



Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport

**Etude de la charge physique
d'un match de football.
Conséquences pour l'évaluation
et la préparation du joueur.**

Première partie :

Etude de la « charge externe »

**Georges CAZORLA ^{1,2}, Mohamed ZAZOUI ¹, Boujemaa ZAHI ³
Nabyl BEN OSMANE ³**

1 : Laboratoire Evaluation Sport Santé. UFR STAPS. Université Victor Segalen Bordeaux 2

2 : Cellule Recherche. Fédération Française de Football.

3 : Service Médical. Service des Sports. Forces Armées Royales. Salé. Maroc.

Dans : **Sciences & Football. Recherches et Connaissances Actuelles.** PUV 2009 : 103-120

**Document dédié à la Direction Technique de la Fédération Royale
Marocaine de Football Mai 2016**

Etude de la charge physique d'un match de football. Conséquences pour l'évaluation et la préparation du joueur.

Première partie : Etude de la « charge externe »

**Georges CAZORLA^{1,2}, Mohamed ZAZOUI¹, Boujemaa ZAHY³
Nabyl BEN OSMANE³**

1 : Laboratoire Evaluation Sport Santé. UFR STAPS. Université Victor Segalen Bordeaux 2

2 : Cellule Recherche. Fédération Française de Football.

3 : Service Médical. Service des Sports. Forces Armées Royales. Salé. Maroc.

Actuellement, le joueur d'une équipe de football engagée dans un championnat national, dans différentes coupes programmées au plan national et éventuellement qualifiée au niveau international, est dans l'obligation de répondre durant des périodes de plus en plus longues à deux matches hebdomadaires, soit un match tous les trois ou quatre jours !

Conséquence de ces répétitions, deux des questions qui se posent avec de plus en plus d'acuité dans la pratique du football de haut niveau actuel et probablement des années futures sont respectivement celle des contraintes physiologique et biologique que représente un match sur l'organisme du footballeur et celle des délais nécessaires pour qu'il puisse récupérer.

L'objet de notre présentation est de tenter de répondre à la première de ces deux questions en établissant un bilan de l'évolution des paramètres physiques, physiologiques et biologiques les plus congruents de joueurs évoluant au niveau élite au cours de matches s'étant déroulés dans les trois dernières décennies pour ensuite les comparer à ceux observés et mesurés chez la totalité des joueurs de haut niveau de deux équipes, avant, pendant et après un match au cours duquel ces deux équipes se sont opposées.

Ce bilan et ces nouvelles mesures devraient permettre aux entraîneurs, aux préparateurs physiques et aux médecins de club de mieux asseoir l'orientation, le contrôle et le suivi de l'entraînement des footballeurs placés sous leur responsabilité.

Etat sur la question

Si travaux et publications portant sur l'observation des actions de match en situation réelle de compétition sont légion, actions observées que nous définirons comme « charges externes » du match (Agnevik, 1970, 1975; Reilly et Thomas, 1976 ; Withers et al., 1982 ; Lacour, 1983; Ekblom, 1986; Goubet, 1989 ; Bangsbo et al., 1991; Cazorla et al., 1994 ; ; Cazorla et Farhi, 1998, Castagna et al. 2003 ; Mohr et al., 2003 ; Castagna et Abt, 2003 ; Zazoui, 2004, Bloomfield 2007) pour des raisons de règlement, le port par le joueur d'appareils de recueil d'informations physiologiques et l'intervention extérieure nécessaire aux recueils biologiques étant interdits au cours d'un match officiel, plus rares sont les données dans ces domaines. Seuls quelques résultats obtenus au cours de séquences de match dans des conditions quelques fois assez éloignées de celles d'une rencontre officielle sont actuellement disponibles (Bangsbo et Krogh, 1990 ; Bangsbo et al. 1991; Bangsbo, 1994 ; Bangsbo, 1995, Bangsbo et al. 2006, Krstrup et al, 2006).

Les connaissances limitées sur les répercussions physiologiques et surtout biologiques réelles du match, répercussions que nous désignerons comme « charges internes » sont souvent à l'origine de spéculations sur les possibles effets délétères de la pratique intensive et récurrente du football sur la santé du joueur professionnel.

Analyse des charges « externes »

Le protocole expérimental que nous avons respecté pour l'observation des différents matches a toujours compris trois phases :

- 1) initialement à l'entraînement, nous avons obtenu la vitesse aérobie maximale (VAM) ou vitesse limite atteinte à la consommation maximale d'oxygène (VO_2max), la fréquence cardiaque maximale (FCmax) et la concentration de lactate au cours ou à la fin du test triangulaire de course sur piste Vam-Eval (Cazorla et Léger 1990). Ce test permet aussi d'obtenir directement sur le terrain la relation vitesse de course-fréquence cardiaque (FC). ainsi que la vitesse aérobie maximale (VAM) A partir de la connaissance des VAM des différents joueurs nous avons extrapolé les valeurs de leur consommation maximale d'oxygène (VO_2max) respective en utilisant la formule calculée par Léger et Mercier (1984).
- 2) toujours à l'entraînement nous avons magnétoscopé chacun des joueurs observés en match en leur faisant parcourir une distance fixe de 10 m chronométrée au moyen d'un couple de cellules photoélectriques. Cette distance était couverte trois fois respectivement dans neuf différentes modalités de déplacement : marche, course à allure modérée, course rapide, sprint

avec un élan de 15m, sprint départ arrêté, sprint après changement de direction, sprint avec ballon, pas chassés, déplacement en marche arrière.

A partir de ces enregistrements, nous avons respectivement mesuré les longueurs et les durées des foulées dans chacune des modalités de ces déplacements. Seules les valeurs moyennes ont été retenues.

3) enfin, directement au cours du match nous avons magnétoscopé chacun de ces joueurs soit par une caméra qui suivait en continu le même joueur, soit par trois ou quatre caméras professionnelles qui couvraient la totalité du terrain de football et donc l'ensemble des joueurs. Une séquence de dix minutes d'enregistrement des joueurs observés étaient alors visionnée au moyen d'un magnétoscope équipé d'un grand écran, d'un chronomètre incrusté, d'arrêt et de retour sur images permettant l'analyse en aveugle par trois observateurs différents. L'absence de différence statistiquement obtenue entre les trois observateurs a alors permis l'analyse complète des différents joueurs observés durant la totalité des différents matches. Les foulées de chaque joueur étaient comptées et classifiées selon les neuf modalités de déplacement présentées. Les longueurs et les durées des foulées ont permis d'évaluer les distances couvertes et les vitesses de chaque joueur dans chacune des modalités des déplacements. Ainsi, nous avons analysé la charge externe de 52 joueurs au cours de 38 matches officiels de ligue 1 et de coupes d'Europe.

1- Bilan des résultats obtenus entre 1970 et 2000.

1-1 Distances parcourues au cours du match.

Selon les publications relatives à la charge externe, au total, la distance parcourue au cours d'un match varierait entre 8 et 12 km. Cette disparité peut s'expliquer par les techniques d'observation utilisées mais aussi par les systèmes de jeu mis en place, par l'ancienneté de certaines de ces études et par la meilleure préparation du joueur. Par contre si seuls les résultats issus de techniques d'observation proches de celle que nous avons nous-même utilisée sont retenus (Reilly et Thomas 1976 ; Goubet, 1989 ; Cazorla et al., 1994 ; Cazorla et Farhi, 1998) ces résultats montrent une remarquable stabilité des moyennes de la distance totale parcourue (autour de $8000\text{m} \pm 1000\text{m}$) mais une augmentation très importante des actions de grande intensité qui sont passées d'une moyenne de 88 ± 12 par joueur et par match dans les années 1970 (Reilly et Thomas 1976) à 119 ± 8 en 1998 (Cazorla et Farhi 1998). Environ le quart de la distance totale était consacré à des courses à vitesses rapides proches de la vitesse aérobie maximale, ou très rapides supérieures à la VAM, vitesses encore définies comme supra maximales, voire à la répétition de sprints courts. Le reste de

cette distance était parcouru à des vitesses nettement infra maximales ou course de remplacement, voire à de la marche.

Les distances les plus longues étaient parcourues par les milieux de terrain et les arrières latéraux, alors que les arrières centraux parcouraient les distances les plus courtes ; les attaquants se situaient entre ces deux extrémités. Toujours selon le poste occupé, sprints et courses intenses représentaient des pourcentages de la distance totale allant de 23 % (arrières centraux) à 38 % (attaquants). Le tableau 1, issu de la synthèse des travaux de Reilly et Thomas, 1976 et de nos propres travaux, donnait les valeurs moyennes des différentes modalités de déplacement en fonction des postes.

En moyenne, environ 750 m et 1500 m étaient couverts respectivement en sprints et en courses intenses. Bien qu'il n'existait pas de différences statistiquement significatives, les attaquants et les défenseurs latéraux présentaient généralement des distances supérieures 900 m en sprints et 1600 m en courses intenses, alors que les défenseurs centraux présentaient les données les plus faibles : 500 et 1300 m. Les milieux de terrain se situaient à des valeurs proches des attaquants (800 et 1500 m).

TABLEAU 1 ICI

Tableau 1 : Pourcentages de la distance totale parcourue au cours de matches selon les différentes modalités de déplacement et selon les différents postes occupés sur le terrain. Calculés à partir de nos propres résultats (*) et de ceux de Reilly et Thomas (1976)				
% distance totale	Défenseurs centraux n = 9	Défenseurs latéraux n=10	Milieux n=14	Attaquants n=16
MARCHE COURSE	22.9 à 35.7 %*	27.8 à 28.8%*	20.7 à 31.5 %*	27.5 à 28.6 %*
LENTE COURSE	41.1%* à 49%	41.4* à 43.4%	38.0* à 46.4%	37.2* à 38.9 %
INTENSE	16.9 %* à 19.6 %	19.3 à 19.7 %*	19.7* à 22.4 %	20.9% à 23.1%*
SPRINT	6.3* à 8.5%	9.5 à 10.2 %*	10.5 à 11%*	12.7 à 13.1%*
DISTANCE TOTALE PARCOURUE (m)	7621* à 7759	8006* à 8245	8097* à 9805	7104* à 8397

1-2 Caractéristiques des courses observées

Quel que soit le poste, les distances moyennes respectives des sprints et des courses intenses étaient de 17.2 ± 12 m pour les sprints et de $18.05 \pm 14,5$ m pour les courses intenses. Par contre, selon les postes, le nombre de sprints et de courses intenses étaient très variable (Tableau 2) ce qui montrait :

- une importante réitération de sprints relativement courts linéaires ou avec des changements de direction avec et sans ballon qui, selon les postes, représentaient de 6 à 13% de la distance totale parcourue,

- d'une alternance de sprints, de duels avec et sans ballon, de courses intenses et courtes (100 à 130 % de VAM, représentant de 16 à près de 23 % de la distance totale) avec des courses à vitesse modérée voire de la marche permettant une récupération active.
- de 70 à 110 accélérations (88 ± 14) et de 40 à 70 blocages changement de direction (54 ± 12) par joueur et par match.

Selon les postes, les durées de récupération entre les sprints ou les courses intenses se sont avérées très variables aussi. Les attaquants et les milieux présentaient les intervalles les plus réduits : entre 6s et 1 min 48. A l'opposé, c'étaient les défenseurs centraux qui montraient les intervalles les plus longs.

Comme les courses sans ballon représentaient près de 98 % de la durée totale d'une rencontre (Reilly et Thomas, 1976 ; Withers et al., 1982), on peut estimer que l'aptitude à la course intense de courte durée et souvent répétée, constitue une des principales exigences du football. La faculté de récupérer rapidement entre deux courses intenses constitue l'exigence corollaire de ces modalités de déplacement.

TABLEAU 2 ICI

Tableau 2 : Nombre et durée totale des sprints et des courses intenses selon le poste					
n = effectif		Déf. centraux	Déf. latéraux	Milieux	Attaquants
SPRINTS (de 3.5 à 60 m) (X: 17.2; ± 0.8)	nombre	18	31	39	47
	durée totale (s)	71	136	124	110
COURSES INTENSES (X:18.0; $\pm 2m$)	nombre	82	96	90	105
	durée totale (s)	442	514	483	434

1-3 Répertoire des actions techniques

- **Les durées totales des arrêts complets** étaient relativement brèves (en moyenne 45s par match, entre 15s - 3 min 20s) ce qui signifie que la plupart des sprints et courses intenses étaient réalisés alors que le joueur étaient déjà en mouvement. Selon les postes, les rapports de la durée d'activité : faible intensité / haute intensité se situaient comme suit (Withers et coll., 1982) : Attaquant 26/3 ; Arrière latéral 17/7 ; Milieu 19/2 ; Arrière central 33/1. Toutefois, ces rapports diminuent avec l'augmentation du niveau de jeu.

Ceci nous permet de penser que la capacité d'utiliser l'oxygène afin de mieux récupérer et de maintenir une activité constante, constitue une importante exigence supplémentaire.

- **Le nombre de contacts avec la balle** était aussi très faible : en moyenne entre 50 et 55 contacts par match et par joueur (Winterbotton, 1959 ; Withers et coll., 1982) ce qui démontre clairement qu'un joueur n'a que peu d'occasions de mettre en pratique sa technique et son adresse durant le match.

- **Têtes et sauts** variaient selon les postes... et les études. Selon les auteurs, on peut en dénombrer en moyenne par joueur 10 par match (Withers et coll., 1982) à 20 (Reilly et Thomas, 1976). Cependant, il y a accord concernant les postes pour indiquer que les défenseurs latéraux et les milieux de terrain sont moins impliqués dans les luttes aériennes que les attaquants et surtout que les défenseurs centraux. Outre les qualités de détente verticale pure, les joueurs évoluant à ces deux postes, doivent aussi faire preuve d'un bon "timing" et d'un bon placement leur permettant d'exprimer leur jeu de tête.

- **Tacles** : En moyenne au cours de match, quel qu'était son poste, chaque joueur était amené à réaliser entre 10 et 15 tacles. La réalisation de ces techniques, outre les qualités d'amplitude musculo-articulaire requises au niveau de l'articulation coxo-fémorale et des membres inférieurs, fait aussi appel à des qualités mentales non négligeables : agressivité, cran...

- **Blocages, changements de direction** : Au cours d'une rencontre, un nombre important de blocages-changements de direction (entre 40 et 70 ; M ~ 50 selon Withers et coll., 1982) était réalisé par chacun des joueurs. Ces actions qui permettent de prendre son adversaire direct à contre-pied, exigent une forte puissance de la part des muscles des membres inférieurs afin de s'opposer à l'inertie de la masse du corps en action.

2- Résultats de nos propres travaux

Nos résultats ont été obtenus avec 22 footballeurs professionnels appartenant au club des « Forces Armées Royales » (FAR), l'une des meilleures équipes évoluant en ligue 1 dans le championnat marocain au cours d'un match amical pour lequel un haut niveau de motivation était entretenu spontanément par les joueurs répartis en deux équipes A et B, encouragés et constamment stimulés par leur entraîneur et par la présence des personnalités de l'armée qui y assistaient.

Outre la quantification des différentes actions constituant la charge externe du match, l'originalité de la présente étude a été d'évaluer les intensités respectives des différents déplacements et de les analyser ensuite en regard de leurs répercussions physiologiques et biologiques et ce, en tenant compte du poste occupé sur le terrain.

Ces répercussions physiologiques et biologiques qui constituent ce qui est défini comme « charges internes » seront développés dans la deuxième partie de notre étude faisant partie du même ouvrage : Etude de « la charge interne » de Cazorla, Benezzeddine-Boussaidi et Duclos.

2-1 Caractéristiques des joueurs observés et méthode d'observation

Les 22 footballeurs retenus pour cette expérimentation sont uniquement des joueurs professionnels marocains. Leurs principales caractéristiques, morphologiques et physiologiques sont présentées dans le tableau 1. Les pourcentages de graisse ont été évalués à partir de la technique des quatre plis cutanés (subscapulaire, tricipital, bicipital, supra iliaque) selon le protocole proposé par Womersley et Durnin (1977).

Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3 : Caractéristiques des joueurs entrant dans l'expérimentation.

N = 22	Age (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	Graisse (%)	VAM (km)	VO ₂ max extrapolé ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹	FC max à VAM bt.min ⁻¹	Lactate à VAM mmol. L ⁻¹
Moyenne	26,3	176,9	66,8	13,3	17,2	59,5	188,2	11,9
Ecart type	4,42	7,23	7,02	3,2	1,2	5,5	5,7	1,3

Commentaires. Pour apprécier le niveau athlétique et physiologique des joueurs entrant dans notre étude, nous avons comparé leurs caractéristiques présentées dans le tableau 3 aux statistiques concernant les joueurs professionnels évoluant dans les équipes d'élite des championnats européens (Bangsbo et al., 1991 ; Tumilty, 1993; Reilly, 1994, 2000; Cazorla et Fahri, 1998; Wisloff et al. 1998; Arnason et al. 2004; nos résultats non publiés : tableau 4). Si leurs capacités aérobies apparaissent sensiblement conformes à celles publiées : 60 à 65 ml.min⁻¹. kg⁻¹, il n'en est pas de même de la taille et du poids toujours sensiblement inférieurs : respectivement 176,9cm ± 7,23cm versus 180,1cm ± 5,8cm, 66,8kg ± 7,02kg versus 75,7kg ± 6,6kg, ni de la masse grasse pour laquelle les moyennes des pourcentages de graisse publiées se situent entre 11 et 12% de la masse corporelle (Cazorla et Fahri, 1998, Strwick et al., 2002).

Tableau 4 : Caractéristiques des joueurs évalués entre 1985 et 2000 (nos résultats)

		Taille (cm)	Poids (kg)	Graisse (%)	VAM (km.h ⁻¹)	VO ₂ max extrapolé ml.min ⁻¹ .kg ⁻¹
Eq. France 98 n = 26	Moyenne	182,3	79,2	10,3	18,3	64,1
	Ecart type	3,7	7,1	1,9	0,65	2,3
Pro Ligue 1 n = 165	Moyenne	180,1	75,7	11,8	17,6	61,6
	Ecart type	5,8	6,6	2,1	0,95	3,3
Pro Ligue 2 n = 115	Moyenne	175,7	70,1	11,7	17,5	61,3
	Ecart type	5,5	6,1	2,4	1,1	3,9

2-2 Distances totales parcourues selon les différentes modalités de déplacement.

Le match a été enregistré par trois caméramen expérimentés. L'emplacement de trois caméras au niveau de la rangée la plus élevée de la tribune centrale du stade où le match se

déroulait avait été testé pour couvrir la totalité du terrain tout en donnant de bonnes images des joueurs se trouvant dans le champ filmé.

Les actions du match des 22 joueurs ont ensuite été analysées. Cette analyse consistait à compter le nombre de foulées effectuées par chaque joueur dans les différentes modalités de déplacement habituellement utilisées en cours de match. Connaissant la distance moyenne des foulées de chacun des joueurs mesurée à l'entraînement pour différentes modalités respectives de déplacements (tableau 5), nous avons pu ainsi calculer la distance totale parcourue dans chacune d'elles (Tableau 6). A la différence des autres travaux publiés dans ce domaine, concernant les sprints, nous avons distingué toutes les formes réalisées en cours de match, ce qui permet d'observer des amplitudes de foulées différentes selon que le sprint est lancé, ou départ arrêté ou ballon au pied. Cette distinction nous a permis d'être plus précis pour calculer les distances respectives de chacun des sprints ainsi que les distances totales couvertes (Tableau 6).

Tableau 5 : Longueurs moyennes des pas et des foulées (en m) dans chacune de modalités des déplacements au cours du match.

	Marche	Courses à allure modérée	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après chgt direction	Sprints avec ballon	Pas chassés	Déplact en arrière
Moyenne	0,79	0,98	1,57	1,87	1,62	1,61	1,71	1,58	1,24
Ecart-type	0,06	0,16	0,13	0,14	0,11	0,14	0,16	0,27	0,27

Tableau 6 : Synthèse des distances (m) obtenues dans chaque modalité de déplacement et par poste.

	Marche	Courses à allure modérée	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après chgt direction	Sprints avec ballon	Pas chassés	Déplact en arrière	Total
DEFENSEURS										
Moyenne	2445,8	1957,8	1078,5	328,3	215,8	267,3	404,8	387,3	571,5	7657,1
Ecart type	443,8	665,4	127,0	82,8	91,3	93,3	122,0	106,1	287,6	817,2
MILIEUX										
Moyenne	2290,3	2502,0	1287,7	404,7	347,0	504	620,3	403,0	297,0	8656
Ecart type	346,6	280,6	151,4	70,9	118,0	55,8	144,4	261,4	74,5	268,2
ATTAQUANTS										
Moyenne	2025,3	1567,7	1214,3	641,7	438,7	282,0	497,0	217,3	197,7	7081,7
Ecart type	172,4	420,4	341,2	74,4	160,6	112,8	83,0	56,0	35,3	453,6

Commentaires. Dans notre étude, en les regroupant par poste, les joueurs observés ont parcouru au cours du match une distance moyenne totale se proche de 7800m ± 750m. L'importance des écart-types témoigne des fortes variations inter individuelles elles-mêmes

résultants de l'interaction de plusieurs facteurs : de l'opposition, du système de jeu choisi, des capacités individuelles et du poste occupé en jeu.

Comparées aux résultats obtenus par d'autres auteurs, nos distances totales de déplacement se situent entre les deux extrêmes publiés : 3361m (Winterbotton, 1959) et 12000m (Saltin, 1973 ; Castagna et Abt, 2003).

Parmi les différents auteurs ayant publié sur ce sujet, seuls Withers et al. (1982) rapportent avoir utilisé l'enregistrement magnétoscopé et, comme nous l'avons réalisé nous même dans la présente étude, avoir testé le niveau de validité et de fidélité des expérimentateurs chargés de décrypter les images vidéo. Malgré les nombreuses ressemblances avec notre technique, leurs résultats s'avèrent supérieurs aux nôtres, surtout au niveau de la distance totale ; 11527m, et à ceux des déplacements de faibles intensités 3026m (marche) et 5140m (course lente) qui représentent ensemble près de 71% de la distance totale ! ...alors que les déplacements plus intenses, courses rapides : 1506m et sprints : 666m ne représenteraient que 19%, le reste, soit environ 10%, serait couvert par les autres types de déplacements. Comme bien d'autres, ces résultats montrent qu'il est difficile d'établir des règles en la matière et que les déplacements en match peuvent résulter de multiples facteurs comme nous l'avons précédemment proposé. Cependant, d'une façon générale, il semble que plus le niveau de compétition est élevé, plus les distances parcourues à intensités élevées sont importantes (Castagna et Abt, 2003 ; Castagna et al. 2003). Un deuxième constat apparaît au niveau des variations des distances en fonction de la technique d'observation. Les distances publiées paraissent nettement plus courtes lorsque seule l'observation visuelle est utilisée (entre 4000 et 5500m), intermédiaires en utilisant, comme dans la présente étude, l'analyse des déplacements à partir d'images magnétoscopées (entre 7000 et 9000m) et nettement supérieures lorsque les caméras sont reliées à des systèmes informatiques équipés des nombreux logiciels actuellement existants (entre 11000 et 14000m). Remarquons que, à notre connaissance, aucune vérification expérimentale de la validité et de la fidélité des résultats ainsi obtenus n'a accompagné l'utilisation de ces nouvelles technologies d'analyse.

Il est aussi remarquable de constater des distances relativement homogènes lorsque la même technique est utilisée. Ainsi, nos résultats sont assez proches de ceux de Goubet, 1989 ; et de Cazorla et Farhi, 1998. Comme le constatent ces auteurs, en utilisant cette même technique, la distance totale, sensiblement proche de 8000m, est demeurée relativement stable en près de 25 ans : (Reilly et Thomas, 1976 ; Goubet, 1989 ; Cazorla et Farhi, 1998)

2-3 Répartition des différentes modalités de déplacement en match.

En regroupant tous les sprints, et en définissant leurs valeurs brutes en pourcentages de la distance maximale, selon les postes occupés on peut constater (Figure 1) que ce sont les attaquants qui présentent la distance la plus importante en sprints et en courses intenses mais la plus faible en déplacements de récupération (marche et courses à allures modérées) qui représentent cependant près de la moitié des déplacements. Les attaquants ont donc plus d'actions intenses et moins de temps de récupérations entre elles que les autres joueurs. Pour ce qui concerne les actions intenses, les milieux se situent immédiatement en dessous mais on peut remarquer que ce sont eux qui présentent la distance totale et le nombre de répétitions significativement en dessus des valeurs des joueurs occupant les autres postes pour les sprints avec changements de direction (Tableaux 6 et 8).

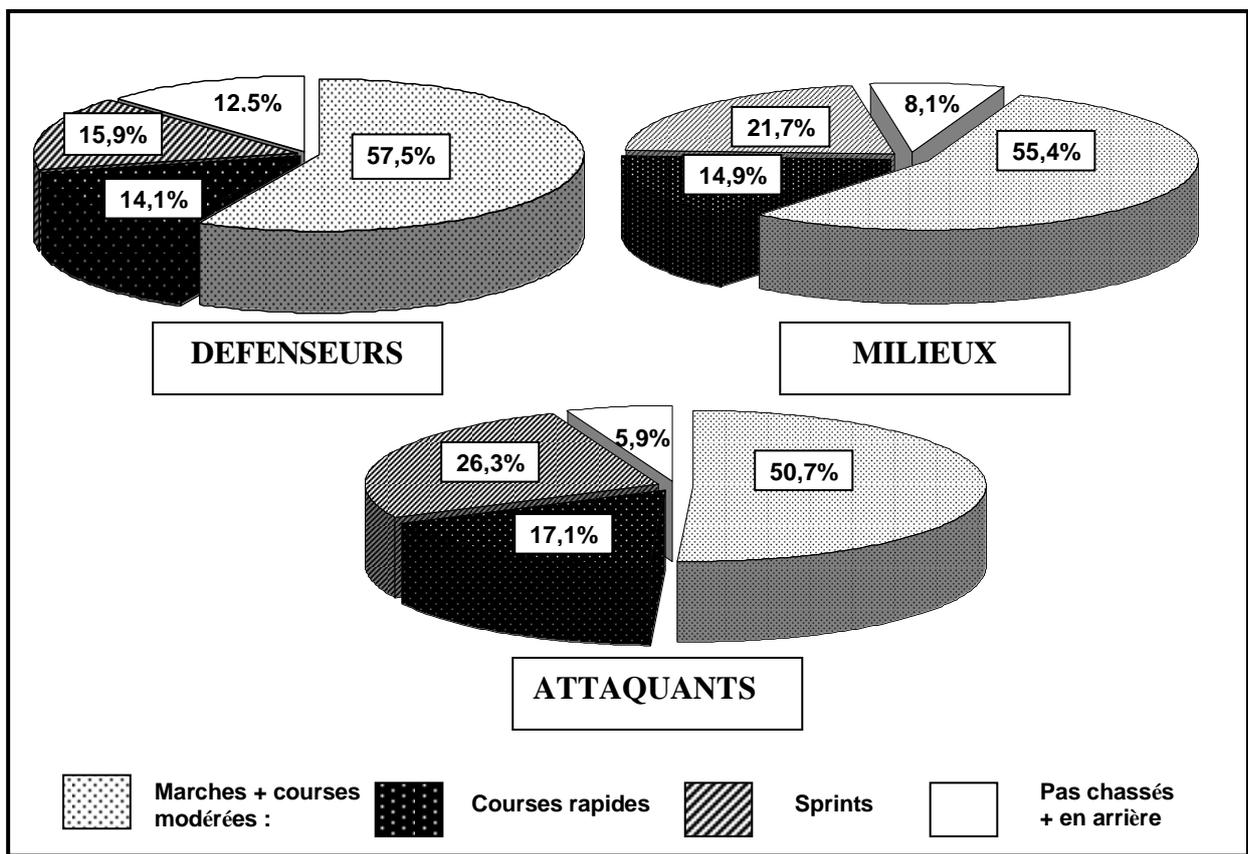


Figure 1 :

2-4 Vitesse des différentes modalités de déplacement.

Comme les différentes modalités de déplacement étaient réalisées et filmées à l'entraînement entre deux paires de cellules photoélectriques placées à 10 m l'une de l'autre, nous avons pu aussi calculer la durée de chaque foulée (tableau 8) permettant ensuite d'obtenir la vitesse de ces déplacements (Figure 2).

Tableau 8 : Durées moyennes (s, 1/100) de chaque pas et de chaque foulée utilisés dans chacune des modalités de déplacement du match

	Marche	Courses à allure modérée	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après chgt direction	Sprints avec ballon	Pas chassés	Déplact en arrière
Moyenne	0.52	0.36	0.32	0.26	0.32	0.45	0.27	0.27	0.27
Ecart-type	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.03	0''05	0.04	0.01

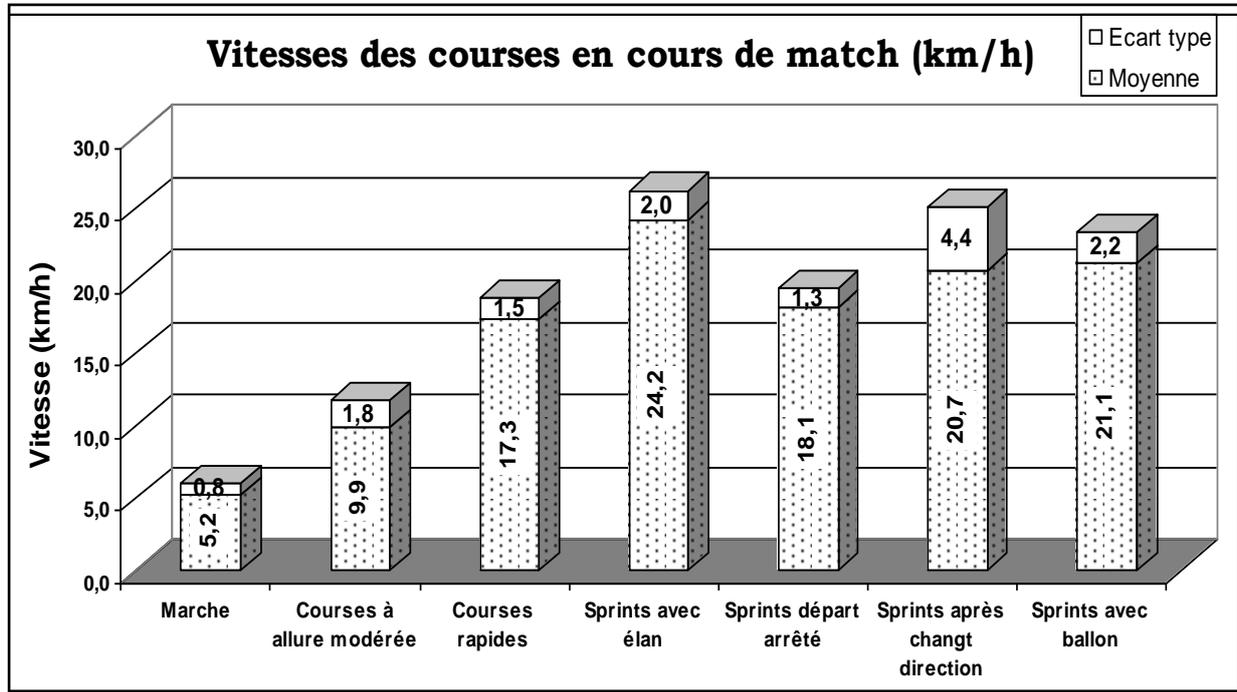


Figure 2 : Vitesses de la marche et des différentes courses relevées au cours du match.

2-5 Intensités des courses en pourcentages de VAM

La connaissance de la vitesse aérobie maximale (VAM) de chaque joueur (Tableau 3) nous a ainsi permis de calculer en pourcentages de leur VAM respective, les intensités de leurs déplacements dans les différentes modalités utilisées au cours du match (Figure 3). Ces intensités donnent aux entraîneurs de bonnes pistes pour la gestion de celles des exercices à mettre en place au cours de la préparation physique de leurs joueurs.

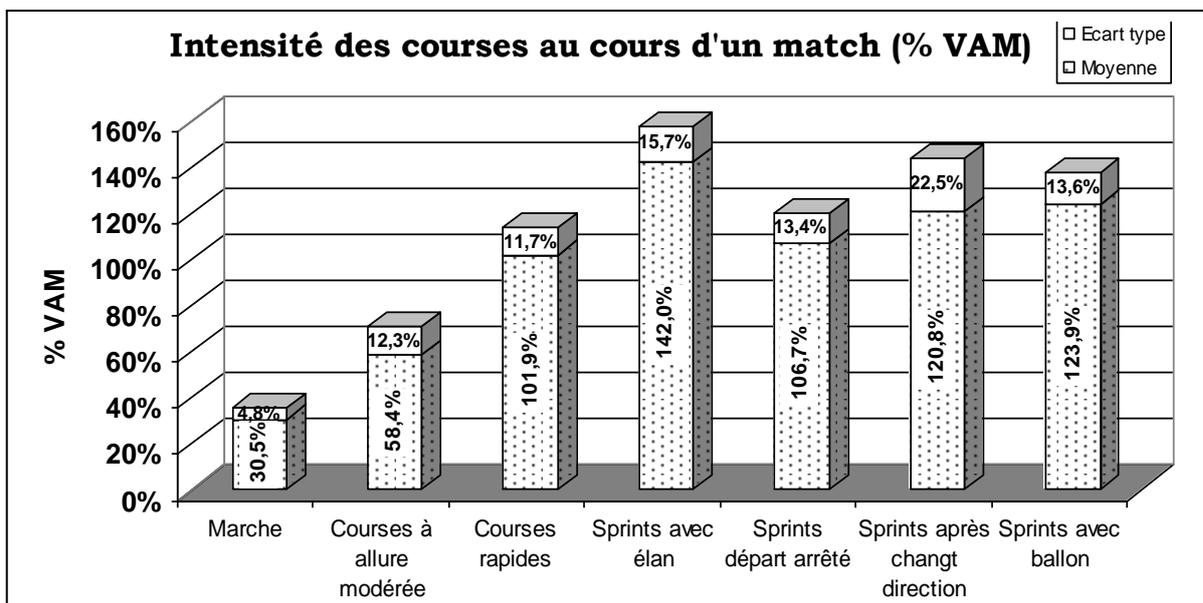


Figure 3 : En fonction de la vitesse aérobie maximale (VAM) obtenue par chacun des joueurs au test triangulaire Vam-Eval, pourcentages de cette VAM que représentent les vitesses mesurées au cours de chaque modalité de déplacement au cours du match.

2-6 Durées, distances et répétitions des courses intenses et des sprints au cours du match

En cumulant les courses rapides et les différents sprints, nous pouvons noter que 30%, 35,8% et 43,4% des distances parcourues en match le sont respectivement par les défenseurs, les milieux et les attaquants à des intensités allant de 101% de VAM pour les courses rapides à 142% pour les sprints avec élan. Les intensités plus faibles de la marche (30,5% de VAM) et de la course à allure modérée (58,4% de VAM) peuvent être considérées comme des vitesses de récupération active entre les actions courtes et intenses. Celles-ci se distribuent en moyenne par poste (Tableau 6) de la façon suivante : 146 actions intenses pour les défenseurs, 180 pour les milieux et 184 pour les attaquants. A partir des informations données dans les tableaux 6, 8 et 9, il est possible de calculer la durée moyenne de chaque course intense. C'est ce que nous avons fait pour chacun des joueurs. Le tableau 9 synthétise les résultats obtenus. On notera que les durées des différentes courses intenses se situent entre 2s 17 centièmes \pm 1s 28 centièmes et 3s 84 centièmes \pm 14 centièmes. Les étendues que nous avons relevées lors de l'analyse individuelle des résultats se situent entre 1s,12 centièmes pour le minimum et 6s,88 centièmes pour le maximum. Si nous retenons les durées moyennes des courses intenses par poste (tableau 10), et leur nombre (tableau 8) il est possible de calculer qu'un défenseur reproduit une action intenses toutes les 34s, un attaquant toutes les 26s30 et un milieu toutes les 27s. Comme par ailleurs les distances moyennes parcourues en sprint se situent entre 15 et 20m ceci donne des indications pour la mise en

place de situations d'entraînement spécifiquement adaptées aux contraintes du match : répétition de différentes modalités de sprints de 20m avec et sans ballon, toutes les 30s.

Tableau 7 : Nombre de répétitions dans chacune des modalités de déplacement au cours du match

N = 20	Marche	Courses à allure modérée	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après changement direction	Sprints avec ballon	Pas chassés	Déplacement en arrière	Total
DEFENSEURS										
Moyenne	68,3	53,5	65,5	22,5	16,5	15,5	26,3	19,8	28,5	310,0
Ecart type	8,2	11,3	19,3	9,4	5,7	4,5	7,8	9,9	7,9	18,5
MILIEUX										
Moyenne	61,3	60,3	76	27,7	22,3	28,3	31	18,3	22	347,2
Ecart type	14,6	5,7	20,1	4,9	6,4	10,8	8,9	9,1	4,6	9,5
ATTAQUANTS										
Moyenne	59,7	45,7	84,3	31	22,7	19,3	30	18,3	30,3	341,3
Ecart type	10,1	13,8	10,7	5,6	7,2	6,7	10,8	6	12,1	33,3

Tableau 8 : Distance moyenne parcourue respectivement dans chacune des répétitions des différentes modalités de déplacement au cours du match

n = 20	Marche	Courses à allure modérée	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après changement direction	Sprints avec ballon	Pas chassés	Déplacement en arrière
DEFENSEURS									
Moyenne	33,0	34,1	16,5	14,6	15,5	17,2	15,4	17,4	29,9
Ecart type	4,3	6,2	3,1	8,6	6,0	1,6	2,9	12,6	9,6
MILIEUX									
Moyenne	35,3	38,5	16,9	14,6	15,6	17,8	20,0	20,6	13,8
Ecart type	3,8	8,2	2,8	0,5	2,2	13,7	15,5	9,4	4,0
ATTAQUANTS									
Moyenne	34,3	30,3	14,4	20,7	19,3	14,6	16,6	16,2	8,5
Ecart type	5,4	14,0	4,5	0,9	0,7	6,7	7,5	7,5	3,1

Tableau 9 : Durée moyenne (s. 1/100) de chaque course intense en fonction du poste						
n = 20	Courses rapides	Sprints avec élan	Sprints départ arrêté	Sprints après chag direction	Sprints avec ballon	Moyennes des moyennes des durées
DEFENSEURS						
Moyenne	3,43	2,17	3,08	2,99	2,63	2,86
Ecart type	0,65	1,28	1,19	0,28	0,49	0,78
MILIEUX						
Moyenne	3,52	2,17	3,10	3,10	3,41	3,06
Ecart type	0,58	0,07	0,44	2,38	2,64	1,22
ATTAQUANTS						
Moyenne	3,00	3,08	3,84	2,54	2,83	3,06
Ecart type	0,94	0,13	0,14	1,17	1,28	0,73

3- Conséquences pour l'évaluation, la formation et la préparation du joueur

En conclusion de cette partie, en se référant à l'accumulation statistique de l'évolution des caractéristiques des matches entre 1970 et 2000, selon les postes, il était déjà possible d'établir un profil des exigences et un portrait robot du joueur de haut niveau de fin de siècle dernier. Compte tenu de cette évolution, la question posée est de savoir s'il est et sera encore d'actualité au cours des années futures ?

D'une manière générale, une bonne capacité aérobie était, est et sera toujours nécessaire pour soutenir un match de 90 min joué à intensité élevée (Bangsbo et Michalsik, 2002). Son importance s'avère plus cruciale pour les milieux de terrain et les arrières latéraux. La capacité aérobie constitue en quelque sorte une "toile de fond" favorable à l'expression renouvelée des autres capacités au nombre desquelles la vitesse et la puissance musculaire prennent une place prépondérante.

Autrement dit, une puissance maximale aérobie (VO_2max) relativement élevée (entre 60 et 65 $ml.min^{-1}.kg^{-1}$ chez le joueur professionnel ce qui correspond à des vitesses aérobies maximales situées entre 17 et 18,5 km/h), une vitesse d'action et de réaction élevée et une importante aptitude à les reproduire souvent tout le long du match (Bishop et Spencer, 2004) constituent les principales qualités physiologiques et physiques du footballeur.

Evaluation. Nous conseillons deux tests actuellement validés pour obtenir la vitesse aérobie maximale (VAM) et qui permettent d'extrapoler VO_2max : le test Vam-Eval (Cazorla, Léger 1990) et le test de l'université de Bordeaux2 : TUB2 (Cazorla, 1993).

Le nombre peu important et les durées très courtes où le joueur est en possession du ballon, exigent une parfaite maîtrise technique sur laquelle, surtout aux postes d'attaquant et de défenseur central, peuvent reposer des actions décisives pour le gain ou la perte d'une rencontre. Bien qu'en totale disproportion avec l'ensemble des autres possibilités physiques offertes par le match, l'investissement technique s'avère donc d'une importance capitale dans la formation et l'entraînement du joueur. La condition physique et les qualités athlétiques qui potentialisent l'efficacité technique et en permettent, non seulement l'expression mais aussi le maintien à un haut niveau durant toute une rencontre, constituent deux conditions indispensables du football actuel et prendront probablement une importance accrue dans le football futur.

Evaluation. Afin de juger du niveau de coordination dans la course (Cazorla et al. 2008) et dans la conduite du ballon, nous proposons un test qui inclut trois modalités : un 20m sprint en course linéaire départ arrêté qui donne une performance référence et permet aussi d'apprécier l'« explosivité » et la vitesse de course sur une distance qui correspond à celle des sprints en match. Un 20m sprint avec changements de direction sans ballon (Cazorla et al. 2008) et le même test avec conduite de balle (voir figure 4). Les différences de performances constituent un bon indicateur de la technicité du joueur ballon au pied.

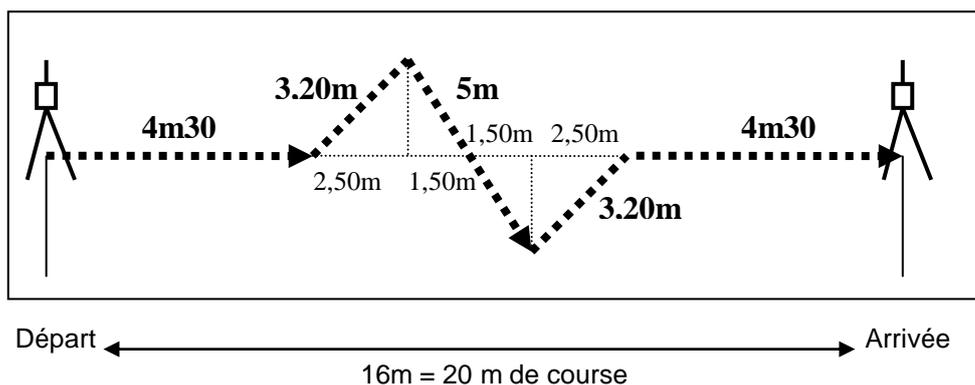


Figure 4 : Test vitesse-coordination de course (Cazorla, 2004)

Les durées de ces actions (démarrage-sprint, saut, sprints avec blocage changement de direction, duels avec et sans ballon...) se situent toujours entre 2 et 4 secondes et, bien qu'elles aient lieu de façon aléatoire, en moyenne, un joueur qui avant les années 2000 restait en match 90 minutes en réalisait progressivement de 90 à 110 voire 120, c'est-à-dire une toutes les 57 à 43 secondes. Aujourd'hui, au cours du match expérimental observé, les durées des actions et les distances parcourues sont demeurées relativement stables mais leur nombre a considérablement augmenté : 146 pour les défenseurs, 180 pour les milieux et 184 pour les

attaquants. Il est probable que, même issue d'un seul match de bon niveau, cette augmentation résulte non seulement des systèmes de jeu mis en place mais aussi d'une évolution du règlement (le gardien de but doit relancer plus rapidement le ballon et celui-ci est remis plus vite dans l'aire de jeu lorsqu'il en est sorti), et surtout d'une meilleure formation et préparation du joueur. Cette évolution laissait augurer ce que sont et seront probablement les caractéristiques du football actuel et celles des années futures : encore plus d'actions intenses dans des intervalles de temps et d'espaces de plus en plus réduits et sous la pression immédiate d'un ou de plusieurs adversaires.

Evaluation. Pour apprécier l'aptitude à répéter des actions intenses ou/et des sprints de courte durée, nous suggérons le test du 12 x 20m sprint avec une récupération passive de 30s entre chaque sprint. Pour ce test il convient d'obtenir d'abord la meilleure performance sur 20m et, après 5min de repos, commencer le test proprement dit. Calculer la performance moyenne sur 20m (somme des 12 performances : 12) et calculer la différence : moyenne des 12 performances moins la meilleure performance sur 20m. Plus cette différence est importante, moins bonne est l'aptitude. Ce même test peut être aussi réalisé en utilisant les sprints avec changements de direction. Notons que plus de 90% de VO_2 max sont atteints à la fin de ce test (résultats personnels en cours de publication) ce qui montre que l'enchaînement de sprints rapprochés peut aussi contribuer au développement du pouvoir oxydatif musculaire.

4- Conclusion et perspectives

L'analyse de l'évolution des caractéristiques physiques observées au cours de nombreux matches fait bien apparaître l'augmentation importante de la répétition d'actions courtes et intenses lors des trente dernières années. Cette évolution permet de pronostiquer la poursuite de cette tendance au cours des années futures. Tant au niveau de la formation du jeune joueur en devenir qu'à celui de la programmation de préparation physique du joueur au cours d'une saison sportive, il convient de tenir compte de cette évolution et donc de bien préparer le joueur aux exigences physiques et physiologiques actuelles et probablement futures du match. Cette préparation peut revêtir deux formes bien particulières, l'une centrée sur le développement maximal des qualités physiques et physiologiques requises proprement dites : vitesse, puissance musculaire, puissance aérobie maximale..., l'autre sur l'utilisation du pourcentage le plus élevé possible de ces qualités afin de réaliser une ou des actions techniques souvent enchaînées comme celles intervenant dans les séquences de jeu.

Le développement maximal des qualités requises peut être réalisé à partir d'exercices sans ballon amenant le footballeur à exprimer la totalité de son potentiel de la qualité considérée. Par exemple on ne peut développer la vitesse que par des exercices de vitesse ou de survitesse. Il en est de même de la puissance musculaire et de la puissance aérobie maximale. Par contre, réaliser des actions techniques, avec et sans ballon à la plus grande vitesse possible ne permet pas d'atteindre sa vitesse maximale et donc de développer cette qualité. En conséquence, il convient d'organiser spécifiquement des séquences dévolues au développement maximal des qualités identifiées comme importantes dans la pratique du football.

Il est non moins important que le joueur soit capable d'utiliser le pourcentage le plus élevé possible des qualités requises pour réaliser des gestes techniques plus ou moins complexes. En général plus le geste technique est complexe, plus faible sera le pourcentage utilisé. Un des rôles de la préparation physique et de la formation technique du joueur est d'augmenter progressivement ce pourcentage. Pour ce faire l'entraîneur et le préparateur physique disposent de deux types d'approche : la préparation dite « intégrée » et la préparation dite « contextualisée ». Dans la première, des gammes d'exercices incluant des gestes techniques peuvent s'enchaîner et leur durée peuvent être chronométrée, alors que dans la seconde il s'agit de faire évoluer dans un contexte de jeu complet plusieurs joueurs dont l'entraîneur peut faire varier le nombre et la surface de jeu : demi, tiers ou quart de terrain... pour obtenir un impact physiologique mieux ciblé. Par exemple, à deux contre deux et trois contre trois sur un quart de terrain, c'est surtout la glycolyse lactique qui est la plus sollicitée alors qu'à quatre contre quatre ou à cinq contre cinq sur un tiers ou un demi terrain l'intensité de jeu produite est proche de VO_2max .

La répétition (x 10 à 20) d'actions courtes (2 à 5s) et intenses (les plus rapides possible)...séparées entre elles par trente à quarante secondes de récupération permettent au cours de la saison lorsque le joueur est bien entraîné, de développer son endurance de vitesse encore définie l'habileté à enchaîner des sprints tel que le jeu actuel et probablement futur l'exige et l'exigera de plus en plus

BIBLIOGRAPHIE

- Agnevik (G)**, 1975. Football, 1970. Traduit du suédois par M. Robin et J.R. Lacour sous le titre : *Etude physiologique du football*. Saint Etienne.
- Arnason (A.), Sigurdsson (S.B), Gudmundsson (A) et Holme (I)**, 2004. Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36(2): 278-85.
- Bangsbo (J) et Krogh (A)**. 1990. Usefulness of blood lactate measurements in soccer. *Science and football 2* : 2-4.
- Bangsbo (J), Norregaard (L.) and Thorso (F)**, 1991. Activity profile of competition soccer. *Can. J. Sport Sci.* 16:110-16.
- Bangsbo, (J.), 1994**. The physiology of soccer – with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 151 (suppl. 619).
- Bangsbo (J)**, 1995. The physiology of intermittent activity in football. In: Science and football (3) Edited by T.Reilly, J.Bangsbo and M. Hughes, 43-53.
- Bangsbo (J) and Michalsik (L.)**, 2002. Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. In: *Science and Football IV*. W. Pinks. T. Reilly, and A. Murphy (Eds). London: Routledge, pp. 53-62.
- Bangsbo (J.), Bencke (J.), Kjaer (M.), Krstrup (P.), Mohr (M.), Steensberg (A.)**, 2006. Muscle and Blood Metabolites during a Soccer Game: Implications for Sprint Performance. *Med. Sci. Sports Exerc* 38(6), 1165-1174.
- Bishop (D), Spencer (M.)**, 2004. Determinants of repeated-sprint ability in welltrained team-sport athletes and endurance-trained athletes. *J Sports Med Phys Fitness*;44(1):1–7.
- Bloomfield (J.) Polman (R.) and O'Donoghue (P.)**, 2007. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J. Sports Sci. Med.* 6, 63-70
- Caru (B.) Coultre (L.) Aghemo (P.) Pinera Limas (F)**.1970: Maximal aerobic and anaerobic power in football players. *J of Sports Medicine and Physical Fitness* 10: 100-3.
- Castagna (C), D'Ottavio (S) et Abt (G)**. 2003. Activity profile of young soccer players during actual match play. *J. Strength Cond. Res.* 17(4):775-80.
- Castagna (C) et Abt (G)**. 2003. Intermatch variation of match activity in elite Italian soccer referees.
- Cazorla (G.), DUFORT (C.), Cervetti (J.P.) Montpetit (R.R.)**, 1983. The influence of active recovery on blood lactate disappearance after supramaximal swimming. In: Biomechanics and medicine in swimming (edited by P.A. Hollander, P.A. Huijing and O. de Groot). Human Kinetics Publishers Inc.: Champaign : 244-250.

- Cazorla (G) et Léger (L.), 1990.** Comment évaluer et développer votre capacité aérobie. Tests navette et Vam-Eval (Edit. AREAPS).
- Cazorla (G.), 1993.** Test de l'université de Bordeaux2 (TUB2). Edit. AREAPS
- Cazorla (G) Montéro (C.) Goubet (P).** 1994. Profil des exigences physiques et physiologiques de la pratique du football. Actes du 4^{ème} Colloque international de la Guadeloupe, p.145-66.
- Cazorla (G), Farhi (A).** 1998. Football. Exigences physiques et physiologiques actuelles. Revue EPS.273, p.60-66,
- Cometti (G.), Maffiuletti (N.A.), Pousson (M), Chatard (J.C), and Maffuli (N), 2001.** Isokinetic strength an anaerobic power of elite, subelite amateur French soccer players. *Int; J. Sports Med.* 22:45-51.
- Goubet, (Ph.)** 1989. Evaluation directe en cours de match des courses et des contraintes énergétiques du footballeur. Mémoire pour l'obtention du Brevet d'Etat d'Educateur Sportif 3^{ème} degré. Formation continue. Directeur de mémoire : G. Cazorla. *Ministère de la Jeunesse et des Sport. Fédération Française de Football.*
- Eklblom (B.),** 1986. Applied physiology of soccer. Department of physiology III, karolinska institute, stockholm. *Sports Medecine* 3: 50-60.
- Lacour J.R.** 1983: Aspects physiologiques du football. Congrès mondial des sciences biologiques appliquées au football. *Barcelone 10-12 juin 1982. Dans l'entraîneur français, 183 : 1-3.*
- Léger (L.) et Mercier (D.),** 1983. Coût énergétique de la course sur tapis roulant et sur piste. *Motricité humaine : 2, 66-69.*
- Reilly (T) et Thomas (V)** 1976. A motion analysis of work-rate in different positional roles in professional football match-play. *J. Human Movement studies*, 2: 87-97.
- Reilly (T),** 1994. Motion characteristics. In: Football (Soccer), B. Eklblom (Ed.). London, Blackwell, 1994, 31-42.
- Reilly (T),** 2000. The physiological demand of soccer. In *Soccer and Science: In an Interdisciplinary Perspective*, J. Bangsbo (Ed.) Copenhagen: Munksgaard, 91-105.
- Reilly (T.), Drust (B.), Clarke (N.).** 2008. Muscle Fatigue during Football Match-Play. *Sports Med* 2008; 38 (5): 357-367
- Tumilty (D),** 1993. Physiological characteristics of elite soccer players. *Sports Med.* 16:80-96.
- Winterbottom (W).** 1959. Soccer coaching. The Naldrett Press Ltd., Kingswood, Surrey, 239-41.
- Wisloff (U), Helgerud (J) and Hoff (J),** 1998. Strength and endurance of elite soccer players. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30: 462-7.

Withers (R.T.), Maricic (7.), Wasilewski (S.), Kelly (L.), 1982. Match analyses of australian professional soccer players. *J. of Human Movement Studies*, 8.159-76.

Womersley (J) et Durnin (JV). 1977. A comparison of skinfold method with extend of overweight and various weight-height relations ships. *Brit. J. Nutr.*, 38 : 271-84.

Zazoui (M). 2004. Etude de la charge physiologique et biologique d'un match de football et délais nécessaires à sa récupération. Mémoire pour l'obtention du DEA Staps de l'Université V. Segalen Bordeaux2. Directeur de mémoire G. Cazorla. 40 p.