\text{-}16 \text{ km.h}^{-1}$), 8% of high-intensity running ($>16\text{-}19 \text{ km.h}^{-1}$) and 10% of very high-intensity running ($>19 \text{ km.h}^{-1}$). Thatcher and Batterham (27) have added that players run backwards for approximately 1.3 km during match-play which represents 3.7 % of the total activity, however, this type of action has recently been left-out of the literature despite its importance in the movement characteristics of the game.

Furthermore, studies have revealed essential differences of time-motion characteristics and technical activity when analyzing the different positional roles during games (9, 10, 11). It has been shown that midfielders covered the highest total distance when compared to other

playing positions, whereas forwards elicited the highest values for sprinting and walking activity (9, 10, 28). Physical and technical outcomes of competitive match-play are well known according to the playing positions, but to the best of our knowledge, no study has attempted to follow the player's activities within official games during consecutive seasons. Rampinini and al. (23) revealed the variation in physical performance during a season and concluded that the high-intensity activity varied significantly throughout the course of the season. Gregson and al. (13) concurred with this variation of high-intensity activity throughout the season, describing how this variability also existed when two games were played with limited recovery time between the two fixtures. Moreover, Bradley and al. (5) tried to analyze the effects of tactical components (i.e. playing formation) on the physical and technical demands in English Premier League matches. The results revealed how the use of different playing formations can impose different physical and technical demands on players. For example, forwards performed ~30% greater high-intensity running when their team played in a 4-3-3 playing formation in comparison with the 4-4-2 and 4-5-1 formations. However, as suggested by Lago-Penas and Dellal (17), the tactical implications depend on multiple factors. Indeed, these authors examined the total ball possession during 380 matches involving Spanish League first division during the 2008-2009 season and have demonstrated that the possession variable alone does not influence the final positional rank of the team for the majority of the league, but did however show a trend for the 5-top teams. In this context, the question of the relationship between tactical variable, total ball possession and physical demands within elite games has not been investigated yet. Nevertheless, with regard to physical outcome, several authors have stressed the importance of sprints and very high intensity runs with respect to the outcome of a soccer game (Stolen and al. 2005, Dellal et al., 2011). Moreover, with respect to ball possession, keeping a relatively consistent team composition and playing formation could eventually help in increasing the ball possession,

thus increasing the likelihood of success at elite level along with impeding the opponents to impose their play (Lago Pena and Dellal 2010).

Consequently the aim of the present retrospective study was to determine the time-motion characteristics and total team ball possession during 3 consecutive seasons in an elite Italian Serie-A soccer team, using a consistent playing formation and having won the league for the 3 consecutive studied seasons. We hypothesized that the distances covered by the players during the games and the team's ball possession stayed constant over time and in a relatively high range to insure such a successful outcome.

METHODS

Experimental Approach to the Problem

The physical activities of elite soccer players during official games are well known. However, the physical demands and total ball possessions during elite level games over consecutive seasons has not been investigated. To take into account the performance of the team, the number of points accumulated and the final rankings at home were examined. Therefore, in this within-player repeated measures' retrospective study, players' physical activities and teams' total ball possessions were examined during all the official games played at home during 3 consecutive seasons (first season: 2004-2005; second season: 2005-2006; and third season: 2006-2007), in which the team also took part in the UEFA European Champions League. Players (n=25) who did not participate in the 3 complete seasons or sustained a major injury were excluded for the statistical analysis, and therefore, a total of 10 players were examined (defenders: n = 4; midfielders: n = 3; forwards: n = 3; (age 27.4 ± 4.0 years; body mass 82.8 ± 8.0 kg; height 181.5 ± 7.7 cm). During the study, the turnover of the squad was lower than 50 % (less than 16 new players a year), however, it represented only 10 % over the course of the 3 seasons (less than 3 players). All players followed the same

1 nutritional guidelines consisting mainly of a high carbohydrate meal which was consumed 3
2 hrs prior to the kick-off of all competitive fixtures. The medical staff allowed specific
3 hydration strategies before, during and after each games sessions. All the workload, training
4 sessions, and recovery methods were used between games, and were the same for all players
5 across the 3 seasons. The same fitness and assistant coaches always used a similar
6 standardized warm-up before each official game for all players.
7
8
9
10
11
12
13

14 The playing formation used (4-4-2) and the technical coaching staff remained constant
15 over the present study period. This allowed ensuring that the coaches' tactical instructions to
16 the players both individually and collectively were consistent.
17
18
19
20
21
22
23

24 Subjects

25
26 Twenty-five elite Italian soccer players competing within the Italian Serie A league
27 and who were at the time competing at UEFA Champions League level took part in the
28 investigation. Players participating in the study (age 27.4 ± 4.0 years; body mass 82.8 ± 8.0 kg;
29 height 181.5 ± 7.7 cm) were classified in three playing positions: defenders: $n = 4$; midfielders:
30 $n = 3$; forwards: $n = 3$. Players completed 5-7 training sessions per week plus 1 or 2 official
31 matches (UEFA Champions League, Italian Serie A, Italian cup, Italian Supercup).
32 Goalkeepers were excluded from the present study as they did not participate in the same
33 physical training program as the remainder of the squad. The study was conducted according
34 to the ethical standards in sport and exercise science research and was in accordance with the
35 declaration of Helsinki 1964. The local university ethics committee approved the protocol.
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

51 Time-Motion Characteristics and Total Team Ball Possession

52
53 Data were collected from a total of 90 matches (at home) played over the three seasons
54 using the same multiple-camera match analysis SICS® system (Bassano del Grappa, Italy)
55 with six 25-Hz sample frequency cameras. The six fixed cameras were positioned all around
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

the pitch, and subsequently calibrated and synchronized. All players were simultaneously monitored and the total distance covered in different speed categories was determined as in the study of Osgnach and al. (22). Five speed thresholds were used to evaluate the total distances covered: walking ($<5 \text{ km.h}^{-1}$), low-intensity running ($>5\text{-}13 \text{ km.h}^{-1}$, LIR), moderate-intensity running ($>13\text{-}16 \text{ km.h}^{-1}$, MIR), high-intensity running ($>16\text{-}19 \text{ km.h}^{-1}$, HIR), and very high-intensity running ($>19 \text{ km.h}^{-1}$, VHIR). These speed categories are similar to those reported in other previous studies using the same analysis system (22, 24, 28). The reliability of the video match analysis system SICS® was demonstrated by Rampinini and al. (24) who showed a typical error of 1.0 % for total distance covered and a typical error as coefficient of variation (CV) for HIR of 3.2 % (95%CI = 1.9-9.2 %) whereas a previous pilot study showed an accuracy of 3.6 % for HIR (n = 5; 95%CI = 2.6-10.3 %). Values of distances covered were expressed according to “the minute of play” to allow a fixable comparison (Burgess and al, 2006). In accordance to this, the total duration of the total team ball possession was examined during each game and has been expressed as a percentage of the playing time.

Statistical Analysis

Times-motion characteristics and total team ball possession values are expressed as means $\pm$ standard deviation, including area of a 95% confidence ellipse and range. Before using parametric statistical test procedures, the assumptions of normality and sphericity (Mauchly test) were verified. A two-way ANOVA for repeated measures were used with playing positions (three levels: defenders, midfielders and forwards), time-motion characteristics (different running thresholds), and season effect (first, second, and third) as factor in order to test the two hypothesis. Significant main effects of each factor were followed-up with post-hoc Bonferroni-corrected multiple comparisons. For all the statistical tests, the significance threshold was set at $p \leq 0.05$. All the tests were performed using SPSS

software, version 11.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Effect size (Cohen's *d*) was calculated to determine the practical difference. Effect size (ES) values of 0-<0,20, 0.20-<0,50, 0.50-<0,80 and 0.80 and above were considered to represent trivial, small, medium and large differences, respectively (8).

RESULTS

The physical profile of each player according to playing positions is presented in Table 1 and Figure 1. The total distances covered per minute of match-play were significantly different between seasons. The variation of the proportion of distances covered presented no significant differences for all speed categories. Over the three seasons, distance covered per minute of play did not vary significantly for walking and VHIR. However, the analysis showed significant decreases in distance covered per minute of play in LIR between first and second seasons ($P<0.01$; small ES = 0.21) and between the second and third seasons ($P<0.05$; small ES = 0.32). The distances covered in MIR ($P<0.01$, small ES = 0.30) and HIR ($P<0.05$, small ES = 0.32) also showed a significant decrease between the second and third seasons, whereas no significant difference was found between the first and second seasons. No seasonal differences were observed during the different periods (start or end of season) of the different seasons for all the time-motion characteristics.

Midfielders covered greater total distance as compared with defenders ($P<0.05$; large ES = 1.72) and forwards ($P<0.01$; large ES = 0.92) (Table 1). No differences were observed in walking and in VHIR (Figure 2). Nevertheless, midfielders covered higher total distance than forwards in LIR ($P<0.01$; large ES = 0.75) and in MIR ($P<0.05$; large ES = 0.73) whereas defenders covered greater distance than forwards in MIR ($P<0.05$; large ES = 1.80) and in HIR ($P<0.05$; large ES = 1.75) during the 3 seasons (Table 1 and Figure 2).

The variation and range of the physical profile according to the playing positions during the 3 consecutive seasons showed no interaction season/playing positions and thus no significant differences all across the 3 seasons whether it is for defenders, midfielders or forwards.

****** Table 1, Figure 1 and Figure 2 about here ******

Results showed a significant improvement of the total team ball possession percentage from the first season to the third season (52.1% vs. 54.9%, $P < 0.05$ with $IC_{95\%} = 48.7\% - 58.8\%$ and $IC_{95\%} = 47.5\% - 59.1\%$, respectively) during all the games played at home. No significant differences were found according to the different periods of the season. In addition, the total points at home significantly increased from the first to the third season (40 vs. 48) along with the final rank at home that stayed in the range of excellent performance (2nd vs. 1st).

DISCUSSION

The present study reveals significant changes concerning the players' physical outcome within an elite successful Serie-A team over three consecutive seasons for the home games. If the distances covered per minute by walking or very high intensity runs did not vary over the seasons, there was a significant decrease in the distances covered at intermediate intensities (LIR, MIR, HIR). Along with this, the team's ball possession, increased significantly while improving number of points and keeping an excellent team' ranking. Analyzing the soccer players' physical outcome by the quantification of distance covered at specific running speeds has been widely used in the recent years (5, 7, 9, 10, 21, 24, 26, 28). Nevertheless, as the absolute distance covered could be flawed by the playing time (duration of the game or the player being substituted during the game or just entering to substitute another player), we chose to express the distance relatively to time (6), i.e. distance covered per minute.

Recently, Osgnach and al. (2010), showed that the game analysis performed in the present study, i.e. analyzing the distances covered at different speeds, underestimates the energy cost of accelerations and decelerations performed by the players. Nevertheless, even if this issue clearly suggests that the present study results' has to be interpreted with caution, most of the last decade match analysis relied on such a descriptive analysis. For such, the present results will be compared to similar studies keeping in mind the fact that the present analysis does not take into account the energy costs of accelerations/decelerations, and changes of direction.

The reduction of distance covered at intermediate speeds allowed reducing the physical demands placed upon the players. This, may increase the energy reserve (especially glycogen) and thus delay fatigue during the match according to the findings of previous studies (e.g. 18). This might have been a contributing factor to the observed increase of points

collected over the 3 seasons. In this context, the decrease in total distance covered per minute of play from the first to the third season (especially for LIR, MIR, HIR) equates to the players covering ~6-7 meters less per minute during the match, resulting in a reduction of the total distance covered by ~5%. At elite performance level and considering the number of games during the seasons (between 47 and 55 games), this adaptation could be a decisive advantage during consecutive games and at the end of season. It could also be interesting during several periods, especially at the beginning of the UEFA Champions League during which match fixture is congested (e.g. 7 games in 21 days). However, it was reported that 2 consecutive games in 3 days did not affect the number of sprints and HIR activity (25). The present study shows that no changes appear in VHIR activity throughout the course of the 3 consecutive seasons. The lower distances performed in LIR, MIR and HIR are probably due to a better organization of the team, or an improved understanding of the playing formation due to the stability of tactical strategy. In this context, high-intensity physical efforts, performed at intensities above the anaerobic threshold highly tax the glycogen muscle stocks. The depletion of the glycogen stocks has been shown to be one of the main explanatory factors of the decrease of performance towards the end of soccer games (18, 19, 24). However, the distance covered in VHIR was not significantly altered during the 3 seasons probably due to the fact that this running activity ($>19 \text{ km.h}^{-1}$, VHIR) is an effort that generally affects the outcome of a match in elite soccer because it has an influence final score of a match (15). Therefore, even if improving their energy management by significantly reducing the distances performed at intermediate speeds, the present study players, did not alter their distances covered at high intensity, allowing them to keep a good performance through the 3 consecutive studied seasons.

Some parameters could also explain the decrease in physical demands imposed upon the players (7, 14, 15, 16, 24), especially the total ball possession which continued to improve

throughout the analyzed period. Recent studies also revealed that the total ball possession in the offensive phase (17), score and status of the game (23), and/or localization of the game (14, 15, 16) had several influences on the time-motion characteristics in elite soccer players. Lago (15) showed that strategies in soccer are influenced by match variables (i.e. match location, quality of opposition, and match status) and teams alter their playing style during the match accordingly. All of these parameters could have an effect on the physical demands during the match and it is essential to consider these variables in addition to the tactical playing formation consistency. Several studies (18, 19) have revealed that players presented fatigue at the end of a match, especially a decrease of the physical performance (sprinting and VHIR) in the last 15 min of an elite soccer match. However, in the present study, it could be suggested that some of the decrease of the physical demands within the match was not due to fatigue, but influenced by players having a better tactical organization and understanding of the playing formation. It should be noted however, that fatigue during competitive match-play could be avoided by improving the tactical awareness of both the individual players and team collectively. Additionally, it appears that the physical demands during elite level games may be an indicator to the final rank and level of a team, as indicated by Rampinini and al. (24) who revealed that teams ranked within the bottom 5 Italian Serie A presented significantly greater total distance covered than the 5-top-teams. This implies that more successful teams exert less physical effort in competitive match-play probably due to a higher tactical awareness and technical ability allowing higher ball possession. Authors from these specific investigations suggested how players from the bottom teams covered greater distances (+4 %), especially in HIR ($>14\text{-}19\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, +11 %), and VHIR ($>19\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, +9 %), than the 5-top-teams players counterparts in defensive phases. Moreover, in offensive phases 5-top-teams' players performed 18% higher distances especially in VHIR (+16 %). The team involved within the present investigation, finished as winner of the Italian Serie-A and as such, results

from Rampinini and al. (24) suggests that players study covered greater distance with ball possession. In this context, the tactical consistency of playing formation could improve the fluidity of playing movements and the coordination between players as indicated by the results of the present study showing no seasonal variation in tactical strategy. Essentially, coaching should focus on the quality of passing the ball during offensive phases but not always on the total ball possession as it was showed that the team having longer ball possession was the team generally who lost in Spanish Liga (17) except for the 5-top-teams. The team examined in the present study belongs to the top-3-teams of the Serie A and thus the total ball possession could be considered as an essential factor.

Furthermore, although physical demands varied from the first to the third season, the analysis of the present study showed similar differences between the different playing positions during all the 3 seasons. Indeed, the present study results' confirm those from previous studies (10, 23, 25, 27) revealing that midfielders cover greater total distance within a game than other players whereas defenders covered greater distance than forwards. A stable playing formation could not ensure the physical demands stability because coaches could provide different tactical instructions according to the match-location, the score evolution, the match-status, the opposition and the competition (Serie A vs. UEFA Champions League). In this context, Bradley et al. (5) have showed that variation of the tactical instructions alters the physical (especially sprinting, HIR and VHIR) and technical demands, with for example an increase of ~30% of HIR for forwards. In this context, it is possible that the tactical instructions should not have the same effect on all the playing positions. Interestingly, in spite of the significant decrease of the total distances covered by players throughout the 3 seasons, the differences of the physical activity profile according to the playing positions persisted in opposition with the results from Bradley et al. (5). Although the total distances covered between 13 km.h⁻¹ and 19 km.h⁻¹ decreased for every playing positions (Table 1), no

1 differences of total distances covered was found during the 3 seasons for each playing
2 positions. Thus, the main information of the present manuscript concerning the stability
3 (VHIR, final ranking in Serie-A), the decrease (LIR, MIR, HIR) and the increase (team ball
4 possession, number of points win at home) of the players' activities over the 3 seasons were
5 no dependant of the playing position. Therefore, this last information could justify the fact
6 that it was the whole team activity that induced these physical and technical performances
7 evolutions over the 3 studied seasons.
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18

19 PRACTICAL APPLICATIONS

20
21 The present retrospective study investigated a successful team through 3
22 consecutive Serie-A seasons. The physical distance covered in walking, low-intensity
23 running, moderate-intensity running and high-intensity running decreased from season 1 to
24 season 3; while there was a stability in the distance covered in very high-intensity running and
25 sprinting. This trend was observed for the whole team as well as for the different positional
26 roles. Technically, while some of the distance covered decreased, the team increased its ball
27 possession through the studied seasons. The consistency of the playing formation and tactical
28 strategy used could be a factor explaining these interesting variation of physical and collective
29 technical performances. The coach's choice of tactical stability could improve of the tactical
30 positions and/or replacement of players, and therefore improve the economy of the energy
31 expenditure favoring a better repetition of sprinting and VHIR. Consequently, it could
32 be recommended to the coaches whenever it is possible, to use a stable tactical organization in
33 order to allow their players to optimally use their physical and technical capacities during all
34 the repeated games through seasons.
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

References

1. Bangsbo, J, Mohr, M, and Krstrup, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24: 665–674, 2006.
2. Bangsbo, J. Physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiol Scand* 151 (619): 1–155, 1994.
3. Bangsbo, J. Energy demands in competitive soccer. *J Sports Sci* 12 No: S5-12, 1994.
4. Bradley, PS, Sheldon, W, Wooster, B, Olsen, P, Boanas, P, and Krstrup, P. High-intensity running in English FA Premier League Soccer Matches. *J Sports Sci* 27(2): 159-168, 2009.
5. Bradley, PS, Carling, C, Archer, D, Roberts, J, Dodds, A, Di Mascio, M, Paul, D, Diaz, AG, Peart, T and Krstrup, P. The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English Premier League soccer matches. *J Sports Sci* 29(8): 821-30, 2011.
6. Burgess, DJ, Naughton, G, Norton, KI. Profile of movement demands of national football players in Australia. *J Sci Med Sport*. 2006. 93; 1–8.
7. Carling, C. Analysis of physical activity profiles when running with the ball in a professional soccer team. *J Sports Sci* 28(3): 319-26, 2010.
8. Cohen, J. Statistical Power Analysis for the behavioral Sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates, 1988. pp. 567.
9. Dellal, A, Wong, DP, Moalla, W, and Chamari, K. Physical and technical activity of soccer players in the French first division – with special reference to the playing position. *Int Sport Med J* 11(2), 2010.
10. Dellal, A, Chamari, K, Wong, P, Ahmaidi, S, Keller, D, Barros, R, Bisciotti, GN, and Carling, C. Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *Eur J Sport Sci* 11 (1): 51-59, 2011.

11. Di Salvo, V, Baron, R, Tschan, H, Calderon Montero, FJ, Bachl, N, and Pigozzi, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28: 222–227, 2007.
12. Di Salvo, V, Baron, R, Gonzalez-Haro, C, Gormasz, C, Pigozzi, F, and Bachl, N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *J Sports Sci* 3:1-6, 2010.
13. Gregson, W, Drust, B, Atkinson, G, and Salvo, VD. Match-to-match variability of high-speed activities in premier league soccer. *Int J Sports Med* 31(4): 237-42, 2010.
14. Lago, C, and Martin, R. Determinants of possession of the ball in soccer. *J Sports Sci* 25(9): 969-74, 2007.
15. Lago, C. The influence of match location, quality of opposition, and match status on possession strategies in professional association football. *J Sports Sci* 27(13): 1463-9, 2009.
16. Lago-Penas, C, Lago-Ballesteros, J, Dellal, A, and Gomez, M. Game-related statistics that discriminated winning, drawing and losing teams from the Spanish soccer league. *J Sports Sci Med* 9: 288-293, 2010.
17. Lago-Penas, C, and Dellal, A. Ball possession strategies in elite soccer according to the evolution of the match-score: the influence of situational variables. *J Hum Kin* 25: 93-100, 2010.
18. Mohr, M, Krstrup, P, and Bangsbo, J. Fatigue in soccer: A brief review. *J Sports Sci* 23: 593–599, 2005.
19. Mohr, M, Krstrup, P, and Bangsbo, J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21: 519–528, 2003.
20. Mohr, M, Krstrup, P, Nybo, L, Nielsen, JJ, and Bangsbo, J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time.

Scand J Med Sci Sports 14(3): 165-62, 2004.

21. Orendurff, MS, Walker, JD, Jovanovic, M, Tulchin, KL, Levy, M, and Hoffmann, DK. Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *J Strength Cond Res* 24 (10): 2683-2692, 2010.
22. Osgnach, C, Poser, S, Bernardini, R, Rinaldo, R, and Di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc* 42(1): 170-8, 2010.
23. Rampinini, E, Coutts, AJ, Castagna, C, Sassi, R, and Impellizzeri, FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 28: 1018-1024, 2007.
24. Rampinini, E, Impellizzeri, FM, Castagna, C, Coutts, AJ, and Wisloff, U. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level. *J Sci Med Sport* 12(1): 227–33, 2009.
25. Rey, E, Lago-Penas, C, Lago-Ballesteros, J, and Dellal, A. The effect of a congested fixture period on the activity of elite soccer players. *Biol Sport* 27(3): 181-5, 2010.
26. Sporis, G, Jukic, I, Ostojic, SM, and Milanovic, D. Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *J Strength Cond Res* 23(7): 1947-53, 2009.
27. Thatcher, R, and Batterham, AM. Developpement and validation of a sport-specific exercise protocol for elite youth soccer players. *J Sports Med Phys Fitness* 44(1): 15-22, 2004.
28. Vigne, G, Gaudino, C, Rogowski, I, Alloatti, G, and Hautier, C. Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med* 31: 304-310, 2010.

Acknowledgements

The authors would like to thank the medical soccer team staff and Roberta Macchi for their collaboration. The authors have no conflicts of interest that are directly relevant to the content of this article. This study was not supported by any financial aid. Results of the present study do not constitute endorsement of the product by the authors or the NSCA.

Competing interests: None declared.

FIGURE LEGENDS

Figure 1. Variations in distance covered by various running speed thresholds during three consecutive seasons (Serie A, matches: n=90).

Significant differences with values from the season 2005/2006: *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

LIR: Low-intensity running; MIR: Moderate-intensity running; HIR: High-intensity running; VHIR: Very high-intensity running

Figure 2. Positional variations in running performance over three consecutive seasons.

* Significant difference as compared with defenders: *P<0.05

§ Significant difference as compared with forwards: §P<0.05

HIR: High-intensity running; VHIR: Very high-intensity running

Table 1. Seasonal changes in distance covered according to playing positions during three consecutive seasons (expressed in meter.min⁻¹).

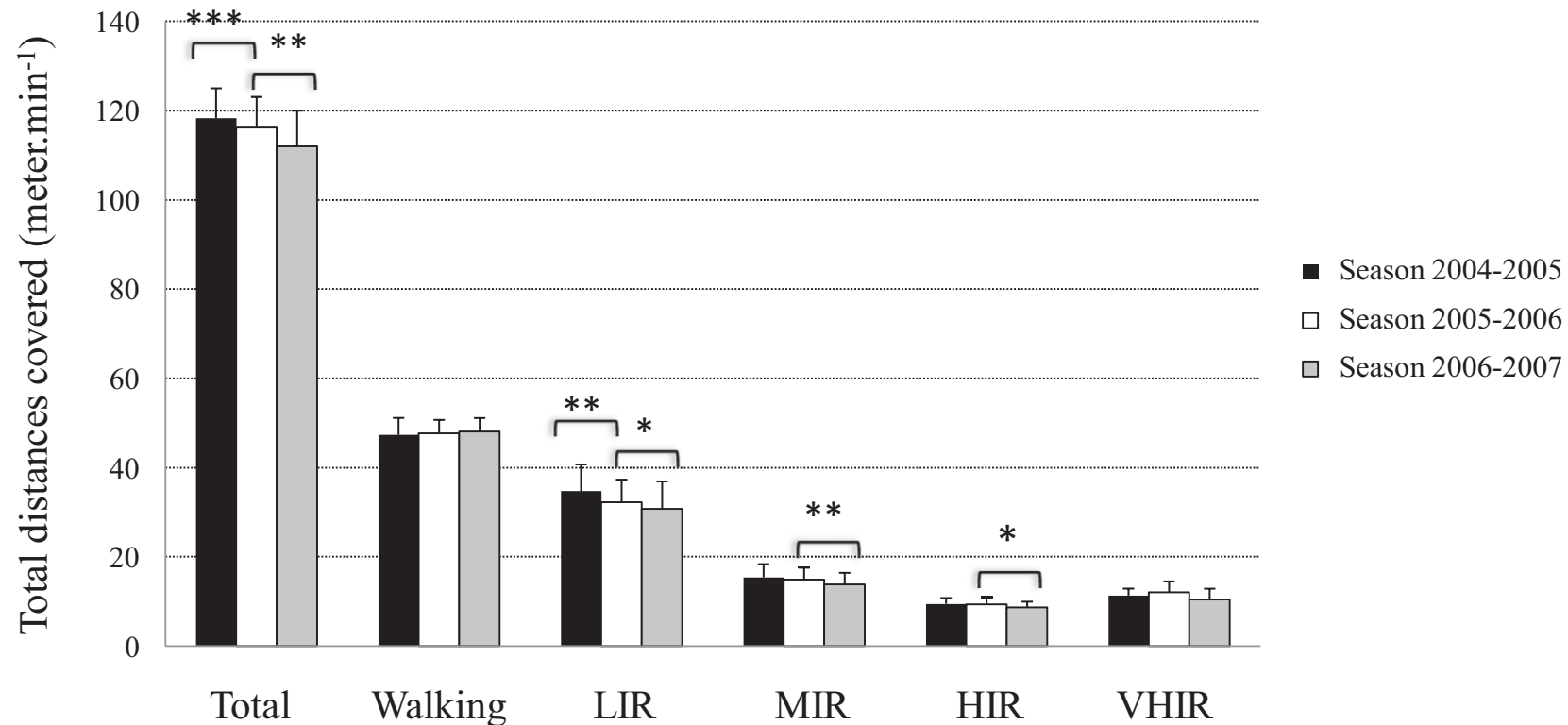
Significant differences with values from the season 2005/2006: *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

Significant differences with values from the season 2006-2007: †P<0.05; ††P<0.01

Significant differences as compared with defenders: #P<0.05

Significant differences as compared with midfielders: ‡P<0.05; ‡‡P<0.01

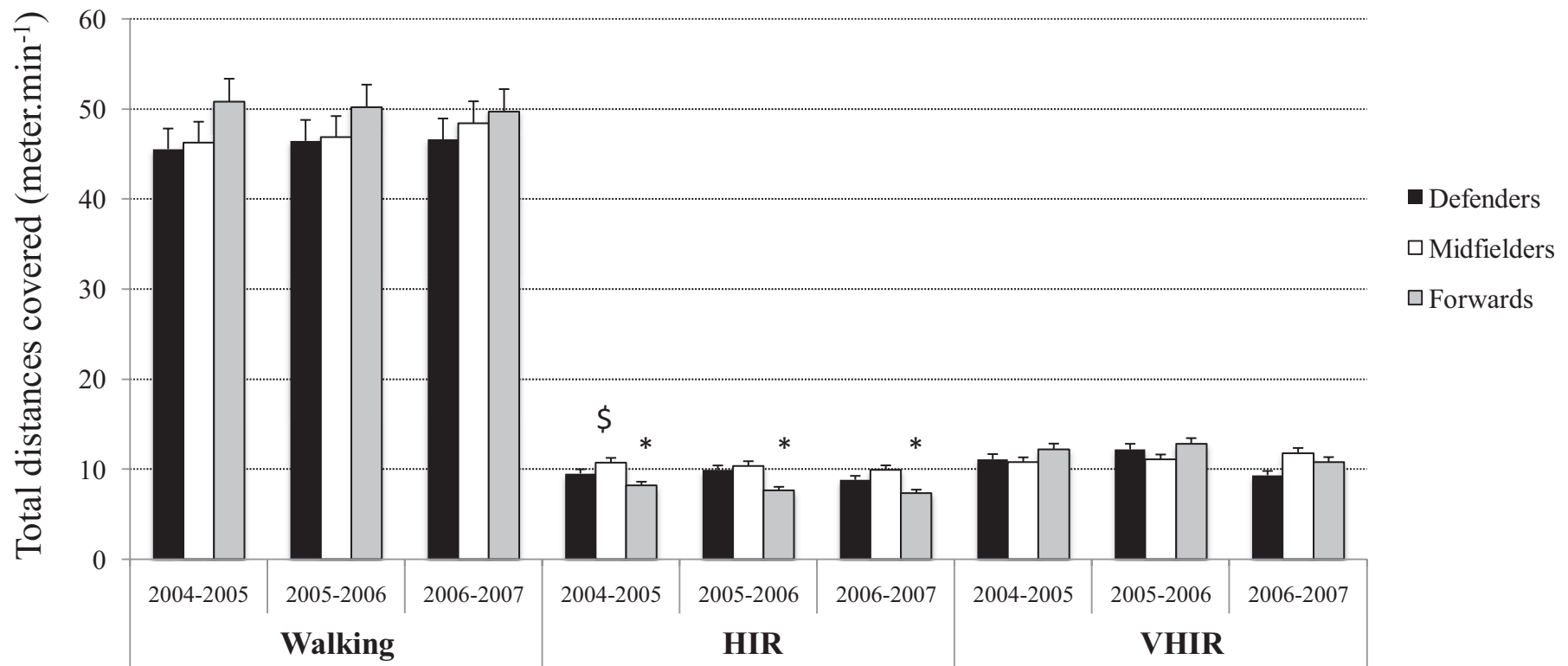
Figure 1. Variations in distance covered by various running speed thresholds during three consecutive seasons (Serie A, matches: n=90).



Significant differences with values from the season 2005/2006: *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

LIR: Low-intensity running; MIR: Moderate-intensity running; HIR: High-intensity running; VHIR: Very high-intensity running

Figure 2. Positional variations in running performance over three consecutive seasons.



* Significant difference as compared with defenders: *P<0.05

\$ Significant difference as compared with forwards: \$P<0.05

HIR: High-intensity running; VHIR: Very high-intensity running

Table 1. Seasonal changes in distance covered according to playing positions during three consecutive seasons (expressed in meter.min⁻¹).

		Defenders	Midfielders	Forwards	Total of the team	%
Total distance covered	2004-2005	117,21 ± 6,02	125,41 ± 3,87	112,71 ± 2,61	118,32 ± 6,69***	-
	2005-2006	116,31 ± 6,17	122,54 ± 4,32	109,91 ± 3,72	116,26 ± 6,82††	-
	2006-2007	110,96 ± 5,44	121,17 ± 3,55	104,07 ± 3,48	111,96 ± 8,05**	-
	Means	114,83 ± 2,20‡	123,04 ± 2,54 [#]	108,90 ± 2,54‡‡	115,59 ± 1,40	-
Walking (<5 km.h⁻¹)	2004-2005	45,55 ± 3,80	46,27 ± 3,08	50,82 ± 2,79	47,34 ± 3,80	40,01
	2005-2006	46,46 ± 3,61	46,87 ± 1,20	50,19 ± 2,38	47,71 ± 2,98	41,04
	2006-2007	46,61 ± 3,50	48,43 ± 3,10	49,72 ± 2,1	48,09 ± 3,02	42,95
	Means	46,21 ± 1,48	47,19 ± 1,71	50,25 ± 1,17	47,88 ± 0,94	41,42
Low-intensity running, LIR (5-13 km.h⁻¹)	2004-2005	35,24 ± 4,99	39,67 ± 4,73	29,13 ± 4,11	34,74 ± 5,97**	29,36
	2005-2006	32,27 ± 3,88	36,96 ± 4,53	27,62 ± 2,33	32,28 ± 5,03†	27,77
	2006-2007	31,53 ± 5,26	35,27 ± 6,36	25,37 ± 3,11	30,81 ± 6,09*	27,52
	Means	33,02 ± 2,18	37,30 ± 2,52	27,38 ± 2,52‡	32,57 ± 1,39	28,18
Moderate-intensity running MIR (13-16 km.h⁻¹)	2004-2005	15,80 ± 2,13	18,00 ± 2,37	12,34 ± 1,54	15,42 ± 2,95	13,03
	2005-2006	15,46 ± 1,90	17,27 ± 1,43	11,65 ± 0,69	14,86 ± 2,70††	12,78
	2006-2007	14,69 ± 1,80	15,78 ± 1,91	10,84 ± 0,47	13,86 ± 2,55	12,38
	Means	15,32 ± 0,83	17,02 ± 0,95	11,61 ± 0,95 [#] ‡‡	14,65 ± 0,53	12,67
High-intensity running HIR (16-19 km.h⁻¹)	2004-2005	9,51 ± 0,98	10,71 ± 0,56	8,19 ± 1,14	9,47 ± 1,31	8,00
	2005-2006	9,91 ± 1,68	10,36 ± 0,21	7,65 ± 0,89	9,37 ± 1,60†	8,06
	2006-2007	8,81 ± 0,83	9,92 ± 0,41	7,35 ± 0,92	8,70 ± 1,25	7,77
	Means	9,41 ± 0,46	10,33 ± 0,53	7,73 ± 0,53 [#] ‡	9,16 ± 0,29	7,93
Very-high intensity running VHIR (>19 km.h⁻¹)	2004-2005	11,11 ± 1,58	10,77 ± 1,42	12,22 ± 1,82	11,34 ± 1,55	9,58
	2005-2006	12,20 ± 3,35	11,07 ± 1,62	12,80 ± 2,28	12,04 ± 2,45	10,36
	2006-2007	9,33 ± 1,24	11,76 ± 3,55	10,79 ± 2,33	10,49 ± 2,38	9,37
	Means	10,88 ± 1,02	11,20 ± 1,18	11,93 ± 1,18	11,34 ± 0,65	9,81

Significant difference with values from the season 2005/2006: *P<0.05; **P<0.01; ***P<0.001

Significant difference with values from the season 2006-2007: †P<0.05; ††P<0.01

Significant difference as compared with defenders: [#]P<0.05

Significant difference as compared with midfielders: ‡P<0.05; ‡‡P<0.01

ANNEXE 3:
VIGNE G, DUBOIS N, MOULIN C,
GUILLAME JP, HAUTIER C,
ROGOWSKI I. Reliability and validity
of a new Specific Soccer Agility Test :
SoccerAgilFoot[®]. J Strenght Cond Res.
Submitted with majors revisions.

Title: Reliability and Validity of a new Specific Soccer Agility Test : SoccerAgilFoot®

Running title: Specific Soccer Agility assessment

Title: Reliability and Validity of a new Specific Soccer Agility Test : SoccerAgilFoot®

Conclusion: The specific soccer efforts consist of short sprints, increases and decreases of speed, changes in direction, stops. This study has two aims. Firstly, the aim is to propose and validate a soccer-specific agility test by incorporating the various types of reproducible movement encountered in a competitive environment. The secondary aim is to establish certain references for the test according to age, competitive level and playing position. Statistics showed that the scores of all tests were significantly correlated with the agility test performance, except the laterality ratio. The multiple correlation indicates that 80% of the variability of the agility test can be predicted from scores obtained from the variables: zigzag test, reactivity and linear speed. The time for the agility test varied from 10.5 s to 14.5 s with a mean value of 12.5 s. We observed a significant influence of the playing position (p < 0.001) and a significant influence of the interaction between age and practice level (p < 0.001). The soccer-specific agility test developed and tested in this investigation would tend to apply to movements specific to elite-level soccer and can be reproduced with minimal equipment that is already available to all clubs. The main results from this investigation have shown that there was a strong correlation between performance in the agility test and all the parameters measured, except for side movements. In conclusion, the results of this investigation have shown that the agility test proposed was generally applicable, reproducible, valid and sensitive. This test can be used in training as a drill to improve soccer-specific coordination or for assessing and monitoring sportsmen.

Keywords: Movement skill tests, Football, playing position, young soccer player.

INTRODUCTION

Soccer is a sport characterised by intermittent and repeated bursts of effort requiring a range of motor skills. During a match each player carries out between 1000 and 1500 short bursts of activity lasting between 1 and 3 seconds. Other et coll have shown that the number of bursts of activity increases in line with the competitive level and varies over the season depending upon the period of competition. These efforts consist of short sprints, increases and decreases of speed, changes in direction, jumps, efforts to strike the ball and tackles. Furthermore, during a match the players must move around the field to deal with so-called 'open play' situations involving their opponents, teammates and the ball. Agility would seem to be an essential skill for practising sport at a high level. Agility may be defined as a rapid movement of the entire body including a change of speed or direction in response to a stimulus. Based on Sheppard's model, agility is made up of cognitive and physical aspects. The physical aspect is based on the linear speed of the subject, their reactivity, their muscular properties and certain anthropometric characteristics. There are many different tests designed to assess agility in sports such as the T-test and the Illinois agility test, and recent articles have discussed measuring the agility of soccer players through running tests. However, these tests do not reflect certain movements that are specific to soccer such as the momentary balancing of the body, keeping a low centre of gravity, or repeated changes in direction during duels with other players, a form of slalom. A more precise test needs to be proposed which puts players in situations of disequilibrium, uncertainty and adaptation, such as are experienced in a competitive environment.

An agility test specific to soccer should take into consideration the typical movements the soccer player makes and recent analyses of the effects of competition on a player's efforts. Although the total distance covered in a match comes to nearly 10 km, it is however commonly accepted that short bursts of effort are an essential factor in the team's

performance [11][12][13][14][15]. The total distance covered in a match comprises walking, jogging, running, and sprinting. Running is divided into low intensity running (0-10 km/h), medium intensity running (10-15 km/h), and high intensity running (15-20 km/h). Sprinting is defined as running at a speed greater than 20 km/h. The duration of rest periods last between 1 and 2 seconds. The players perform different types of running movements: forwards, backwards, different balancing movements to the side, stopping and leaning together with changes in direction: forwards, backwards and sideways. Two types of running back are performed by the players: running back and retreating from the opposition, which constitutes approximately 10% of the total distance covered. A player performs an average of 10 half turns per match and approximately 10 changes in direction. The average maximum distance covered by sprinting is 10 m. The average duration of agility efforts is between 1 and 2 s. Stolen and al [16] and Vigne and al [17] have shown that movements of 1 to 2 m represented 10% of the total number of high intensity movements.

This study has two aims. Firstly, the aim is to propose and validate a soccer-specific agility test by incorporating the various types of reproducible movement encountered in a competitive environment. The test must call upon muscular qualities, balancing abilities, linear speed, reactivity, and repeated movements. The secondary aim is to establish certain references for the test according to age, competitive level and playing position. The test could be part of the selection criteria in deciding whether youngsters who are fully grown are a fit for professional soccer. To this end, the test was carried out by players with different ages, competitive levels and playing positions.

All the subjects signed an informed consent form to participate in this study following approval by the local ethics committee—one of them displayed in *Figure 1*. The procedure of the experiment and the tasks were explained while no information was provided about the objectives of the study.

2.1.1. *Equipment, the agility test and the agility test*

Population and Method

As a means of measuring repeatability the agility test was performed and repeated four times by a group of twenty-six players playing at national level. Their average age was 22.5 years with a height of 1.75 m and a weight of 70 kg. The players had practised soccer for 10 years and averaged 10 hours of practice per week.

The agility test is structured around analysing different types of movement during a soccer match. The test started with a five-metre backward run with back and shoulders facing the course (Figure 1). The soccer player was then asked to do two backward retreats from the opposition (Figure 2) and during this the player's lateral preference was predicted. There was a free choice as to which direction to turn depending on the player's pivot foot. The players turned around 180 degrees to continue the course facing forward (Figure 3). Once facing this way they did one forward run (Figure 4) and they were then asked to gather speed for the next few sections. At a faster pace the players carried out some leans on one foot inside the loops (Figure 5). The player's lateral preference was predicted by means of similar loops in the centre of the space. The player would then choose to lead towards the left or the right part of the space depending on which was their pivot foot. The stated aim was to analyse the player's ability to react at fast pace and when off-balance. This situation is particularly common when dribbling and trying to avoid the opposition. After a second forward run (Figure 6)

in sports and allow us to study the influence of these parameters on the coordination test. After a 10-minute warm-up the subjects took the tests in the following order: repeated movements, 10m profit test, the Flamingo balance test, 10m profit test, horizontal jump with no run-up, 10m profit test, starting time. In measuring this parameter we are aiming to gauge reaction times and acceleration times over 10m to minimize as much as possible the effect of muscle strength on the result. The subject stands behind the starting line. The examiner stands behind the subject with photoelectric cells. The moment the examiner cuts the row of cells a light-pitched sound rings out. At this very moment the player under examination has to cross the finishing line as quickly as possible. The starting time variable corresponds to the time it takes in seconds to cover the distance, linear speed in a sprint over 10m and the 10m profit test. The agility test is described above.

All tests were performed in the same week on the grass pitches of different clubs. The weather conditions did not vary greatly from one day to the next before taking the tests. The subjects performed a warm-up on their own for 10 minutes including 5 minutes of light jogging and a few stretches. Furthermore, the subjects had to take a practice run for all the tests before the final assessment. The order for taking tests was set as follows: repeated movements, balance, side movements, horizontal jump with no run-up, reactivity, speed over 10m, 10m profit test, and finally the agility test. The aim here was to progressively increase the intensity and to prevent any kind of injury. Every subject was allowed 5 minutes to recover between each test. For the sake of reproducibility, upward and downward movements were not counted.

Statistical method

So as to check the test, each player's best performance during the seven tests was recorded. A multiple linear regression was used with SPSS 19.0 software (Chicago, IL, USA) so as to

determine which tests were the best predictors of the agility test performance. Then, after testing sphericity and normality of the data, ANOVA with three factors (playing position, age, practice level) was made to determine the influence of each factor and their first- and second-order interactions. In case of significant influence, Bonferroni post hoc tests were performed to identify where the differences were. All statistical analyses were performed using SPSS (version 25) (SPSS Inc., Chicago). The significant level for all statistical tests was fixed at $p \leq 0.05$. Except for the Bonferroni post tests where the Bonferroni correction was applied with the formula $p_{\text{Bonferroni}} = p_{\text{test}} / \text{number of comparisons}$ and p_{test} the corrected level of significance. The corrected p was deemed at 0.05.

Results

2.1. Agility test

The mean times of the agility test were 10.5 s for the first trial, 10.2 s for the second trial and 10.1 s for the third trial. The intraclass correlation coefficients (ICC) for the agility test were found to be 0.95 between first and second trials, 0.96 between second and third trials and 0.97 between first and third trials.

2.2. Agility test

Table 1 shows mean score (SD) for the agility test, 10 m sprint, 10 m reactivity, 10 m agon test, horizontal jump, stroke frequency, Flamingo test, laterality ratio.

Mean (SD)

Agility test (s)	0.0000 0.0000
10m dash (s)	0.0000 0.0000
10m reacti (s)	0.0000 0.0000
Beagon Test (s)	0.0000 0.0000
Horizontal Imp (m)	0.0000 0.0000
Stro (s)	0.0000 0.0000
Flamingo test (s)	0.0000 0.0000
Laterality ratio	0.0000 0.0000

Mean scores of all tests are presented in Table 1. Pearson correlations showed that the scores of all tests were significantly correlated with the agility test performance except the laterality ratio. Coefficient of correlation between the agility test and 10m dash was $r = 0.9999$, $p < 0.0001$, $r = 0.9999$, $p < 0.0001$ with 10m reacti, $r = 0.9999$, $p < 0.0001$ with Beagon test, $r = 0.9999$, $p < 0.0001$ with Horizontal Imp, $r = 0.9999$, $p < 0.0001$ with stro, $r = 0.9999$, $p < 0.0001$ with Flamingo test.

Stepwise multiple regression was performed to determine the relative strength of each test as a predictor of agility test performance. The multiple correlation was 0.9999, $r^2 = 0.9998$, which indicates that 99.98% of the variability of the agility test can be predicted from scores obtained from the variables Beagon test, reacti, and linear speed. The Beagon test $\beta = 0.9999$ was the strongest predictor of agility test, followed by the reacti test $\beta = 0.9999$ and linear speed test $\beta = 0.9999$.

The partial correlations indicate a common variability between the agility test and the three tests independent of other variables. These statistics may be used to highlight the impact on the agility test of reactivity, the beagone test and speed. The most significant correlation was achieved between the agility test and reactivity (Starting time). This also shows that the starting time has a strong impact on the time recorded for the agility test. The partial correlations between the beagone test and speed and the agility test are $r_{\text{beagone test}} = 0.45$ and $r_{\text{Speed}} = 0.42$ respectively (Figures 10 and 11). The time recorded for the agility test may be used in the formula:

$$\text{Agility} = 0.0001T^2 + 0.0001T + 0.0001$$

T : beagone Test T_0 : Time of Starting p : linear Speed

Table 1

The time for the agility test varied from 10.5s to 15.5s with a mean value of 13.0s. ANOVA showed a significant influence of the playing position (F(3,10) = 4.5, p = 0.01) retrospective statistical power = 0.85 and a significant influence of the interaction between age and practice level (F(3,10) = 4.5, p = 0.01) retrospective statistical power = 0.85. Among the six playing positions, the mean time for the offensive midfielders (12.5s) was similar to those of forwards (12.5s), lateral defenders (12.5s) and goalkeepers (12.5s) and was significantly lower than those for defensive midfielders (14.5s), p = 0.01 and central defenders (14.5s) (p = 0.01) (figure 12). The performances in the agility test improve significantly between the age of 18 and the senior player category at national level but not for lower competitive levels (figure 13).

□□□□□□□□□□

The primary objective of this study was to propose a soccer-specific test which is at once generally applicable, reproducible, valid and sensitive in order to assess the sensitivity of the test gives us the opportunity to have preliminary performance references and standards according to age and playing level.

The soccer-specific agility test developed and tested in this investigation would tend to apply to movements specific to high-level soccer and can be reproduced with minimal equipment that is already available to all clubs in a minimum amount of time (one and a half hours) a team of 11 players could be assessed with three sessions per individual. For this reason it is our view that this test represents an effective and generally applicable tool for assessing agility whilst meeting material and organisational constraints faced by coaches on the ground.

Considering the unique nature of the test and the fact that it entails a large number of motor skills unique to soccer it is apparent that the test is genuinely reproducible. The results obtained during the first test are slightly lower than those obtained during the second test and the results from the latter are in turn lower than those obtained during the third test. This seems to suggest that the body is constantly learning from the moment the test starts. This result is consistent with the investigation of Sporis and al (2000) who also observe an enhanced performance in the agility test between the first and the second test. It seems therefore that regardless of the population and the physical skill being tested at least one of the tests under test conditions must be performed before the actual measuring starts to negate the effects of this learning curve in light of the complexity of the tasks in the test that we are proposing it seems reasonable to increase the number of goes so that the player may better internalise the instructions. For this reason we recommend performing two full run troughs before any

definitive measurement is made for the soccer-specific agility test. The intraclass correlation coefficient obtained in this investigation shows that the agility test is highly reproducible between the first and the second test as well as for between the second and third test. As argued by Kemmin et al. in the area of sport sciences, an intraclass correlation coefficient above 0.75 may be considered high, a value between 0.5 and 0.75 will be moderate and one below 0.5 will be weak. The intraclass correlation observed between the first and the third test may be linked to the fact that some subjects had a higher level of ability from the very outset which led to a lower improvement in their performance over the course of the following tests. Actually, the scores recorded in tests which require a specific skill may not be stable if subjects are not accustomed to them or have not trained before the measurement starts. The learning curve may be more steep for subjects with less ability and this has an impact on the intraclass correlation coefficients. Nevertheless, the results of the soccer agility test can be found in line with those of previous studies carried out on the T-test and on repeated short sprints. To sum up, the test is reproducible provided that the athletes are given the opportunity to internalize the motor responses involved by carrying out at least one or two full run throughs.

The validity of the soccer agility test may be considered according to its potential to represent different aspects of agility: linear speed, muscular properties, reactivity, changes in direction and repeated movements. The main results from this investigation have shown that there was a strong correlation between performance in the agility test and all the parameters measured except for side movements. Also, performance in the agility test has primarily been accounted for by the variables for the starting time, the 5m dash, the 10m dash and linear speed. The positive correlations between speed over 5m, starting time and the 10m dash test indicate that these decreased when less time was spent on the agility test. Conversely, the

Variables for the horizontal jump balance and repeated movements showed a negative correlation relative to performance in the agility test (r = -0.45, p = 0.001, r = -0.42, p = 0.002 respectively). The lack of any significant correlation between the variables of lateral preference and time spent on the agility test can be explained by the fact that the player was given a choice during exercises in solving this aspect (Figure 1 sections no. 1 and 2). The multiple linear regression analysis led to a model explaining 65% of the variation in performances for the agility test through three variables: starting time, the zigzag test and linear speed. These are determining factors for reacting quickly to a stimulus changing direction in a minimum amount of time and moving quickly over short distance. This is why they meet the demands of soccer as an activity. These results therefore show that the test proposed is valid since it evaluates all the different elements as we have defined them in reference to Separd's model (1977).

The last stage of the work was to gauge the soccer-specific agility test's sensibility and provide initial standards based on age and competitive level. The results obtained at this stage show that the performance level for the agility test is sensitive to the age of the subjects, their competitive level and their playing position. Figure 2 shows that the performances in the agility test improve significantly between the age of 14 and the senior player category at national level. On the other hand, this improvement in performance with age is not observed for lower competitive levels. This is no doubt accounted for by the regular training sessions and soccer practice amongst athletes at the national level opposed to at regional or district levels. Players in the 14 year-old category do not necessarily continue training as they get older. Also, it is likely that the number of talented individuals at each competitive level is more substantial in the younger categories but then with time these talented individuals are spotted and selected for the national teams. This explains why the regional and district teams

find talented players more and more thin on the ground over the years. The results demonstrate that performances in the agility test are affected by competitive level, since national teams achieve better results than other teams, irrespective of the age of the players. These differences can be explained in part by the fact that in carrying out their selections the national teams hold on to the most talented and agile individuals, but also in part by the more substantial training these sportsmen do at a national level involving more work on agility and staying alert. To summarize, the results of this investigation show that the soccer-specific agility test responds well to differences in personal attributes and competitive level. Furthermore, it seems clear that playing position has a significant impact upon performance in the agility test (figure 5) with attacking midfielders, attackers and goalkeepers achieving the best performances (17.51 ± 1.21 s; 17.97 ± 1.15 s; and 18.10 ± 1.39 s respectively). This would tend to suggest that balance and agility are similar for goalkeepers and outfield players even if the distances covered are fundamentally different. In conclusion, these results show that the agility test is sensitive enough to distinguish players according to age, competitive level and playing position. However in future the test ought to be applied to higher competitive levels and on a larger number of subjects so as to consolidate our results. As far as they go, the values in this article can be seen as baseline figures for classifying and making comparisons between individuals when putting our test into practice. Future studies would serve to complement this baseline data by honing the standards and the sensitivity of the test so it may be used more broadly and systematically.

In conclusion, the results of this investigation have shown that the agility test proposed was generally applicable, reproducible, valid, and sensitive. Also the measurements taken during this study have indicated the primary performance standards to be expected from players according to their age and their competitive level. The correlations observed between performance in the test and speed over the course, reactivity and the hexagon test tend to

demonstrate that these three parameters are the foremost performance factors to develop during training. Of course, the other parameters should not be overlooked, not least because they too are connected to agility, but also because they are of fundamental importance for every soccer player's performance. The drills proposed to be used in training can either comprise the test and its various sections in their entirety, or concentrate on elements of each individual physical quality so as to have a tangible effect on the starting time, changes in direction and linear speed.

PRACTICAL APPLICATION

This test can be used in training as a drill to improve soccer-specific coordination or for assessing and monitoring sportsmen. Performance during the test on the one hand allows us to quantify the positive or negative effects of training and on the other hand to compare individuals, identify young talent, and make it clearer which playing position suits them best.

REFERENCES

1. Bangsbo, J., Michalsik, J. . Assessment and physiological capacity of elite soccer players . In: Pinks J , Keilly T, Murphy A (eds). Science and Football II . London: Routledge ; 2002. pp 53-62
2. Bangsbo, J, Mohr, J , and Rustrup, J. . Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player . *J Sports Sci* 2005; 23(7), 200-21
3. Bangsbo, J. . Physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise . *Acta Physiol Scand* 151(19) 1-155, 1994

1. Bangsbo, A, Norregaard, A, and Thorso, F. Activity profile of competition soccer. *Am J Sports Sci* 10:10-11, 1991.
5. Bangsbo, A. Fitness training in football – a scientific approach. Leeds: Leeds University Press, 2008.
6. Doddington, J, Lambert, I, Blair, A, and Coakes, T. Reliability of a 5-m multiple shuttle test. *J Sports Sci* 19(3): 223-228, 2001.
7. Di Salvo, A, Aaron, A, Tschan, H, Alderson, P, Achl, A,igozzi, F. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28: 222-227, 2007.
8. Hawkins, R. The official FA guide to success on and off the pitch – fitness for football. The FA Learning. London: Hodder Arnold, 2004.
9. Fatic, A, Argantoo, A, and Turko, A. Motion structures in female volleyball players aged 14-17 according to technique quality and performance. *Coll. Anthropol* 1:103-112, 2004.
10. Emmink, A, Iferink-Emser, A T, and Bisscher, A. Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *Br J Sports Med* 38: 138-142, 2004.
11. Gahr, A, Rustrup, A, and Bangsbo, A. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21: 519-528, 2003.
12. Rampinini, A, Coutts, A, Castagna, A, Passi, A, and Impellizzeri, F. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 28: 1018-1024, 2007.
13. Taskin, H. Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *J Strength Cond Res* 22: 181-188, 2008.
14. Thomas, A, and Kelly, T. Fitness assessment of English league soccer players through the competitive season. *Br J Sports Med* 13(3): 103-109, 1979.
15. Sheppard, J, and Young, J. Agility literature review – classifications, training and testing. *J Sports Sci* 20: 919-932, 2002.
16. Poris, A, Lukic, I, Milanovic, A, and Lucetic, A. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *J Strength Cond Res* 24(3): 79-84, 2010.
17. Tolen, T, Hamari, A, Castagna, A, and Isloff, A. Physiology of soccer – an update. *Sports Med* 35: 501-53, 2005.

18. Taskin, H. Evaluating sprinting ability, density of acceleration, and speed dribbling ability of professional soccer players with respect to their positions. *J Strength and Cond* 22 (1) 81-188, 2008.
19. Pignone, A, Audino, A, Mogowski, I, Alloatti, A, and Hautier, A. Activity profile in elite Italian soccer Team. *Int J Sports Med* 31 (30) 310, 2010.
20. Cair, A Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the ICC. *J Strength and Cond* 19(1) 231-240, 2005.
21. Githers, T, Aricic, A, Asilewski, A, and Kelly, A Match analyses of Australian professional soccer players. *J Sports Med* 8 (1) 59-17, 1982.

A $\square\square\square\square$ $\square\square\square\square\square\square$ $\square\square$ T $\square$

This work was supported by the society $\square$ hyperf ($\square$ euilly en Thelle, France) and $\square\square\square\square$ (regional delegation, $\square$ yon, France).

FI□□□□ □□□□□□

Figure 1 □□escription of the soccerAgilFoot□

Figure 2 □□egression curve of soccerAgilFoot□ performance vs starting up time ($y = 9,05 \times 10^{-8}x^2 + 11,029; R^2 = 0,3393$)

Figure 3 □□egression curve of soccerAgilFoot□ performance vs hexagon test ($y = 0,0053x^2 + 12,381; R^2 = 0,335$)

Figure 4 □□egression curve of soccerAgilFoot□ performance vs linear speed ($y = 0,195 \times 10^{-5}x^2 + 5,901; R^2 = 0,3718$)

Figure 5 □Average times per playing position (F, forwards; □□, offensive midfielders; □□, defensive midfielders; □□, central defenders; □□, lateral defenders and □, goalkeepers) (□□, □□0,01; □□□, □□0,001).

Figure 6 □Average time per age and per competitive level