

République Algérienne Démocratique et Populaire

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE ABDEL HAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

INSTITUT DE L'EDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME MAGISTER

Option : Sciences Biologiques Appliquées aux Activités Physiques et Sportives

THEME

**ETUDE EVALUATIVE DE QUELQUES
PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES CHEZ LES
FOOTBALLEUSES ALGERIENES (20 - 30 ANS)**

- ❖ **Etude descriptive réalisée sur les footballeuses de championnat national**

Présenté par :

Mr. Rafik Bouafia

Devant le jury composé de:

Mr. Mohamed Remaoun President de jury

Mr. Mohamed Benkased Ali Membre de jury

Mr. Ali Bengoua Membre de jury

Mr. Belkacem Khat Membre de jury

ENCADREUR: Mr. Khelifa SAID AISSA

Année universitaire : 2010/2011

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

ALLAH, le tout puissant, l'omniscient, l'omnipotent, le créateur de tout qui par sa miséricorde nous a permis de réaliser cette œuvre. Que ses noms soient les plus exaltés, qu'il nous ses bienfaits, guide nos pas ici-bas et nous accepte dans son paradis. Amen

Notre guide, le sceau des prophètes **MACHOMED (P. S. L)**, l'exemple, le sage, la lumière que la paix et le salut d'**ALLAH** soient sur lui. Dieu fasse que nous soyons à tes côtés dans le paradis. Amen

A mon père **Mohamed**:

Homme modeste, humble, pour son affection mais aussi pour ses sacrifices. Puisse ce modeste travail être pour vous un motif de fierté.

Qu'**ALLAH** vous protège et vous donne bonne santé et longue vie pour récolter le fruit de ce travail.

A ma mère **Daouia** :

Pour m'avoir donné la vie de l'affection et de la protection. Par ce travail, je loue votre amour, vos sacrifices votre dévouement à mon égard.

Puisse Allah le tout puissant vous donnez bonne santé et longue vie.

A la mémoire de l'âme de mon deuxième père **Salem** :

Qu'**ALLAH** vous bénisse, vous pardonnera, et vous donne son paradis.

A ma deuxième mère **Khadidja** :

Votre bonté, votre simplicité et surtout votre dignité et honnêteté ne seront jamais atteintes.

Qu'**ALLAH**, le Tout puissant vous attribue bonne santé et longue vie.

A ma tante **Fetia** :

Qu'**ALLAH** vous protège et vous donne bonne santé et te garde pour nous.

A mes sœurs et frères :

Fouzia, Noura, Ali, Fadila, Lynda, Nacer, Mohand Cherif. Aux petites Khadoudja et Hanane.

Au petit Billal.

Qu'**ALLAH** vous protège, vous inspire la bonne voie, et vous donne bonne santé et longue vie.

A mes frères en **ALLAH** :

Heouari. G., Ahmed, Tiab, Houari. B., Adda, Mohamed Amine, Abdellatif.

Qu'**ALLAH** garde notre fraternité, nous protège et nous attribue bonne santé et longue vie.

REMERCIEMENTS

Je remercie d'abord *ALLAH* le tout puissant, le miséricordieux, gloire à son prophète *MOHAMMED* (paix et salut sur lui), de m'avoir donné une bonne santé et aider pour mener ce travail à terme.

Mes remerciements s'adressent également :

Notre chef de projet et directeur de thèse *Mr Khelifa Saïd Aïssa* qui nous a enseigné, encadré et orienté tout au long de notre cursus d'étude. Et qui accepté de diriger ce travail.

Mr Djamel Mahieddine, pour son soutien et conseils.

Mr Djamel Ait Saada, pour son aide et soutien.

Mr Ahmed Ahcene, pour son aide et générosité.

Kadi : pour sa disponibilité, service et soutien.

Mes frères Heouari. G., Ahmed, Tiab, Houari. B., Adda, Mohamed Amine, Abdellatif : Pour leurs fraternités, soutien moral et financier.

Frère Kadirou : pour sa fraternité, service et générosité.

Tout le personnel de la bibliothèque : Anissa, Fatiha, Mohamed et Autres : pour leurs sympathie, service et disponibilité.

Frère Bahi : pour son aide, conseils et sympathie.

Younes, Hawas, Sid-Ali et tous les étudiants kabyles de la cité 2000 lits Benyhia Belkacem.

LISTE DES ABREVIATIONS

| | |
|--|--|
| AC= Acide carbonique | ECG= Electrocardiogramme |
| AD= Auricule droite | EHS= Etablissement hospitalier spécialisé |
| ADP= Adénosine di-phosphate | EMP= Epaisseur du mur postérieur |
| AG= Oreillette gauche | EPO= Erythropoïétine |
| AGL= Acide gras libre | ESIV= Epaisseur de septum interventriculaire |
| alpha= Seuil de signification | F= femmes |
| Ao= Aorte | f= Fréquence respiratoire |
| AP= Artère pulmonaire | FAF= Fédération Algérienne de football |
| ATP= Adénosine triphosphate | FC Max= Fréquence cardiaque maximale |
| Batt= Battements | FC= Fréquence cardiaque |
| bpm= battements par minute | FE= Fraction d'éjection |
| bt= battement | FIFA= Fédération in international football association |
| CAN= Coupe d'Afrique des nations | g= Grammes |
| CaO ₂ = Concentration du sang artériel en oxygène | G= Gauche |
| CD= Coronaire droite | GvC= Grande veine coronaire |
| CFM= cardiofréquencemètre | H= hommes |
| CNMS= centre national de médecine du sport | H ₂ O= Eau |
| CO ₂ = dioxyde de Carbone | Hb= Hémoglobine |
| COA= Coenzyme | HCO ₃ ⁻ = Bicarbonates |
| CPT = Capacité pulmonaire | |

m= Mètres
 Max= Maximal
 min= Minutes
 MM= Masse maigre
 N₂= Azote
 MVG= Masse de ventricule gauche
 mvt= Mouvements
 NAV= nœud auriculo-ventriculaire
 O₂= Oxygène
 OD= Oreillette droite
 OG= Oreillette gauche
 p= p-value
 PAS= Pression artérielle systolique
 PCO₂= Pression partielle de dioxyde de carbone
 PFC= Perfluorocarbone
 PMA= Puissance maximale aérobie
 PN₂= Pression partielle de l'azote
 PO₂ = Pression partielle de l'oxygène
 PWC 170= physical working capacity 170
 QC= débit cardiaque
 QC max= Débit cardiaque maximal
 QR= Quotient respiratoire
 VCI= Veine cave inférieure
 VCS= Veine cave supérieure
 VD= Espace mort
 VD= Ventricule droit
 VE= Volume d'éjection
 VES= Volume d'éjection systolique
 VES max= Volume d'éjection systolique maximal
 VG= Ventricule gauche
 VMA= Vitesse maximale aérobie
 VO₂ max= Consommation maximale d'oxygène
 VR= Volume résiduel
 VRE= Volume de réserve expiratoire
 VRI= Volume de réserve inspiratoire
 VT=Vt= Volume courant
 VTD= Volume télédiastolique
 VTS= Volume télésystolique
 WUSA= Women's United Soccer Association
 (CaO₂ – CvO₂)= Différence artérioveineuse

LISTE DES TABLEAUX

| N° DU TABLEAU | TITRE | PAGE |
|--------------------------|--|-------------|
| Tableau n° 01 | Palmarès de la Coupe du monde de football féminin | 38 |
| Tableau n° 02 | Palmarès de la Coupe du monde de football féminin par nation | 39 |
| Tableau n° 03 | Palmarès de la coupe d'Afrique de football féminin | 40 |
| Tableau n° 04 | Répartition des footballeuses (20-25 ans) selon la VO2 max | 108 |
| Tableau n° 05 | Répartition des footballeuses (20-25 ans) selon la FC repos | 110 |
| Tableau n° 06 | Répartition des footballeuses (20-25 ans) selon la PWC 170 | 112 |
| Tableau n° 07 | Répartition des footballeuses (20-25 ans) selon le VES max | 113 |
| Tableau n° 08 | Répartition des footballeuses (20-25 ans) selon le QC max | 115 |
| Tableau n° 09 | répartition des footballeuses (25-30 ans) selon la VO2 max | 117 |
| Tableau n° 10 | Répartition des footballeuses (25-30 ans) selon la FC repos | 120 |
| Tableau n° 11 | Répartition des footballeuses (25-30 ans) selon PWC 170 | 211 |
| Tableau n° 12 | Répartition des footballeuses (25-30 ans) selon VES max | 122 |
| Tableau n° 13 | Répartition des footballeuses (25-30 ans) selon QC max | 124 |
| Tableau n° 14 | Répartition des footballeurs (20-25 ans) selon VO2 max | 127 |
| Tableau n° 15 | Répartition des footballeurs (20-25 ans) selon FC repos | 129 |

| | | |
|----------------------|--|-----|
| Tableau n° 16 | Répartition des footballeurs (20-25 ans) selon PWC 170 | 131 |
| Tableau n° 17 | Répartition des footballeurs (20-25 ans) selon VES max | 132 |
| Tableau n° 18 | Répartition des footballeurs (20-25 ans) selon QC max | 134 |
| Tableau n° 19 | Répartition des footballeurs (25-30 ans) selon VO2 max | 136 |
| Tableau n° 20 | Répartition des footballeurs (25-30 ans) selon FC repos | 139 |
| Tableau n° 21 | Répartition des footballeurs (25-30 ans) selon PWC 170 | 141 |
| Tableau n° 22 | Répartition des footballeurs (25-30 ans) selon VES max | 142 |
| Tableau n° 23 | Répartition des footballeurs (25-30 ans) selon QC max | 144 |
| Tableau n° 24 | résultats t-tets entre 20-25 ans & 25-30 ans (footballeuses/footballeurs) | 147 |
| Tableau n° 25 | Résultats t-tets entre footballeuses & footballeurs (20-25 ans/25-30 ans) | 158 |
| Tableau n° 26 | Interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeuses) | 171 |
| Tableau n° 27 | Interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeurs) | 174 |

LISTE DES GRAPHERS

| N° | TITRE | PAGE |
|---------------------|---|------|
| Graphe n° 01 | Joueuses licenciées (en milliers, au 1er juillet 2006) | 38 |
| Graphe n° 02 | Variations VO2 max selon l'âge (footballeuses/footballeurs) | 148 |
| Graphe n° 03 | Variations FC repos selon l'âge (footballeuses/footballeurs) | 151 |
| Graphe n° 04 | Variations PWC 170 selon l'âge (footballeuses/footballeurs) | 153 |
| Graphe n° 05 | Variations VES max selon l'âge (footballeuses/footballeurs) | 155 |
| Graphe n° 06 | Variations QC max selon l'âge (footballeuses/footballeurs) | 156 |
| Graphe n° 07 | Variations VO2 max selon le sexe (20-25 ans/25-30 ans) | 159 |
| Graphe n° 08 | Variations FC repos selon le sexe (20-25 ans/25-30 ans) | 162 |
| Graphe n° 09 | Variations PWC 170 selon le sexe (20-25 ans/25-30 ans) | 164 |
| Graphe n° 10 | Variations VES max selon le sexe (20-25 ans/25-30 ans) | 166 |
| Graphe n° 11 | Variations QC max selon le sexe (20-25 ans/25-30 ans) | 168 |

LISTE DES FIGURES

| N° | TITRE | PAGE |
|---------------------|--|-------------|
| Figure n° 01 | Le cycle cardiaque | 47 |
| Figure n° 02 | Circulation pulmonaire et circulation systémique | 58 |

RESUME

Notre recherche qui se porte sur l'étude descriptive de quelques paramètres physiologiques (FC repos, PWC 170, VO₂ max, VES max et QC max) des équipes du football participant à notre championnat national, nous a permis de faire une évaluation de niveau de ces paramètres physiologiques chez nos footballeuses. Pour se faire, nous avons consulté les dossiers du contrôle médicosportif de nos footballeuses.

Nous avons déduit à l'évaluation des paramètres de l'étude par rapport à certaines normes et références nationales et internationales chez les footballeurs et les sportifs du haut niveau, ensuite nous avons évalué ces paramètres par rapport aux deux catégories d'âge (20-25 ans) et (25-30 ans) et par rapport au sexe. Enfin, nous avons déduit à l'évaluation de la VO₂ max par rapport aux paramètres de l'étude chez les footballeuses.

Les résultats obtenus lors de nos comparaisons et analyses réalisées dans cette étude viennent constater comme quoi nos footballeuses présente un niveau bas dans les paramètres physiologiques étudiés. Et comme quoi que les deux paramètres cardiovasculaire les plus limitatifs de la VO₂ max sont le VES et QC attribuant au système cardiovasculaire une responsabilité non négligeable dans la baisse de la valeur de VO₂ max chez nos footballeuses. Cependant, les résultats n'attribuent pas une signification à l'âge dans l'évaluation de ces paramètres.

En terme du ce travail, nous avons prédit que cette baisse des facteurs déterminant la performance du système cardiovasculaire chez nos footballeuses est liée à un manque très important dans l'entraînement en endurance et la préparation physique en général.

Mots clés : Evaluation, VO₂ max, Fréquence cardiaque, PWC 170, Volume d'éjection systolique (VES), Débit cardiaque (QC).

ABSTRACT

Our research is focused on the descriptive study of some physiological parameters (FC rest, PWC 170, VO₂ max, VES max and QC max) teams participating in our football national championship, has allowed us to evaluate the level of these parameters physiological contribution by our footballers to footballers by national and international contribution to standards of top athletes and sportsmen well trained. To do this, we consulted the records of our control médicosportif footballers.

The results obtained in our comparisons and analyzes in this study corroborate our hypothesis as what our footballers has a low level in the physiological parameters studied, especially in comparison with our footballers. And as what the two most limiting cardiovascular parameters of VO₂ max are the VES and the cardiovascular system QC attributing significant responsibility for the decline in the value of VO₂ max for our footballers.

However, the results do not assign meaning to the age of soccer players in the evolution of the parameters studied by contribution to the age of peak functional qualities between 20 and 25 years. In terms of this work, we predicted that the decline of the factors determining the performance of the cardiovascular system in our footballers is related to a lack very important in endurance training and physical preparation in general.

Keywords: Evaluation, VO₂ max, Heart rate, PWC 170, stroke volume, cardiac output.

ملخص البحث

تركز بحثنا على دراسة وصفية لبعض المعايير الفسيولوجية (النبض القلبي اثناء الراحة، سعة العمل "PWC 170"170، الاستهلاك الاقصى للأكسجين VO2 max، حجم الضربة القلبية VES، الدفع القلبي QC) للفرق المشاركة في البطولة الوطنية لكرة القدم النسوية، مما قد سمح لنا بتقييم مستوى هذه المعايير الفسيولوجية للاعبات كرة القدم النسوية الجزائريات مقارنة بلاعبي كرة القدم المحليين ومقارنة مع الرياضيين دو المستوى العالي المدربين تدريباً جيداً. للقيام بذلك، درسنا ملفات المراقبة الطبية للاعبات كرة القدم الناشطات في البطولة الوطنية.

في الجزء الأول من هذا البحث قد شرحنا المفاهيم العامة المتعلقة بموضوع دراستنا. في الجزء الثاني قدمنا عينة الدراسة والأساليب والوسائل التي مكنت تحليل وجمع وتنظيم والبيانات. وكذلك أيضاً قدمنا فيه عرض، تفسير ومناقشة النتائج.

تم تصميم الجزء العملي من دراستنا على ثلاثة محاور: وقد استخلص المحور الأول في تقييم المعلمات الخاصة بالدراسة من خلال مقارنتها ببعض المعايير والمراجع الوطنية والدولية الخاصة بلاعبي كرة القدم والرياضيين دو مستوى عال. والمحور الثاني، تم تخصيصه للاستدلال على دلالة عامل السن (من 20 الى 30 سنة) في تقييم هذه المعايير. المحور الثالث خصصناه لاستدلال التغييرات في الاستهلاك الاقصى للأكسجين VO2 max بالنسبة للمعايير الاخرى عند لاعبات كرة القدم مقارنة مع لاعبي كرة القدم. النتائج التي تحصلنا عليها في المقارنات و التحاليل التي اجريناها في هذه الدراسة تثبت فرضية بحثنا التي تقول ان لاعبات كرة القدم الجزائريات لديها مستوى منخفض في المعايير الفسيولوجية التي قمنا بدراستها، لا سيما بالمقارنة مع لاعبي كرة القدم المحليين. ومثل ما ان الانخفاض في عاملي حجم الضربة القلبية VES و الدفع القلبي QC ينسب مسؤولية كبيرة عن الانخفاض في قيمة الاستهلاك الاقصى للأكسجين VO2 max عند لاعبات كرة القدم الجزائريات.

ومع ذلك، فإن النتائج المتحصل عليها بينت ان عامل السن ليس له دلالة في تطور المعايير الخاصة بالدراسة مقارنة مع سن الذروة في تطور الصفات الوظيفية في الفترة بين 20 و 25 عاماً. من حيث هذه الدراسة، توقعنا أن يرتبط الانخفاض في العوامل التي تحدد أداء نظام القلب والأوعية الدموية عند لاعبات كرة القدم الجزائريات بانخفاض مهم جداً في التدريب على التحمل والإعداد البدني بشكل عام.

كلمات البحث: التقييم، الاستهلاك الاقصى للأكسجين VO2 max، دقات القلب FC، سعة العمل

"PWC 170" 170، حجم الضربة القلبية VES، الدفع القلبي QC.

TABLE DES MATIERES

| | Page |
|--|------|
| II-NTRODUCTION..... | 19 |
| II-PROBLEMATIQUE..... | 24 |
| III-HYPOTHESES..... | 26 |
| IV-OBJECTIFS DE LA RECHERCHE..... | 28 |
| V-TACHES DE LA RECHERCHE..... | 30 |

❖ PREMIERE PARTIE/ REVUE DE L'ITERATURE

PREMIER CHAPITRE/ I- HISTORIQUE SUR

LE FOOTBALL FEMININ..... 33

| | |
|--|----|
| Introduction..... | 33 |
| I-1- Histoire du football féminin..... | 33 |
| I-2- Le football féminin moderne..... | 35 |
| I-3- Le football féminin africain..... | 39 |
| I-4- Le football féminin en Algérie..... | 40 |

DEUXIEME CHAPITRE/ II- SYSTEME

CARDIOVASCULAIRE..... 45

Introduction..... 45

A- LE COUER..... 46

I- La physiologie du cœur..... 46

I- 1- Le cycle cardiaque..... 46

I-2- L'énergétique myocardique..... 48

II- Les paramètres cardiaques..... 49

II-1- La fréquence cardiaque..... 49

II-1-1- la fréquence cardiaque de repos..... 49

II-1-2- La fréquence cardiaque maximale..... 50

II-1-3- La réserve cardiaque..... 52

II-2- Le volume d'éjection systolique..... 52

II-3- Le débit cardiaque 54

B- LE SYSTEME VASCULAIRE..... 55

I- Les vaisseaux sanguins..... 55

I-1- Les artères..... 55

I-2- Les artérioles..... 56

I-3- Les capillaires..... 56

I-4- Les veines..... 57

II- La Circulation pulmonaire et systémique..... 57

| | |
|--|-----------|
| C- LES ECHANGES ET TRANSPORT DES GAZ..... | 59 |
| I- Transport des gaz par le sang..... | 59 |
| I-1- Transport de l'oxygène..... | 59 |
| I-1-1- Oxygène dissous..... | 59 |
| I-1-2- Oxygène lié à l'hémoglobine..... | 59 |
| I-2- Transport de dioxyde de carbone..... | 59 |
| I-2-1- Dioxyde de carbone dissous..... | 60 |
| I-2-2-Bicarbonates..... | 60 |
| I-2-3- Composés carbaminés..... | 60 |
| II- La diffusion alvéolocapillaire..... | 60 |
| III- La différence artérioveineuse..... | 61 |
| IV- La consommation maximale d'oxygène (VO ₂ max)..... | 62 |
| IV-1- Echelle de valeur du VO ₂ max..... | 64 |
| IV-2- Facteurs de variation de VO ₂ max..... | 65 |
| IV-2-1- le type d'exercice..... | 66 |
| IV-2-2- L'hérédité..... | 66 |
| IV-2-3- Niveau de pratique sportive..... | 67 |
| IV-2-4- Le sexe..... | 67 |
| IV-2-5- La composition corporelle..... | 68 |
| IV-2-6- L'âge..... | 68 |
| IV-3- Facteurs limitant de VO ₂ max..... | 68 |
| IV-3-1- Le système pulmonaire..... | 68 |
| IV-3-1-1- La ventilation..... | 69 |
| IV-3-1-2-La diffusion alvéolo-capillaire de l'oxygène..... | 69 |
| IV-3-2- Le système cardiovasculaire..... | 69 |
| IV-3-2-1- Le débit cardiaque (QC)..... | 69 |
| IV-3-2-2- La capacité de transport de l'oxygène par le sang..... | 70 |
| IV-3-2-3- L'irrigation des cellules musculaires..... | 70 |
| IV-3-3- Les muscles..... | 71 |
| IV-3-3-1- La typologie des muscles..... | 71 |
| IV-3-3-1- L'activité des enzymes oxydatives dans les mitochondries..... | 71 |

| | |
|---|-----------|
| TROISIEME CHAPITRE/ III- INFLUENCE DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LE SYSTEME CARDIOVASCULAIRE..... | 74 |
| Introduction..... | 74 |
| III-1- Adaptation cardiaque à l'exercice et à l'entraînement..... | 75 |
| III-1-1- Les dimensions cardiaques..... | 75 |
| III-1-1-1- Entraînement intense (effort maximal)..... | 75 |
| III-1-1-2- Entraînement aérobie (effort prolongé)..... | 76 |
| III-1-2- Au niveau de la fréquence cardiaque..... | 77 |

| | |
|--|----|
| III-1-2-1- A court terme : (adaptation immédiate)..... | 77 |
| III-1-2-2- A long terme : (effet de l'entraînement)..... | 78 |
| III-1-3- Au niveau de volume d'éjection systolique..... | 79 |
| III-1-3-1- A court terme : (adaptation immédiate)..... | 79 |
| III-1-3-2- A long terme : (effet de l'entraînement)..... | 79 |
| III-1-4- Au niveau de débit cardiaque..... | 80 |
| III-1-4-1- A court terme : (adaptation immédiate)..... | 80 |
| III-1-4-1- A long terme : (effet de l'entraînement)..... | 81 |
| III-2- Adaptation circulatoire à l'exercice et à l'entraînement..... | 82 |
| III-2-1- Au niveau des vaisseaux sanguins..... | 82 |
| III-2-1-1- A court terme : (adaptation immédiate)..... | 82 |
| III-2-1-2- A long terme : (effet de l'entraînement)..... | 82 |
| III-2-2- La redistributionsanguine..... | 83 |
| III-2-3- Augmentation de retour veineux..... | 84 |
| III-2-4- Au niveau sanguin..... | 84 |
| III-2-4-1- Le volume plasmatique..... | 84 |
| III-2-4-2- L'hémoconcentration..... | 85 |
| III-2-4-3- Le PH sanguin..... | 86 |
| III-2-5- Au niveau de la tension artérielle..... | 86 |

❖ DEUXIEME PARTIE/ METHODOLOGIE

PREMIER CHAPITRE/ I- METHODES ET

| | |
|--|-----------|
| MOYENS..... | 91 |
| I-1- Cadre d'étude..... | 91 |
| I-2- Type d'étude..... | 91 |
| I-3- Période d'étude..... | 91 |
| I-4- Population d'étude..... | 91 |
| I-5- Population de contrôle..... | 91 |
| I-6- Échantillonnage..... | 92 |
| I-6-1-Critères d'inclusion..... | 92 |
| I-6-2-Critères d'exclusion..... | 93 |
| I-7- Déroulement de contrôle médicosportif des athlètes à l'EHS Dr Maouche..... | 93 |
| I-7-1- Le contrôle médicosportif..... | 93 |
| I-7-2- l'examen clinique..... | 94 |
| I-7-3- Les mesures anthropométriques..... | 94 |
| I-7-4- L'évaluation physiologiques..... | 95 |
| I-8- Méthodes et outils de la recherche..... | 99 |
| I-8-1- Méthode de l'analyse bibliographique..... | 99 |
| I-8-2- Déroulement de l'enquête..... | 100 |
| I-8-2-1- Démarches..... | 100 |

| | |
|---|-----|
| I-8-2-2- Bilan de la collecte des données..... | 101 |
| I-9- Présentation des paramètres à étudier..... | 102 |
| I-9-1- La fréquence cardiaque de repos..... | 102 |
| I-9-2- La PWC 170..... | 102 |
| I-9-3- La VO2 max..... | 103 |
| I-9-4- Le volume d'éjection systolique maximal..... | 104 |
| I-9-5- Le débit cardiaque maximal..... | 104 |
| I-10- Traitement statistique..... | 104 |

DEUXIEME CHAPITRE/ II- PRESENTATION

| | |
|---|------------|
| ET DISCUSSION DES RESULTATS..... | 107 |
| II-1- PREMIER AXE : L'EVALUATION DE NIVEAU DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES..... | 107 |
| II-1-1- Les footballeuses entre 20 et 25 ans..... | 108 |
| II-1-1-1- La VO2 max..... | 108 |
| II-1-1-2- La FC repos..... | 110 |
| II-1-1-3- La PWC 170..... | 112 |
| II-1-1-4- Le VES max..... | 113 |
| II-1-1-5- Le QC max..... | 115 |
| II-1-2- Les footballeuses entre 25 et 30 ans..... | 117 |
| II-1-2-1- La VO2 max..... | 117 |
| II-1-2-2- La FC repos..... | 120 |
| II-1-2-3- La PWC 170..... | 121 |
| II-1-2-4- Le VES max..... | 122 |
| II-1-2-5- Le QC max..... | 124 |
| II-1-3- Les footballeurs entre 20 et 25 ans..... | 127 |
| II-1-3-1- La VO2 max..... | 127 |
| II-1-3-2- La FC repos..... | 129 |
| II-1-3-3- La PWC 170..... | 131 |
| II-1-3-4- Le VES max..... | 132 |
| II-1-3-5- Le QC max..... | 134 |
| II-1-4- Les footballeurs entre 25 et 30 ans..... | 136 |
| II-1-4-1- La VO2 max..... | 136 |
| II-1-4-2- La FC repos..... | 139 |
| II-1-4-3- La PWC 170..... | 141 |
| II-1-4-4- Le VES max..... | 142 |
| II-1-4-5- Le QC max..... | 144 |
| II-2- DEUXIEME AXE : COMPARAISON DES NIVEAUX DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES SELON L'AGE ET LE SEXE..... | 146 |
| II-2-1- Selon l'âge..... | 147 |
| II-2-1-1- VO2 max..... | 148 |
| II-2-1-2- La FC repos..... | 151 |

| | |
|--|------------|
| II-2-1-3- La PWC 170..... | 153 |
| II-2-1-4- Le VES max..... | 155 |
| II-2-1-5- Le QC max..... | 156 |
| II-2-2- Selon le sexe..... | 158 |
| II-2-2-1- La VO2 max..... | 159 |
| II-2-2-2- La FC repos..... | 162 |
| II-2-2-3- La PWC 170..... | 164 |
| II-2-2-4- Le VES max..... | 166 |
| II-2-2-5- Le QC max..... | 168 |
| II-3- TROISIEME AXE : ETUDE DE LA RELATION ENTRE LA VO2 MAX EN TANT QUE FACTEUR DE PERFORMANCE ET LES AUTRES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES..... | 170 |
| II-3-1- Chez les footballeuses..... | 171 |
| II-3-2- Chez les footballeurs..... | 174 |
| II-3-3- Comparaison des interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeuses/les footballeurs)..... | 177 |
| III- CONCLUSIONS GENERALES..... | 179 |
| IV-RECOMMANDATIONS..... | 186 |
| V- BIBLIOGRAPHIE | |
| VI- ANNEXES | |

INTRODUCTION

I- INTRODUCTION :

Le football est une des disciplines sportives les mieux représentées en Algérie et qui comptent le plus de pratiquants et le plus de licenciés. Ces deux dernières décennies, le football national connaît une mutation. Il ouvre enfin ces portes aux femmes algériennes et sa pratique prend de plus en plus de l'ampleur chez les jeunes filles dans les universités, écoles et cités. Par la suite, en réponse à cet engouement, des associations sportives spécialisées dans la pratique du football féminin commencent à avoir la lumière dans certaines villes du pays. L'Algérie a organisé son premier match de football féminin en 1970. Le premier club algérien de football féminin a existé en Algérie dans les années 75 c'est le COS Tiaret. À partir de 1990, plusieurs clubs féminins ont commencé à apparaître. Dont le plus connu, prestigieux et titré : ASE Alger-Centre qui a dominé le football national féminin durant toute une décennie de 1998 jusqu'à 2009. Par la suite plusieurs clubs font naissance à travers le territoire national : ASFW Bejaia, FC Bejaia, USF Bejaia, JS Kabylie (actuellement APDSF Tizi-Ouzou), Affak Relizane, Intissar Oran, CLT Belouizdad, FC Constantine, et d'autres.

Pour preuve il existe un championnat national (statut amateur) qui se déroule régulièrement depuis 1999. Il en est de même pour la coupe nationale régulièrement jouée depuis quelques années. L'équipe nationale masculine a participé à plusieurs Coupe d'Afrique des nations depuis sa création en 1997. Elle compte trois participations à une phase finale d'une coupe d'Afrique des nations : 2004, 2006 et 2010. Mais lors des trois éditions, les Algériennes n'ont jamais pu dépasser la première phase. Néanmoins elle a été sacrée première championne arabe des nations en 2005, à Alexandrie (Egypte), après avoir battu en finale le Maroc : 4 à 2.

Après l'échec de la CAN 2010, 3 matchs 0 victoires, la FAF a décidé de la suspendre pour deux années et ce pour "insuffisance de résultats".

Le football moderne, comme de nombreuses autres disciplines sportives, a subi de profondes évolutions. Les exigences physiques nécessaires à la pratique du football de haut niveau sont de plus en plus grandes. Pour réussir à s'imposer dans le football d'aujourd'hui le joueur (ou la joueuse) doit posséder un ensemble de qualités athlétiques très variées et des capacités fonctionnelle énormes.

Les méthodes modernes d'entraînement privilégient la condition physique qui doit se mettre au service de la technique pour pouvoir pratiquer le football de haut niveau. La performance en football est la résultante de plusieurs facteurs parmi lesquels les facteurs génétiques, psychologiques, technico-tactiques et physiologiques. Ces méthodes montrent qu'au niveau de la préparation physique et physiologique du footballeur actuel ou footballeuse et probablement des années futures, il convient d'avoir la meilleure compréhension possible des répercussions physiologiques et biologiques du match ou charges internes.

Selon **Brikci (1991)**¹ les caractéristiques physiologiques des athlètes justifient leur succès.

Du point de vue physiologique, le football est un sport à dominante aérobie : elle représente 80% de la fourniture énergétique totale. La fréquence cardiaque oscille entre 165-175 battements par minute et la distance parcourue est de l'ordre de 10 Km durant un match. Le pourcentage de la puissance maximale aérobie (PMA) majoritairement utilisé lors des phases de jeu se situe entre 80 et

¹ **A. Brikci.** « Profil physiologique des athlètes de haut niveau (Descriptions et outils d'évaluation) ». Edition : Medispor. Algérie, 1991.

85% (**Mombaerts, 1991**)¹. Le football de haut niveau nécessite un VO₂ max supérieur à 60 ml/Kg/min (**Chatard, 1998**)².

L'impact fonctionnel de la pratique de football moderne étudie la réaction des principaux paramètres fonctionnels. Cette réaction indique le niveau de préparation du système cardiovasculaire, respiratoire ainsi que beaucoup d'autres paramètres intervenant dans l'atteinte de la haute performance. La définition de critères de mesures précis des paramètres physiologiques en général est incontournable pour l'évaluation de l'aptitude à la performance sportive en football. Ces paramètres sont appréciés à partir des qualités bioénergétiques (consommation maximale d'oxygène ou VO₂ max) et les différents paramètres physiologiques qui le soutiennent (VES, QC).

Nous ne disposons, en Algérie, d'aucune information scientifique et étude relative à l'évaluation physiologiques des footballeuses.

Sur le plan sportif, le football féminin algérien est confronté au sérieux problème d'insuffisance en performances des équipes tant nationales qu'au niveau des clubs ; sur l'échiquier régional et africain. Les programmes d'entraînement, s'ils existent ne sont pas toujours respectés, les compétitions souvent inopinées, la préparation insuffisante. Tout cela concourt aux mauvaises performances.

Notre étude se cantonnera à l'aspect de quelques paramètres physiologiques du système cardiovasculaire liés à la performance chez les footballeuses algériennes de haut niveau.

L'objet de notre étude à savoir « étude évaluative de quelques paramètres physiologiques chez les footballeuses algériennes » permettra d'apprécier la

1 **Mombaerts. E.** « Football : de l'analyse du jeu à la formation du joueur » Edition : Actio. 1991. P : 132

2 **Chatard . JC.** « La physiologie du football ». Revue Sport Med. 1998. P : 16-21

VO2 max qui est l'un des critères les plus expressifs de l'endurance d'un sportif, laquelle endurance est un déterminant essentiel de nombreuses performances sportives (**Pernay**)¹. La VO2 max peut prédire la performance des athlètes (**Astrand et Rodahl, 1973**)². Ainsi que de cerner autres principaux paramètres physiologiques qui se révèlent déterminants de l'endurance cardiovasculaires (FC, VES, QC), restent jusqu'à présent un domaine insuffisamment exploré.

Pour traiter notre thème d'étude, nous avons adopté un plan qui comprend deux grandes parties :

- Une analyse bibliographique partagée en trois chapitres :

Au chapitre premier, nous exposerons notre revue de littérature axée sur quelques notions générales historiques sur le football féminin.

Le deuxième chapitre, concernera la présentation anatomique et fonctionnelle du système cardio-vasculaire humain.

Au troisième chapitre, nous traitons la répercussion de l'activité physique et du sport sur celui-ci.

- La deuxième partie concernera notre méthodologie pour une étude descriptive des variables physiologiques étudiées chez les footballeuses, elle aussi partagée en trois chapitres :

Au premier chapitre, nous présentons les méthodes et moyens de la recherche.

Au deuxième chapitre, nous exposerons nos résultats, statistique descriptive et analytique, ainsi que leurs discussions et commentaires.

Le troisième chapitre, concernera les conclusions générales et les recommandations dégagées de cette recherche.

1 **F. Pernay**. « Etude physiologique d'un test de Leger et al. ». Sciences et sport : Vol 7.

2 **P-O Astrand/K. Rodahl**. « Manuel de physiologie et de l'exercice musculaire ». Edition : Masson. Paris, 1973.

Présenterons d'abord la problématique, Hypothèses, objectifs et taches de la présente étude.

II- PROBLEMATIQUE :

Le football féminin est une toute nouvelle discipline sportive dans notre pays, nos clubs sont mal organisés et le championnat national de football féminin est d'un niveau faible voir les mauvais résultats de l'équipe nationale féminine sur le plan régional et continental, la fédération algérienne de football a décidé de lancer un programme de formation et de professionnalisation de la discipline sportive en question aux niveaux des clubs. Le football d'aujourd'hui est devenu une science rien n'est laissé au hasard soit dans la préparation physique, psychologique ou dans l'évaluation physiologique des athlètes qui attribue à la bonne programmation de l'entraînement et la bonne récupération des sportifs. Ce volet physiologique de la performance sportive n'est pas assez exploré chez nos athlètes en général et particulièrement chez nos footballeuses, pour cela nous avons trouvé nécessaire à étudier quelques paramètres physiologiques pouvant être des facteurs déterminants dans la performance de nos footballeuses. On s'est intéressé a quelques paramètres qui déterminant l'adaptation physiologique de système cardiovasculaire a l'effort physique.

D'où la formulation des interrogations suivantes :

- Quels sont les paramètres physiologiques les plus déterminants de l'adaptation du système cardiovasculaire à l'effort physique ?
- Quels sont les paramètres physiologiques qu'on peut évaluer chez les footballeuses algériennes ?
- Quelles sont les méthodes et les moyens qu'on peut utiliser pour cette évaluation ?
- Nos footballeuses présentent-t-elles un niveau élevé dans certains paramètres physiologiques directement liées à la performance ?
- Les variations de l'âge et du sexe sont-elle significatives par apport à l'évolution de ces paramètres physiologiques ?

- Quels sont les paramètres physiologiques les plus corrélés avec le VO₂ max en tant que facteur le plus important de la performance.

A la lumière de ces interrogations, nous espérons répondre à la problématique posée dans ce travail de recherche et qui s'intitule « **étude évaluative de quelques paramètres physiologiques chez les footballeuses algériennes de haut niveau** » et contribuer modestement à l'intégration d'une bonne évaluation physiologique de nos footballeuses et au développement de football féminin dans notre pays.

III- HYPOTHESES DE LA RECHERCHE :

A l'appui de notre problématique, la présente étude se base sur l'hypothèse principale selon laquelle l'étude de certains paramètres physiologiques chez les sportifs de haut niveau, nous permettra de cerner quelques qualités physiologiques qui semblent participer à l'élévation du niveau de la performance chez les footballeuses d'élite nationale, ce qui nous amène à considérer ces qualités comme critères prérequis pour la pratique du football de haut niveau. Ils mériteraient, par conséquent, d'être prises en compte dans le processus de préparation, de suivi de l'entraînement et éventuellement dans le cadre de sélection des footballeuses.

Il semblerait que, toute élévation du niveau de la performance chez les sportifs de haut niveau doit passer par une meilleure adaptation physiologique du système cardiovasculaire et par un meilleur ajustement de système de transport de l'oxygène et son utilisation à l'effort. Et cette adaptation physiologique de l'organisme à l'effort physique doit d'être le résultat d'un bon entraînement, notamment l'entraînement en endurance, planifié et programmé selon des données scientifiques en rapport avec les exigences physique et physiologiques de la pratique sportive moderne de chaque discipline.

En terme d'hypothèses secondaires, nous supposons que :

- a-** En vue des performances réalisées par nos footballeuses, on suppose que le niveau des paramètres physiologiques à étudier (FC repos, VO2 max, PWC 170, VES max, QC max) chez les footballeuses algériennes est très bat.
- b-** En étudiant l'évolution des différents paramètres physiologiques de l'étude chez nos footballeuses par rapport au facteur âge, on suppose qu'il existe des différences significatives pour la tranche d'âge 20-25 ans.

- c-** En comparant les résultats de nos footballeuses aux résultats des footballeurs d'élite algérienne, on suppose que le niveau des différents paramètres physiologique à étudié est significativement élevé chez les footballeurs.
- d-** En étudiant l'évolution du VO₂ max, en tant que facteur de performance, par rapport aux autres paramètres physiologiques de l'étude, nous supposons qu'il existe une relation positive significative forte entre VO₂ max et PWC 170, VES max, QC max chez nos footballeuses.

IV- OBJECTIFS DE LA RECHERCHE :

Notre travail de recherche envisage plusieurs objectifs en perspectives dont le principal est résumé en ce qui suit : « évaluations de quelques paramètres physiologiques chez les footballeuses algériennes de haut niveau ».

Et des objectifs secondaires qui se résument :

IV-1- Objectifs scientifiques :

- Recueillir, organiser, décrire et analyser les données quantitatives des paramètres physiologiques intéressants notre travail d'étude.
- Déterminer et cerner les principaux paramètres physiologiques qui se révèlent déterminants du niveau de la performance chez nos footballeuses dans le haut niveau de la pratique sportive moderne.
- Evaluer ces paramètres physiologiques par apport aux normes et références trouvées sur différentes littératures nationale et internationale.
- Fournir des références utiles à l'évaluation physiologique des footballeuses.
- Fournir des informations scientifiques utiles que ce soit sur le plan théorique ou pratique relatives à la pratique sportive moderne de haut niveau.

IV-2- Objectifs éducatifs et pédagogiques :

- Doter la bibliothèque nationale d'une référence bibliographique scientifique qui sera utile dans le travail de nos entraîneurs de football féminin.
- Aider les entraîneurs et les athlètes à l'appréciation de quelques potentialités physiologiques dans le haut niveau de la pratique sportive.

- Aider à ajuster les approches et méthodes d'entraînement des footballeuses algériennes selon les conclusions apportées par le travail de notre étude.

IV-3- Objectifs socio-économique :

- Appuyer et s'intéresser à la pratique sportive féminine en général dans notre pays et le football féminin en particulier.

V- TACHES DE LA RECHERCHE :

Afin d'atteindre les objectifs fixés au préalable nous nous sommes portés à résoudre les tâches suivantes :

- Déterminer les paramètres physiologiques les plus liés à la performance chez la population de l'étude (FC, PWC 170, VO2 max, VES, QC)
- Evaluer le niveau de ces paramètres par rapport au haut niveau national et international.
- Etude des variations de ces paramètres par rapport à l'âge et le sexe des pratiquants.
- Etude des corrélations existantes entre le VO2 max, en tant que facteur le plus lié à la performance, et les autres paramètres physiologiques.

REVUE DE LITERATURE

HISTORIQUE
SUR
LE FOOTBALL
FEMININ

I- HISTORIQUE SUR LE FOOTBALL FEMININ :

Introduction :

Le football (futbol), ou soccer en Amérique du Nord, est un sport collectif opposant deux équipes de onze joueurs 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.

Codifié par les Britanniques à la fin du XIXe siècle, le football s'est doté d'une fédération internationale, la FIFA, en 1904. Selon un comptage publié par la FIFA le 31 mai 2007, le football est pratiqué dans le monde par 270 millions de personnes dont 264,5 millions de joueurs (239,5 millions d'hommes et 26 millions de femmes), 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. La simplicité du jeu et le peu de moyens nécessaires à sa pratique expliquent en partie ce succès.

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu historique sur le football en général et le football féminin en particulier ; soit sur le plan international, continental et national. On va procéder à la définition de quelques notions élémentaires en relation avec l'étude et le football. Vers la fin du chapitre, on termine avec un rappel sur la physiologie de l'exercice physique en essayant de définir les filières énergétiques.

I-1- Histoire du football féminin :

Il aura fallu attendre soixante-et-un ans après la première Coupe du monde de football des hommes pour que les femmes puissent à leur tour faire étalage de leurs talents sur la scène mondiale. Aujourd'hui, après vingt ans de ce qui aura

été un long chemin pour sortir de l'ombre, elles jouent leur sixième tournoi mondial, une opportunité longtemps attendue.

Les historiens débattent encore de l'origine exacte du football féminin. Certains évoquent une œuvre d'art de la dynastie des Han, en 200 ap. J.-C., représentant deux femmes se renvoyant un ballon au pied. On raconte aussi qu'au Moyen-âge, des Françaises jouaient aux côtés de leur mari et qu'une compétition féminine d'un sport proche du football se tenait tous les ans en Écosse.

Ce dont nous sommes sûrs, c'est que les femmes ont joué à ce sport depuis plus d'un siècle. En 1881 s'est tenu un « Ladies' football tournament » entre l'Angleterre et l'Écosse. Le premier match féminin officiellement recensé par la fédération écossaise de football remonte à 1892 tandis que la fédération anglaise enregistre son premier match féminin en 1895. À cette époque, des équipes telles que les « Cumbrian Munitionettes of England » (ouvrières d'une usine de munitions) se forment et leurs premiers fans commencent à garnir les tribunes. Bien que la popularité du football féminin décolle dans les années 1920, leur nombre de supporters rivalisant avec celui des hommes, ou peut-être à cause de ce phénomène, la fédération de football anglaise, essentiellement masculine, interdit aux femmes d'utiliser ses stades en 1921.

Cette interdiction n'a toutefois pas chassé les femmes des terrains. La même année, elles fondent la fédération anglaise de football des femmes et jouent leur premier tournoi en 1922. Il faudra cependant plusieurs dizaines d'années pour que des compétitions officielles soient organisées au plan international : le coup d'envoi de la première Compétition européenne de l'UEFA pour les équipes féminines représentatives est donné en 1982. Le trophée est remporté en 1984 par la Suède et en 1987 par la Norvège. Depuis lors, l'Allemagne a dominé la compétition, remportant sept des huit titres en jeu.

Le football professionnel féminin progresse dans le monde entier, avec des sélections nationales dans 49 pays de taille différente et situés sur plusieurs continents, dont l'Allemagne, les États-Unis, l'Argentine, l'Iran, le Maroc, le Myanmar, l'Islande, les îles Féroé et l'Estonie. Même si certaines équipes nationales sont davantage confrontées au scepticisme de leurs homologues masculins que d'autres, les femmes continuent à lutter pour le droit de pratiquer le sport le plus populaire du monde au niveau professionnel.

Au niveau international, une première Coupe d'Europe est organisée en 1969. Cette Coupe met aux prises l'Angleterre, le Danemark, la France et l'Italie. Le football féminin n'étant pas reconnu officiellement par la FIFA et l'UEFA, cette compétition est « non officielle ».

Au niveau mondial, la première Coupe du monde est jouée dès juillet 1970. C'est encore une compétition « non officielle ». Après de multiples organisations de ce type, l'UEFA (1984) et la FIFA conviennent en (1991) qu'il faut mettre en place des compétitions plus « officielles » comme une Coupe du monde de football féminin et un Championnat d'Europe de football féminin.

Et le succès est au rendez-vous. Les femmes ont fini par obtenir leur Coupe du monde de la FIFA en 1991. La première a eu lieu en République populaire de Chine, avec la victoire en finale des États-Unis. Plus de 90 000 fans ont assisté aux matchs de la Coupe du monde de 1999 à Los Angeles, un record mondial pour un événement sportif féminin.

I-2- Le football féminin moderne :

Suite au renouveau du football féminin qui débute à la fin des années 1960, cette discipline a pu mettre en place des compétitions calquées sur le modèle masculin avec des championnats nationaux, des épreuves internationales de clubs et d'équipes nationales. En Europe, ce mouvement est encadré par les fédérations nationales tandis qu'aux États-Unis, c'est le sport scolaire et les

universités qui rendent possible cette évolution. L'adoption le 23 juin 1972 du « Title IX » permettant de financer le sport féminin scolaire et universitaire américain est déterminante. Le football féminin en profite pleinement même si la pratique à haut niveau se limite seulement à quelques universités américaines: North Carolina Tar Heels au premier chef. Disposant d'une base de joueuses considérable de plusieurs millions de pratiquantes (plus que toutes les nations de l'UEFA réunies), on voit émerger une équipe nationale américaine de premier plan qui remporte deux Coupes du monde en 1991 et 1999, trois médailles d'or et une d'argent lors des quatre tournois olympiques (1996-2008). Contrairement à sa version masculine, le tournoi olympique féminin met en présence les meilleures formations, sans conditions d'âge et s'impose dès sa première édition en 1996 comme l'un des rendez-vous majeurs du calendrier.

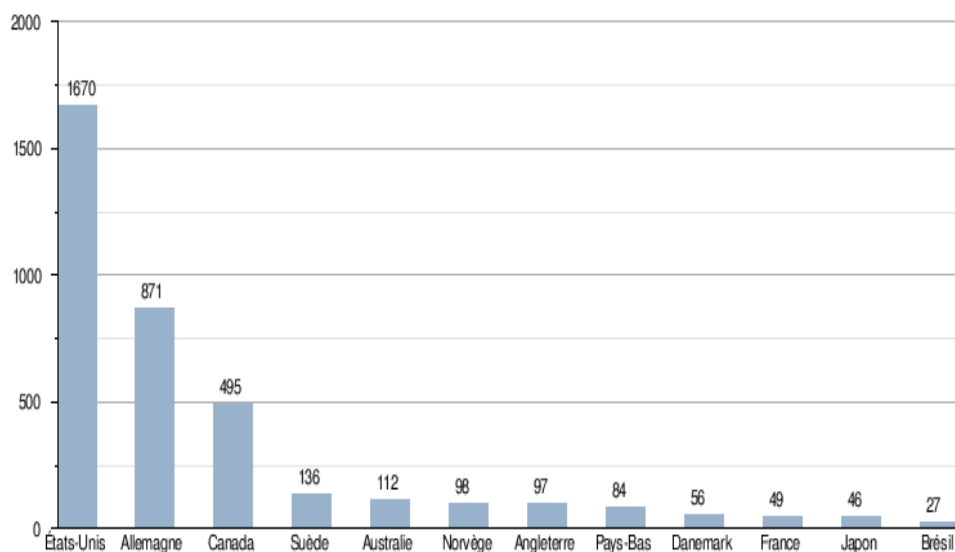
L'Europe et l'Amérique du Sud ne restent pas inactives, mais décident d'appliquer les mêmes schémas que ceux suivis par les pratiquants masculins. Les fédérations mettent ainsi en place des compétitions nationales dont le niveau s'élève progressivement, puis intègrent à leurs sélections nationales une équipe nationale féminine. La Norvège, vainqueur de la Coupe du monde 1995 et deux fois championne d'Europe en 1987 et 1993, et l'Allemagne, quatre fois championne d'Europe de 1989 à 1997, en s'appuyant sur des bases de joueuses plus nombreuses, dominent la fin du XXe siècle. La Norvège connaît ensuite un net recul dans la hiérarchie suite à la montée en puissance d'autres nations comme l'Angleterre, la Suède et la France en Europe, le Brésil en Amérique du Sud et la Chine en Asie, tandis que l'Allemagne s'impose comme référence mondiale en remportant les Coupes du monde 2003 et 2007 et deux nouveaux titres européens en 2001 et 2005.

La FIFA publie quatre fois par an depuis juillet 2003 un classement des meilleures équipes nationales de football féminin. Ce classement est dominé par les États-Unis et l'Allemagne depuis plusieurs années.

Au niveau des clubs, des intérêts privés américains mettent en place le premier championnat professionnel féminin en 2001 : la Women's United Soccer Association (WUSA). Huit franchises rassemblant les meilleures joueuses du monde, et pas seulement américaines, s'affrontent pendant trois saisons. A la fin de l'édition 2003, la Ligue cesse ses activités en raison d'importants déficits financiers. Ce championnat professionnel ne reprend qu'en 2009 avec la Women's Professional Soccer. Depuis, les meilleures compétitions de clubs se disputent aussi en Allemagne, en Suède ou en Angleterre, où les joueuses évoluent comme semi-professionnelles. A noter qu'en France le statut de joueur fédéral (semi-professionnel), est autorisé pour les joueuses à partir de 2009. Ainsi l'Olympique lyonnais a mis sur pieds une équipe féminine professionnelle depuis l'incorporation de la section féminine du FC Lyon au sein de l'OL en 2004. Les médias français ne donnent que peu d'espace au football féminin. La demi-finale de la Coupe UEFA féminine à laquelle participait le club français de l'Olympique lyonnais fut traitée en une brève de moins de 70 mots dans le journal L'Équipe alors qu'une demi-finale de coupe d'Europe des clubs champions impliquant un club français dans n'importe quelle autre discipline, (masculine ou féminine confondus), bénéficie d'un traitement bien plus conséquent. Tandis que plusieurs clubs de l'Hexagone trainent des pieds pour mettre en place des équipes féminines, en Allemagne la situation est toute différente. La Fédération allemande annonce ainsi en avril 2008 avoir dépassé le cap du million de licenciées féminines. En France, on ne compte que 60 521 licenciées féminines au 1er juillet 2007. Les meilleurs clubs européens se rencontrent chaque saison depuis la saison 2001-2002 en Coupe UEFA féminine. Les clubs allemands et suédois dominent les palmarès, mais l'équipe féminine de l'Olympique Lyonnais est tenante du trophée en mai 2011.

En 2011, le Japon devient la quatrième nation à gagner la Coupe du monde en disposant des États-Unis (2-2 a-p et 3-1 aux tirs au but).

Grappe n° 01 : Joueuses licenciées (en milliers, au 1er juillet 2006)












« Big Count 2006 » de la FIFA, 2007

Tableau n° 01 : Palmarès de la Coupe du monde de football féminin

| N° | Édition | Nation hôte | Vainqueur | Score | Finaliste | 3 ^e place | 4 ^e place | Participants |
|-----------------|---------|----------------|-------------------|--------------------|------------|----------------------|----------------------|--------------|
| 1 ^{re} | 1991 | Chine | États-Unis | 2-1 | Norvège | Suède | Allemagne | 12 |
| 2 ^e | 1995 | Suède | Norvège | 2-0 | Allemagne | États-Unis | Chine | 12 |
| 3 ^e | 1999 | États-Unis | États-Unis (2) | 0-0 a-p, 5-4 t-a-b | Chine | Brésil | Norvège | 16 |
| 4 ^e | 2003 | États-Unis (2) | Allemagne | 2-1 a-p | Suède | États-Unis | Canada | 16 |
| 5 ^e | 2007 | Chine (2) | Allemagne (2) | 2-0 | Brésil | États-Unis | Norvège | 16 |
| 6 ^e | 2011 | Allemagne | Japon | 2-2 a-p, 3-1 t-a-b | États-Unis | Suède | France | 16 |
| 7 ^e | 2015 | Canada | | - | | | | 24 |

Tableau n° 02 : Palmarès de la Coupe du monde de football féminin par nation

| Rang | Nation | Vainqueur | Finaliste | 3 ^e place | 4 ^e place | Participations | Confédération |
|------|--|------------------|-----------|------------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 1 |  États-Unis | 2 (1991 et 1999) | 1 (2011) | 3 (1995, 2003 et 2007) | - | 6 | CONCACAF |
| 2 |  Allemagne | 2 (2003 et 2007) | 1 (1995) | - | 1 (1991) | 6 | UEFA |
| 3 |  Norvège | 1 (1995) | 1 (1991) | - | 2 (1999 et 2007) | 6 | UEFA |
| 4 |  Japon | 1 (2011) | - | - | - | 6 | AFC |
| 5 |  Suède | - | 1 (2003) | 2 (1991 et 2011) | - | 6 | UEFA |
| 6 |  Brésil | - | 1 (2007) | 1 (1999) | - | 6 | CONMEBOL |
| 7 |  Chine | - | 1 (1999) | - | 1 (1995) | 5 | AFC |
| 8 |  Canada | - | - | - | 1 (2003) | 5 | CONCACAF |
| 9 |  France | - | - | - | 1 (2011) | 2 | UEFA |

I-3- Le football féminin africain :

En Afrique, le football féminin reste le parent pauvre. Seulement 2,9% des licenciées sont des filles. Et, dans de nombreux pays, la Charia est imposée, interdisant aux femmes la pratique du sport. L'émancipation par le football, c'est pourtant la voie que se sont choisies de nombreuses jeunes filles de continent africain, témoignant ainsi d'une volonté de liberté.

Le Championnat d'Afrique de football féminin est l'équivalent féminin de la Coupe d'Afrique des nations de football. Cette compétition réservée aux sélections nationales reconnues par la Confédération africaine de football est créée et organisée par celle-ci depuis 1991. Cette compétition devrait se tenir tous les deux ans, ceci n'a cependant pas été le cas lors des éditions successives de 1991, 1995 et 1998. La phase finale du tournoi rassemble désormais les huit meilleures sélections nationales, réparties en deux groupes. Ces championnats

comptent pour la qualification de la Coupe du monde du football féminin, les deux finalistes représenteront le continent noir en coupe du monde FIFA.

Le Nigeria survole le football continental depuis plus de vingt ans. Elle est la nation la plus victorieuse de trophée de championnat d'Afrique de football féminin avec huit titres au total sur neuf éditions. C'est une habitude puisque les Nigériennes n'ont pas raté une seule compétition.

Tableau n° 03 : Palmarès de la coupe d'Afrique de football féminin

| Année | Organisateur | Vainqueur | Finaliste | Résultat |
|-------|--------------------|--|--|----------------|
| 1991 | - |  Nigeria |  Cameroun | 2 - 0 et 4 - 0 |
| 1995 | - |  Nigeria |  Afrique du Sud | 4 - 1 et 7 - 1 |
| 1998 | Nigeria |  Nigeria |  Ghana | 2 - 0 |
| 2000 | Afrique du Sud |  Nigeria |  Afrique du Sud | 2 - 0 |
| 2002 | Nigeria |  Nigeria |  Ghana | 2 - 0 |
| 2004 | Afrique du Sud |  Nigeria |  Cameroun | 5 - 0 |
| 2006 | Nigeria |  Nigeria |  Ghana | 1 - 0 |
| 2008 | Guinée équatoriale |  Guinée équatoriale |  Afrique du Sud | 2 - 1 |
| 2010 | Afrique du Sud |  Nigeria |  Guinée équatoriale | 4 - 2 |
| 2012 | - | - | - | - |
| 2014 | Namibie | - | - | - |

I-4- Le football féminin en Algérie :

Le premier club de football féminin créé en Algérie est le COS Tiaret en 1975. À partir de 1990, plusieurs clubs féminins ont commencé à apparaître. Dont le plus connu, prestigieux et titré : ASE Alger-Centre qui a dominé le football national féminin durant toute une décennie de 1998 jusqu'à 2009. Par la suite plusieurs clubs font naissance à travers le territoire national : ASFW Bejaia, FC Bejaia, USF Bejaia, JS Kabylie (actuellement APDSF Tizi-Ouzou), Affak Relizane, Intissar Oran, CLT Belouizdad, FC Constantine, et d'autres.

Le Championnat d'Algérie de football féminin (statut Amateur) est un championnat récent regroupant les meilleures équipes féminines de football algériennes. Le premier Championnat d'Algérie féminin a débuté le 15 janvier 2009.

Ce nouveau pas franchi exprime plus une volonté politique de promouvoir la pratique sportive féminine qu'une réelle promotion du football féminin qui n'a pas encore atteint un niveau de pratique à la base qui lui permet de consacrer un championnat national. Même si un réel travail de base se fait dans quelques pôles tels qu'Alger, Oran, Bejaïa, Sidi-Bel-Abbès, Relizane...

Le Bureau Fédéral qui a adopté le principe d'un versement d'une subvention à l'ensemble des clubs, a invité la Ligue Nationale à programmer les rencontres du championnat national féminin en ouverture du championnat de D1 et D2.

Depuis 2010 : Refonte des divisions et professionnalisation.

• **Palmarès de championnat d'Algérie de football féminin :**

1998/1999: ASE Alger-Centre / JS Kabylie.

1999/2000: ASE Alger-Centre.

2006/2007: ASE Alger-Centre.

2000/2001: ASE Alger-Centre.

2007/2008: ASE Alger-Centre.

2001/2002: JS Kabylie.

2008/2009: ASE Alger-Centre.

2002/2003: ASE Alger-Centre.

2009/2010: ASE Alger-Centre.

2003/2004: ASE Alger-Centre.

2010/2011: Affak Relizane

2004/2005: ASE Alger-Centre.

2005/2006: ASE Alger-Centre.

- **Grands clubs Algériens de football féminin :**

- ASE Alger-Centre

- Affak Relizane

- Intissar Oran

- CLT Belouizdad

- JS Kabylie (actuellement APDSF Tizi-Ouzou)

- FC Béjaia

- ASFW Béjaia

- COS Tiaret

L'Algérie a organisé son premier match de football féminin en 1970 et commencé à avoir une équipe féminine en 1997 (année du démarrage d'un championnat national). Elle a participé aux éliminatoires de la Can 2000, aux Jeux africains d'Abuja (Nigéria) en octobre 2003, à la CAN 2004 et aux Jeux africains d'Alger de juillet 2007 (4ème).

L'équipe nationale algérienne féminine de football a été sacrée, dimanche 30 avril 2005, à Alexandrie (Egypte), première championne arabe des nations 2006 après avoir battu, dans les matches de groupe, le Liban : 12 à 0, fait match nul avec le Maroc : 0 à 0, battu la Tunisie en demi-finales : 3 à 0 et enfin battu en finale le Maroc : 4 à 2.

L'équipe nationale de football féminin compte trois participations à une phase finale d'une coupe d'Afrique des nations : 2004, 2006 et 2010.

Mais lors des trois éditions, les Algériennes n'ont jamais pu dépasser la première phase. Après une absence en 2008, elles reviennent à la CAN 2010....et subissent trois défaites consécutives. Classée en 2010 à la 80è

place au classement général de la FIFA, la FAF a décidé de la suspendre pour deux années et ce pour "insuffisance de résultats".

L'équipe nationale féminine de football a participé aux 10^e jeux Africains Maputo 2011, en réussissant à décrocher la médaille de Bronze synonyme de 3^e place. C'est plutôt un bon résultat après l'échec de la CAN 2010.

- **Palmarès EN féminine :**

- Vainqueur de la Coupe Arabe en 2006 en Égypte.
- Vainqueur du challenge des deux rives en 2009.
- Vice-champion d'Afrique du Nord 2009 en Tunisie.
- 3^e place aux Jeux africains de 2011 à Maputo.
- Vainqueur de la 1^{er} Cup Gold Arabia en 2011.

SYSTEME CARDIO- VASCULAIRE

II- SYSTEME CARDIOVASCULAIRE :

Introduction :

Les organes qui assure le transport de l'oxygène depuis l'air ambiant jusqu'aux différents tissus de l'organisme sont : les poumons, le cœur, le sang et le reste de l'appareil circulatoire. Ce cheminement de l'oxygène se trouve ainsi sous la dépendance d'une série de fonctions dont chacune peut constituer un facteur limitant de la capacité à transporter une quantité suffisante d'oxygène aux cellules musculaires.

Afin que le sang circule de façon continue tout le long du réseau vasculaire, le cœur (moteur principal de l'appareil cardiorespiratoire et le point de départ de la circulation sanguine) doit générer suffisamment de pression sanguine pour assurer un débit sanguin suffisant aux tissus. Les cellules de l'organisme puisent dans le sang l'oxygène et les éléments nutritifs qui leurs sont nécessaires et rejettent dans celui-ci le gaz carbonique (CO₂) et leurs déchets. Le sang arrive donc aux tissus, oxygénés, c'est le sang artériel et il en revient appauvri et souillé, c'est le sang veineux.

La compréhension du mécanisme de fonctionnement de l'appareil cardiorespiratoire est donc essentielle pour des spécialistes de l'activité physique et sportive, mais également pour les sportifs qui veulent mettre en correspondance leurs sensations avec la réalité physiologique. Nous allons, dans ce chapitre, étudier l'organisation et le fonctionnement du système cardiorespiratoire et donner la définition de quelques paramètres cardiaque les plus liés à la pratique sportive.

A- LE COEUR

I- La physiologie du cœur :

I- 1- Le cycle cardiaque :

Dans un cœur en santé, les oreillettes se contactent simultanément. Puis, lorsqu'elles se relâchent, la contraction des ventricules commence. La systole et la diastole sont respectivement les phases successives de contraction et de relâchement du cœur¹.

Le cycle cardiaque est défini comme l'ensemble des événements survenant entre deux contractions successives du cœur. Si on s'intéresse aux ventricules, il est associé sur le plan mécanique à la succession d'une diastole ventriculaire et d'une systole ventriculaire. Pendant la systole, les ventricules se remplissent de sang. Pendant la diastole, les ventricules se contractent et éjectent leur contenu. Au repos, la durée de la diastole est supérieure à celle de la systole. Pour un rythme cardiaque de 74 batt/min, un cycle cardiaque dure 0.81 s (60 s/74 batt/min). La diastole occupe ainsi 62 % du cycle, soit 0.50 s, la systole 38 % soit 0.31 s. L'accélération du cœur se traduit par une diminution proportionnelle de la phase diastolique et de la phase systolique².

Chaque cœur présente un cycle de fonctionnement, et « bat » ainsi environ 70 fois par minute (chez l'adulte). Ce cycle se décompose en quatre temps :

1 **E. N. Marieb.** « Biologie humaine : principes d'anatomie et de physiologie ». 8e édité : traduction française coordonnée par René Lachaine. Edition : Pearson Education. Québec, 2008. P: 396.

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :131

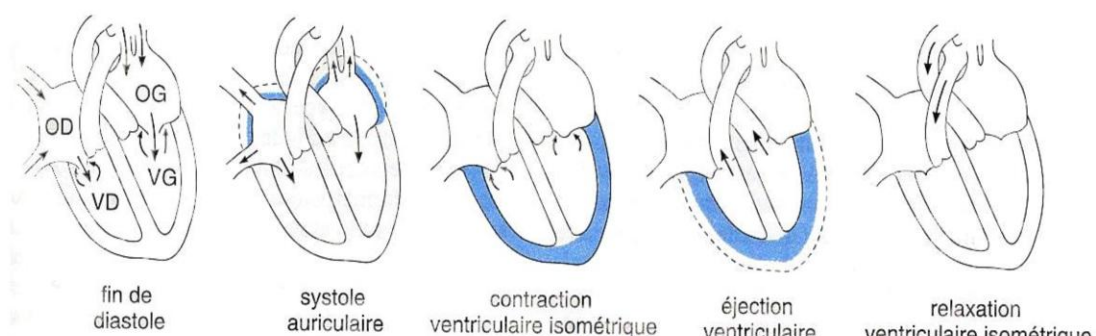
1- Le remplissage ventriculaire, durant lequel la valve atrioventriculaire est ouverte, et le sang afflue de l'atrium vers le ventricule, tandis que la valve aortique (pour le ventricule gauche) ou pulmonaire (pour le ventricule droit) est fermée.

2- La contraction iso-volumétrique, durant laquelle la contraction augmente la pression dans le ventricule, fermant la valve atrioventriculaire tandis que la valve aortique ou pulmonaire reste fermée.

3- L'éjection systolique, qui débute lorsque la pression dans le ventricule surmonte la pression dans l'aorte ou l'artère pulmonaire, et au cours de laquelle le sang est expulsé hors du ventricule.

4- La relaxation iso-volumétrique, qui débute lorsque la contraction du ventricule ayant cessé, la pression dans le ventricule devient inférieure à la pression dans l'aorte ou l'artère pulmonaire, de sorte que la valve aortique ou pulmonaire se ferme, tandis que la valve atrioventriculaire est encore fermée¹.

Figure n° 01 : Le cycle cardiaque².



1 A. Pérez-Martin/I. Schuster/M. Dautat. Faculté de Médecine de Montpellier-Nîmes. Physiologie cardiovasculaire.pdf

2 S. Durand. Université du Maine .Physiologie des grandes fonctions.pdf

I-2- L'énergétique myocardique :

L'énergie cinétique, fonction de la vitesse d'écoulement du sang au niveau de l'orifice aortique, représente au repos une part négligeable de la dépense énergétique cardiaque. À l'effort par contre, cette part devient significative, en particulier pour le ventricule droit.

Le rendement cardiaque, quant à lui, n'est que de 5 à 10 % dans les conditions de repos, mais il augmente jusqu'à 15 % à l'effort (en effet, à l'effort, le débit augmente normalement plus que la pression).

Par conséquent, le rétrécissement d'un orifice cardiaque peut avoir des conséquences dramatiques à l'effort en provoquant un accroissement considérable de l'énergie cinétique, sans permettre un accroissement proportionnel du débit, et avec une augmentation importante de la dépense énergétique du myocarde¹.

Le myocarde fonctionne uniquement en aérobiose en utilisant 5 sources d'énergie :

- Les acides gras représentent 60 % de l'énergie ;
- Le glucose représente 15 % ;
- Le lactate représente 10 % : le cœur est le seul organe utilisateur ; après transformation en pyruvate, il entre dans le cycle de Kreps ;
- Les corps cétoniques ;
- Les acides aminés².

1 **A. Pérez-Martin/I. Schuster/Michel Dauzat.** Faculté de Médecine de Montpellier-Nîmes. Physiologie cardiovasculaire.pdf

2 **C. Craplet/P. Craplet.** « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986. P: 257

II- Les paramètres cardiaques :

II-1- La fréquence cardiaque :

La fréquence est le nombre de contractions cardiaques par minutes¹.

II-1-1- la fréquence cardiaque de repos :

Chez le sujet sain le rythme de repos du nœud sinusal est entre 90 et 110 bats/min, mais est freiné par le tonus parasympathique (tonus vagal). De ce fait, chez le sujet moyen, la FC de repos est 70 bats/min et peut s'élever jusqu'à $220 - l'âge \pm 10^2$.

En réalité au repos la fréquence cardiaque varié spontanément en permanence battement à battement et de manière périodique. C'est ce qu'on appelle la variabilité de fréquence cardiaque. Celle-ci est facile à observer avec un CFM. Il suffit de surveiller sa fréquence cardiaque de repos en position allongée pendant plusieurs minutes et l'on note alors que celle-ci varié en permanence. La variabilité spontanée de la fréquence cardiaque a pour but de maintenir un niveau du débit cardiaque adapté aux besoins de l'organisme qui même au repos varient en permanence. Cette variabilité est sous la dépendance des influx nerveux parasympathiques et sympathique³.

Les nerfs qui innervent le cœur et des substances chimiques en circulation peuvent faire varier rapidement la fréquence cardiaque. 50 % de l'augmentation de FC est due principalement à l'activité orthosympathique notamment beta et la libération des neurotransmetteurs adrénaline et noradrénaline. Ces contrôles extrinsèques peuvent accélérer le cœur par anticipation, avant même le début de l'exercice. Dans une large mesure ce

1 C. Craplet/P. Craplet. « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986. P: 256

2 T. Verson. Physiologie de l'exercice.pdf

3 F. Carré/T. Laporte. « Le guide de cardiofréquence-mètre ». Edition : Frison-Roche. Paris, 2009. P : 28

contrôle extrinsèque peut abaisser la fréquence cardiaque à 30 battements par minute chez les athlètes en endurance bien entraînés, et l'élever jusqu'à 200 battements par minute au court d'un exercice maximal¹.

De façon schématique, il suffit de retenir que les variations rapides de la fréquence cardiaque sont sous la dépendance du système parasympathique et les variations plus lentes sous celle du sympathique.

L'analyse de la variabilité de la fréquence cardiaque est actuellement bien validée au repos et elle est possible avec un CFM. Un niveau élevé de variabilité est considéré comme un marqueur de « bonne santé » générale².

II-1-2- La fréquence cardiaque maximale :

La FC Max est la FC la plus haute obtenue lors d'un effort, à la limite de l'épuisement. C'est un paramètre fréquemment utilisé dans le calcul des intensités d'entraînement³.

Cette donnée n'est pas affectée par l'entraînement. Le cœur d'un sportif ne grimpe pas plus

haut que celui d'un sédentaire. En revanche, elle diminue progressivement avec l'âge.

Astrand, physiologiste suédois, a établi une formule pour évaluer globalement cette diminution :

$$FC \text{ max} = 220 - \text{l'âge} \pm 10 \text{ (pulsations)}$$

Mais il s'agit en fait de moyennes. A l'échelle d'une personne, on peut avoir des résultats très différents. Certains quadragénaires atteignent encore les

1 **T. Verson**. Physiologie de l'exercice.pdf

2 **F. Carré/T. Laporte**. « Le guide de cardiofréquence-mètre ». Edition : Frison-Roche. Paris, 2009.P :28

3 **Polar heart rate monitors**. questions sur la fréquence cardiaque.pdf

200 pulsations alors que des jeunes adultes n'y arrivent pas.

Les femmes possèdent également des cœurs légèrement plus rapides que les hommes. Pour elles, il faudrait appliquer l'équation :

$$FC \text{ Max} = 226 - \text{l'âge}$$

Pour toutes ces raisons, on ne peut pas prendre l'équation d'**Astrand** en référence. Surtout lorsqu'on est un sportif bien entraîné. En effet, la valeur obtenue par le calcul se révèle généralement supérieure à la valeur réelle mesurée sur le terrain. Ainsi, il n'est pas rare de trouver, chez des cyclistes de 20 ans, des fréquences cardiaques maximales situées aux alentours de 185 puls/min au lieu de 200 comme le prédisait **Astrand**.

La FC max peut être estimée, tant pour les hommes que pour les femmes (Gilet 1984) par la relation proposée par **Chaffin (1966)** en fonction de l'âge du sujet (A ans).

$$FC \text{ max} = 205.5 - [0.62 \times A] \text{ (bpm)}$$

Cette expression donne des résultats que la relation plus généralement connue $(220 - A)^1$.

Différentes formules existent pour estimer la FCM:

- $FCM = 220 - \text{âge}$ (**Astrand et Ryhming, 1954**)
- $FCM = 205,8 - 0,685 \times \text{âge}$ (**Inbar, 1994**)
- $FCM = 208,754 - 0,734 \times \text{âge}$ (**Robers et Lanwher, 2002**)²

Il existe différentes méthodes pour estimer cette fréquence cardiaque maximale : après un bon échauffement, à un exercice relativement court de

1 J. Malchaire. Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus du fréquence cardiaque aux postes de travail.pdf

2 <http://fr.wikipedia.org>: fréquence cardiaque maximum.

l'ordre de 4 à 6 minutes, mais très intense, par exemple une course en côte. Il est aussi possible (idéalement sur une piste de 400 m), de débiter avec un 1er tour d'échauffement, d'effectuer le 2e à une intensité modérée, le 3e plus vite, en accélérant sur le dernier tour pour terminer au sprint sur le dernier 100 m. La valeur de FC retenue est celle s'affichant au passage de la ligne d'arrivée¹.

II-1-3- La réserve cardiaque :

Il s'agit de la différence entre la fréquence cardiaque maximale et la fréquence cardiaque de repos. C'est la plage d'utilisation de compte-tours de moteur humain. Il est évident que plus cette différence est importante plus le rôle de la fréquence cardiaque est important dans l'augmentation de l'apport oxygène aux muscles actifs. S'il est donc important pour un sportif d'avoir une fréquence cardiaque de repos basse, il est tout aussi primordial pour de maintenir une fréquence cardiaque maximale élevée. Ainsi un sujet entraîné peut avoir une réserve cardiaque presque deux fois plus importante qu'un sédentaire de même âge. Le premier pouvant passer de 50 battements par minute au repos à 200 battements par minute à son niveau de VO_2 max alors que le second passera dans les mêmes conditions de 80 à 55 battements par minute, soit une réserve cardiaque de 150 pour le premier et de 75 seulement pour le second².

II-2- Le volume d'éjection systolique :

Le volume systolique est la quantité du sang éjecté à chaque systole par le ventricule dans l'artère correspondante. Ce volume systolique est la différence entre le volume télédiastolique (contenu ventricule à la fin de la

1 Karvonen. Méthode de calcul FC max.pdf

2 F. Carré/T. Laporte. « Le guide de cardiofréquence-mètre ». Edition : Frison-Roche. Paris, 2009. P : 28

diastole) et volume télésystolique (contenu ventricule à la fin de la systole)¹.

$$\text{VES} = \text{VTD} - \text{VTS}$$

Dans le volume d'éjection systolique on distingue :

- Le de fin de diastole ou télédiastolique (VTD) : quantité du sang (ml) remplissant le ventricule gauche pendant la période de remplissage du cœur (la « diastole »). Sa valeur est de l'ordre de 120-140 ml de sang.
- La fraction d'éjection (FE) : il s'agit de la quantité de sang expulsée à chaque systole depuis le ventricule gauche (c'est-à-dire le volume 'déjection systolique mais exprimée en pourcentage de VTD. Les valeurs normales sont comprises entre 54 % et 64 %.
- Le volume de fin systole ou télé systolique (VTS) : quantité du sang (en millilitres) restant dans le ventricule gauche après chaque battement cardiaque. Plus la fraction d'éjection est importante, plus le volume de fin de systole est réduit. Les valeurs normales sont de l'ordre de : $100 \% (\text{volume du sang total}) - 60 \% (\text{FE}) = 100 \text{ ml} - 100 \text{ ml} \times 0.6 = 40 \text{ ml}$ du sang par battement cardiaque².

Selon la loi de Starling, le facteur déterminant du volume systolique est le degré d'étirements que présentent les myocytes cardiaques juste avant leur contraction. Plus ceux-ci sont étirés plus la contraction sera forte. Le principale facteur de l'étirement du muscle cardiaque est le retour veineux, soit la quantité du sang qui retourne au cœur est distend ces ventricules. Si un coté du cœur se met soudainement à pomper plus de sang que l'autre, l'augmentation du retour veineux dans le ventricule opposé

1 C. Craplet/P. Craplet. « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986. P: 256

2 V. Billat. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 68

force celui-ci à pomper un volume égal, prévenant ainsi l'accumulation du sang dans la circulation¹.

La valeur de VES au repos se situe entre 70 et 90 ml par battement cardiaque chez le sujet sédentaire, les valeurs maximales varient d'un individu à l'autre et sont comprise entre 100 à 120 ml. Chez le sujet entraîné, VES au repos est d'environ 100 à 120 ml et peut atteindre 200 ml par battement lors de l'effort maximal².

II-3- Le débit cardiaque :

Le débit cardiaque (QC) est défini comme la quantité du sang qui sort de l'aorte par minute. Il dépend du volume de sang éjecté à chaque contraction « volume d'éjection systolique » et du nombre de battements cardiaques par minutes, appelé « fréquence cardiaque ». On peut illustrer ceci par l'équation suivante :

$$QC \text{ (ml/min)} = FC \text{ (batt/min)} \times VES \text{ (ml/bt)}$$

Où FC est la fréquence cardiaque en battements par minutes (batt/min) et VES est le volume d'éjection systolique en millilitres par battements (ml/bt)³.

Au repos, le débit cardiaque (QC) est d'environ 6 L/min, il varie cependant beaucoup au repos, il est influencé par l'état émotionnel du sujet⁴.

1 **E. N. Marieb.** « Biologie humaine : principes d'anatomie et de physiologie ». 8e édit : traduction française coordonnée par René Lachaine. Edition : Pearson Education. Québec, 2008. P: 398

2 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 52

3 **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 66

4 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 52

B- LE SYSTEME VASCULAIRE :

I- Les vaisseaux sanguins :

Anatomiquement et, dans une certaine mesure, fonctionnellement, les vaisseaux sanguins peuvent être classés en artères, artérioles, capillaires et veines. Les échanges d'eau, d'électrolytes, de gaz, etc., ne peuvent se produire qu'au niveau de la membrane hémiperméable des capillaires, les autres vaisseaux jouent simplement le rôle de conduit¹.

Les parois des vaisseaux sanguins, sauf celles des microscopiques capillaires, sont formées de trois couches, ou tuniques :

- La tunique intime (ou intima), qui tapisse la lumière de tous les vaisseaux, est une mince couche d'endothélium (épithélium squameux) reposant sur une membrane basale.
- La tunique moyenne, ou média, constitue l'épaisse couche de milieu. Elle comprend principalement des myocytes lisses et de tissu élastique.
- La tunique externe, ou adventice, est la couche la plus superficielle des vaisseaux ; elle est composée surtout de tissu conjonctif dense dont la principale fonction est de soutenir et de protéger les vaisseaux sanguins².

I-1- Les artères :

Par définition, ce sont des vaisseaux partant du cœur ; dans le langage courant, on envisage seulement les artères de la circulation générale résultant de la ramification de l'aorte³.

1 **P.-O. Astrand/K. Rodahl.** « Précis de physiologie de l'exercice musculaire ». 2eme édit : traduit par Jean-René Lacour. Edition : Masson. Paris, 1980. P: 115

2 **E. N. Marieb.** « Biologie humaine : principes d'anatomie et de physiologie ». 8e édit : traduction française coordonnée par René Lachaine. Edition : Pearson Education. Québec, 2008. P:401

3 **C. Craplet/P. Craplet.** « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986. P:263

Les artères ont pour fonction de transporter le sang riche en oxygène aux organes à l'exception de l'artère pulmonaire qui est pauvre en oxygène.

La pression dans les artères est très importante. En raison de leur fort diamètre la résistance est faible. Les artères sont souvent considérées comme des réservoirs de pression.

I-2- Les artérioles :

Les artérioles font suite aux artères avant de pénétrer dans les organes. En raison de leur faible diamètre, la résistance est plus élevée et participent de ce fait à la régulation de la pression artérielle en contrôlant la distribution du débit sanguin.

I-3- Les capillaires :

Les capillaires sont des vaisseaux très fins, situés au niveau des organes entre les artérioles et les veinules. Leur paroi extrêmement fine permet les échanges nutritifs et gazeux entre le sang et les cellules¹.

Dans sa forme complète ce dispositif comprend :

- Une anastomose artérioveineuse : lorsque ce petit vaisseau est ouvert, le sang passe directement de l'artériole dans la veinule en court-circuitant le dispositif ;
- Un canal préférentiel ou métartériole reliant par une longue boucle l'artériole et la veinule et sur lequel sont branchés les capillaires.
- Des capillaires naissant sur le canal préférentiel avec à l'origine un sphincter précapillaire réglant le débit sanguin dans chacun d'eux ; les capillaires s'anastomosent entre eux constituant un réseau plus au

¹ A.S. Paris 6 - Section Plongée Sous-Marine. Elément d'anatomie & physiologie.pdf

moins dense suivant l'organe et suivant l'ouverture-fermeture des sphincters précapillaires¹.

Les capillaires sont le site d'échange des nutriments, produits des déchets et des liquides. Lieu privilégié d'échange entre le sang et les tissus.

I-4- Les veines :

Par définition, ce sont des vaisseaux qui rejoignent le cœur. Dans le langage courant, on en visage seulement les veines de la circulation aboutissant aux deux veines caves².

Ce sont des conduits de faibles résistances pour l'écoulement retour du sang vers le cœur maintenues en activité par la contraction des muscles lisses et squelettiques environnants. Les veines contiennent la plus grande partie du sang du système vasculaire.

II- La Circulation pulmonaire et systémique :

- Le sang veineux provenant de tous les organes, désoxygéné, gagne les veines caves qui débouchent dans l'oreillette droite.

- Il passe à travers la valve tricuspide dans le ventricule droit, est éjecté dans l'artère pulmonaire puis dans ses branches, jusqu'aux capillaires pulmonaires. Le sang s'oxygène dans les capillaires au contact des alvéoles pulmonaires.

- Les veines pulmonaires ramènent à l'oreillette gauche un sang riche en oxygène, qui franchit la valve mitrale, passe dans le ventricule gauche, est éjecté dans l'aorte et dans ses branches pour être distribué à tous les organes.

1 C. Craplet/P. Craplet. « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986. P:265

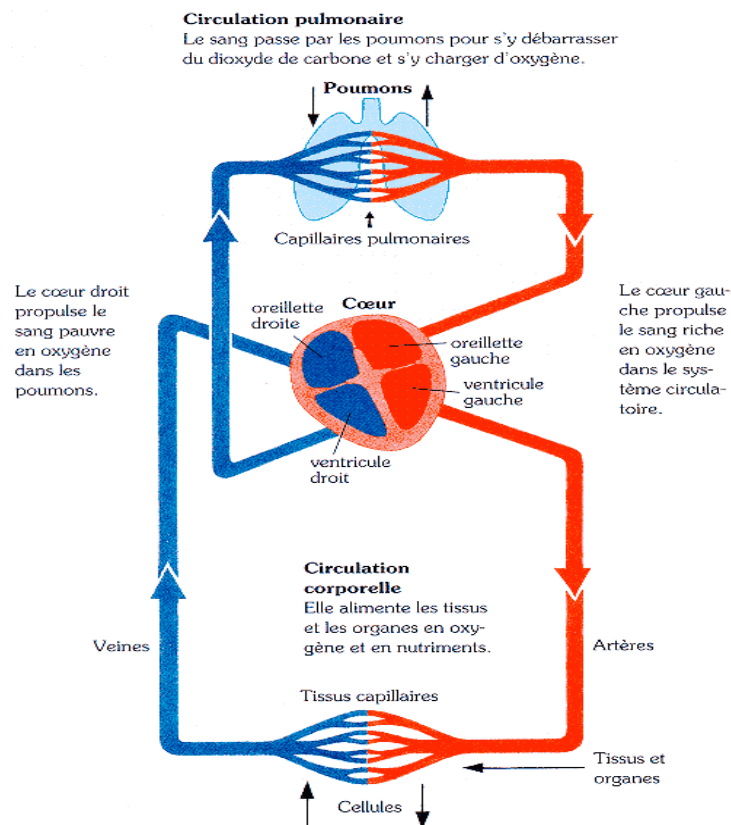
2 P-O. Astrand/Kaare Rodahl. « Précis de physiologie de l'exercice musculaire ». 2eme édit : traduit par Jean-René Lacour. Edition : Masson. Paris, 1980. P: 265

- Les artères sont relativement élastiques pour faciliter l'écoulement du sang (compliance artérielle).

- La proximité des veines avec l'artère permet également un écoulement (les veines entourent l'artère, le sang des veines circule dans le sens inverse de celui de l'artère, les veines appuient donc sur l'artère).

- Les artères ont également une résistance à l'écoulement. (résistances vasculaires périphériques).

Figure n° 02 : Circulation pulmonaire et circulation systémique¹.



C- LES ECHANGES ET TRANSPORT DES GAZ :

I- Transport des gaz par le sang :

I-1- Transport de l'oxygène :

L'O₂ est transporté dans le sang sous 2 formes : dissous et lié à l'hémoglobine.

I-1-1- Oxygène dissous:

La concentration d'O₂ dissous dans le sang est proportionnelle à la pression partielle d'O₂ et au coefficient de solubilité d'O₂ (0,003 ml d'O₂ / 100 ml de sang /mm Hg). La concentration d'O₂ dissous dans le sang artériel est donc environ 0,3 ml d'O₂ par 100 ml de sang puisque la PaO₂ est proche de 100 mm Hg. Comme la consommation d'O₂ au repos est d'environ 300 ml/min, le débit sanguin devrait être égal à 100 l/min pour faire face à cette demande! L'O₂ est donc nécessairement transporté sous une autre forme.

I-1-2- Oxygène lié à l'hémoglobine :

Dès que l'O₂ passe de l'alvéole au plasma, il se dissout puis se fixe très rapidement sur l'hémoglobine (Hb) contenue dans les globules rouges pour former l'oxyhémoglobine. Moyen de transport de l'O₂ (99%), car la solubilité de l'O₂ est basse.

I-2- Transport de dioxyde de carbone:

Le CO₂ est transporté dans le sang sous 3 formes: CO₂ dissous, bicarbonates (HCO₃⁻) et combiné aux protéines pour former des composés carbaminés.

I-2-1- Dioxyde de carbone dissous :

Comme le CO₂ est 20 fois plus soluble que l'O₂, cette forme joue un rôle significatif dans le transport du CO₂. Elle représente 5% du CO₂ transporté dans le sang veineux et 10% du CO₂ éliminé par les poumons (c'est-à-dire la différence artérioveineuse).

I-2-2- Bicarbonates :

H₂CO₃ se forme à partir de CO₂ et H₂O, lentement dans le plasma et rapidement dans les globules rouges grâce à la présence d'anhydrase carbonique (AC). HCO₃⁻ se dissocie ensuite en HCO₃⁻ et H⁺ : HCO₃⁻ sort du globule rouge en échange de Cl⁻ alors que H⁺ reste dans le globule rouge où il se lie à l'hémoglobine d'autant plus facilement qu'elle est désoxygénée (effet Haldane). Cette forme de transport représente 60% du CO₂ éliminé par les poumons.

I-2-3- Composés carbaminés :

Ils se forment par combinaison du CO₂ avec les groupements NH₂ terminaux des protéines, en particulier de la globine de l'hémoglobine (HbNH₂ + CO₂ ⇌ HbNHCOOH). Là encore la réaction est favorisée par la désoxygénation de l'hémoglobine. Cette forme de transport représente 30% du CO₂ éliminé par les poumons.

II- La diffusion alvéolocapillaire : (La diffusion pulmonaire)

On appelle la diffusion alvéolocapillaire les échanges de gaz entre les poumons et le sang. Elle permet de :

- Restaurer le contenu en oxygène du sang artériel ;
- Eliminer le gaz carbonique du sang veineux.

L'air rentre dans les poumons par la ventilation pulmonaire permettant les échanges gazeux avec le sang grâce à la diffusion alvéolocapillaire. Comme son l'indique, la diffusion alvéolocapillaire concerne deux compartiments : les alvéoles et les capillaires pulmonaires. Le but de la diffusion alvéolocapillaire est d'amener l'oxygène des alvéoles vers les capillaires pulmonaires et inversement pour le dioxyde de carbone. Les alvéoles sont des petits sacs situés à la fin des bronchioles terminales.

Le sang provenant des différents organes retourne au cœur droit, par les veines caves supérieure et inférieure, puis gagne les poumons par les artères et capillaires pulmonaires. Ces derniers forment un réseau très dense tout autour des alvéoles. Ce sont des vaisseaux de calibre minuscules, parfois le diamètre d'un globule rouge. A leurs niveau les globules rouges circulent le plus souvent un par un, ce qui augmente leurs temps de contact avec le tissu pulmonaire et améliore l'efficacité des échanges¹.

III- La différence artérioveineuse :

Au repos le contenu du sang en oxygène est de 20 ml pour 100 ml dans le système artériel et de 14 ml pour 100 ml dans le système veineux. La différence entre ces deux valeurs ($20 \text{ ml} - 14 \text{ ml} = 6 \text{ ml}$) constitue la différence artérioveineuse ($\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2$). Cette valeur représente la quantité d'oxygène prélevée dans le sang par l'ensemble des tissus.

Après l'exercice, $\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2$, augmente progressivement avec l'intensité. A l'effort maximal, la valeur de repos peut être multipliée par trois. Ceci témoigne d'une diminution en oxygène du sang veineux car dans le sang artériel, à l'exception de quelques cas rapportés chez des athlètes à l'effort maximal, le contenu en oxygène varie peu à l'exercice.

¹ J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :144

La quantité d'oxygène prélevée par les muscles actifs augmente, ce qui diminue en aval la quantité d'oxygène dans le secteur veineux. Si à la sortie des muscles actifs le contenu du sang veineux peut approcher de 0, celui-ci baisse rarement en dessous de 2 à 4 ml pour 100 ml dans le sang veineux mêlé et dans l'oreillette droite. En effet, le sang veineux provenant des muscles actifs est presque totalement appauvri en oxygène, se mêle ensuite au sang veineux provenant des territoires inactifs qui utilisent peu d'oxygène¹.

IV- La consommation maximale d'oxygène (VO₂ max) :

La consommation maximale d'oxygène correspond au taux maximal de libération d'énergie obtenu explosivement à partir de processus oxydatif. Lors d'une épreuve maximale à charge progressive, VO₂ max correspond à la valeur à partir de laquelle VO₂ se stabilise malgré toute augmentation de la charge. La puissance à partir de laquelle VO₂ n'augmente plus, est appelée puissance maximale aérobie (PMA). C'est pourquoi la capacité aérobie peut s'exprimer avec VO₂ max que par PMA².

La consommation maximale d'oxygène (VO₂ max) est donc la quantité maximale d'oxygène par unité de temps qu'un individu peut consommer, c'est à dire prélever, transporter, et utiliser, dans des conditions d'exercice qui sollicitent totalement ses possibilités cardiovasculaires. Cette valeur est atteinte lorsque l'athlète ne peut plus augmenter sa consommation d'oxygène malgré l'augmentation de la charge de travail musculaire. La puissance développée à cet instant-là sera la puissance maximale aérobie

1 J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :168

2 A. Brikci. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 54

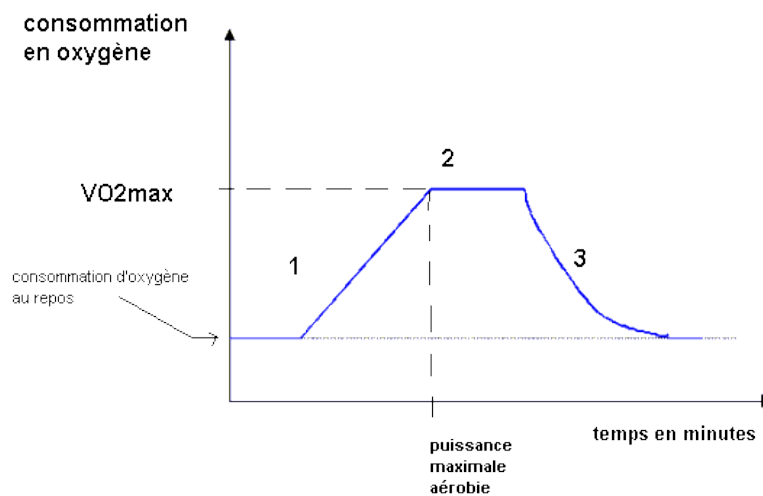
au-delà de laquelle l'organisme fera appel aux voies métaboliques anaérobiques.

Le (ou la) $VO_{2\text{ max}}$ s'exprime habituellement en litres de dioxygène par minute (l/min). Afin de personnaliser la mesure et tenir compte des différentes constitutions (enfant ou adulte, petits ou grands gabarits...) la valeur observée sont le plus souvent rapportée à l'unité de masse corporelle pour déterminer un $VO_{2\text{ max}}$ dit « relative » ou « spécifique », qui s'exprimera alors en ml/min/kg. Cette dernière valeur est un excellent indicateur de la performance potentielle dans les épreuves d'endurance (sportives ou non) : plus elle est élevée, meilleure sera la performance éventuellement réalisée.

La $VO_{2\text{ max}}$ est un véritable reflet des capacités du sportif à faire fonctionner son système pulmonaire et cardio-vasculaire : c'est la " cylindrée " du sportif.

- **Notion de puissance et vitesse maximale aérobie (PMA et VMA) :**

Lors d'un exercice d'intensité croissante, la consommation d'oxygène (VO_2) augmente progressivement. La puissance maximale aérobie (PMA) exprimée en watts correspond à la puissance limite pour laquelle VO_2 n'augmente plus. Elle correspond donc à la puissance atteinte à la consommation maximale d'oxygène ($VO_{2\text{ max}}$). La PMA peut être maintenue entre 4 (sédentaire) et 8-10 minutes (sujet très entraîné). Comme l'objectif principal de la majorité des sports aérobies est d'atteindre la vitesse la plus élevée, il est classique de parler de vitesse maximale aérobie (VMA) exprimée en km/h, qui correspond à la vitesse limite à laquelle $VO_{2\text{ max}}$ est atteinte et à la puissance aérobie maximale fonctionnelle.



(1) plus la puissance de l'exercice s'élève, plus la consommation d'O₂ augmente.

(2) la consommation d'O₂ "plafonne", le sportif a atteint ses possibilités maximales et l'effort à ce niveau ne pourra pas être soutenu.

(3) à l'arrêt de l'effort, c'est la classique phase de remboursement de la dette en oxygène, la consommation d'oxygène ne revient pas immédiatement à celle du repos (le sportif continue à "hyperventiler").

IV-1- Echelle de valeur du VO₂ max :

VO₂ max va, chez l'homme, de 2.5-3 L.min⁻¹ (35 à 40 mL.min⁻¹.kg⁻¹) pour la population sédentaire et peu dotée en VO₂ max à 5-6 L.min⁻¹ (75 à 85 mL.min⁻¹.kg⁻¹) pour celle des sportifs de haut niveau de performance aérobie, avec pour quelques sujets très entraînés et particulièrement doués, et bien préparés, des valeurs autour de 90 mL.min⁻¹.kg⁻¹.

Chez la femme, VO₂ max va de 25 à 70 mL.min⁻¹.kg⁻¹, valeurs moindres que celles de l'homme de fait d'un métabolisme oxydatif moins actif, d'un

taux de globules rouges légèrement moindre et surtout d'une adiposité plus élevée. $VO_{2\text{ max}}$ rapportés au kg de masse maigre est proches entre femme et homme.

En pathologie, $VO_{2\text{ max}}$ peut être très bas, 10 à 20 mL.min⁻¹.kg⁻¹, chez l'insuffisant cardiaque.

Le $VO_{2\text{ max}}$, rapporté au poids corporel, atteint, hors entraînement spécifique, sa valeur la plus élevée dès la fin de la puberté, relevant d'une dotation génétique prépondérante (environ 2/3 de $VO_{2\text{ max}}$). Puis, il diminue progressivement d'une façon parallèle au débit et FC max. cette diminution dépend largement de niveau d'activité sportive aérobie, en intensité, facteur très significatif de moindre diminution¹.

Les travaux récents nous montrent que $VO_{2\text{max}}$ peut être maintenu à 100% très longtemps et même sur le Marathon. La différence de performance au plus haut niveau se fait sur $VO_{2\text{ max}}$ voire même sur la capacité anaérobie, les deux métabolismes étant dépendant l'un de l'autre. Etre endurant à $VO_{2\text{ max}}$ nécessite une grande capacité anaérobie qui va vous permettre d'être performant sur le marathon en pouvant varier votre vitesse de course².

IV-2- Facteurs de variation de $VO_{2\text{ max}}$:

La $VO_{2\text{ max}}$ est influencé par plusieurs facteurs. Les plus importants sont le type d'épreuve, les caractères héréditaires, le niveau et le type de pratique sportive, l'âge, le sexe et la composition corporelle.

1 E. Brunet-Guedj & Co. « Médecine du sport ». 7eme edit. Edition : Masson. Paris, 2006. P : 38

2 <http://www.billat.net> : VO2 max les promesses du présent : les dernières découvertes

IV-2-1- le type d'exercice :

On admet généralement que les variations de $VO_{2\text{ max}}$ observées dépendent de la masse musculaire mise en jeu ainsi que de type d'épreuve maximale réalisée. $VO_{2\text{ max}}$ peut, en effet, varier chez le même sujet au cours de différents types d'exercices en fonction de la masse mise en jeu et des modalités de l'épreuve utilisée. C'est sur tapis roulant qu'on obtient généralement les valeurs de $VO_{2\text{ max}}$ les plus élevées.

IV-2-2- L'hérédité :

On s'interroge souvent sur l'importance de l'hérédité dans le fonctionnement de l'organisme et de son influence sur la performance physique. Jusqu'à quel point une capacité aérobie exceptionnellement élevée des athlètes d'endurance est-elle déterminée par l'hérédité ? De toute évidence, un tel niveau de développement de capacité fonctionnelle n'est pas le seul résultat de l'entraînement.

Des études réalisées sur des vrais et faux jumeaux, élevés dans des conditions sociales et économiques semblables ont permis de montrer l'importante influence de code génétique aussi bien sur la capacité aérobie qu'anaérobie (**Klissouras, 1973**)¹. Ces études ont montré, en effet, que l'hérédité pouvait expliquer une grande part de différences interindividuelles de $VO_{2\text{ max}}$ et que le code génétique pouvait à lui seul expliquer 86 % des variations interindividuelles de la fréquence cardiaque maximale. Ces études indiquent en outre qu'une bonne part de l'amélioration de $VO_{2\text{ max}}$ par l'entraînement est liée au génotype. Ceci est probablement en relation avec la constitution histologique et biochimiques

1 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 56

des fibres musculaires, elles même étroitement liées au caractère héréditaire.

IV-2-3- Niveau de pratique sportive :

La valeur de $VO_{2\text{ max}}$ dépend largement de niveau d'entraînement des sujets. Les améliorations de $VO_{2\text{ max}}$ avec l'entraînement varient généralement entre 6 et 20 %, chez les sujets entraînés. Elles peuvent atteindre exceptionnellement 40 %.

La valeur de $VO_{2\text{ max}}$ dépend également de type de pratique sportive. Habituellement, les athlètes de haut niveau, dans des disciplines sportives qui requièrent un effort soutenu de plus de deux minutes, représentent un $VO_{2\text{ max}}$ plus élevé que ceux qui pratiquent un sport nécessitant un effort plus bref ou plus intermittent.

IV-2-4- Le sexe :

$VO_{2\text{ max}}$ des hommes est normalement 15 à 30 % plus élevé que celui des femmes. Les différences sont plus grandes si $VO_{2\text{ max}}$ est rapporté en valeur absolue (l/min) plutôt qu'en valeur relative à la masse corporelle (ml/kg.min). Cette variation selon le sexe est généralement attribuée à des différences :

- De constitution corporelle : l'homme peut produire plus d'énergie en aérobiose parce que, contrairement à la femme, sa masse musculaire est plus importante,
- Et du taux d'hémoglobine dans le sang ; sans qu'on sache pourquoi la concentration d'hémoglobine est de 10 à 14 % plus élevée chez les hommes. Ce qui les avantage dans le transport sanguin d'oxygène.

IV-2-5- La composition corporelle :

Wyndham et col. (1969)¹ estiment qu'une part importante des différences interindividuelles de $VO_{2\text{ max}}$ dépend des différences de masse corporelle. C'est pour cette raison, essentiellement que $VO_2\text{ max}$ s'exprime généralement en terme relatif à la masse corporelle.

IV-2-6- L'âge :

$VO_{2\text{ max}}$ (l/min) s'élève rapidement au cours de la croissance et atteint sa valeur maximale entre 18 et 25 ans. Cette amélioration apparente avec l'âge s'estompe lorsque $VO_{2\text{ max}}$ est rapporté à la masse corporelle. Au de la de 25 ans, $VO_{2\text{ max}}$ diminue régulièrement ; cette diminution peut atteindre 27 % à l'âge de 55 ans (**Astrand et Rodahl, 1980**)².

IV-3- Facteurs limitant de $VO_2\text{ max}$:

La consommation maximale d'oxygène dépend des capacités de prélèvement de l'oxygène, de transport de l'oxygène, et d'utilisation de l'oxygène par l'organisme. Elle fait donc intervenir trois grands systèmes : le système pulmonaire, le système cardiovasculaire, et les muscles. Nous allons étudier les hypothèses d'une limitation centrale et/ou périphérique.

IV-3-1- Le système pulmonaire :

A ce niveau, la consommation d'oxygène par l'organisme fait intervenir :

1 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 57

2 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 58

IV-3-1-1- La ventilation :

Les possibilités maximales de ventilation pulmonaire augmente avec $VO_{2\text{ max}}$ (de 120 l/min chez le sédentaire dont $VO_{2\text{ max}} = 3$ l/min, jusqu'à 200 l/min si $VO_{2\text{ max}} > 5$ l/min).

IV-3-1-2-La diffusion alvéolo-capillaire de l'oxygène :

Elle augmente aussi avec l'intensité de l'exercice mais il semblerait qu'elle plafonne avant $VO_{2\text{ max}}$ (les avis divergent à ce sujet, pour certains elle plafonnerait à une valeur modérée du métabolisme correspondant à moins de 50% de $VO_{2\text{ max}}$; pour d'autres, elle augmenterait proportionnellement au métabolisme jusqu'à $VO_{2\text{ max}}$).

Bien que des controverses existent, le système pulmonaire n'est généralement pas considéré comme un facteur limitant de la consommation maximale d'oxygène chez des sujets en bonne santé. Néanmoins, chez les athlètes bien entraînés ($VO_{2\text{ max}} > 60$ ml.min⁻¹.kg⁻¹), il semblerait que la diffusion alvéolo-capillaire limite $VO_{2\text{ max}}$.

IV-3-2- Le système cardiovasculaire :

A ce niveau, la consommation d'oxygène va dépendre de trois facteurs principaux :

IV-3-2-1- Le débit cardiaque (QC) :

Il dépend du volume d'éjection systolique (VES) et de la fréquence cardiaque (FC) :

$$QC = VES \times FC.$$

A l'exercice, on constate un accroissement du débit cardiaque consécutif à une augmentation conjuguée du volume d'éjection systolique (jusqu'à 50% de $VO_{2\text{ max}}$) et de la fréquence cardiaque (jusqu'à une valeur limite déterminée par l'âge et égale approximativement à $220 - \text{âge}$).

L'augmentation de $VO_{2\text{ max}}$ par l'entraînement s'accompagne d'une augmentation marquée du débit cardiaque maximal. Cette augmentation ne dépend pas de la $FC_{\text{ max}}$ (qui n'est pas affectée par l'entraînement), mais dépend d'un accroissement du volume d'éjection systolique consécutif à une augmentation de volume des ventricules et de la force de contraction du myocarde (VES peut atteindre 200 ml chez des athlètes à $VO_{2\text{ max}}$ proche de 6 l/min).

IV-3-2-2- La capacité de transport de l'oxygène par le sang :

Elle correspond au produit du débit cardiaque par la concentration du sang artériel en oxygène ($QC \times CaO_2$). C'est la quantité d'oxygène dont disposent les tissus chaque minute. La concentration du sang artériel en oxygène fait intervenir deux paramètres : la concentration en hémoglobine (Hb), et le niveau de saturation de l'hémoglobine par l'oxygène (SaO_2). Or le contenu artériel en oxygène (CaO_2) n'est pas significativement différent entre les sujets disposant d'une consommation maximale d'oxygène faible, moyenne ou élevée. Ceci laisse supposer que c'est surtout le débit cardiaque qui soit l'élément essentiel de variabilité de $VO_{2\text{ max}}$.

Des méthodes de dopage ont pour objet d'améliorer artificiellement les valeurs de CaO_2 : il s'agit de l'autotransfusion sanguine, de l'usage de l'érythropoïétine (EPO) ou de perfluorocarbone (PFC).

IV-3-2-3- L'irrigation des cellules musculaires :

Cette irrigation dépend des capacités de transport de l'oxygène par le sang (voir ci-dessus) ainsi que du nombre de capillaires qui entourent chaque fibre musculaire (capillarisation des muscles). Des études ont montré une corrélation très étroite entre le nombre moyen de capillaires au voisinage de chaque fibre et $VO_{2\text{ max}}$.

Il semblerait que le principal facteur limitant $VO_{2\text{ max}}$ soit le débit cardiaque maximal, surtout chez les sujets entraînés. Il existe une relation sensiblement linéaire entre l'augmentation de $VO_{2\text{ max}}$ liée à l'entraînement et celle du débit cardiaque maximal : chez l'homme, toute augmentation de $VO_{2\text{ max}}$ de 1 l/min correspond à une augmentation de QC d'environ 5 l/min (des valeurs de QC de 40 l/min ont été observées chez des athlètes dont $VO_{2\text{ max}}$ est de 6 l/min).

IV-3-3- Les muscles :

Si les muscles reçoivent suffisamment d'oxygène des niveaux périphériques, encore faut-il que cet oxygène puisse être utilisé au niveau local. $VO_{2\text{ max}}$ dépend donc également de l'aptitude des muscles à utiliser l'oxygène. Cette limitation dite « périphérique » va dépendre principalement de :

IV-3-3-1- La typologie des muscles :

La richesse en fibres I et IIa. Ces fibres prédominent largement chez les sportifs spécialisés dans les efforts d'endurance et sont en petite quantité chez les sportifs des efforts de vitesse.

IV-3-3-1- L'activité des enzymes oxydatives dans les mitochondries :

Des relations ont été démontrées entre la quantité d'enzymes du cycle de Krebs (SDH = succinate déshydrogénase) et $VO_{2\text{ max}}$. Le nombre de mitochondries (densité mitochondriale) et l'activité enzymatique des mitochondries augmentent d'ailleurs comme $VO_{2\text{ max}}$ sous l'effet de l'entraînement.

L'aptitude locale à utiliser l'oxygène va déterminer la différence artérioveineuse ($CaO_2 - CvO_2$), c'est à dire la différence entre le contenu

artériel en oxygène et le contenu en oxygène du sang veineux (il s'agit du sang veineux mêlé, c'est-à-dire du mélange des différents sangs arrivant dans l'oreillette droite). Plus cette différence est importante, plus le muscle a utilisé un pourcentage important d'oxygène¹.

1 R. Leca. Centre Universitaire Condorcet Le Creusot. La consommation maximale d'oxygène.pdf

SYSTEME
CARDIO-
VASCULAIRE
ET
EXERCICE
PHYSIQUE

III- INFLUENCE DE L'EXERCICE PHYSIQUE SUR LE SYSTEME CARDIO-VASCULAIRE :

Introduction :

La performance à l'effort doit être envisagée comme étant la résultante du fonctionnement harmonieux du cœur, situé au centre de la chaîne de transport d'O₂, des poumons et du système musculaire. Pour assurer la contraction musculaire lors d'un effort physique, les cellules consomment de l'oxygène et produisent du gaz carbonique. Lors d'un exercice isolé, l'organisme ajuste toutes ses fonctions (cardio-vasculaires, respiratoires, métabolique, etc) à la demande énergétique. Pour cela le système de transport d'oxygène met en jeu des facteurs vasculaires, respiratoires et tissulaires, qui se combinent pour réaliser un objectif commun : transporter l'oxygène aux muscles actifs. L'exercice musculaire est considéré comme l'une des conditions les plus astreignantes qui puisse être imposée au système cardio-vasculaire ; Plusieurs changements importants de fonctionnement du système de transport d'oxygène et des systèmes connexes résultant d'un entraînement sont observés lors de l'effort et après un entraînement régulier pour des longues périodes. C'est un fait reconnu que l'entraînement physique augmente la capacité maximale du travail et induit des changements physiologiques qui expliquent cette amélioration.

Examinons dans ce chapitre comment l'ensemble du système cardio-vasculaire s'adapte pour répondre à l'augmentation des besoins imposés par l'exercice et provoquer des changements physiologiques qui permettent d'améliorer ainsi la performance.

III-1- Adaptation cardiaque à l'exercice et à l'entraînement :

III-1-1- Les dimensions cardiaques :

On note une augmentation de la masse et du volume du cœur. S'y ajoutent un épaississement de la paroi et une augmentation des dimensions de la cavité de ventricule gauche.

Selon des études réalisées par **Fagard (1996)**¹, sur des coureurs de fond (135 athlètes et 173 contrôles), des cyclistes (69 cycliste et 65 contrôles) et des athlètes pratiquants de sports à dominante force (178 sportifs, incluant des haltérophiles, des bodybuilders, des lutteurs, des lanceurs et des bobsleigheurs et 105 contrôles), les résultats de ces études montrent que le diamètre interne du ventricule gauche (DIVG, index de la taille), l'épaisseur de septum inter-ventriculaire (ESIV), l'épaisseur du mur postérieur (EMP) ainsi que la masse de ventricule gauche (MVG) sont supérieures chez les sportifs comparés aux non sportifs appariés sur l'âge et les dimensions corporelles.

Cette augmentation dans la masse et le volume du cœur donne ce que on appelle l'hypertrophie cardiaque, non pathologique, induite par l'entraînement constitue le « cœur d'athlète ». C'est le ventricule gauche qui connaît les modifications les plus importantes. Elle est aujourd'hui bien répertoriée comme une adaptation à l'entraînement. Ceci est dû :

III-1-1-1- Entraînement intense (effort maximal) :

L'augmentation de la paroi de ventricule gauche, avec l'entraînement de force ou de musculation, était expliquée par la surcharge du travail imposé au cœur lors de ce type d'exercices, alors que le cœur doit éjecter le sang dans la circulation systémique déjà soumise à une pression élevée. Il a

¹ J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P : 216/217

été suggéré que pour vaincre cette surcharge, le cœur compense en augmentant sa taille ce qui renforce sa contractilité.

La pression sanguine peut atteindre 480 à 350 mmHg lors de l'entraînement en musculation. Ceci représente une pression considérable que le ventricule gauche doit vaincre. Donc l'augmentation de la masse cardiaque est une réponse directe à l'entraînement en musculation¹.

Selon **Weiss et al., (1979)** in **Deligiannis et al., (1995)**², les exercices d'intensité soutenue permettent l'augmentation de volume télédiastolique (VTD) qui étire d'avantage le myocarde et améliore sa contractilité à l'exercice. Ils ont mis en évidence qu'un entraînement à base d'exercices concentriques (dynamiques) amène une augmentation du volume du ventricule gauche sans épaissement de ces parois, alors que des exercices isométriques (statiques) avaient l'effet inverse.

III-1-1-2- Entraînement aérobie (effort prolongé) :

Pendant longtemps, on a pensé que l'augmentation de la cavité ventriculaire gauche constitué la seule adaptation à l'entraînement aérobie. Des études récentes montrent pourtant que l'entraînement aérobie peut induire un épaissement de la paroi myocardique, plus important qu'avec un entraînement en musculation³.

Selon **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kennedy (2009)**⁴, de même l'augmentation de la cavité ventriculaire avec l'entraînement aérobie, vérifiée expérimentalement, celle-ci est expliquée aussi par

1 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P : 216

2 **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 89

3 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P : 216

4 **même référence.** P : 216

l'augmentation de volume plasmatique qui élève le volume télédiastolique (VTD) de ventricule gauche.

Selon **Ikaheimo et al (1979)** in **Concu et Marcello (1993)**¹ l'entraînement en endurance engendre une augmentation en volume et en épaisseur dans le cœur.

III-1-2- Au niveau de la fréquence cardiaque :

III-1-2-1- A court terme : (adaptation immédiate)

Avant même le début de l'exercice physique, la fréquence cardiaque peut augmenter légèrement. Cette accélération anticipée est due à la tension nerveuse du sportif. Après le début de l'exercice, la fréquence cardiaque augmente rapidement puis se stabilise au niveau requis par l'exercice. Cette accélération du cœur est provoquée par une stimulation nerveuse et par des hormones comme l'adrénaline, sécrétée par des glandes situées au-dessus des reins (les surrénales)².

Pendant l'exercice physique et lorsque le sujet est proche de l'épuisement, la fréquence cardiaque plafonne : c'est la fréquence cardiaque maximale (FC max).

A l'arrêt de l'exercice, la fréquence décroît en deux temps : d'abord rapidement (20 à 35 secondes) puis beaucoup plus lentement. La première phase correspond au « décrochage cardiaque ». La seconde phase correspond au paiement de la dette d'O₂ contractée pendant l'exercice³.

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 89

2 <http://www.eurekasante.fr>: L'adaptation de système cardiorespiratoire à l'effort.

3 **Les bases physiologiques de l'exercice musculaire.pdf**

Le délai de récupération de la FC diminue au fur et à mesure de l'entraînement et témoigne de l'amélioration de l'aptitude à l'exercice aérobie.

A la fin d'un effort, la FC peut rester élevée pendant 5 à 10 secondes, mais ensuite, elle diminue très rapidement. La baisse de la FC est d'autant plus importante que l'athlète est entraîné¹.

III-1-2-2- A long terme : (effet de l'entraînement)

La fréquence cardiaque diminue nettement après une période d'entraînement aérobie.

Les sujets entraînés présentent une bradycardie de repos due essentiellement à l'augmentation de l'activité parasympathique et la diminution de l'activité sympathique. Ainsi la FC diminue de 1 batt/min chaque semaine pendant les premiers mois d'entraînement.

L'entraînement aérobie réduit aussi la FC à l'exercice sous-maximal. Après six semaines d'entraînement modéré, cette réduction est de l'ordre de 20 à 40 batt/min. L'entraînement s'accompagne d'une récupération cardiaque plus rapide².

L'entraînement de musculation peut éventuellement diminuer la fréquence cardiaque, mais ceci est plus controversé et ne constitue pas un critère d'entraînement.

Le délai de récupération de la fréquence cardiaque diminue au fur et à mesure de l'entraînement et témoigne de l'amélioration de l'aptitude à

1 A. Bouassida. ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînement.pdf

2 Bouassida Anissa. ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînement.pdf

l'exercice aérobie. Malgré tout, ce paramètre n'est pas suffisamment fiable pour comparer des individus entre eux¹.

III-1-3- Au niveau de volume d'éjection systolique :

III-1-3-1- A court terme : (adaptation immédiate)

Au cours d'un exercice à charge progressivement croissante, le volume d'éjection systolique augmente proportionnellement avec la puissance et devient maximal pour une charge de travail sous maximale: c'est à dire pour une consommation d'oxygène située entre 40 et 50% de la VO₂ max. Au-delà de cette intensité relative d'exercice, le volume d'éjection systolique va se stabiliser.

Chez les sujets actifs mais non entraînés, le VES passe de 50-60 ml au repos à 120 ml maximum à l'exercice. Chez les sujets très entraînés en endurance, le VES passe de 80-110 ml au repos à 160-200 ml à l'exercice maximal².

III-1-3-2- A long terme : (effet de l'entraînement)

Chez les sujets entraînés le V.E.S. peut atteindre 200 ml. Cette valeur entraînera un débit cardiaque maximum important et donc une VO₂ max élevée, d'où l'importance de commencer par un travail aérobie de 150 à 160 batt/min, avant d'attaquer un travail plus important. La fréquence cardiaque est pratiquement le seul indicateur physiologique qui est utilisable sur le terrain pour renseigner sur l'intensité de l'exercice³.

1 **Wilmore et Costill.** Physiologie du sport et de l'exercice physique, De Boeck Université, 1998.pdf

2 **même référence (1)**

3 **Les bases physiologiques de l'exercice musculaire.pdf**

Frank et Starling in **V. Billat (2003)**¹ ont démontré que la force de contraction du ventricule croissait avec l'augmentation du volume télé-diastolique (qui avait pour conséquence d'étirer les ventricules). Cette relation est « la loi de Frank-Starling » appliqué au cœur. Cet accroissement du volume télé-diastolique provoque donc un allongement des fibres cardiaques et augmente la force de contraction du myocarde. Une augmentation de la contractilité cardiaque provoque une augmentation de la quantité du sang pompée à chaque battement cardiaque et donc accroît le volume d'éjection systolique. La principale variable qui influence le volume télé-diastolique est le niveau de retour veineux au cœur. Une augmentation de retour veineux entraîne celle du volume télé-diastolique et par conséquent celle du volume d'éjection systolique.

III-1-4- Au niveau de débit cardiaque :

III-1-4-1- A court terme : (adaptation immédiate)

Lors de l'exercice, le débit cardiaque augmente dès le début du fait de l'accélération de la fréquence cardiaque et de la croissance du VES. Si le sujet poursuit un effort d'intensité croissante, le débit continue d'augmenter mais de façon moins importante puisque cette croissance ne correspond plus qu'à celle de la fréquence cardiaque. Si l'exercice est conduit jusqu'à l'épuisement le débit peut présenter une décroissance du fait de la diminution du VES (fréquence trop rapide pour permettre un bon remplissage diastolique)².

L'exercice physique est à l'origine des débits les plus élevés (quatre à cinq fois supérieurs aux valeurs de repos. Lorsque l'effort est supérieur à la puissance maximale aérobie (PMA), le débit cardiaque va passer de 5 l/min

1 **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 81

2 **G. Delplanque.** Commission Médicale. Fédération Française de Handball.

au repos pour se situer aux environs de 30 l/min même jusqu'à 40 l/min pour apporter environ 98 % du sang au muscle strié squelettique contre 21 % au repos. La position du sujet lors de l'effort influence l'évolution du débit cardiaque. En effet, il est plus élevé en position couchée qu'en position debout.

L'augmentation du VES par dilatation ventriculaire constitue le principal mécanisme d'augmentation du débit cardiaque chez les sportifs. A l'opposé, chez les sédentaires, le mécanisme essentiel est l'augmentation de la FC¹.

Pour un exercice de courte durée Le débit cardiaque est augmenté rapidement et maintenu et cela jusqu'à la fin de l'exercice. Cette augmentation du débit cardiaque est due à une augmentation simultanée de la FC et du VES. Au cours d'un exercice de longue durée, le débit cardiaque est également maintenu et ce maintien est dû à une augmentation progressive de la FC palliant la diminution du VES. La diminution du VES lorsque l'exercice se prolonge est essentiellement due à des pertes hydriques qui sont la conséquence de l'augmentation de la sudation au cours de l'effort. La sudation et l'évaporation permettent de refroidir l'organisme.

III-1-4-1- A long terme : (effet de l'entraînement)

Le débit cardiaque au repos et à l'exercice sous-maximal reste inchangé après l'entraînement.

A l'inverse, le QC maximal augmente dans de larges proportions en réponse à l'augmentation du volume d'éjection systolique chez les sujets entraînés.

1 A. Bouassida. ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînement.pdf

III-2- Adaptation circulatoire à l'exercice et à l'entraînement :

III-2-1- Au niveau des vaisseaux sanguins :

III-2-1-1- A court terme : (adaptation immédiate)

Dès l'échauffement, les besoins accrus des muscles en oxygène et en nutriments provoquent une dilatation des artérioles et des capillaires qui les irriguent. Pour assurer la redistribution du sang vers les muscles, les vaisseaux des organes au repos (intestin, reins, etc.) se contractent et le débit sanguin dans ces organes peut diminuer de moitié ou plus.

Après quelques minutes, des adaptations se produisent : la peau, qui régule la température du corps par la sudation, voit ses artérioles se dilater. Les artérioles des muscles qui ne participent pas, ou peu, à l'effort se contractent. Tout concourt à optimiser l'oxygénation des parties du corps qui en ont le plus besoin. Le débit sanguin dans le muscle cardiaque est multiplié par quatre, celui des muscles des bras et des jambes par 32¹.

III-2-1-2- A long terme : (effet de l'entraînement)

Avec une activité physique régulière, les muscles s'enrichissent en capillaires, à la fois parce que les muscles se développent mais aussi parce que de nombreux capillaires jusque-là inutilisés sont mobilisés pour améliorer les capacités d'irrigation sanguine. Les artérioles peuvent également se développer et se ramifier. Le développement du réseau sanguin s'observe également dans les poumons, le cœur et la peau.

Ces nouveaux vaisseaux augmentent le volume total de l'appareil circulatoire. En conséquence, le corps doit compenser ce plus grand volume par une augmentation du volume du sang qui les remplit. Chez le

¹ <http://www.eurekasante.fr> : L'adaptation de système cardiorespiratoire à l'effort.

sportif de haut niveau, le volume sanguin peut augmenter d'un à deux litres¹.

III-2-2- La redistribution sanguine :

Afin de satisfaire aux besoins accrus en oxygène des muscles à l'exercice, il est indispensable de répartir le débit sanguin vers les territoires actifs au détriment des organes moins actifs comme le foie, les reins et le tractus intestinal (intestins, estomac). Ainsi à 50 % de $VO_{2\text{ max}}$, le débit sanguin de l'estomac ne représente que 80 % de sa valeur au repos et plus que 60 % à $VO_{2\text{ max}}$ ².

Dans les conditions de repos le débit sanguin périphérique musculaire représente environ 15% du débit cardiaque, soit environ 750 ml/min. Pendant un exercice le débit sanguin musculaire peut atteindre 80% du débit cardiaque total (tout dépend du nombre de muscles recrutés pour réaliser l'exercice et du niveau d'entraînement du sujet)³.

L'entraînement aérobie augmente le débit sanguin musculaire. Trois facteurs y contribuent:

- une meilleure capillarisation.
- l'ouverture de nouveaux capillaires.
- une meilleure redistribution de la masse sanguine⁴.

Lorsqu'un exercice se prolonge, le débit sanguin irrigue de plus en plus la peau pour évacuer la chaleur produite au cours de l'exercice. Cette modification de la répartition du débit entraîne une baisse d'apport en

1 même référence

2 **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P: 72

3 **G. Delplanque.** Commission Médicale- Fédération Française de Handball. [systeme cardiopulmonaire.pdf](#)

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney.** Physiologie du sport et de l'exercice physique, De Boeck Université, 1998. pdf

nutriment et en O₂ au muscle strié squelettique et donc une baisse de la performance.

III-2-3- Augmentation de retour veineux :

A l'exercice, on observe une stimulation du SNS induisant une vasoconstriction des veines caves inférieures et supérieures, favorisant le retour veineux vers l'oreillette droite.

La pompe musculaire, à l'effort, favorise le retour veineux en comprimant les veines augmentant ainsi la pression veineuse.

La respiration favorise également le retour veineux en baissant la pression dans le thorax.

Au début de l'exercice, il y a une augmentation du volume sanguin permettant d'augmenter le retour veineux.

Le résultat de l'augmentation de retour veineux entraîne celle du volume télé-diastolique et par conséquent celle du volume d'éjection systolique.

III-2-4- Au niveau sanguin :

Le sang a également la capacité de s'adapter à l'effort.

III-2-4-1- Le volume plasmatique :

Dès le début de l'exercice il existe une fuite du liquide plasmatique vers les espaces interstitiels. Cette diminution est due à :

- L'augmentation de la pression artérielle et de la pression hydrostatique qui s'exerce contre la paroi des capillaires et favorise l'extravasation d'eau hors des capillaires.

- L'accumulation de sous-produits métaboliques dans les muscles actifs ce qui élève la pression osmotique et crée un appel d'eau du secteur sanguin vers le secteur musculaire.

Lors d'exercice prolongé le volume plasmatique peut baisser de 10 à 20 %. Une réduction de 15 à 20 % a également été rapportée lors d'exercices brefs et très intenses¹.

D'après **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W.L. Kenney (2009)**², Toute réduction de volume plasmatique risque de compromettre la performance dans les exercices prolongés où les ajustements thermiques ont beaucoup d'importance. Comme c'est le cas en football. Lorsque les exercices se prolongent une partie du sang est dérivée vers la peau en détriment des muscles actifs, aussi la chute de volume plasmatique est accompagnée d'une augmentation de la viscosité du sang qui ralentit le débit sanguin, limitant le transport de l'oxygène en particulier lorsque le taux d'hématocrites dépasse 60 %. Mais le risque majeur se constitue dans la déshydratation et l'hyperthermie qui peuvent être à l'origine de mort accidentelle.

III-2-4-2- L'hémoconcentration :

Toute réduction du volume plasmatique entraîne une hémoconcentration. L'effet résultant est une augmentation apparente du nombre des globules rouges, leur nombre absolu restant bien sûr inchangé. L'entraînement ne fait pas subir de modifications à ceux-ci, contrairement à l'entraînement en altitude qui permet d'augmenter leur nombre.

1 **A. Bouassida.** ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînement.pdf

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P : 168

Toute élévation de l'hématocrite a pour conséquence de majorer la concentration d'hémoglobine (protéine de transport de l'oxygène et joue le rôle de réservoir d'oxygène) qui libère seulement un tiers de l'oxygène qu'elle transporte au repos. Cette libération d'oxygène est fortement augmentée lors de l'effort, ce qui améliore la capacité de transport de l'oxygène dans le sang.

III-2-4-3- Le PH sanguin :

Au repos le pH du sang artériel est constant aux environs de 7,4 et donc légèrement alcalin.

Pour un exercice ne dépassant pas 50 % des possibilités maximales, le pH varie peu. Au-delà de cette intensité le pH diminue et le sang devient plus acide. L'acidose peut apparaître très rapidement à l'approche de l'effort maximal. Dans les muscles actifs le pH baisse d'avantage jusqu'à 6,5 et même moins.

La baisse du pH sanguin est due essentiellement à la mise en jeu du métabolisme anaérobie et l'accumulation d'acide lactique.

III-2-5- Au niveau de la tension artérielle :

Selon **Wilmore, Costill et Larry Kenney (2009)**¹: la pression artérielle systolique augmente proportionnellement à l'intensité de l'exercice, passant de 120 mmHg environ, au repos, à plus de 200 mmHg , à l'effort maximal. Il n'est pas rare d'observer, lors des exercices maximaux de type aérobie, des valeurs de 240 à 250 mmHg chez les athlètes très entraînés non hypertendus.

¹ J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. Larry Kenney. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P : 164

L'augmentation de la pression artérielle systolique s'explique par l'augmentation du débit cardiaque. Elle permet d'assurer un débit suffisamment rapide dans tout le système vasculaire.

Au cours d'un exercice maximal progressif. La pression diastolique ne change quasiment pas ou s'élève légèrement. Toute augmentation de la pression artérielle diastolique au-dessus de 15 mmHg, à l'exercice doit être considérée comme pathologique.

La pression artérielle est toujours plus élevée lorsqu'un exercice d'intensité donnée est réalisé avec les membres supérieurs plutôt qu'avec les membres inférieurs. Ceci est lié au fait que la masse musculaire sollicitée et le volume circulant sont plus faibles dans les territoires supérieurs. Ceci contribue à augmenter les résistances à l'écoulement du sang et donc la pression artérielle destinée à vaincre ces résistances.

Lors d'un exercice sous-maximal, la pression artérielle atteint un niveau d'équilibre dont la valeur s'élève avec l'intensité du palier. C'est un tel exercice est prolongé, la pression artérielle systolique peut légèrement baisser alors que la pression artérielle diastolique ne varie pas. Cette diminution de la PAS est normale et s'explique simplement par la vasodilatation des artéioles musculaires, laquelle diminue les résistances à l'écoulement du sang.

Les exercices de force s'accompagnent d'une augmentation beaucoup plus marquée de la pression artérielle qui peut dépasser 480/350 mmHg.

- **Modifications tensionnelles lors de la récupération :**

La tension artérielle systolique diminue la première minute, puis remonte et diminue de nouveau progressivement jusqu'au retour à l'état initial vers la sixième minute¹.

1 T.Verson. Physiologie de l'exercice.pdf

- **Les effets de l'entraînement sur la tension artérielle :**

L'hypertension constitue un stress chronique pour la fonction cardiovasculaire. Un entraînement aérobie régulier peut abaisser légèrement les pressions systolique et diastolique au repos et au cours d'un exercice sou-maximal.

A l'inverse la pression artérielle diastolique change peu au cours de l'exercice physique même s'il est intense¹.

L'entraînement aérobie aide à normaliser les valeurs tensionnelles chez les sujets dont la pression artérielle au repos est limite ou anormalement élevée².

1 **A. Bouassida.** ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînement.pdf

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil.** Physiologie du sport et de l'exercice physique, De Boeck Université, 1998. pdf

METHODOLOGIE

METHODES
ET
MOYENS

I- Méthodes et moyens :

I-1- Cadre d'étude :

Pour les besoins de notre étude, nous nous sommes intéressés à l'EHS Dr Maouche– service Médecine du sport et rééducation fonctionnelle (ex CNMS d'Alger) qui constitue la seule et unique infrastructure de contrôle médicosportif des athlètes algériens de toutes les disciplines au niveau nationale.

I-2- Type de l'étude :

Il s'agissait d'une étude descriptive concernant quelques paramètres physiologiques chez les footballeuses algériennes de haut niveau.

I-3- Période d'étude :

Notre étude s'est étendue sur une période de 12 mois, s'étalant de mois de Mars 2011 au mois de Mars 2012. L'enquête pratique quant à elle, elle s'est déroulée pendant la période de 01 Mars au 10 Avril 2011. Elle a été réalisée à l'EHS Dr Maouche – service Médecine du sport et rééducation fonctionnelle (ex CNMS d'Alger) durant le stage pratique effectué par l'étudiant chercheur.

I-4- Population d'étude :

Elle s'agit de footballeuses évoluées dans le championnat algérien de football féminin division national et régional licenciées dans différents clubs et celles de l'équipe nationale féminine de football, effectuées leurs contrôles médicosportif au sein de l'EHS Dr Maouche– service Médecine du sport et rééducation fonctionnelle (ex CNMS d'Alger) depuis la création de championnat national de football féminin jusqu'à l'année 2011.

428 dossiers médicosportifs des athlètes ont été consultés durant l'étude pour la collecte des données intéressant notre étude.

I-5- Population de contrôle :

Un groupe contrôle constitué des footballeurs appartenant à différentes associations sportives de performance évoluant en division nationale ligue 2 (ex deuxième division).

I-6- Échantillonnage :

L'échantillonnage a été choisi selon un processus aléatoire orienté vers deux catégories d'âge 20-25 ans et 25-30 ans.

L'échantillon d'études est constitué de 200 individus femmes footballeuses. 100 footballeuses dans la catégorie d'âge 20-25 ans, et 100 footballeuses dans la catégorie d'âge 25-30 ans.

L'échantillon contrôle est constitué de 176 individus hommes footballeurs. 85 footballeurs dans la catégorie d'âge 20-25 ans, et 91 footballeurs dans la catégorie d'âge 25-30 ans.

I-6-1-Critères d'inclusion :

- Footballeuses et footballeurs évoluant dans l'élite algérienne.
- Footballeuses et footballeurs effectuant leur contrôle médicosportif.
- L'âge compris entre 20 et 30 ans.
- Indemnes de toutes pathologies fonctionnelles (cardiovasculaires ou respiratoires).

I-6-2-Critères d'exclusion :

- Sujet présentant une pathologie contre indiquant à l'activité physique.
- Sujet présentant un dossier médical incomplet.

I-7- Déroulement de contrôle médicosportif des athlètes à l'EHS Dr Maouche – service Médecine du sport et rééducation fonctionnelle (ex CNMS d'Alger) :

I-7-1- Le contrôle médicosportif :

Le contrôle médico-sportif est obligatoire pour tous les sportifs de 7 jusqu'à 50 ans qui souhaitent obtenir une licence de compétition d'une fédération sportive, il est prescrit :

- Avant la délivrance de chaque licence de compétition autorisant la pratique d'une activité physique.
- Pour tout titulaire d'une licence de compétition autorisant la pratique des activités sportives.

Au premier examen pour la délivrance d'une licence ne sont acceptés que les sportifs qui sont âgés de 7 ans ou qui auront leurs 7 ans au cours de l'année. Les joueurs de plus de 50 ans sont dispensés du contrôle médico-sportif mais doivent fournir un certificat médical d'aptitude à la pratique du sport établi par un médecin.

Le contrôle médico-sportif est dans le but de :

- Permettre l'accès aux compétitions sportives.
- Délivrer un certificat d'aptitude à la pratique du sport choisi, sans risque pour la santé.

- Aider à orienter les candidats vers une activité sportive qui leurs convient.

- Détecter certaines affections graves, comme le cancer, les maladies cardiovasculaires.

- Assurer une surveillance médicale des sportifs.

Le suivi médicosportif constitue donc un outil de prévention indiscutable.

I-7-2- l'examen clinique :

Un examen médical complet effectué par un médecin de sport, il recherche à détecter tous traumatisme ou toute affection fonctionnelle, locomoteur, dentaire, ophtalmologique, podologique, ORL, détecter les troubles visuels et auditifs etc... Sans oublié qu'il contient un interrogatoire (anamnèse) où le médecin discute avec le sportif de la nature de la pratique physique et des antécédents familiaux, médicaux, chirurgicaux et traitement en cours.

I-7-3- Les mesures anthropométriques :

Elle a surtout pour intérêt de déterminer les dimensions et les proportions corporelles et dépister les anomalies pondérales et de croissance staturale pouvant signer une pathologie. Elles permettront de chercher les autres causes : défaut alimentaire, excès sportif ...

Parmi elles nous citons celles effectuées à l'ex CNMS :

- Stature (taille debout, taille assis).

- Poids.

- Indice de la masse corporelle (IMC), il permet d'évaluer la typologie de l'athlète selon quatre états : maigreur, normalité, surpoids, obésité.
- Diamètres biacromial, bitrochantérein.
- Périmètres thoraciques au niveau de xiphoïde en inspiration et expiration
- Périmètres abdominal à l'ombilic ou des hanches.
- Périmètres D/G (quadriceps, triceps sural), pouvant témoigner d'une sollicitation asymétrique dans l'étude biomécanique segmentaires.
- Longueurs des segments (bras, avant-bras, main, cuisse, jambe, pieds).
- Circonférences des segments (bras, avant-bras, cuisse, jambe) permettent d'estimer la masse maigre (MM).
- Hauteurs des points anthropométriques (vertex, acromion, symphyse, daktylnion III, tibiale, métatarsale fibulaire).
- Plis cutanés (bicipital, tricipital, sous-scapulaire, supra-iliaque, ventral, cuisse, jambe) permettent d'estimer la masse grasse.

I-7-4- L'évaluation physiologiques :

A l'ex CNMS, les qualités physiologiques des athlètes sont appréciées à partir d'une multitude de tests :

- Prise de la tension artérielle du repos.
- Prise de la fréquence cardiaque du repos avec l'auscultation du cœur et des champs pulmonaires.

S'il y a une anomalie à cette étape (un souffle cardiaque, une HTA ou athérome vasculaire...) le médecin demande des examens complémentaires suivant :

- ECG repos.
- ECG d'effort.
- Echocardiographie.
- Epreuve d'effort maximale à visée cardiologique pour les adultes (15 à 35 ans) et jusqu'à 50 ans pour les athlètes voulant reprendre de la pratique du sport après un long arrêt.
- Epreuve de Master (test de contrôle de l'état de cœur) pour les enfants de -15 ans ou adulte présentant un poids >40 kg.

- **Protocole d'évaluation de la PWC 170 :**

La PWC 170 est déterminé à partir de l'épreuve prise sur une bicyclette ergométrique de marque *Schiller* à freinage électromagnétique.

L'épreuve commence avec une charge égale de 75 watts pour l'échauffement du sujet, sur une durée de 3 minutes. Ensuite on détermine la charge initiale pour chaque sujet selon la formule : Poids du corps (Kg) X 2 Watts. A un rythme de pédalage de 60 trs.min⁻¹, on augmente la charge du 1/3 de la charge initiale par palier, toutes les deux minutes tout en vérifiant à la fin de chaque palier la fréquence cardiaque jusqu'à ce que cette dernière avoisine la valeur des 170 btt.min⁻¹.

Dans le cas où la fréquence cardiaque dépasse les 170 btt.min⁻¹, on prend en considération la fréquence cardiaque subalterne à cette dernière.

A la fin de l'épreuve on laisse l'athlète pédaler à une charge de 30 watts (petite charge) afin de lui éviter le syndrome de vagal, aussi on le

laisse récupérer pendant quelques minutes en vérifiant sa FC durant les dernières secondes pour s'assurer que sa FC est revenu à la normale.

La FC est mesuré toutes les deux minutes, sur 6 secondes à la fin de la durée de chaque charge. Le chiffre obtenu est multiplié par 10 pour avoir la FC correspondantes pour chaque charge.

La valeur de la CT 170 est déterminée mathématiquement à partir de la formule de **Karpman in Dekkar et Coll. (1990)**¹ selon la formule suivante:

$$PWC170 = P1 + (P2 - P1) \times \left[\frac{170 - FC1}{FC2 - FC1} \right]$$

PWC 170: (physical work capacity) en watts.

PI et P2 : Puissances ou charges de travail en watts.

FC1 et FC2 : Fréquences cardiaques correspondant respectivement à P1 et P2.

Selon la formule ci-dessus, on obtient le PWC 170 en watts, qu'on multiplie par (6) six pour l'avoir ensuite en $\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1}$, ce qui représente la valeur absolue, par contre la valeur relative est déterminé en divisant la valeur absolue en $\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1}$ par le poids du sujet en kg, ce qui donne la valeur relative en $\text{kgm} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.

1 N. Dekkar, A. Briki, R. Hanifi. «Technique d'évaluation physiologique des athlètes ». Edition: COA 1990.P:60

- **Détermination de la capacité aérobie ou VO₂ max :**

La méthode retenue pour l'estimation du VO₂ max est indirecte à partir de la valeur PWC 170 obtenue pour chaque sujet, en utilisant l'équation de **Karpman in Dekkar et Coll. (1990)**¹ selon ce protocole utilisé au Centre National de Médecine du Sport.

La formule avec laquelle est calculée est la suivante :

$$\text{VO}_2 \text{ max} = [2.2 \text{ PWC } 170 (\text{kgm}.\text{min}^{-1})] + 1070$$

VO₂ max : Capacité aérobie en ml.min⁻¹.

2.2 : Constante.

PWC 170 : Capacité du travail obtenue sur ergomètre en kgm.min⁻¹.

1070 : Constante.

La valeur obtenue à partir de la formule citée ci-dessus est absolue, on la divisant par le poids du sujet en kg, on détermine le VO₂ max en ml.kg⁻¹.min⁻¹.

$$\text{VO}_2 \text{ max en ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

¹ même référence. P:64

I-8- Méthodes et outils de la recherche :

Afin de pouvoir résoudre les tâches de notre recherche nous avons eu recours à l'application des méthodes suivantes.

I-8-1- Méthode de l'analyse bibliographique :

Cette méthode nous a permis de regrouper toutes les données qui traitent notre étude néanmoins, la recherche bibliographique relative à notre thème nous a quelque peu fait défaut en raison de la rareté de la littérature scientifique spécialisée, particulièrement ce qui concerne l'aspect physiologique du football en général et du football féminin en particulier. Le football féminin est un domaine très peu abordé par les chercheurs, dans notre pays aucune étude de genre n'a été réalisée. Ce qui a motivé d'ailleurs le choix de notre thème dans ce domaine. Néanmoins nous avons eu recours parfois aux sources littéraires indirectes, les documents d'origine consultés sont limités en dépit des emprunts faits auprès des bibliothèques de l'IEPS de Mostaganem, l'IEPS d'Alger et l'INFS/STS d'Alger. Nous avons également consulté les travaux de recherche au niveau de certains instituts nationaux et étrangers, publiés à travers des revues spécialisées ou/et des sites internet.

Nous signalons par ailleurs que nous avons eu des difficultés liées à l'absence des grands travaux classiques dans le domaine de la physiologie du football et des recherches réalisées sur le football féminin, mais les auteurs consultés se sont tous basés sur ces grands classiques, ainsi nous pensons avoir compensé cette indigence en matière de bibliographie.

I-8-2- Déroulement de l'enquête :

I-8-2-1- Démarches :

Puisque notre étude porte sur un aspect essentiel ; étude évaluative de quelques paramètres physiologiques (étude descriptive) chez les footballeuses algériennes de haut niveau, nous avons jugé nécessaire de rentrer en contact avec le centre national de médecine de sport- CNMS d'Alger (EHS Dr Maouche) dans le but de réaliser notre enquête principale (enquête pratique) .

Pour cela, on a suivi les démarches administratives nécessaires.

- Demande d'affectation du stage pratique auprès de promoteur de notre projet Post- Graduation, et auprès de sous-directeur chargé des relations extérieures et de la Post-Graduation au niveau de l'IEPS- université de Mostaganem.

- Elaboration d'une lettre de recommandation pour effectuer un stage pratique de courte durée margé par le promoteur de notre projet Post- Graduation, et le sous-directeur chargé des relations extérieures et de la Post-Graduation au niveau de l'IEPS- université de Mostaganem.

Après notre contact avec le directeur du centre national de médecine du sport- CNMS d'Alger (EHS Dr Maouche), on a été accueilli au niveau de l'unité de contrôle médicosportif pour une période du stage pratique d'un mois à partir de 01 jusqu'à 31 Mars 2011.

Notre travail a été fait principalement au niveau de la salle d'archive pour la consultation des dossiers médicaux des athlètes sous l'encadrement de la secrétaire de l'unité de contrôle médicosportif.

Afin de finir notre travail, on a été bénéficié d'une prolongation du stage de 10 jours.

Remarque :

On a consulté tous les dossiers médicaux des athlètes footballeuses présents dans les archives.

I-8-2-2- Bilan de la collecte des données :

Nos données ont été recueillies et consignées sur des fiches de dossiers médicaux sportifs individuels de chaque athlète.

On s'est intéressé aux paramètres et éléments suivants :

- N° du dossier
- Nom et Prénom
- Date de naissance
- Nom du club
- Poids et Taille
- Fréquence cardiaque (FC) de repos
- PWC 170
- VO2 max

Les données de chaque club ont été recueillies et organisées dossier par dossier et afin de faciliter la tâche elles ont été rapportés sur une base de données Excel conçu par l'étudiant chercheur lui-même.

Remarque :

Les dossiers ont été mal archivés et mal organisés ; plusieurs d'entre eux ont été incomplets, vu cela on s'est limité aux données citées ci-dessous.

I-9- Présentation des paramètres à étudier :

I-9-1- La fréquence cardiaque de repos :

Prise juste avant le début de l'épreuve de l'effort sujet assis sur la bicyclette ergométrique à l'aide d'un fréquencemètre. La valeur de la FC repos est recopiée directement de dossier médical de chaque athlète.

I-9-2- La PWC 170 :

Calculer à partir de la formule mathématique de **Karpman** (dans **Dekkar et Coll., 1990**)¹ selon la formule suivante:

$$PWC170 = P1 + (P2 - P1) \times \left[\frac{170 - FC1}{FC2 - FC1} \right]$$

PWC 170: (physical work capacity) en watts.

PI et P2 : Puissances ou charges de travail en watts.

FC1 et FC2 : Fréquences cardiaques correspondant respectivement à P1 et P2.

¹ N. Dekkar, A. Briki, R. Hanifi. «Technique d'évaluation physiologique des athlètes ». Edition: COA 1990.P:60

Selon la formule ci-dessus, on obtient le PWC 170 en watts, qu'on multiplie par (6) six pour l'avoir ensuite en kgm.min^{-1} , ce qui représente la valeur absolue, par contre la valeur relative est déterminé en divisant la valeur absolue en kgm.min^{-1} par le poids du sujet en kg, ce qui donne la valeur relative en $\text{kgm.min}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

La valeur de la PWC 170 est recopiée directement de dossier médical de chaque athlète.

I-9-3- La VO₂ max :

La VO₂ max est calculée par la formule suivante :

$$\text{VO}_2 \text{ max} = [2.2 \text{ PWC } 170 (\text{kgm.min}^{-1})] + 1070$$

VO₂ max : Capacité aérobie en ml.min^{-1} .

2.2 : Constante.

PWC 170 : Capacité du travail obtenue sur ergomètre en kgm.min^{-1} .

1070 : Constante.

La valeur obtenue à partir de la formule citée ci-dessus est absolue, on la divisant par le poids du sujet en kg, on détermine le VO₂ max en $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$.

$$\text{VO}_2 \text{ max en ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$$

La valeur de la VO₂ max est recopiée directement de dossier médical de chaque athlète.

I-9-4- Le volume d'éjection systolique maximal :

Ajouté par nous-même afin de compléter les paramètres de notre étude. Il est déduit de la formule de **Karpman** par calcul mathématique :

$$\text{VES (ml)} = 49.1 + (0.076 \times \text{PWC170})$$

I-9-5- Le débit cardiaque maximal :

Ajouté aussi par nous-même afin de compléter les paramètres de notre étude. Il est déduit de calcul mathématique :

$$\text{QC (l/min)} = \text{FC} \times \text{VES}$$

I-10- Traitement statistique :

Les données recueillies ont été traitées par nous-même sur ordinateur et sont exprimés en résultats descriptifs (moyenne, écart type, maximum, minimum) et analytiques à l'aide de logiciel SPSS statistics 17.0 pour :

- La réalisation de One-Sample T-test afin de comparer la moyenne de chaque variable étudié aux moyennes d'autres travaux,
- La réalisation de Independent Samples T-test permettant de tester la signification de l'âge par rapport aux résultats de l'échantillon d'étude et par rapport aux résultats de l'échantillon contrôle, et tester

la signification du sexe par rapport aux résultats des deux échantillons étude et contrôle.

- Vérifier les corrélations simples de Pearson entre le VO2 max et chacun des paramètres physiologiques étudiés.

Remarque :

*Les seuils de signification retenus sont ($p < 0,05$) symbolisé *, ($p < 0,01$) symbolisé ** et ($P < 0,1$) symbolisé ***.*

**PRESENTATION
ET
DISCUSSION
DES RESULTATS**

II- Présentation et discussion des résultats :

Pour une meilleure appréciation de nos résultats nous nous sommes référés à l'étude de **Brikci. A. (1995)** sur les caractéristiques physiologiques du footballeur algérien, étude qui a permis l'élaboration de profil physique, anthropométrique et physiologique chez le footballeur algérien de haut niveau. En outre, on s'est référé également à l'étude de **K. Saïd Aissa (2007)** sur l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau, réalisée sur des footballeurs algérien de seconde division.

Mais également aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique.

Nous nous sommes aussi référés aux travaux **Ekblöm (1969)**, **Ekblöm et Hermanssen (1968)**, **Saltin et al. (1976)** sur la saturation de l'hémoglobine en oxygène, de la quantifié d'hémoglobine, de contenu artériel en oxygène lors d'un effort réalisé à VO₂ max pour trois populations dont les valeurs de VO₂ max sont différentes.

Par défaut d'absence d'études réalisées sur le football féminin dans notre pays et la rareté des travaux réalisés sur l'adaptation des footballeuses à l'activité physique sur le plan international, nous nous sommes contenté de ces références que nous considérons très utiles pour une bonne interprétation de nos résultats.

II-1- PREMIER AXE : L'ÉVALUATION DE NIVEAU DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES :

II-1-1- Les footballeuses entre 20 et 25 ans :

II-1-1-1- La VO2 max :

Tableau n° 04 : répartition des footballeuses (20-25 ans)

selon la VO2 max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|-----------|------------|
| VO2 max | 100 | 32,2800 | 65,9500 | 46,788900 | 5,9430431 |

La VO2 max moyenne des footballeuses (20-25 ans) est de 46.78 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ avec des extrêmes de 32,28 et 65.95 ml.Kg⁻¹.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeuses (20-25 ans) qui est égale à 46.78 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la VO2 max chez des footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 56.06 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=-15.60, p<0.05) ; aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la VO2 max chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de 59.4 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=-22.11, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**³ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VO2 max chez un sédentaire avant un

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

3 **Même référence**. P: 55

entraînement est de 42 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=7.23, p<0.05) et de 49 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=-4.57, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**¹ : la valeur de la VO2 max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 62 ml/kg/min (t=-25.59, p<0.05) et après le désentraînement la valeur de la VO2 max chez les même sujets est de 57.30 ml/kg/min (t=-17.68, p<0.05) ; aux travaux **d'Ekblöm (1969), de Ekblöm et Hermanssen (1968), de Saltin et al. (1976)** in **Sutton (1992)** in **V. Billat (2003)**² : le VO2 max chez les sportifs non entraînés en endurance il est de 52 ml/kg/min (t=-8.76, p<0.05), par contre chez les sportifs entraînés en endurance il est de 74 ml/kg/min (t=-45.78, p<0.05) ;

Et on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**³ selon laquelle la valeur de la VO2 max chez des athlètes footballeuses de haut niveau est de 50-60 ml/kg/min (t=-13.81, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de la VO2 max des footballeuses (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et après un désentraînement, une baisse significative par rapport aux sportifs de haut niveau non entraînés en endurance, une baisse significative avec les

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

2 **Même référence**. P : 91

3 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

sportifs de haut niveau entraînés en endurance, et une baisse significative par rapport aux footballeuses bien entraînées de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et aux sédentaires avant et après un entraînement, les résultats indiquent une adaptation insuffisante de système du transport de l'oxygène et son utilisation pendant l'effort chez les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant aux footballeurs algériens de haut niveau et les sportifs internationaux de haut niveau, ces résultats indiquent une adaptation de système du transport de l'oxygène et son utilisation très insuffisante pendant l'effort chez les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance très insuffisant. On dit que le niveau de la VO₂ max chez nos footballeuses (20-25 ans) est très bas en comparaison avec le haut niveau national et international.

II-1-1-2- La FC repos :

Tableau n° 05 : répartition des footballeuses (20-25 ans)

selon la FC repos

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|----------|-----|---------|---------|---------|------------|
| FC repos | 100 | 43 | 85 | 66,58 | 9,126 |

La FC repos moyenne des footballeuses (20-25 ans) est de 66.58 btt.min⁻¹ avec des extrêmes de 43 et 85 btt.min⁻¹.

La comparaison de la moyenne des footballeuses (20-25 ans) qui est égale à 66.58 btt.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la FC repos chez des footballeurs algériens de seconde division est de 64.15 btt.min⁻¹ (t= 2.66, p<0.05) ;

Et en comparant cette moyenne (66.58 btt.min⁻¹) aux travaux de **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kenney (2009)**² sur l'adaptation physiologique induite par l'entraînement aérobic chez un sujet initialement sédentaire avant et après un entraînement, comparé à un athlète endurant de niveau international, la FC repos des sujets normal sédentaire avant un entraînement est égale à 75 btt.min⁻¹(t=-9.23, p<0.05) par contre après un entraînement aérobic elle est de 65 btt.min⁻¹ (t=1.73, p<0.05) ;

Outre, en se référant à la littérature de **V. Billat (2003)**³ : la FC repos chez un sportif d'endurance est de 40-45 btt.min⁻¹ (t=26.39, p<0.05) contre 55-65 btt.min⁻¹ (t=7.21, p<0.05) pour un sportif non endurant ; et la littérature **J. H. Wilmore et D. L. Costil/ W. L. Kenney (2009)**⁴ : la FC repos chez des athlètes très endurant, atteint des valeurs de 28 à 40 btt.min⁻¹ (t=29.13, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une augmentation significative de la FC repos des footballeuses (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une diminution significative par rapport aux sujets normaux sédentaires avant un entraînement, une augmentation significative par rapport aux sujets normaux sédentaires après un entraînement, une augmentation significative par rapport aux sportifs de

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :230

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 85

4 **Même reference (2)**. P :158

haut niveau endurant et non endurant, et une augmentation significative par rapport les sportifs de haut niveau très endurant.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et aux sédentaires après un entraînement, les résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante pendant l'effort chez les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant aux sportifs internationaux de haut niveau, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante chez les footballeuses (20-25 ans) lors de l'effort et un entraînement en endurance très insuffisant. On dit que le niveau de la FC repos chez la nos footballeuses (20-25 ans) est très bas en comparaison avec le haut niveau national et international.

II-1-1-3- La PWC 170 :

Tableau n° 06 : répartition des footballeuses (20-25 ans)

selon la PWC 170

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|-----------|------------|
| PWC 170 | 100 | 7,1400 | 21,4200 | 13,838600 | 3,0027997 |

La PWC 170 moyenne des footballeuses (20-25 ans) est de 13.83 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ avec des extrêmes de 7.14 et 21.42 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeuses (20-25 ans) égale à 13.83 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la PWC 170 moyenne chez les footballeurs algériens de seconde

¹ K. Saïd Aïssa. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

division est de $18.60 \text{ Kgm.min}^{-1}.\text{Kg}^{-1}$ ($t=-15.86, p<0.05$) ; et aux résultats de **A. Brikci (1995)**¹ selon lesquels la PWC 170 chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de $23.7 \text{ Kgm.min}^{-1}.\text{Kg}^{-1}$ ($t=-34.74, p<0.05$) ; on constate une baisse significative de la valeur de la PWC 170 des footballeuses (20-25 ans).

Ce qui indique une adaptation cardiovasculaire insuffisante et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeuses (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, et une adaptation cardiovasculaire très insuffisante et un entraînement en endurance très insuffisant par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau. On constate que le niveau de la PWC 170 chez nos footballeuses (20-25 ans) est très bas.

II-1-1-4- Le VES max :

Tableau n° 07 : répartition des footballeuses (20-25 ans)

selon le VES max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|----------|------------|
| VES max | 100 | 83,30 | 140,30 | 110,4206 | 13,48603 |

Le VES max moyen des footballeuses (20-25 ans) est de 110.42 ml/btt avec des extrêmes de 83 et 140 ml/btt .

En comparant la moyenne des footballeuses (20-25 ans) qui est égale à $110.42 \text{ ml.btt}^{-1}$ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**² selon lesquels le

1 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

2 **K. Saïd Aïssa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

VES max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 149.51 ml.btt⁻¹ (t=-28.99, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**¹ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VES max chez un sédentaire avant un entraînement est de 110 ml.btt⁻¹ (t=-0.06, p>0.05) et de 122 ml.btt⁻¹ (t=-9, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**² : la moyenne de VES max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 155 ml.btt⁻¹ (t=-33.06, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 139 ml/kg/min (t=-21.19, p<0.05) ;

Et si on se réfère à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**³ selon laquelle la valeur de VES chez les sujets actifs, mais non entraînés, lors d'un exercice effectué en position debout est de 120 ml.btt⁻¹ (t= -7.10, p<0.05) au maximum lors de l'effort, et chez les sujets très entraînés en endurance il peut augmenter d'avantage jusqu'à 160-200 ml.btt⁻¹ (t=-51.59, p<0.05) lors de l'effort ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de VES max des footballeuses (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de secondes division, une baisse non significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après 2-4 mois d'entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et après

1 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

2 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

3 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

un désentraînement, une baisse significative par rapport aux sujets actifs non entraînés, baisse significative par rapport aux sujets très entraînés en endurance lors d'un exercice effectué en position debout lors de l'effort.

La comparaison des résultats aux footballeurs algériens de seconde division et les sujets sédentaires avant et après un entraînement, indique une adaptation cardiovasculaire insuffisante pendant l'effort les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant au haut niveau international, les résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante pendant l'effort et un entraînement en endurance très insuffisant chez les footballeuses (20-25 ans). Pour cela ont qualifié les résultats de VES max chez nos footballeuses (20-25 ans) d'un niveau très bas en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-1-5- Le QC max :

Tableau n° 08 : répartition des footballeuses (20-25 ans)

selon le QC max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|--------|-----|---------|---------|---------|------------|
| QC max | 100 | 12,54 | 21,12 | 16,6299 | 2,02210 |

Le QC max moyen des footballeuses (20-25 ans) est de $16.62 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ avec des extrêmes de 12.65 et $16.62 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

En comparant la moyenne des footballeuses (20-25 ans) qui est égale à $16.62 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels

¹ **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

le QC max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 21.72 L.min⁻¹ (t=-25.17, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**¹ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le QC max chez un sédentaire avant un entraînement est de 21.5 L.min⁻¹ (t=-27.12, p<0.05) et de 23.2 L.min⁻¹ (t=-35.89, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**² : la moyenne de QC max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 27.8 L.min⁻¹ (t=-55.24, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 25.5 L.min⁻¹ (t= -43.87, p<0.05) ;

Et si on se réfère à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**³ selon laquelle la valeur de QC chez les sujets actifs non entraînés est de 14 à 20 L.min⁻¹ (t=-1.83, p<0.05) lors de l'effort, et chez les sujets entraînés il peut augmenter jusqu'à 20 à 25 L.min⁻¹ (t= -29.03, p<0.05) et il peut passer chez les athlètes d'endurance de haut niveau jusqu'à 40 L.min⁻¹ (t=-115.57, p<0.05) lors de l'effort.

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de QC max des footballeuses (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après 2-4 mois d'entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et après

1 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

2 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

3 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

un désentraînement, une baisse significative par rapport aux sujets actifs non entraînés, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés et une baisse significative athlètes d'endurance de haut niveau.

En comparant aux footballeurs algériens de seconde division et les sujets sédentaires avant et après un entraînement, les résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante chez les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et comparant au haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante pendant l'effort chez les footballeuses (20-25 ans) et un entraînement en endurance très insuffisant. Pour cela ont qualifié les résultats de VES max de nos footballeuses (20-25 ans) d'un niveau très bas en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-2- Les footballeuses entre 25 et 30 ans :

II-1-2-1- La VO2 max :

Tableau n° 09 : répartition des footballeuses (25-30 ans)

selon la VO2 max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|-----------|------------|
| VO2 max | 100 | 33,7300 | 61,8800 | 46,273500 | 6,5383200 |

La VO2 max moyenne des footballeuses (25-30 ans) est de 46.27 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ avec des extrêmes de 33,73 et 61.88 ml.Kg⁻¹.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeuses (25-30 ans) qui est égale à $46.27 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la VO2 max chez des footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne $56.06 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($t=-14.97$, $p<0.05$) ; aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la VO2 max chez les footballeurs algériens de haut niveau est de $59.4 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($t=-20.71$, $p<0.05$) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**³ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VO2 max chez un sédentaire avant un entraînement est de $42 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($t=5.80$, $p<0.05$) et de $49 \text{ ml.Kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ ($t=-4.86$, $p<0.05$) après un entraînement ; aux les travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**⁴ : la valeur de la VO2 max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 62 ml/kg/min ($t=-24.05$, $p<0.05$) et après le désentraînement la valeurs de la VO2 max chez les même sujets est de 57.30 ml/kg/min ($t=-17.68$, $p<0.05$) ; aux travaux **Ekblöm (1969)**, de **Ekblöm et Hermanssen (1968)**, de **Saltin et al. (1976)** in **Sutton (1992)** in **V. Billat (2003)**⁵ : le VO2 max chez les sportifs non entraînés en endurance il est de 52 ml/kg/min ($t=-8.76$, $p<0.05$), par contre chez les sportifs entraînés en endurance il est de 74 ml/kg/min ($t=-42.41$, $p<0.05$) ;

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

3 **Même référence**. P: 55

4 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

5 **Même référence**. P : 91

Et si on se réfère à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**¹ selon laquelle la valeur de la VO₂ max chez des athlètes footballeuses de haut niveau est de 50-60 ml/kg/min (t=-13.35, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de la VO₂ max des footballeuses (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après un entraînement, une baisse significative avec les sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et après un désentraînement, une baisse significative par rapport aux sportifs de haut niveau non entraînés en endurance, une baisse significative avec les sportifs de haut niveau entraînés en endurance, et par rapport aux footballeuses bien entraînées de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant et après un entraînement, les résultats indiquent une adaptation insuffisante de système du transport de l'oxygène et son utilisation pendant l'effort chez les footballeuses (25-30 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant aux footballeurs algériens de haut niveau et les sportifs international de haut niveau, ces résultats indiquent une adaptation de système du transport et utilisation de l'oxygène très insuffisante lors de l'effort chez les footballeuses (25-30 ans) et un entraînement en endurance très insuffisant. On dit que le niveau de la VO₂ max chez nos footballeuses (25-30 ans) est très bas en comparaison avec le haut niveau national et international.

¹ **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

II-1-2-2- La FC repos :

Tableau n° 10 : répartition des footballeuses (25-30 ans)

selon la FC repos

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|----------|-----|---------|---------|---------|------------|
| FC repos | 100 | 45 | 95 | 65,18 | 9,993 |

La FC repos moyenne des footballeuses (25-30 ans) est de 65.18 btt.min⁻¹ avec des extrêmes de 45 et 95 btt.min⁻¹.

La comparaison de la moyenne des footballeuses (25-30 ans) qui est égale à 65.18 btt.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la de la FC repos chez des footballeurs algériens de seconde division est de 64.15 btt.min⁻¹ (t=1.03, p<0.05) ; aux travaux de **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kenney (2009)**² sur l'adaptation physiologique induite par l'entraînement aérobic chez un sujet initialement sédentaire avant et après entraînement, comparé à un athlète endurant de niveau international, la FC repos des sujets normal sédentaire avant un entraînement est égale à 75 btt.min⁻¹ (t=-9.83, p<0.05) par contre après un entraînement aérobic elle est de 65 btt.min⁻¹ (t=0.15, p>0.05) ;

Outre, en se référant à la littérature de **V. Billat (2003)**³ : la FC repos chez un sportif d'endurance est de 40-45 btt.min⁻¹ (t=26.39, p<0.05) contre 55-65 btt.min⁻¹ (t=7.21, p<0.05) pour un sportif non endurant ; et la

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :230

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 85

littérature **J. H. Wilmore et D. L. Costil/ W. L. Kenney (2009)¹** : la FC repos chez des athlètes très endurant, atteint des valeurs de 28 à 40 btt.min⁻¹ (t=29.13, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une augmentation non significative de la FC repos des footballeuses (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux sujets normaux sédentaires avant un entraînement et une augmentation non significative par rapport aux sujets normaux sédentaires après un entraînement, une augmentation significative avec les sportifs non endurant, endurant, et les sportifs très endurant de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division, les résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante au repos chez les footballeuses (25-30 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant au haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante au repos et un entraînement en endurance très insuffisant chez les footballeuses (25-30 ans). On dit que le niveau de la FC repos chez nos footballeuses (25-30 ans) est très bas en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-2-3- La PWC 170 :

**Tableau n° 11 : répartition des footballeuses (25-30 ans)
selon PWC 170**

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|-----------|------------|
| PWC 170 | 100 | 7,8900 | 22,6400 | 13,970100 | 3,4567289 |

¹ **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :158

La PWC 170 moyenne des footballeuses (25-30 ans) est de 13.97 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ avec des extrêmes de 7.89 et 22.64 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeuses (25-30 ans) égale à 13.97 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la PWC 170 moyenne chez les footballeurs algériens de seconde division est de 18.60 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=-13.97, p<0.05) ; et aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la PWC 170 chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de 23.7 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=-29.83, p<0.05) ; on constate une baisse significative de la valeur de la PWC 170 des footballeuses (25-30 ans).

Ce qui indique une adaptation cardiovasculaire insuffisante et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeuses (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, et une adaptation cardiovasculaire très insuffisante et un entraînement en endurance très insuffisant par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau. On constate que le niveau de la PWC 170 chez nos footballeuses (25-30 ans) est très bas.

II-1-2-4- Le VES max :

Tableau n° 12 : répartition des footballeuses (25-30 ans)

selon VES max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|-----|---------|---------|----------|------------|
| VES max | 100 | 83,30 | 141,82 | 107,7120 | 15,76958 |

1 **K. Saïd Aïssa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

Le VES max moyen des footballeuses (25-30 ans) est de 107.71 ml/btt avec des extrêmes de 83.30 et 141.82 ml/btt.

En comparant la moyenne des footballeuses (25-30 ans) qui est égale à 107.71 ml.btt⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels le VES max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 149.51 ml.btt⁻¹ (t=-26.51, p<0.05); aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VES max chez un sédentaire avant un entraînement est de 110 ml.btt⁻¹ (t=-1.77, p>0.05) et de 122 ml.btt⁻¹ (t=-9.37, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**³ : la moyenne de VES max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 155 ml.btt⁻¹ (t=-29.99, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 139 ml/kg/min (t=-19.84, p<0.05) ;

Et si on se réfère à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**⁴ selon laquelle la valeur de VES chez les sujets actifs, mais non entraînés, lors d'un exercice effectué en position debout est de 120 ml.btt⁻¹ (t=-7.79, p<0.05) au maximum lors de l'effort, et chez les sujets très entraînés en endurance il peut augmenter d'avantage jusqu'à 160-200 ml.btt⁻¹ (t= -45.84, p<0.05) lors de l'effort ;

1 **K. Saïd Aissa**. "l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de VES max des footballeuses (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de secondes division, une baisse non significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après 2-4 mois d'entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance après un désentraînement, une baisse significative par rapport aux sujets actifs non entraînés et une baisse significative par rapport aux sujets très entraînés en endurance lors d'un exercice effectué en position debout lors de l'effort.

La comparaison des résultats de notre échantillon d'étude (25-30 ans) aux footballeurs algériens de seconde division et les sujets sédentaires avant et après un entraînement, indique une adaptation cardiovasculaire insuffisante pendant l'effort chez les footballeuses (25-30 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant au haut niveau international les résultats des footballeuses (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante pendant l'effort et un entraînement en endurance très insuffisant. Pour cela ont qualifié les résultats de VES max de nos footballeuses (25-30 ans) d'un niveau très bas en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-2-5- Le QC max :

Tableau n° 13 : répartition des footballeuses (25-30 ans)

selon QC max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|--------|-----|---------|---------|---------|------------|
| QC max | 100 | 12,54 | 21,35 | 16,0441 | 2,56510 |

Le QC max moyen des footballeuses (25-30 ans) est de 16.04 L.min⁻¹ avec des extrêmes de 12.54 et 21.35 L.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeuses (25-30 ans) qui est égale à 16.04 L.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels le QC max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 21.72 L.min⁻¹ (t=-22.13, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le QC max chez un sédentaire avant un entraînement est de 21.5 L.min⁻¹ (t=-23.17, p<0.05) et de 23.2 L.min⁻¹ (t=-29.80, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**³ : la moyenne de QC max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 27.8 L.min⁻¹ (t=-45.83, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 25.5 L.min⁻¹ (t=-36.86, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**⁴ selon laquelle la valeur de QC chez les sujets actifs non entraînés est de 14 à 20 L.min⁻¹ (t=-3.73, p>0.05) lors de l'effort, et chez les sujets entraînés il peut augmenter jusqu'à 20 à 25 L.min⁻¹ (t=-25.17, p<0.05) et il peut passer chez les athlètes d'endurance de haut niveau jusqu'à 40 L.min⁻¹ (t=-93.39, p<0.05) lors de l'effort ;

1 **K. Saïd Aïssa**. "l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de QC max des footballeuses (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après 2-4 mois d'entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance après un désentraînement, une baisse non significative par rapport aux sujets actifs non entraînés, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés et une baisse significative par rapport aux athlètes d'endurance de haut niveau,

En comparant aux footballeurs algériens de seconde division et les sujets sédentaires avant et après un entraînement, les résultats des footballeuses (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et un entraînement en endurance insuffisant. Et en comparant au haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire très insuffisante pendant l'effort et un entraînement en endurance très insuffisant chez les footballeuses (25-30 ans). Pour cela ont qualifié les résultats de QC max chez nos footballeuses (25-30 ans) d'un niveau très bas en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-3- Les footballeurs entre 20 et 25 ans :

II-1-3-1- La VO2 max :

Tableau n° 14 : répartition des footballeurs (20-25 ans)

selon VO2 max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|-----------|------------|
| VO2 Max | 85 | 38,0000 | 75,0000 | 56,200000 | 7,6419893 |

La VO2 max moyenne des footballeurs (20-25 ans) est de 56.20 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ avec des extrêmes de 38.00 et 75.00 ml.Kg⁻¹.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (20-25 ans) qui est égale à 56.20 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la VO2 max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne 56.06 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=0.16, p>0.05) ; aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la VO2 max chez les footballeurs algériens de haut niveau est de 59.4 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=-3.86, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**³ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VO2 max chez un sédentaire avant un entraînement est de 42 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=17.13, p<0.05) et de 49 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=8.68, p<0.05) après un entraînement; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

3 **Même référence**. P: 55

fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**¹ : la valeur de la VO₂ max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 62 ml/kg/min (t=-6.99, p<0.05) et après le désentraînement la valeurs de la VO₂ max chez les même sujets est de 57.30 ml/kg/min (t=-1.32, p>0.05) ; aux travaux **Ekblöm (1969)**, de **Ekblöm et Hermanssen (1968)**, de **Saltin et al. (1976)** in **Sutton (1992)** in **V. Billat (2003)**² : le VO₂ max chez les sportifs non entraînés en endurance il est de 52 ml/kg/min (t=5.06, p<0.05), par contre chez les sportifs entraînés en endurance il est de 74 ml/kg/min (t=-21.47, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**³ selon laquelle la valeur de la VO₂ max chez des athlètes footballeurs de haut niveau est de 54-64 ml/kg/min (t=-3.37, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une augmentation non significative de la VO₂ max des footballeurs (20-25 ans) par apport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une augmentation significative par rapport aux sédentaires après un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une baisse non significative par rapport aux sujets entraînés en endurance après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sportifs non entraînés en endurance, une baisse significative par rapport aux sportifs entraînés en

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

2 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 91

3 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

endurance, et une baisse significative par rapport aux footballeurs bien entraînés de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant et après un entraînement, les résultats des footballeurs (20-25 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire de système du transport de l'oxygène et son utilisation lors de l'effort moyennement bonne et un entraînement en endurance relativement bon. Mais en comparant aux footballeurs algérien de haut niveau et les sportifs internationaux de haut niveau, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante de système du transport et utilisation de l'oxygène pendant l'effort et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (20-25 ans). On dit que le niveau de la VO2 max chez nos footballeurs (20-25 ans) est moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau national et international.

II-1-3-2- La FC repos :

Tableau n° 15 : répartition des footballeurs (20-25 ans)

selon FC repos

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|----------|----|---------|---------|---------|------------|
| FC repos | 85 | 47 | 73 | 61,94 | 5,306 |

La FC repos moyenne des footballeurs est de 61,94 btt.min⁻¹ avec des extrêmes de 47 et 73 btt.min⁻¹.

La comparaison de la moyenne des footballeurs (20-25 ans) qui est égale à 61.94 btt.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la FC repos chez les footballeurs algériens de seconde division est de 64.15 btt.min⁻¹ (t=-3.83, p<0.05) ; aux travaux de **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kenney (2009)**² sur l'adaptation physiologique induite par l'entraînement aérobic chez un sujet initialement sédentaire avant et après entraînement, comparé à un athlète endurant de niveau international, la FC repos des sujets normal sédentaire avant un entraînement est égale à 75 btt.min⁻¹(t=-22.69, p<0.05) par contre après un entraînement aérobic elle est de 65 btt.min⁻¹ (t=-5.31, p>0.05) ;

Outre, en se référant à la littérature de **V. Billat (2003)**³ : la FC repos chez un sportif d'endurance est de 40-45 btt.min⁻¹ (t=33.78, p<0.05) contre 55-65 btt.min⁻¹ (t=3.37, p<0.05) pour un sportif non endurant ; et à la littérature **J. H. Wilmore et D. L. Costil/ W. L. Kenney (2009)**⁴ : la FC repos chez des athlètes très endurant, atteint des valeurs de 28 à 40 btt.min⁻¹ (t=48.55, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de la FC repos des footballeurs (20-25 ans) par rapport footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux sujets normaux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets normaux sédentaires après un entraînement, une augmentation significative avec les sportifs de haut niveau non endurants, une augmentation significative avec les sportifs d'endurance de haut niveau et

1 **K. Saïd Aïssa**. « l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau ». Thèse Doctorat. 2008

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :230

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 85

4 **Même reference (1)**. P :158

une augmentation significative avec les sportifs très endurant de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division, les résultats des footballeurs (20-25 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire au repos moyennement bonne et un entraînement en endurance relativement bon. Mais en comparant au haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante au repos chez et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (20-25 ans). On dit que le niveau de la FC repos chez nos footballeurs (20-25 ans) est moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-3-3- La PWC 170 :

Tableau n° 16 : répartition des footballeurs (20-25 ans)

selon PWC 170

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|-----------|------------|
| PWC 170 | 85 | 11,0000 | 26,0000 | 18,282353 | 3,1494964 |

La PWC 170 moyenne des footballeurs (20-25 ans) est de 18.28 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ avec des extrêmes de 11 et 26 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (20-25 ans) égale à 18.28 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la PWC 170 moyenne chez les footballeurs algériens de seconde division est de 18.60 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=0.61, p>0.05) ; et aux résultats de

¹ **K. Saïd Aïssa.** " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

A. Brikci (1995)¹ selon lesquels la PWC 170 chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de 23.7 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=-15.85, p<0.05) ; on trouve une baisse non significative de la valeur de la PWC 170 des footballeurs (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division et une baisse significative par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau.

Ce qui indique une adaptation cardiovasculaire moyennement bonne lors de l'effort et un entraînement en endurance relativement bon chez les footballeurs (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, et une adaptation cardiovasculaire insuffisante et un entraînement en endurance insuffisant par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau. On constate que le niveau de la PWC 170 chez nos footballeurs (20-25 ans) est moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau national.

II-1-3-4- Le VES max :

Tableau n° 17 : répartition des footballeurs (20-25 ans)

selon VES max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|----------|------------|
| VES max | 85 | 118,00 | 196,00 | 149,5765 | 17,30839 |

Le VES max moyen des footballeurs (20-25 ans) est de 149.57 ml.btt⁻¹ avec des extrêmes de 118 et 196 ml.btt⁻¹.

¹ **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

En comparant la moyenne des footballeurs qui est égale à 149.57 ml.btt⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2008)**¹ selon lesquels le VES max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 149.51 ml.btt⁻¹ (t=0.03, p>0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VES max chez un sédentaire avant un entraînement est de 110 ml.btt⁻¹ (t=21.08, p<0.05) et de 122 ml.btt⁻¹ (t=14.68, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**³ : la moyenne de VES max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 155 ml.btt⁻¹ (t=-2.88, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 139 ml/kg/min (t=5.63, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**⁴ selon laquelle la valeur de VES chez les sujets actifs, mais non entraînés, lors d'un exercice effectué en position debout est de 120 ml.btt⁻¹ (t=15.75, p<0.05) au maximum lors de l'effort, et chez les sujets très entraînés en endurance il peut augmenter d'avantage jusqu'à 160-200 ml.btt⁻¹ (t=-16.20, p<0.05) lors de l'effort ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse non significative de VES max des footballeurs par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant et après un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets

1 **K. Saïd Aïssa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2008

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

entraînés en endurance avant un désentraînement et une augmentation significative par rapport aux même sujets après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sujets actifs non entraînés et une baisse significative par rapport aux sujets très entraînés en endurance lors d'un exercice effectué en position debout lors de l'effort.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant et après un entraînement de 2-4 mois, les résultats des footballeurs (20-25 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire moyennement bonne pendant l'effort et un entraînement en endurance relativement bon. Mais, en comparant aux sportifs internationaux de haut niveau les résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort chez les footballeurs (20-25 ans) et un entraînement en endurance insuffisant. Pour cela ont qualifié les résultats de VES max chez nos footballeurs (20-25 ans) d'un niveau moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-3-5- Le QC max :

Tableau n° 18 : répartition des footballeurs (20-25 ans)

selon QC max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|--------|----|---------|---------|---------|------------|
| QC max | 85 | 16,00 | 28,00 | 21,0353 | 2,64776 |

Le QC max moyen des footballeurs (20-25 ans) est de 21.03 L.min⁻¹ avec des extrêmes de 16 et 28 L.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (20-25 ans) qui est égale à 21.03 L.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2008)**¹ selon lesquels le QC max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 21.72 L.min⁻¹ (t=-2.38, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le QC max chez un sédentaire avant un entraînement est de 21.5 L.min⁻¹ (t=-1.61, p>0.05) et de 23.2 L.min⁻¹ (t=7.53, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**³ : la moyenne de QC max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 27.8 L.min⁻¹ (t=-23.55, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 25.5 L.min⁻¹ (t=15.54, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**⁴ selon laquelle la valeur de QC chez les sujets actifs non entraînés est de 14 à 20 L.min⁻¹ (t=14.05, p<0.05) lors de l'effort, et chez les sujets entraînés il peut augmenter jusqu'à 20 à 25 L.min⁻¹ (t=-5.10, p<0.05) et il peut passer chez les athlètes d'endurance de haut niveau jusqu'à 40 L.min⁻¹ (t= -66.03, p<0.05) lors de l'effort ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de QC max des footballeurs (20-25 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse non significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux

1 **K. Saïd Aïssa**. "l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2008

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

sédentaires après un entraînement de 2-4 mois, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une baisse significative chez les même sujets après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sujets actifs non entraînés, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés et une baisse significative par rapport aux athlètes d'endurance de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant un entraînement, les résultats des footballeurs (20-25 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire moyennement bonne pendant l'effort et un entraînement en endurance relativement bon. Mais, en comparant aux sédentaires après un entraînement de 2-4 mois et les sportifs internationaux de haut niveau ces derniers résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante pendant l'effort et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (20-25 ans). Pour cela ont qualifié les résultats de QC max de nos footballeurs (20-25 ans) d'un niveau moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-4- Les footballeurs entre 25 et 30 ans :

II-1-4-1- La VO2 max :

Tableau n° 19 : répartition des footballeurs (25-30 ans)

selon VO2 max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|-----------|------------|
| VO2 Max | 91 | 45,0000 | 65,0000 | 57,373626 | 5,5650663 |

La VO₂ max moyenne des footballeurs (25-30 ans) est de 57.37 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ avec des extrêmes de 45 et 65 ml.Kg⁻¹.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (25-30 ans) qui est égale à 57.37 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels la VO₂ max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne 56.06 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=2.25, p<0.05) ; aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la VO₂ max chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de 59.4 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=-3.47, p<0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**³ sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VO₂ max chez un sédentaire avant un entraînement est de 42 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=26.35, p<0.05) et de 49 ml.Kg⁻¹.min⁻¹ (t=14.35, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**⁴ : la valeur de la VO₂ max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 62 ml/kg/min (t=-7.93, p<0.05) et après le désentraînement la valeurs de la VO₂ max chez les même sujets est de 57.30 ml/kg/min (t=0.12, p>0.05) ; aux travaux **Ekblöm (1969)**, de **Ekblöm et Hermanssen (1968)**, de **Saltin et al. (1976)** in **Sutton (1992)** in **V. Billat (2003)**⁵ : le VO₂ max chez les sportifs non entraînés en durances il est de 52 ml/kg/min (t=9.21, p<0.05), par contre

1 **K. Saïd Aissa**. « l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau ». Thèse Doctorat. 2008

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

3 **Même référence**. P: 55

4 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

5 **Même référence**. P : 91

chez les sportifs entraînés en endurance il est de 74 ml/kg/min ($t = -28.5, p < 0.05$) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**¹ selon laquelle la valeur de la VO₂ max chez des athlètes footballeurs de haut niveau est de 54-64 ml/kg/min ($t = -2.78, p < 0.05$) ;

Ces dernières comparaisons montrent une augmentation significative de la VO₂ max des footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant et après un entraînement de 2-4 mois, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une augmentation non significative par rapport aux même sujets après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sportifs non entraînés en endurance, une baisse significative par rapport aux sportifs entraînés en endurance, et une baisse significative par rapport aux footballeurs bien entraînés de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant et après un entraînement et les sportifs non entraînés en endurance, les résultats des footballeurs (25-30 ans) indiquent une adaptation moyennement bonne de système du transport et utilisation de l'oxygène pendant l'effort et un entraînement en endurance relativement bon. Mais en comparant aux footballeurs algériens de haut niveau et les sportifs de haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation de système du transport de l'oxygène et son utilisation insuffisante chez les footballeurs (25-30 ans) lors de l'effort et un entraînement en endurance insuffisant. On dit que le niveau de la VO₂ max chez nos footballeurs

1 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

(25-30 ans) est moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau national et international.

II-1-4-2- La FC repos :

Tableau n° 20 : répartition des footballeurs (25-30 ans)
selon FC repos

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|----------|----|---------|---------|---------|------------|
| FC repos | 91 | 52 | 78 | 61,86 | 5,751 |

La FC repos moyenne des footballeurs (25-30 ans) est de 61.86 btt.min⁻¹ avec des extrêmes de 52 et 78 btt.min⁻¹.

La comparaison de la moyenne des footballeurs (25-30 ans) qui est égale à 61.86 btt.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la FC repos chez des sportifs algériens de haut niveau est de 64.15 btt.min⁻¹ (t=-3.80, p<0.05) ; aux travaux de **J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kenney (2009)**² sur l'adaptation physiologique induite par l'entraînement aérobic chez un sujet initialement sédentaire avant et après entraînement, comparé à un athlète endurant de niveau international, la FC repos des sujets normal sédentaire avant un entraînement est égale à 75 btt.min⁻¹ (t=-21.79, p<0.05) par contre après un entraînement aérobic elle est de 65 btt.min⁻¹ (t=-5.21, p>0.05) ;

1 **K. Saïd Aïssa.** " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2008

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :230

Outre, en se référant à la littérature de **V. Billat (2003)**¹ : la FC repos chez un sportif d'endurance est de 40-45 btt.min⁻¹ (t=32.10, p<0.05) contre 55-65 btt.min⁻¹ (t=3.08, p<0.05) pour un sportif non endurant ; et à la littérature **J. H. Wilmore et D. L. Costil/ W. L. Kenney (2009)**² : la FC repos chez des athlètes très endurant, atteint des valeurs de 28 à 40 btt.min⁻¹ (t=46.20, p<0.05) ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse significative de la FC repos des footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse significative par rapport aux sujets normaux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets normaux sédentaires après un entraînement aérobie, une augmentation significative avec les sportifs de haut niveau non endurants, une augmentation significative avec les sportifs d'endurance de haut niveau et une augmentation significative avec les sportifs très endurant de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division, les résultats des footballeurs (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire au repos moyennement bonne et un entraînement en endurance relativement bon. Mais en comparant au haut niveau international, ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire au repos insuffisante et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (25-30 ans). On dit que le niveau de la FC repos chez nos footballeurs (25-30 ans) est moyennement bon mais pas suffisant en comparaison avec le haut niveau international.

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 85

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :158

II-1-4-3- La PWC 170 :

Tableau n° 21 : répartition des footballeurs (25-30 ans)

selon PWC 170

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|-----------|------------|
| PWC 170 | 91 | 13,0000 | 22,0000 | 18,835165 | 2,4552155 |

La PWC 170 moyenne des footballeurs (25-30 ans) est de 18.83 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ avec des extrêmes de 13 et 22 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (25-30 ans) qui est égale à 18.83 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aïssa (2007)**¹ selon lesquels la PWC 170 moyenne chez les footballeurs algériens de seconde division est de 18.60 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=0.91, p>0.05) ; et aux résultats de **A. Brikci (1995)**² selon lesquels la PWC 170 chez les footballeurs algériens de hauts niveau est de 23.7 Kgm.min⁻¹.Kg⁻¹ (t=-18.90, p<0.05) ; on trouve une baisse non significative de la valeur de la PWC 170 chez les footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division , par contre, on constate une baisse significative par rapport aux footballeurs algériens de haut niveau.

Ce qui indique une adaptation cardiovasculaire lors de l'effort moyennement bonne mais insuffisante et un entraînement en endurance moyennement bon mais insuffisant chez les footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, et une adaptation

1 **K. Saïd Aïssa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2008

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 66

cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (25-30 ans) par apport aux footballeurs algériens de haut niveau. On constate que le niveau de la PWC 170 chez nos footballeurs (25-30 ans) est insuffisant en comparaison avec le haut niveau national.

II-1-4-4- Le VES max :

Tableau n° 22 : répartition des footballeurs (25-30 ans)

selon VES max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|---------|----|---------|---------|----------|------------|
| VES max | 91 | 119,00 | 170,00 | 149,9780 | 13,65445 |

Le VES max moyen des footballeurs (25-30 ans) est de 149.97 ml.btt⁻¹ avec des extrêmes de 119 et 170 ml.btt⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (25-30 ans) qui est égale à 149.97 ml.btt⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels le VES max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 149.51 ml.btt⁻¹ (t=0.32, p>0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le VES max chez un sédentaire avant un entraînement est de 110 ml.btt⁻¹ (t=27.93, p<0.05) et de 122 ml.btt⁻¹ (t=19.54, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur l'effet de

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**¹ : la moyenne de VES max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 155 ml.btt⁻¹ (t= -3.50, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 139 ml/kg/min (t=7.67, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**² selon laquelle la valeur de VES chez les sujets actifs, mais non entraînés, lors d'un exercice effectué en position debout est de 120 ml.btt⁻¹ (t=20.94, p<0.05) au maximum lors de l'effort, et chez les sujets très entraînés en endurance il peut augmenter d'avantage jusqu'à 160-200 ml.btt⁻¹ (t= -20.97, p<0.05) lors de l'effort ;

Ces dernières comparaisons montrent une augmentation non significative de VES max des footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une augmentation significative par rapport aux sédentaires avant et après un entraînement, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une augmentation significative par rapport aux même sujets après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sujets actifs non entraînés et une baisse significative par rapport aux sujets très entraînés en endurance lors d'un exercice effectué en position debout lors de l'effort.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant et après un entraînement de 2-4 mois, les résultats des footballeurs (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire moyennement bonne pendant l'effort et un entraînement en endurance relativement bon. Mais, en comparant aux sportifs internationaux de haut

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

niveau ces résultats indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et un entraînement en endurance insuffisant chez les footballeurs (25-30 ans). Pour cela ont qualifié les résultats de VES max de nos footballeurs (25-30 ans) d'un niveau moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau international.

II-1-4-5- Le QC max :

Tableau n° 23 : répartition des footballeurs (25-30 ans)

selon QC max

| | N | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart type |
|--------|----|---------|---------|---------|------------|
| QC max | 91 | 16,00 | 26,00 | 21,4396 | 3,03758 |

Le QC max moyen des footballeurs (25-30 ans) est de 21.43 L.min⁻¹ avec des extrêmes de 16 et 26 L.min⁻¹.

En comparant la moyenne des footballeurs (25-30 ans) qui est égale à 21.43 L.min⁻¹ aux résultats de **K. Saïd Aissa (2007)**¹ selon lesquels le QC max chez les footballeurs algériens de seconde division est de la moyenne de 21.72 L.min⁻¹ (t=-0.88, p>0.05) ; aux travaux de **Bergh (1978)** in **A. Brikci (1995)**² sur l'effet de 2-4 mois d'entraînement sur les facteurs de la capacité aérobie chez des sédentaires et chez des athlètes selon lesquels le QC max chez un sédentaire avant un entraînement est de 21.50 L.min⁻¹ (t=-0.19, p>0.05) et de 23.20 L.min⁻¹ (t=-5.52, p<0.05) après un entraînement ; aux travaux de **Wilbert et Moffat (1994)** sur

1 **K. Saïd Aissa**. " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 55

l'effet de désentraînement sur les fonctions cardiorespiratoires et le métabolisme énergétique in **V. Billat (2003)**¹ : la moyenne de QC max chez les sujets entraînés en endurance avant le désentraînement est de 27.8 L.min⁻¹ (t= -19.97, p<0.05) et après le désentraînement cette moyenne diminue chez les même sujets jusqu'à 25.5 L.min⁻¹ (t=-12.75, p<0.05) ;

Et si on se référant à la littérature de **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W. L. Kenney (2009)**² selon laquelle la valeur de QC chez les sujets actifs non entraînés est de 14 à 20 L.min⁻¹ (t=13.94, p<0.05) lors de l'effort, et chez les sujets entraînés il peut augmenter jusqu'à 20 à 25 L.min⁻¹ (t=-3.33, p<0.05) et il peut passer chez les athlètes d'endurance de haut niveau jusqu'à 40 L.min⁻¹ (t=-58.28, p<0.05) lors de l'effort ;

Ces dernières comparaisons montrent une baisse non significative de QC max des footballeurs (25-30 ans) par rapport aux footballeurs algériens de seconde division, une baisse non significative par rapport aux sédentaires avant un entraînement, une baisse significative par rapport aux sédentaires après un entraînement de 2-4 mois, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés en endurance avant un désentraînement et une baisse significative chez les même sujets après un désentraînement, une augmentation significative par rapport aux sujets actifs non entraînés, une baisse significative par rapport aux sujets entraînés et une baisse significative par rapport aux athlètes d'endurance de haut niveau.

En comparaison aux footballeurs algériens de seconde division et les sédentaires avant un entraînement, les résultats des footballeurs (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire moyennement bonne pendant l'effort et un entraînement en endurance relativement bon. Mais, en

1 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 178

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :232

comparant aux sédentaires après un entraînement de 2-4 mois et les sportifs internationaux de haut niveau les résultats des footballeurs (25-30 ans) indiquent une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors l'effort et un entraînement en endurance insuffisant. Pour cela ont qualifié les résultats de QC max de nos footballeurs (25-30 ans) d'un niveau moyennement bon mais insuffisant en comparaison avec le haut niveau international.

II-2- DEUXIEME AXE : COMPARAISON DES NIVEAUX DES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES SELON L'AGE ET LE SEXE :

Dans le but de vérifier l'existence ou pas d'une relation entre le niveau des paramètres physiologiques et l'âge en premier lieu puis entre le niveau des paramètres physiologiques et le sexe en deuxième lieu, nous avons procéder à la comparaison entre les résultats des catégories d'âge (20-25 ans) et (30-25 ans) chez chaque sexe ; et la comparaison entre les résultats des deux sexe (footballeuses et footballeurs) dans chaque catégorie d'âge :

II-2-1- Selon l'âge :

Tableau n° 24 : résultats t-test entre 20-25 ans & 25-30 ans
(footballeuses/footballeurs)

| SEXE | Variables | 20-25 ans | 25-30 ans | <i>t</i> Observée | ddl | <i>t</i> Critique | Alpha | p | Signif |
|------|------------------------|-----------|-----------|----------------------|-----|----------------------|-------|-------|--------|
| F | VO2 max (ml.kg.min-1) | 46.78 | 46.27 | -0.54 | 198 | 1.98 | 0.05 | 0.588 | NS |
| | FC repos (btt.min-1) | 66.58 | 65.18 | -1.03 | | | | 0.302 | NS |
| | PWC 170 (kgm/kg.min-1) | 13.83 | 13.97 | 0.35 | | | | 0.725 | NS |
| | VES max (ml.btt-1) | 110.42 | 107.71 | -1.31 | | | | 0.190 | NS |
| | QC max (L.min-1) | 16.62 | 16.04 | -1.79 | | | | 0.074 | NS |
| H | VO2 max (ml.kg.min-1) | 56.20 | 57.37 | 1.11 | 174 | 1.99 | | 0.244 | NS |
| | FC repos (btt.min-1) | 61.64 | 61.86 | 0.10 | | | | 0.920 | NS |
| | PWC 170 (kgm/kg.min-1) | 18.28 | 18.83 | 1.00 | | | | 0.194 | NS |
| | VES max (ml.btt-1) | 149.57 | 149.97 | 0.14 | | | | 0.864 | NS |
| | QC max (L.min-1) | 21.03 | 21.43 | 0.48 | | | | 0.349 | NS |

Le **tableau n° 24** montre des différences non significatives entre le niveau des paramètres physiologiques étudiés et l'âge chez les footballeuses et les footballeurs. Cela indique qu'il n'existe pas de relation entre l'âge et le niveau des paramètres physiologiques étudié chez nos footballeuses et les footballeurs.

La performance sportive diminue avec l'âge, à cause d'une détérioration des fonctions physiologiques, grandement majorée par la diminution d'activité. La baisse des performances porte sur les qualités de force et d'endurance. La force musculaire baisse avec l'âge par diminution des synthèses protéiques musculaires et par perte d'unités motrices contrôlant les fibres rapides.

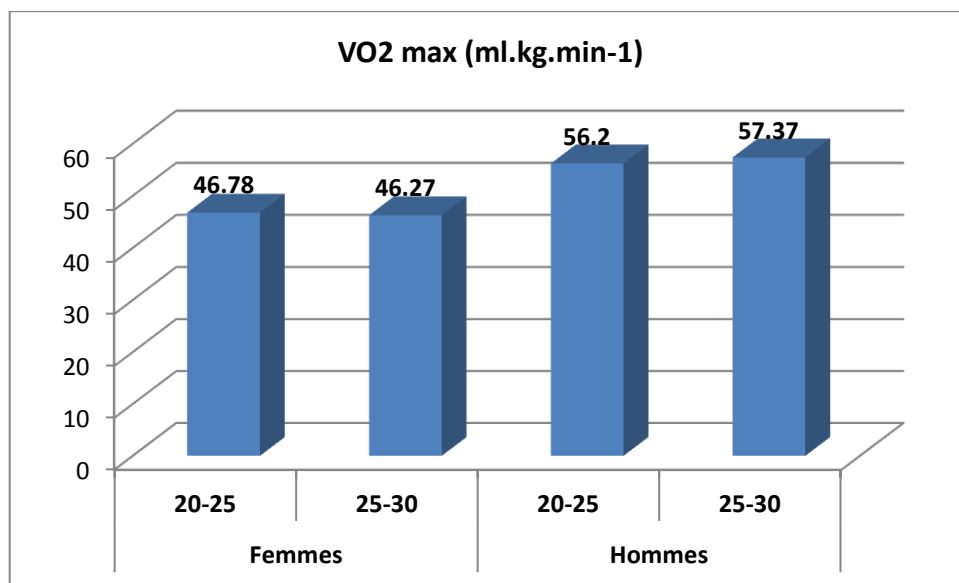
La diminution de la fréquence cardiaque maximale résulte d'une baisse de l'activité du système nerveux sympathique et d'une altération du myocarde.

La baisse du volume d'éjection systolique maximal est due à une augmentation des résistances périphériques par vieillissement des artères (conséquence de l'athérosclérose entre autres) et à une altération probable de la contractilité du ventricule gauche.

Le débit cardiaque et le débit sanguin périphérique diminuent donc. La VO2 max diminue aussi avec l'âge, d'environ 10 % par décades, mais c'est très variable selon les individus.

II-2-1-1- VO2 max :

Graphes n° 02 : Variations VO2 max selon l'âge
(footballeuses/footballeurs)



La comparaison de la moyenne de VO2 max chez les footballeuses (20-25 ans) qui est égale à 46.78 ml.kg.min⁻¹ à la moyenne de VO2 max chez les footballeuses (25-30 ans) qui est égale à 46.27 ml.kg.min⁻¹ nous

donne une différence non significative ($\alpha=0.05$) avec $t_{\text{obs}}=-0.54$, $ddl=198$, $p=0.588$. (**Voir tableau n° 25**)

De même la comparaison de la moyenne de VO_2 max chez les footballeurs (20- 25 ans) qui égale à $56.20 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ à la moyenne de VO_2 max chez les footballeurs (25-30 ans) égale à $57.37 \text{ ml.kg.min}^{-1}$ donne une différence non significative ($\alpha=0.05$) avec $t_{\text{obs}}=1.11$, $ddl=174$, $p=0.244$. (**Voir tableau n° 25**)

Cette comparaison montre que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de la VO_2 max chez nos footballeuses et footballeurs.

Selon **J. H. Wilmore, D. L. Costil et W Larry Kenney (2009)**¹ Une étude classique de 1965 réalisée sur des femmes et des hommes de 20 à 30 ans, divisés en sous-groupes (sportives, non sportives, sportifs, non sportifs) a montré une très grande variabilité de VO_2 max à l'intérieur de chaque sexe.

Astrand et Rodahl, (1980) in A. Brikci (1995)² dit : le VO_2 max atteint sa valeur maximale entre 18 et 25 ans. Au-delà de 25 ans, la VO_2 max diminue régulièrement ; cette diminution peut atteindre 27% à l'âge de 55 ans.

Des études ont montrées qu'on peut chiffrer le vieillissement de potentiel physique à partir de l'âge de 20 ans de la manière suivante en termes de $V O_2$ max :

- Perte biologique inéluctables liées au vieillissement génétique :
 $0.25 \text{ ml.kg.min}^{-1}/\text{an}$

1 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :398

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 57/58

- Perte liées aux conditions de vie qui s'ajoute à la perte inéluctable : chez les sujets actifs de 0.25 à 0.40 ml.kg.min⁻¹/an. Chez les sujets sédentaires jusqu'à 1 ou 1.2 ml.kg.min⁻¹/an¹.

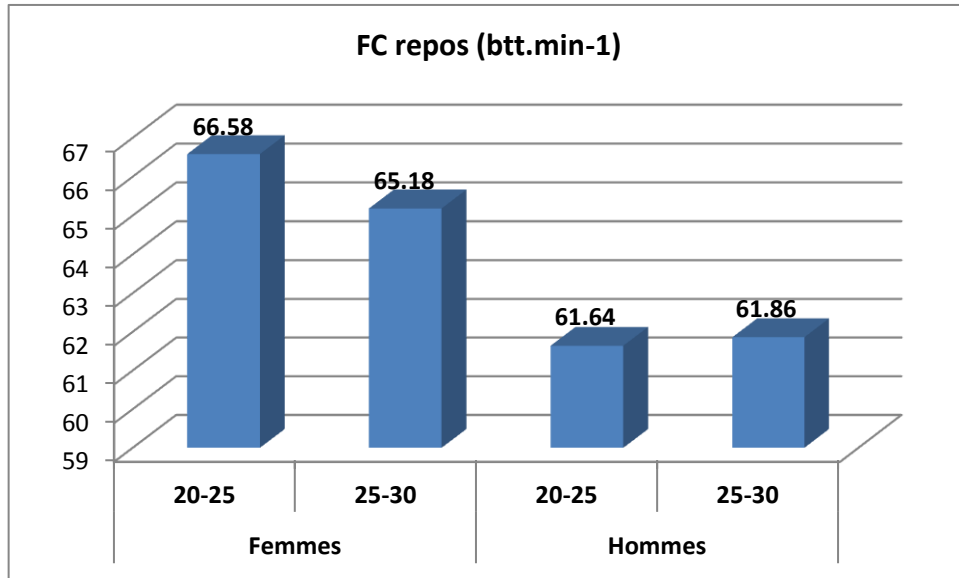
De ce fait, on explique les résultats de t-test qui indique que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de VO₂ max chez les footballeuses et les footballeurs, par le fait que la VO₂ max n'arrive pas à augmenter d'une manière significative entre 20-25 ans pour atteindre son pic à l'intérieur de chaque sexe, et ensuite diminué progressivement après l'âge des 25 ans par l'effet des pertes biologiques due au vieillissement génétique.

En revenant au niveau de la VO₂ max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette baisse de niveau de VO₂ max chez nos footballeuses et footballeurs n'est pas expliquée par l'âge. Mais elle est due à une adaptation insuffisante du système transport et utilisation de l'oxygène lors de l'effort et à un manque d'entraînement en endurance.

1 J. Ginet. « Intérêt des activités physiques et sportives lors de vieillissement ». Actualité et dossiers en santé publique n° 14. Mars 1996. P : 26

II-2-1-2- La FC repos :

Graphe n° 03 : Variations FC repos selon l'âge
(footballeuses/footballeurs)



En testant la différence entre la moyenne de FC repos chez les footballeuses (20-25 ans) qui est égale à 66.58 btt.min⁻¹ et la moyenne de FC repos chez les footballeuses (25-30 ans) égale à 65.18 btt.min⁻¹, on trouve qu'elle n'est pas significative (alpha=0.05) avec $t_{\text{obs}}=-1.03$, ddl=198, $p=0.302$. **(Voir tableau n° 25)**

Aussi, en comparant la moyenne de FC repos des footballeurs (20-25 ans) qui est égale à 61.64 btt.min⁻¹ et la moyenne de FC repos des footballeurs (25-30 ans) égale à 61.86 btt.min⁻¹, on note une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{\text{obs}}=0.10$, ddl=174, $p=0.920$. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de la FC repos chez nos footballeuses et footballeurs.

En général la fréquence cardiaque de repos diminue avec l'âge, voici des informations sur la fréquence cardiaque chez des enfants et des adultes :

- Pouls au repos pour les nouveaux nés : 100-160 btt.min⁻¹.
- Pouls au repos pour les enfants appartenant à la tranche d'âge 1-10 ans : 70-120 btt.min⁻¹.
- Pouls au repos pour les enfants de plus de 10 ans et adultes (même les personnes âgées) : 60-100 btt.min⁻¹.
- Pouls au repos pour les athlètes bien entraînés : 40-60 btt.min⁻¹.

Selon **F. Carré et T. Laporte (2009)**¹ la fréquence cardiaque de repos est pour une part génétiquement. Cependant l'activité physique régulière permet de la diminuer significativement.

Des études ont montré qu'à l'âge adulte la fréquence cardiaque au repos varié très peu selon l'âge des athlètes de même discipline sportives.

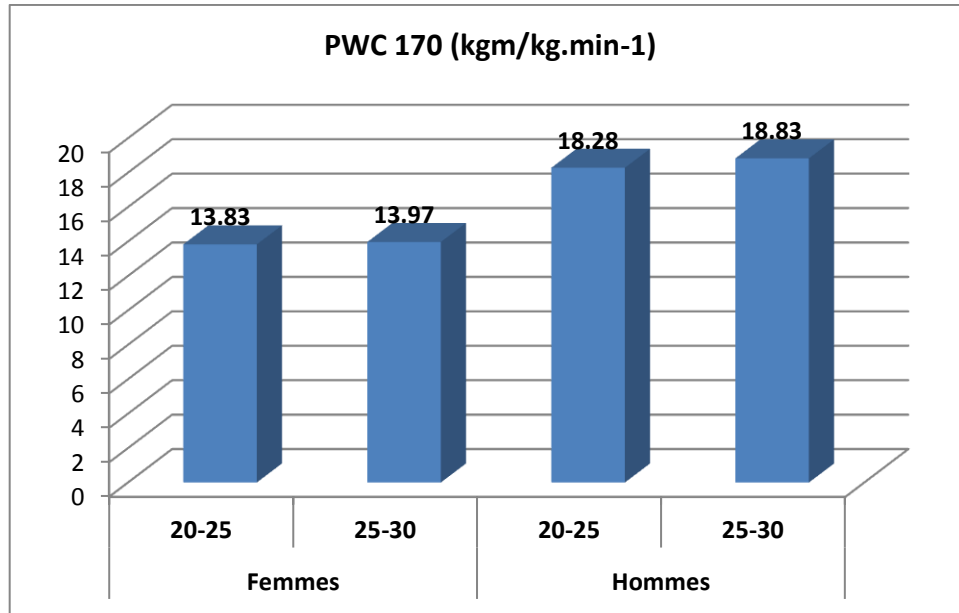
A partir de là, on explique les résultats de t-test indiquant que l'âge n'est pas significatif par apport au niveau de FC repos chez les footballeuses et les footballeurs, par le fait qu'à l'âge adulte la FC repos varié d'une manière non significative avec l'âge des pratiquants de la même discipline sportive.

En revenant au niveau de la FC repos chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe ; on dit que cette augmentation de la FC repos chez nos footballeuses et footballeurs n'est pas due à l'âge, mais elle est expliquée par une adaptation cardiovasculaire insuffisante au repos et un manque de l'entraînement en endurance.

¹ **F. Carré/ T. Laporte.** « le guide de cardiofréquence-mètre ». Edition : Frison-Roche. Paris, 2009. P : 29

II-2-1-3- La PWC 170 :

Graphe n° 04 : Variations PWC 170 selon l'âge
(footballeuses/footballeurs)



La comparaison de la moyenne de PWC 170 chez les footballeuses (20- 25 ans) qui est égale à 13.83 kgm/kg.min⁻¹ à la moyenne de PWC 170 chez les footballeuses (25- 30 ans) égale à 13.97 kgm/kg.min⁻¹ donne une différence non significative (alpha=0.05) entre les deux âges avec $t_{obs}=0.35$, ddl=198, $p=0.725$. (Voir tableau n° 25)

Et en comparant la moyenne de PWC 170 des hommes entre 20 et 25 ans qui égale à 18.28 kgm/kg.min⁻¹ à la moyenne des hommes entre 25 et 30 ans égale à 18.83 kgm/kg.min⁻¹, on constate une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{obs}=1.00$, ddl=174, $p=0.194$. (Voir tableau n° 25)

Ces résultats montrent que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de la PWC 170 chez nos footballeuses et footballeurs.

La plupart des fonctions physiologiques évoluent jusqu'à la maturité. Elles se maintiennent ensuite au même niveau, avant de décroître au fur et à mesure de l'avance en âge.

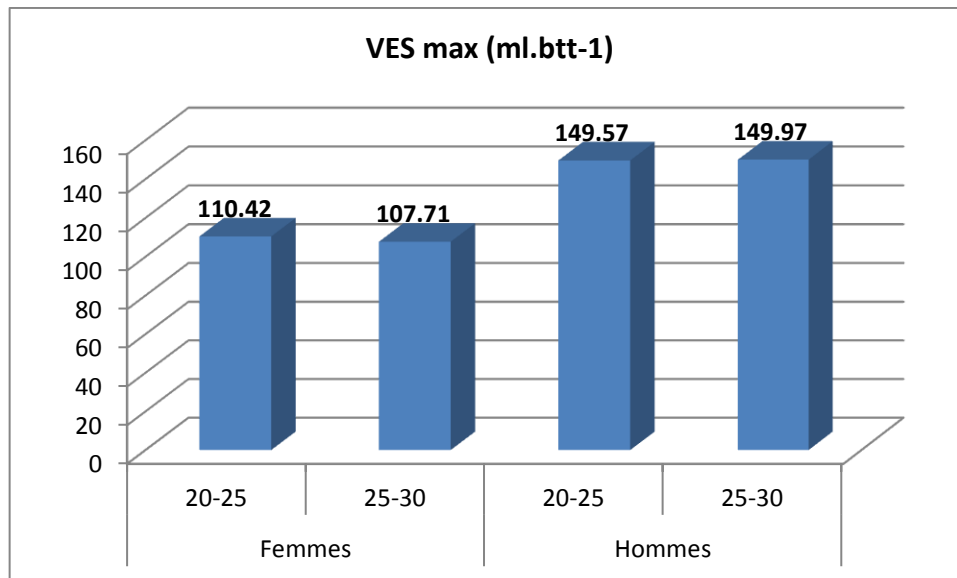
La PWC 170 comme la VO₂ max atteint son pic entre 20 et 25 ans avant de décroître progressivement avec l'âge.

Alors, on explique les résultats de t-test indique qui indiquent que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de PWC 170 chez les footballeuses et les footballeurs, par le fait que la PWC 170 n'arrive pas à augmenter d'une manière significative entre 20-25 ans pour atteindre son pic à l'intérieur de chaque sexe, et ensuite diminué progressivement après l'âge des 25 ans par l'effet des pertes biologiques due au vieillissement génétique.

En revenant au niveau de la PWC 170 chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe ; on dit que cette baisse de la PWC 170 chez nos footballeuses et footballeurs n'est pas due à l'âge, mais elle est expliquée par une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et par un manque d'entraînement en endurance.

II-2-1-4- Le VES max :

Graphe n° 05 : Variations VES max selon l'âge
(footballeuses/footballeurs)



La comparaison entre la moyenne de VES max chez les footballeuses (20-25 ans) qui est égale à 110.42 ml.btt⁻¹ à la moyenne de VES max chez les footballeuses (25- 30 ans) égale à 107.71 ml.btt⁻¹ donne une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{\text{obs}}=-1.31$, ddl=198, $p=0.190$. **(Voir tableau n° 25)**

Et en comparant la moyenne VES max des footballeurs (20- 25 ans) qui égale à 149.57 ml.btt⁻¹ à la moyenne VES max des footballeurs (25- 30 ans) égale à 149.97 ml.btt⁻¹, on note une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{\text{obs}}=0.14$, ddl=174, $p=0.864$. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de VES max chez nos footballeuses et footballeurs.

La plupart des fonctions physiologiques évoluent jusqu'à à la maturité. Elles se maintiennent ensuite au même niveau, avant de décroître au fur et à mesure de l'avance en âge.

Le VES max comme la VO2 max atteint son pic entre 20 et 25 ans avant de décroître progressivement avec l'âge.

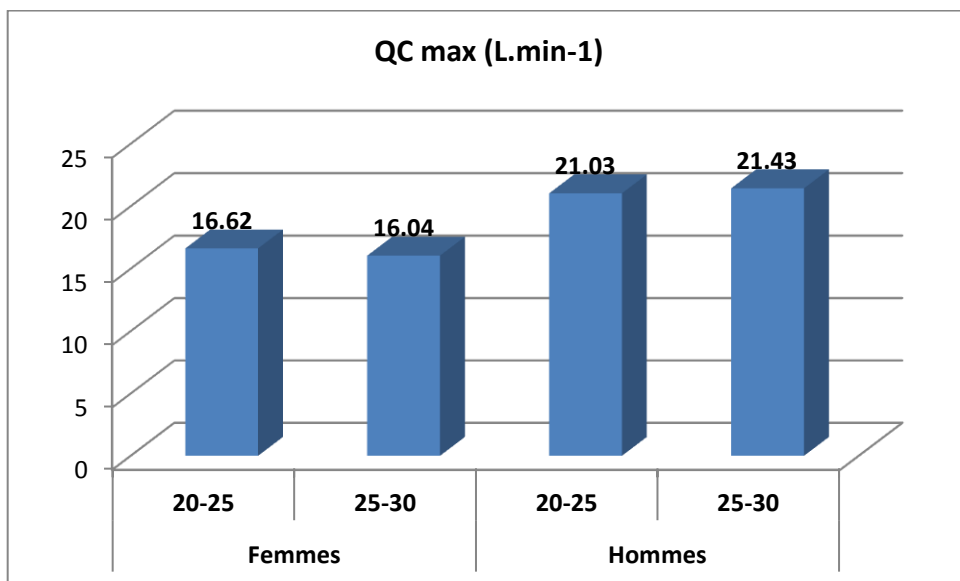
De ce fait, on explique les résultats de t-test indiquant que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de VES max chez les footballeuses et les footballeurs, par le fait que le VES max n'arrive pas à augmenter d'une manière significative entre 20-25 ans pour atteindre son pic à l'intérieur de chaque sexe, et ensuite diminué progressivement après l'âge des 25 ans par l'effet des pertes biologiques due au vieillissement génétique.

En revenant au niveau de VES max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe ; on dit que cette baisse de VES max chez nos footballeuses et footballeurs n'est pas due à l'âge, mais elle est expliquée par une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et par un manque d'entraînement en endurance.

II-2-1-5- Le QC max :

Graphe n° 06 : Variations QC max selon l'âge

(footballeuses/footballeurs)



En comparant entre les deux moyennes QC max chez les footballeuses (20-25 ans) et les footballeuses (25-30 ans) égale respectivement 16.62 et 16.04 L.min⁻¹, on constate une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{obs}=-1.79$, ddl=198, p=0.074. **(Voir tableau n° 25)**

Et en comparant les deux moyennes QC max des footballeurs (20-25 ans) et des footballeurs (25-30 ans) respectivement égale à 21.03 et 21.43 L.min⁻¹, on note une différence non significative (alpha=0.05) avec $t_{obs}=0.48$, ddl=174, p=0.349. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de QC max chez nos footballeuses et footballeurs.

La plupart des fonctions physiologiques évoluent jusqu'à la maturité. Elles se maintiennent ensuite au même niveau, avant de décroître au fur et à mesure de l'avance en âge.

Le QC max comme la VO₂ max et le VES max atteint son pic entre 20 et 25 ans avant de décroître progressivement avec l'âge.

Sur ce, on explique les résultats de t-test indiquant que l'âge n'est pas significatif par rapport au niveau de QC max chez les footballeuses et les footballeurs, par le fait que le QC max n'arrive pas à augmenter d'une manière significative entre 20-25 ans pour atteindre son pic à l'intérieur de chaque sexe, et ensuite diminué progressivement après l'âge des 25 ans par l'effet des pertes biologiques due au vieillissement génétique.

En revenant au niveau de QC max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe ; on dit que cette baisse de QC max chez nos footballeuses et footballeurs n'est pas due à l'âge, mais elle est expliquée par une adaptation cardiovasculaire insuffisante lors de l'effort et par un manque d'entraînement en endurance.

II-2-2- Selon le sexe :

Tableau n° 25 : résultats t-test entre footballeuses & footballeurs

(20-25 ans/25-30 ans)

| AGE | Variables | Femmes | Hommes | t Observée | ddl | t Critique | Alpha | p | Signif |
|--------------|------------------------|--------|--------|---------------|-----|---------------|-------|------|--------|
| 20-25 ans | VO2 max (ml.kg.min-1) | 46.78 | 56.20 | -9.87 | 183 | 1.99 | 0.05 | 0.00 | S |
| | FC repos (btt.min-1) | 66.58 | 61.64 | 4.13 | | | | 0.00 | S |
| | PWC 170 (kgm/kg.min-1) | 13.83 | 18.28 | -10.90 | | | | 0.00 | S |
| | VES max (ml.btt-1) | 110.42 | 149.57 | -17.51 | | | | 0.00 | S |
| | QC max (L.min-1) | 16.62 | 21.03 | -14.44 | | | | 0.00 | S |
| 25-30 ans | VO2 max (ml.kg.min-1) | 46.27 | 57.37 | -13.10 | 189 | 1.99 | 0.05 | 0.00 | S |
| | FC repos (btt.min-1) | 65.18 | 61.86 | 2.78 | | | | 0.00 | S |
| | PWC 170 (kgm/kg.min-1) | 13.97 | 18.83 | -11.97 | | | | 0.00 | S |
| | VES max (ml.btt-1) | 107.71 | 149.97 | -19.94 | | | | 0.00 | S |
| | QC max (L.min-1) | 16.04 | 21.43 | -14.49 | | | | 0.00 | S |

Le **tableau n° 25** montre des différences dans le niveau des paramètres physiologiques étudié largement significatives pour les footballeurs par rapport aux footballeuses chez les deux catégories d'âges (20-25 ans) et (25-30 ans). Cela indique qu'il existe une relation entre le sexe et le niveau des paramètres physiologiques étudié chez les deux âges (20-25 ans) et (25-30 ans).

C'est à partir de la puberté que des différences apparaissent entre les deux sexes. Les femmes sont, sous l'effet des œstrogènes, plus petites, plus légères, et ont, en proportion, plus de graisses. Leur force musculaire est moindre car la masse musculaire est moins importante.

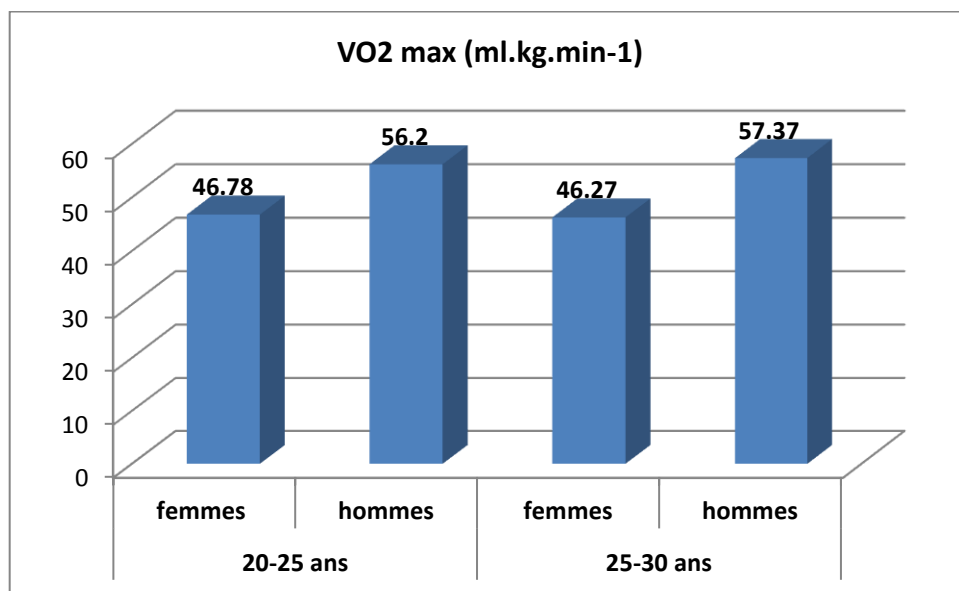
La fréquence cardiaque des femmes est plus élevée, mais le volume d'éjection systolique est plus faible parce que le cœur est plus petit et le volume sanguin moins important. Pour un même effort, le débit cardiaque est donc semblable à celui des hommes.

Enfin, moins d'hémoglobine et une proportion plus importante de graisses expliquent que la VO2 max soit plus basse chez les femmes.

II-2-2-1- La VO2 max :

Graphe n° 07 : Variations VO2 max selon le sexe

(20-25 ans/25-30 ans)



La comparaison de la moyenne de VO2 max des footballeuses (20- 25 ans) qui est égale à 46.78 ml.kg.min⁻¹ à la moyenne de VO2 max des footballeurs (20-25 ans) égale à 56.20 ml.kg.min⁻¹ nous donne une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=9.87$, $ddl=183$, $p=0.00$. (Voir tableau n° 25)

De même la comparaison de la moyenne de VO2 max des footballeuses (25- 30 ans) qui égale à 46.27 ml.kg.min⁻¹ à la moyenne de VO2 max des footballeurs (25 et 30 ans) égale à 57.37 ml.kg.min⁻¹ nous

donne une différence significative ($\alpha=0.05$) pour les footballeurs avec $t_{\text{obs}}=-13.10$, $\text{ddl}=189$, $p=0.00$. (**Voir tableau n° 25**)

Ces résultats montrent que le sexe est significatif par apport au niveau de VO₂ max chez les deux catégories d'âges (20-25 ans) et (25-30 ans), en avantageant les footballeurs.

Selon **A. Brikci (1995)**¹ le VO₂ max des hommes est 15 à 30 % plus élevée que celui des femmes. Cette variation selon le sexe est généralement attribuée à des différences :

- de constitution corporelle : l'homme peut produire plus d'énergie en aérobie par ce que, contrairement à la femme, sa masse musculaire est plus importante.
- Et du taux d'hémoglobine dans le sang : sans qu'on sache pourquoi, la concentration d'hémoglobine est de 10 à 14 % plus élevée chez les hommes.

J. H. Wilmore, D. L. Costill et W. L. Kenney (2009)² disent que les athlètes féminines d'endurance ont des valeurs de VO₂ max qui se rapprochent de celles de leurs homologues masculins, tout en restant inférieurs d'environ 10 %.

Toutes fois la différence de VO₂ max entre les hommes et les femmes est négligeable lorsque les sujets sont jeunes. Elle est plus prononcée lorsqu'ils atteignent la trentaine (**Fox et Mathews, 1984**)³.

De ce fait, on explique les résultats de t-test qui indiquent que le sexe est significatif par apport au niveau de VO₂ max chez les deux catégories

1 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P : 57

2 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :231

3 **E. L. Fox/D. K. Mathews**. « Bases physiologiques de l'activité physique ». Edition :Vigot. Paris, 1984. P : 243

d'âge (20-25 ans) et (25-30 ans), en favorisant les footballeurs, par des différences dans la constitution corporelle, l'homme développe une masse musculaire plus importante que la femme plus un taux de graisse élevé chez la femme, ce qui augmente le rendement énergétique de l'homme par rapport à la femme. Et par des différences dans le taux d'hémoglobine de fait que les hommes développent une plus forte concentration d'hémoglobine par rapport aux femmes, ce qui permet de transporter plus d'oxygène aux muscles actifs.

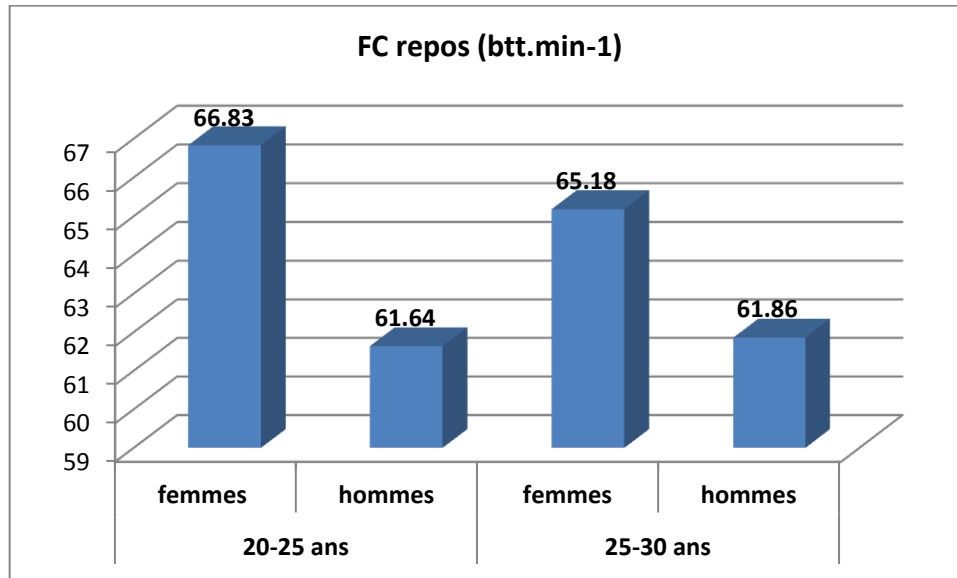
En revenant au niveau de la VO₂ max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette baisse de niveau de VO₂ max chez les footballeuses, n'est pas expliquée uniquement par la variation du sexe. La valeur de VO₂ max dépend largement du niveau d'entraînement des sujets (**Brikci, 1995**)¹. Pour cela, on dit que cette baisse du niveau de VO₂ max enregistrée chez les footballeuses est aussi due à une adaptation insuffisante du système transport et utilisation de l'oxygène lors de l'effort, et un manque d'entraînement en endurance.

1 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 57

II-2-2-2- La FC repos :

Graphe n° 08 : Variations FC repos selon le sexe

(20-25 ans/25-30 ans)



La comparaison de la moyenne de FC repos des footballeuses (20- 25 ans) qui est égale à 66.58 btt.min⁻¹ à la moyenne de FC repos des footballeurs (20-25 ans) égale à 61.64 btt.min⁻¹, nous donne une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=4.13$, ddl=183, $p=0.00$. **(Voir tableau n° 25)**

Et en testant la différence entre la moyenne de FC repos des footballeuses (25-30 ans) qui égale à 65.18 btt.min⁻¹ et la moyenne de FC repos des footballeurs (25- 30 ans) égale à 61.86 btt.min⁻¹, on constate une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=2.78$, ddl=189, $p=0.920$. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que le sexe est significatif par apport au niveau de FC repos chez les deux catégories d'âges (20-25 ans) et (25-30 ans), en avantageant les footballeurs.

Les femmes, généralement, ont une fréquence cardiaque de repos légèrement supérieur à celle des hommes. Cette augmentation de la fréquence cardiaque chez la femme par rapport à l'homme est expliquée par un volume cardiaque légèrement réduit, et le taux de graisse plus élevé chez la femme.

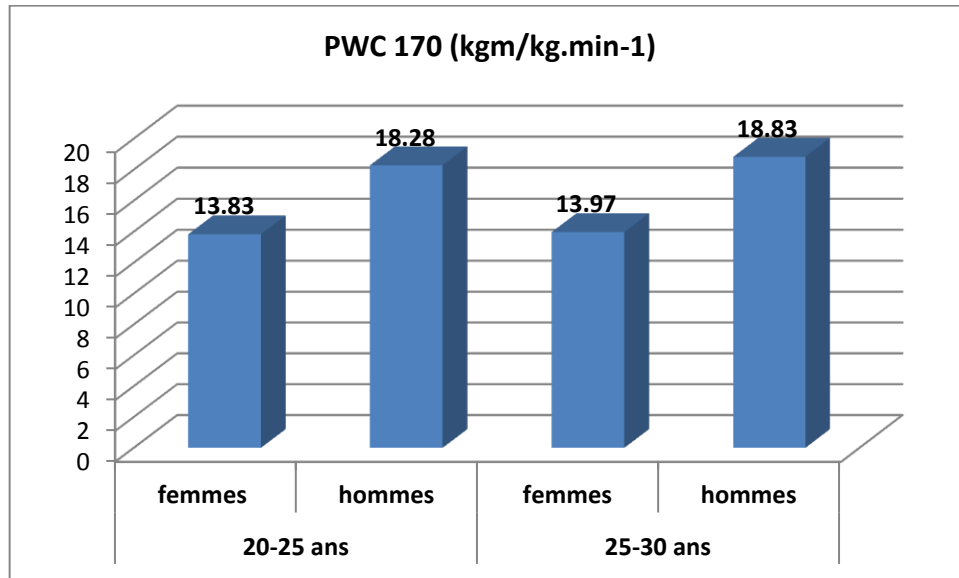
A partir de là, on explique les résultats de t-test qui indiquent que le sexe est significatif par rapport au niveau de FC repos chez les deux catégories d'âge (20-25 ans) et (25-30 ans), en favorisant les footballeurs, par des différences dans le volume cardiaque entre les deux sexes, la femme ayant un cœur plus petit que celui d'un homme, le cœur doit faire plus de travail pour pomper le sang à tous les tissus du corps. Et des différences dans la constitution corporelle, la femme ayant un taux de graisse plus élevé que celui des hommes, ce supplément de tissu adipeux augmente la charge du travail du cœur.

Cependant, en revenant au niveau de la FC repos chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette augmentation de la FC repos chez les footballeuses, n'est pas expliquée uniquement par la variation du sexe, la valeur de FC repos est diminuée par un bon entraînement en endurance. Alors, on dit que l'augmentation de la FC repos enregistrée chez les footballeuses est aussi due à une adaptation insuffisante du système cardiovasculaire lors de repos et un manque d'entraînement en endurance.

II-2-2-3- La PWC 170 :

Graphique n° 09 : Variations PWC 170 selon le sexe

(20-25 ans/25-30 ans)



La comparaison de la moyenne de PWC 170 des footballeuses (20- 25 ans) qui est égale à 13.83 kgm/kg.min⁻¹ à la moyenne de PWC 170 des footballeurs (20- 25 ans) égale à 18.28 kgm/kg.min⁻¹ donne une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=-10.90$, ddl=183, p=0.00. **(Voir tableau n° 25)**

Et en comparant la moyenne de PWC 170 des footballeuses (25-30 ans) qui égale à 13.97 kgm/kg.min⁻¹ à la moyenne des footballeurs (25-30 ans) égale à 18.83 kgm/kg.min⁻¹, on constate une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=-11.97$, ddl=189, p=0.00. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que le sexe est significatif par apport au niveau de PWC 170 chez les deux catégories d'âges 20-25 ans et 25-30 ans, en avantageant les footballeurs.

Les différences du poids, de taille, et d'adiposité, outre les différences de force, de moins pour une partie, peuvent expliquer des différences de performance entre les femmes et les hommes.

La PWC 170 des hommes, comme la VO2 max, elle est plus élevée que celle des femmes.

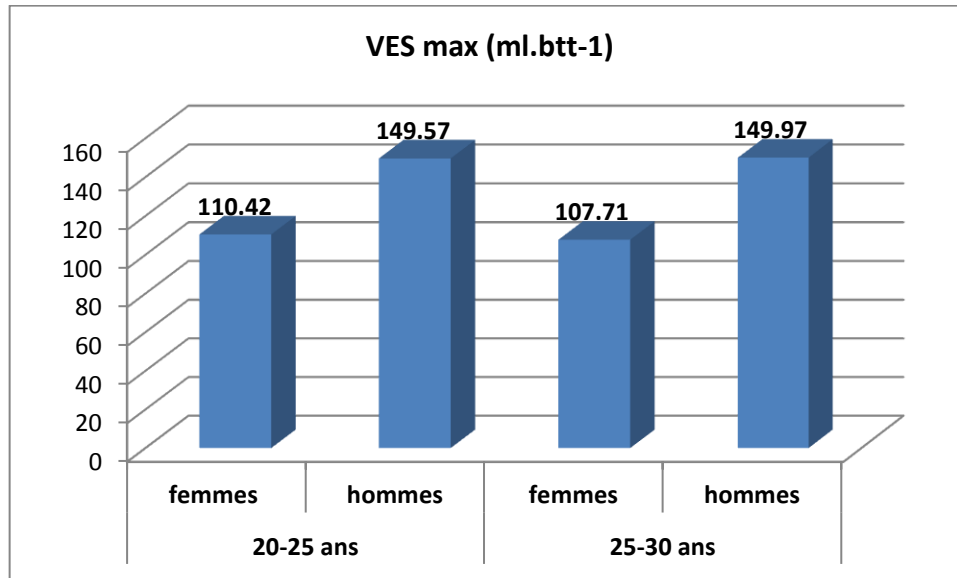
Ainsi donc, on explique les résultats de t-test qui indiquent que le sexe est significatif par rapport au niveau de PWC 170 chez les deux catégories d'âge 20-25 ans et 25-30 ans, en favorisant les footballeurs, par des différences dans les capacités fonctionnelles plus avantageuses aux footballeurs que les footballeuses.

Cependant, en revenant au niveau de la PWC 170 chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette baisse de la PWC 170 chez les footballeuses, n'est pas expliquée uniquement par la variation du sexe, la valeur de PWC 170 est augmentée par un bon entraînement en endurance. Sur ce, on dit que la baisse du niveau de PWC 170 enregistrée chez les footballeuses est aussi due à une adaptation insuffisante du système cardiovasculaire lors de l'effort et un manque d'entraînement en endurance.

II-2-2-4- Le VES max :

Graphe n° 10 : Variations VES max selon le sexe

(20-25 ans/25-30 ans)



La comparaison entre la moyenne de VES max des footballeuses (20-25 ans) qui est de 110.42 ml.btt⁻¹ à la moyenne de VES max des footballeurs entre (20-25 ans) qui est de 149.57 ml.btt⁻¹ donne une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{\text{obs}}=-17.51$, ddl=183, p=0.00. **(Voir tableau n° 25)**

Et en comparant la moyenne VES max des footballeuses (25- 30 ans) égale à 107.71 ml.btt⁻¹ et la moyenne VES max des footballeurs (25- 30 ans) égale à 149.97 ml.btt⁻¹, on note une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{\text{obs}}=-19.94$, ddl=189, p=0.00. **(Voir tableau n° 25)**

Ces résultats montrent que le sexe est significatif par apport au niveau de VES max chez les deux catégories d'âges (20-25 ans) et (25-30 ans), en avantageant les footballeurs.

La valeur de VES est généralement inférieure chez la femme. Au repos, il varie de 50 à 70 ml par battement chez la femme sédentaire et de 70 à 90 ml chez la femme entraînée. Les valeurs maximales varient respectivement de 80 à 100 ml et de 100 à 120 ml. Au cours d'une charge de travail sous-maximale effectuée à un même VO_2 , le VES serait moindre chez la femme que chez l'homme. Puisque le VES atteint son maximum au cours d'un exercice sous-maximal, cette différence s'explique par le plus petit volume du cœur de la femme¹.

De ce fait, on explique les résultats de t-test indiquant que le sexe est significatif par rapport au niveau de VES max chez les deux catégories d'âge 20-25 ans et 25-30 ans, en favorisant les footballeurs, par des différences dans le volume cardiaque plus petit chez la femme que chez l'homme, le volume du sang éjecté par le cœur par l'ondée systolique est bas par rapport à celui des hommes.

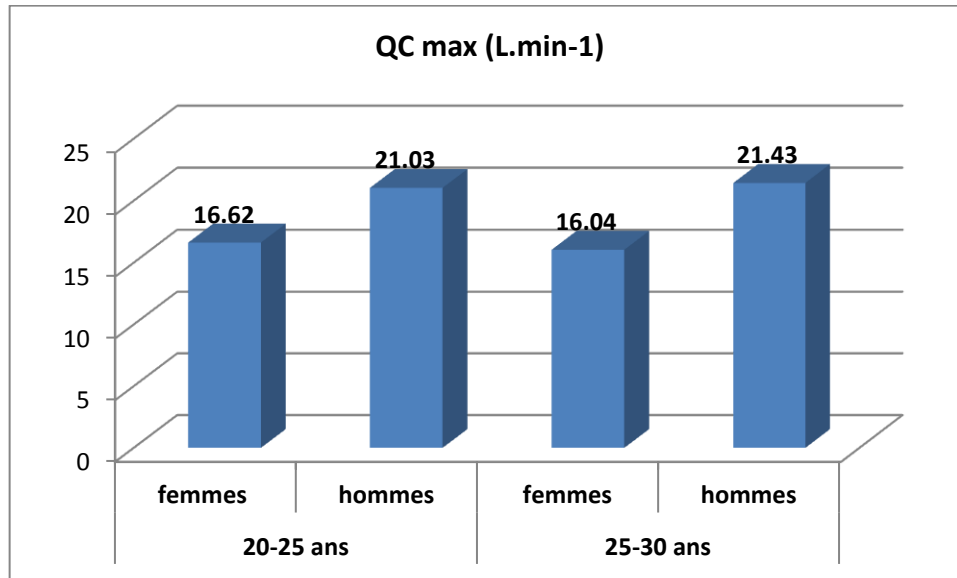
En revenant au niveau de VES max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette baisse de niveau de VES max chez les footballeuses, n'est pas expliquée uniquement par la variation du sexe, la valeur de VES max est largement augmentée par un bon entraînement en endurance des sujets. Pour cela, on dit que cette baisse du niveau de VES max enregistrée chez les footballeuses est aussi due à une adaptation insuffisante du système cardiovasculaire lors de l'effort et un manque d'entraînement en endurance.

¹ E. L. Fox/D. K. Mathews. « Bases physiologiques de l'activité physique ». Edition : Vigot. Paris, 1984. P : 157

II-2-2-5- Le QC max :

Graphe n° 11 : Variations QC max selon le sexe

(20-25 ans/25-30 ans)



En comparant les deux moyennes QC max chez les footballeuses (20- 25 ans) et les footballeurs (20-25 ans) égale respectivement à 16.62 et 21.03 L.min⁻¹, on constate une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=-14.44$, ddl=183, p=0.00. (**Voir tableau n° 25**)

Et en comparant les deux moyennes QC max des footballeuses (25-30 ans) et des footballeurs (25-30 ans) respectivement égale à 16.04 et 21.43 L.min⁻¹, on note une différence significative (alpha=0.05) pour les footballeurs avec $t_{obs}=-14.49$, ddl=189, p=0.00. (**Voir tableau n° 25**)

Ces résultats montrent que le sexe est significatif par apport au niveau de QC max chez échantillon les deux catégories d'âges (20-25 ans) et (25-30 ans), en avantageant les footballeurs.

Le débit cardiaque est le produit de la fréquence cardiaque par le volume d'éjection systolique. Connaissant les variations de chacun de ces facteurs, il est possible de prévoir celles de débit cardiaque.

Comme le VES max, le QC max est généralement inférieur chez la femme. Cela est dû à la diminution du VES effort chez la femme.

Chez la femme, le débit cardiaque est plus élevé d'environ 1.5 à 1.7 l/min pour un même VO₂. Cela est dû au fait que la capacité de transport de l'O₂ par le sang de la femme est plus basse que celle de l'homme. L'hématocrite est en effet plus bas chez la femme¹.

De ce fait, on explique les résultats de t-test indiquant que le sexe est significatif par rapport au niveau de QC max chez les deux catégories d'âge (20-25 ans) et (25-30 ans), en favorisant les footballeurs, par des différences dans le volume d'éjection systolique plus bas chez la femme que chez l'homme.

En revenant au niveau de QC max chez les footballeuses et les footballeurs respectivement très bas et bas démontré précédemment dans le premier axe, cette baisse de niveau de QC max chez les footballeuses, n'est pas expliquée uniquement par la variation du sexe, la valeur de QC max est augmentée par un bon entraînement en endurance des sujets. Pour cela, on dit que cette baisse du niveau de QC max enregistrée chez les footballeuses est aussi due à une adaptation insuffisante du système cardiovasculaire lors de l'effort et un manque d'entraînement en endurance.

¹ E. L. Fox/D. K. Mathews. « Bases physiologiques de l'activité physique ». Edition : Vigot. Paris, 1984. P : 156

II-3- TROISIEME AXE : ETUDE DE LA RELATION ENTRE LA VO2 MAX EN TANT QUE FACTEUR DE PERFORMANCE ET LES AUTRES PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES :

Pour étudier la relation existante entre la VO2 max en tant que facteur très important de la performance chez les footballeuses et les footballeurs, nous allons vérifier les corrélations simples de Pearson entre le VO2 max et chacun des paramètres physiologiques étudiés.

II-3-1- Chez les footballeuses :

Tableau n° 26 : Interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeuses)

| | VO2 max | FC repos | PWC 170 | VES max | QC max |
|------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|
| VO2 max Pearson Correlation | 1 | -,186** | ,897** | ,603** | ,602** |
| Sig. (2-tailed) | | ,008 | ,000 | ,000 | ,000 |
| N | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| FC repos Pearson Correlation | -,186** | 1 | -,257** | -,269** | -,260** |
| Sig. (2-tailed) | ,008 | | ,000 | ,000 | ,000 |
| N | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| PWC 170 Pearson Correlation | ,897** | -,257** | 1 | ,877** | ,879** |
| Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | | ,000 | ,000 |
| N | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| VES max Pearson Correlation | ,603** | -,269** | ,877** | 1 | ,986** |
| Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | | ,000 |
| N | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| QC max Pearson Correlation | ,602** | -,260** | ,879** | ,986** | 1 |
| Sig. (2-tailed) | ,000 | ,000 | ,000 | ,000 | |
| N | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Le **tableau n° 26** présente les interrelations entre les paramètres physiologiques étudiés chez les footballeuses. Ce tableau fait ressortir les principales observations suivantes :

- le VO2 max est étroitement corrélé à l'ensemble des autres paramètres physiologiques, excepté la FC repos.
- La FC repos est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques, excepté le VO2 max.
- La PWC 170 est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques.
- Le VES max est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques.
- Le QC max est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques.

Le **tableau n° 26** montre qu'il existe une relation linéaire négative non significative ($\alpha=0.05$) entre VO2 max et FC repos ($r=-0.186$, $p>0.05$) chez les footballeuses, par contre on observe qu'il existe une relation linéaire positive significative ($\alpha=0.01$) très forte entre VO2 max et PWC 170 ($r=0.897$, $p<0.01$), et des relation linéaire positives significatives ($\alpha=0.01$) fortes entre VO2 max et VES max ($r=0.603$, $p<0.01$), et entre VO2 max et QC max ($r=0.602$, $p<0.01$) chez ces même footballeuses.

Autrement, on note des relations linéaires négatives significatives ($\alpha=0.01$) moins forte entre FC repos et PWC 170 ($r=-0.257$, $p<0.01$), entre FC repos et VES max ($r=-0.269$, $p<0.01$), et entre FC repos et QC max ($r=-0.260$, $p<0.01$). Cependant, on observe des relations linéaires positives significatives ($\alpha=0.01$) très fortes entre PWC 170 et VES max ($r=0.877$, $p<0.01$), entre PWC 170 et QC max ($r=0.879$, $p<0.01$), et entre VES max et QC max ($r=0.986$, $p<0.01$).

A partir de ces observations, on en déduit que le VO2 max chez les footballeuses peut être apprécié à partir de la PWC 170 ($r=0.897$, $p<0.01$), VES max ($r=0.603$, $p<0.01$) et QC max ($r=0.602$, $p<0.01$).

Ces résultats sont argumentés par le fait que :

- La PWC 170 est un bon indice de la capacité aérobie chez les sportifs de haut niveau.

- Le VES est le principal déterminant de l'endurance cardiorespiratoire (**Wilmore & Co, 2009**)¹.
- Selon **Brikci (1995)**² toute amélioration de la VO₂ max est liée simultanément à une augmentation de VES et de la différence artério-veineuse pour l'oxygène.
- Le QC (VES x FC) conditionne la quantité d'oxygène qui peut être éjectée par le cœur en 1 min.
- Selon **V. Billat (2003)**³ le débit cardiaque est le principal facteur limitatif de la VO₂ max.
- **Saltin et Rowel in Wilmore & Co (2009)**⁴ disent que le facteur limitant de la VO₂ max réside dans la capacité de transport de l'oxygène vers les muscles actifs.

En revenant aux niveaux de VO₂ max, VES max et QC max très bas chez les footballeuses précédemment dans le premier axe, on explique la baisse de la valeur du VO₂ max chez nos footballeuses par une baisse des valeurs du PWC 170, du VES max, et du QC max comme étant les trois facteurs limitatifs de la VO₂ max.

1 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :160

2 **A. Brikci**. « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 73

3 **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 111

4 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney**. « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :229

II-3-2- Chez les footballeurs :

Tableau n° 27 : Interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeurs)

| | | VO2 Max | FC repos | PWC 170 | VES max | QC max |
|----------|---------------------|---------|----------|---------|---------|--------|
| VO2 Max | Pearson Correlation | 1 | ,026 | ,984** | ,816** | ,712** |
| | Sig. (2-tailed) | | ,734 | ,000 | ,000 | ,000 |
| | N | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |
| FC repos | Pearson Correlation | ,026 | 1 | -,033 | -,104 | -,099 |
| | Sig. (2-tailed) | ,734 | | ,666 | ,168 | ,192 |
| | N | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |
| PWC 170 | Pearson Correlation | ,984** | -,033 | 1 | ,885** | ,765** |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,666 | | ,000 | ,000 |
| | N | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |
| VES max | Pearson Correlation | ,816** | -,104 | ,885** | 1 | ,826** |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,168 | ,000 | | ,000 |
| | N | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |
| QC max | Pearson Correlation | ,712** | -,099 | ,765** | ,826** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | ,000 | ,192 | ,000 | ,000 | |
| | N | 176 | 176 | 176 | 176 | 176 |

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Le **tableau n° 27** présente les interrelations entre les paramètres physiologiques étudiés chez les footballeurs. Ce tableau fait ressortir les principales observations suivantes :

- le VO2 max est étroitement corrélé à l'ensemble des autres paramètres physiologiques, excepté la FC repos.

- La FC repos n'est pas corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques.
- La PWC 170 est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques, sauf FC repos.
- Le VES max est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques, excepté FC repos.
- Le QC max est corrélé à l'ensemble des paramètres physiologiques, excepté FC repos.

Le **tableau n° 27** montre qu'il existe une relation linéaire positive non significative ($\alpha=0.05$) très faible entre VO2 max et FC repos ($r=-0.026$, $p>0.05$) chez les footballeurs, par contre on observe qu'il existe une relation linéaire positive significative ($\alpha=0.01$) très forte entre VO2 max et PWC 170 ($r=0.984$, $p<0.01$), et des relation linéaire positives significatives ($\alpha=0.01$) fortes entre VO2 max et VES max ($r=0.816$, $p<0.01$), et entre VO2 max et QC max ($r=0.712$, $p<0.01$) chez ces même footballeurs.

Autrement, on note des relations linéaires négatives non significatives ($\alpha=0.05$) très faibles entre FC repos et PWC 170 ($r=-0.033$, $p>0.05$), entre FC repos et VES max ($r=-0.104$, $p>0.05$), et entre FC repos et QC max ($r=-0.099$, $p>0.05$). Cependant, on observe des relations linéaires positives significatives ($\alpha=0.01$) très fortes entre PWC 170 et VES max ($r=0.885$, $p<0.01$), entre PWC 170 et QC max ($r=0.765$, $p<0.01$), et entre VES max et QC max ($r=0.826$, $p<0.01$).

A partir de ces observations, on en déduit que le VO2 max chez les footballeurs peut être apprécié à partir de la PWC 170 ($r=0.984$, $p<0.01$), VES max ($r=0.816$, $p<0.01$) et QC max ($r=0.712$, $p<0.01$).

Ces résultats sont argumentés par le fait que :

- La PWC 170 est un bon indice de la capacité aérobie chez les sportifs de haut niveau.
- Le VES est le principal déterminant de l'endurance cardiorespiratoire (**Wilmore & Co, 2009**)¹.
- Selon **Brikci (1995)**² toute amélioration de la VO₂ max est liée simultanément à une augmentation de VES et de la différence artério-veineuse pour l'oxygène.
- Le QC (VES x FC) conditionne la quantité d'oxygène qui peut être éjectée par le cœur en 1 min.
- Selon **V. Billat (2003)**³ le débit cardiaque est le principal facteur limitatif de la VO₂ max.
- **Saltin et Rowel in Wilmore & Co (2009)**⁴ disent que le facteur limitant de la VO₂ max réside dans la capacité de transport de l'oxygène vers les muscles actifs.

En revenant aux niveaux de VO₂ max, VES max et QC max insuffisants chez les footballeurs démontré précédemment dans le premier axe, on explique la baisse de la valeur du VO₂ max chez nos footballeurs par une baisse des valeurs du PWC 170, du VES max, et du QC max comme étant les trois facteurs limitatifs de la VO₂ max.

1 **J. H. Wilmore/D. L. Costil/ W. L. Kenney.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarche/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009. P :160

2 **A. Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie, 1995. P: 73

3 **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entrainement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 111

4 **Même reference (1).** P :229

II-3-3- Comparaison des interrelations entre les différents paramètres physiologiques observées (footballeuses/footballeurs) :

En comparant les interrelations existantes entre le VO2 max et les autres paramètres physiologiques chez les footballeuses et footballeurs, on trouve que les relations linéaires positives existantes entre VO2 max et VES max ($r=0.816$) et entre VO2 max et QC max ($r=0.712$) chez les footballeurs sont plus significatives par rapport aux relations linéaires positives existantes entre VO2 max et VES max ($r=0.603$) et entre VO2 max et QC max ($r=0.602$) chez les footballeuses.

Autrement, la FC repos présente avec le VO2 max une relation linéaire négative non significative chez les footballeuses et une relation linéaire positive non significative chez les footballeurs.

On explique ce désavantage observé pour les footballeuses par le fait que, les footballeurs présente une meilleure adaptation cardiovasculaire à l'effort par rapport aux les footballeuses et ils présentent des valeurs de VO2 max, de VES max et QC max plus élevé que celles des footballeuses. Et comme expliqué dans le deuxième axe, ces différences dans les valeurs des paramètres physiologiques entre les footballeuses et footballeurs ne sont seulement dues à la variation de facteur sexe, mais elles sont aussi expliquées par un niveau d'entraînement en endurance très insuffisant chez nos footballeuses par rapport à nos footballeurs.

CONCLUSIONS
GENERALES
ET
RECOMMANDATIONS

III- Conclusions générales :

L'exercice nécessite que le système cardiovasculaire soit l'objet d'adaptations diverses et spécifiques. Toutes n'ont qu'un seul but : permettre au système cardiovasculaire de répondre aux mieux à l'augmentation des besoins énergétiques, en optimisant les conditions de transport et d'utilisation de l'oxygène. Ces adaptations vont concerner :

- ✓ La fréquence cardiaque ;
- ✓ Le volume d'éjection systolique ;
- ✓ Le débit cardiaque ;
- ✓ La pression artérielle ;
- ✓ Le débit sanguin ;
- ✓ Le sang.

Lors d'un exercice isolé, l'homme ajuste ses fonctions cardiovasculaire et respiratoire à l'augmentation de la demande énergétique. Mais l'entraînement qui consiste en une répétition d'exercices induit une adaptation de ces systèmes contribuant à améliorer les qualités d'endurance. En effet les mécanismes qui permettent le transport de l'oxygène et son utilisation par les cellules deviennent plus efficaces. Il est communément admis que l'entraînement aérobic améliore le système du transport de l'oxygène et donc la consommation maximale d'oxygène VO_2 max.

La consommation maximale d'oxygène est souvent considérée comme le meilleur index de l'aptitude cardiorespiratoire à l'endurance. Toutes les adaptations liées à l'entraînement aérobic de la fréquence cardiaque, de volume d'éjection systolique et de débit cardiaque contribuent à augmenter la VO_2 max dans des proportions importantes.

Outre, l'endurance est souvent perçue comme la qualité physique fondamentale. C'est pour l'athlète le meilleur moyen de prévenir la fatigue. Un faible potentiel aérobie conduit à la fatigue, même dans les activités sportives les moins contraignantes. Pour tout sportif, quel que soit son sport, la fatigue est l'obstacle majeur à la réalisation d'une bonne performance.

Et c'est ce qui devait ressortir de la présente étude, si on se réfère à l'hypothèse principale, supposée au préalable et selon laquelle, toute élévation du niveau de la performance chez les sportifs de haut niveau doit passer par une meilleure adaptation physiologique du système cardiovasculaire et par un meilleur ajustement de système de transport de l'oxygène et son utilisation à l'effort. Cette adaptation physiologique de l'organisme à l'effort physique doit d'être le résultat d'un bon entraînement, notamment l'entraînement en endurance, planifié et programmé selon des données scientifiques en rapport avec les exigences physique et physiologiques de la pratique sportive moderne de chaque discipline.

A la lumière de cette hypothèse et autres questions comme :

- Nos footballeuses présentent-elles des niveaux élevés dans certains paramètres physiologiques directement liés avec la performance ?
- Les variations de l'âge et du sexe sont-elles significatives par rapport à l'évolution de ces paramètres physiologiques ?
- Quels sont les paramètres physiologiques les plus corrélés avec le VO₂ max en tant que facteur le plus important de la performance chez l'échantillon d'étude.

Et en tenant compte des différentes observations réalisées chez la population de notre échantillon d'étude et des résultats enregistrés lors des différentes comparaisons faites dans cette étude, entre les résultats de la

population de notre échantillon d'étude et les résultats de la population de l'échantillon contrôle, et entre les résultats de la population de notre échantillon d'étude et les valeurs des normes et références nationales et internationales dans les paramètres étudiés on permis de conclure que :

La footballeuse algérienne présente un niveau bas dans les paramètres physiologiques étudiés (FC repos, PWC 170, VO₂ max, VES max, QC max) en comparaison avec le footballeur algérien, et un niveau très bas en comparaison avec le haut niveau national et international.

L'évolution de ces paramètres chez nos footballeuses n'est pas affectée par l'âge des sujets entre 20 et 30 ans, par contre des différences sont observées entre les footballeuses et les footballeurs. Les footballeurs présentent des valeurs largement plus élevées dans tous les paramètres physiologiques étudiés sauf dans la FC repos, ils présentent des valeurs basses par rapport aux footballeuses. Ces différences sont expliquées au niveau de la composition corporelle, taux d'hémoglobine et dimensions cardiaques.

- Composition corporelle : les différences du poids, de taille et d'adiposité. l'homme développe une masse musculaire plus importante que chez la femme et la femme développe un taux de graisse élevé que chez l'homme, ce qui augmente le rendement énergétique de l'homme par rapport à la femme. Ça explique les résultats de la VO max élevés chez hommes.
- Taux d'hémoglobine : les hommes développent une plus forte concentration d'hémoglobine par rapport aux femmes, ce qui permet de transporter plus d'oxygène aux muscles actifs. Ça explique les résultats de la VO max élevés chez hommes.
- Dimensions cardiaque : le volume cardiaque est plus petit chez la femme que chez l'homme, le volume du sang éjecté par le cœur par

l'ondée systolique est bas par rapport à celui des hommes. Ça explique les résultats de la FC repos baissé, et les résultats de VES max et QC max élevés chez les hommes

Cependant, ces différences entre nos footballeuses et nos footballeurs ne sont pas dues uniquement à la variation de sexe. Probablement elles sont attribuées au niveau d'entraînement, notamment l'entraînement en endurance, très insuffisant chez la footballeuse algérienne.

Concernant l'évolution de la VO₂ max, en tant que le facteur le plus liée à la performance, par rapport aux autres paramètres. La présente étude fait révéler que la valeur de la consommation maximale d'oxygène est très corrélée à la valeur de volume d'éjection systolique et celle de débit cardiaque, étant donné que les trois paramètres constituent des facteurs déterminant de la chaîne de transport et utilisation de l'oxygène. Donc, on peut attribuer au système cardiovasculaire une responsabilité non négligeable dans la baisse de la valeur de VO₂ max chez nos footballeuses.

D'une manière générale, les résultats enregistrés dans cette étude, ont permis de montrer que les footballeuses algériennes présente une adaptation physiologique très insuffisante du système cardiovasculaire lors de l'effort, traduit par un niveau très bas des valeurs de la consommation maximale d'oxygène, de volume d'éjection systolique et du débit cardiaque. Ces trois derniers présentés comme étant les maillons limitant la chaîne de transport et d'utilisation d'oxygène. En outre, cette baisse des facteurs déterminant la performance du système cardiovasculaire est probablement liée à un manque très important dans l'entraînement en endurance chez la population de notre échantillon et la préparation physique en général.

Au terme de l'explication des résultats de notre étude, à cet effet, l'hypothèse supposée par **Brikci (1995)**, revêtent une importance capitale.

La pratique de football de haut niveau fait appel à certaines qualités dont la capacité aérobie, permettant au joueur de maintenir un rythme élevé pendant les 90 minutes et parfois plus d'un match et utile également pour une meilleure récupération entre les actions.

Sur ce, les résultats de l'étude de **Brikci (1995)**, réalisée sur des footballeurs d'élite algériens et ceux de l'équipe nationale algérienne, et qui a révélé que parmi les qualités énergétiques les plus importantes dans la pratique du football de haut niveau figurant le système aérobie qui est conditionné par la capacité d'adaptation d'un ensemble de processus physiologiques, chargés de capter, transporter, puis livrer de l'oxygène aux muscles actifs. L'indice général de ce système est la consommation maximale d'oxygène VO₂ max qui est le critère d'aptitude physique et le plus significatif pour les sports à dominante aérobie.

D'autres travaux comme ceux d'**Ekblom (1960)**, d'**Ekblom et Hermanssen (1968)**, de **salin et al. (1976)** in **V. Billat (2003)**¹ réalisés sur des sédentaires, des sportifs non entraînés en endurance et des sportifs entraînés en endurance étudient les différentes valeurs de VO₂ max et de saturation de l'hémoglobine en oxygène, de la quantité d'hémoglobine et du contenu artériel en oxygène ; soutiennent, que le contenu artériel en oxygène (Ca O₂) n'est pas très différent entre ces populations, ce qui laisse que le débit cardiaque, en particulier le volume d'éjection systolique, constitue l'élément essentiel de la différence de la VO₂ max entre les trois populations. En outre l'entraînement en endurance augmente l'activité enzymatique oxydative, ce qui laisse supposer que cette adaptation va favoriser le métabolisme aérobie sur le métabolisme anaérobie.

¹ **V. Billat**. « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 91

Une autre étude de **Sutton (1992)** in **V. Billat (2003)**¹ soutient que la consommation maximale d'oxygène VO₂ max dépend de lien optimum entre tous les chaînons qui constituent le transport d'oxygène des poumons vers les capillaires. De tous les déterminants de la consommation d'oxygène qui se modifient avec l'entraînement en endurance, le système cardiovasculaire semble le plus adaptable, à l'intérieur de ce système, le volume d'éjection systolique paraît le plus important et le plus sensible à l'entraînement en endurance.

En dépit donc, de l'importance du champ de recherche de la présente étude qui s'est intéressée à l'évaluation des mécanismes physiologiques étayés par réponses cardiovasculaire, elle ne demeure pas cependant, sans limites.

Limites qui se rapportent, en premier plan, aux variables étudiées ne couvrants pas l'ensemble des paramètres physiologiques cardiovasculaire et l'ensemble des qualités énergétiques responsable de l'adaptation de l'organisme à l'effort et à l'entraînement, Seuls quelques aspects cardiovasculaires (FC repos, VO₂ max, VES max, PWC 170, QC max) sont étudiés. Et en second plan aux qualités physiques mises en jeu en football, une partie que nous considérons très importante pour la détermination et l'évaluation de la performance chez les footballeuses et les footballeurs. Seuls quelques aspects physiologiques cardiovasculaires (FC repos, VO₂ max, VES max, PWC 170, QC max) sont étudiés. Les conclusions issues de cette étude sont, de ce fait, nécessairement partielles.

En dernier plan, certaines contraintes et difficultés ont émaillé la réalisation de cette étude. Des difficultés qui sont traduites par le manque de moyens appropriés à la réalisation d'un protocole expérimentale au niveau de laboratoire de l'IEPS Mostaganem. Et les difficultés d'ordres

¹ **V. Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003. P : 91

organisationnelles rencontrées au CNMS d'Alger pour la réalisation de ce protocole expérimentale.

En outre, nous avons constaté un manque flagrant dans la disponibilité d'ouvrages spécialisés dans l'activité physique chez la femme en général et plus particulièrement spécialisés dans l'évaluation physiologiques chez la femme sportive. Dans le même sens, des recherches similaires réalisées sur des femmes sportives, plus précisément sur des footballeuses, nous a fait défaut soit des travaux de recherches nationaux au étrangers.

Enfin, et admettant le fait que la présente étude ne s'est penché que sur un traitement partiel de l'adaptation physiologique à la pratique physique chez la femme sportive de haut niveau, nous estimons qu'elle reste à ce niveau donc, ouverte pour servir de base à des recherches ultérieures.

IV- Recommandations :

Le football féminin est une discipline très jeune dans notre pays, très peu d'associations sportives activent à travers tout le territoire national dans cette discipline. En outre, nos chercheurs n'ont pas encore exploré le champ d'étude de cette discipline sportive, comme d'ailleurs toutes les disciplines sportives féminines modestement abordées par des études académiques dans le domaine sportif en général et particulièrement l'axe des sciences biologiques de l'activité physiques.

Sur le côté médical, durant notre enquête principale réalisée au niveau de centre national de médecine du sport (CNMS d'Alger), on a remarqué que les athlètes nationaux en général et les footballeuses plus précisément subissent un seul contrôle médical périodique d'avant saison, et pas tous les clubs évoluant dans notre championnat national de football féminin ont accès à ce contrôle. Pour ce, on constate que nos footballeuses souffre d'une absence d'un suivi médical et biologique efficace pour plusieurs causes parmi lesquelles :

- La seule structure spécialiste dans le contrôle médicosportif au niveau national est le CNMS d'Alger, les clubs loin de la capitale trouvent des difficultés financières de se déplacer pour effectuer leur contrôle médicosportif obligatoire pour chaque athlète pour la livraison d'une licence sportive par la fédération concernée.
- Nos clubs sont mal structurés et mal encadré à exception de 3 ou 4 clubs les plus huppés (ASE Alger centre, Affak Relizan, JSK, CLTB...).

L'objectif de notre étude était d'évaluer quelques paramètres physiologiques chez des footballeuses d'élite nationale. Ce travail nous a permis d'apporter quelques réponses aux questions posées au préalable.

Dans la perspective d'améliorer de manière significative certaines qualités physiologiques chez nos footballeuses, nous nous recommandons ce qui suit:

IV-1- Aux autorités (et fédération) :

- Accorder aussi plus d'intérêt au sport féminin.
- Promouvoir un projet de développement et professionnalisation de football féminin en Algérie.
- Créer un centre médicosportif national et des annexes régionaux aux normes internationales pour un suivi correct et une analyse efficiente des performances de nos sportifs.

IV-2- Aux dirigeants des clubs et entraîneurs:

- Accorder une importance particulière au contrôle médical et à l'évaluation physiologique des sportifs.
- Ajuster les programmes d'entraînement selon les exigences physiques et physiologiques de football moderne.
- Bien préparer nos athlètes footballeuses, notamment en endurance.

IV-3- Aux athlètes :

- Faire plus d'efforts dans la préparation physique.
- Bien s'appliquer dans les entraînements.

IV-3- Aux instituts du sport :

- Bien équiper les laboratoires de recherche par les moyens appropriés à la réalisation des travaux poussés dans l'évaluation physiologique, le suivi biologique et le contrôle médicosportif des athlètes.
- Hisser le niveau de formation des étudiants post-graduation par la programmation de stages pratiques selon les spécialités dans des

structures d'accueil nationale très huppées et/ou des stages à l'étranger.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

❖ Liste des ouvrages :

- 1- **Abderrahim Brikci.** « Physiologie appliquée aux activités sportives : Enseignement et recherche ». Edition : Abada. Algérie.
- 2- **Camille Craplet/Pascal Craplet.** « physiologie et activité sportive ». Edition : Vigot. Paris, 1986.
- 3- **David Jones & Co.** « Physiologie du muscle squelettique : de la structure au mouvement ». Traduction et adaptation de l'anglais : Bruno Sesboué. Edition : Elsevier. France,2005.
- 4- **E. Brunet-Guedj & Co.** « Médecine du sport ». 7eme edit. Edition : Masson. Paris, 2006.
- 5- **E. Hahn.** « l'entrainement sportif des enfants ». Edition : Vigot. Paris, 1987.
- 6- **Edward L. Fox/Donald K. Mathews.** « Bases physiologique de l'activité physique ». traduit : par F. Péronet. Edition : Vigot. Paris, 1984.
- 7- **Elaine N. Marieb.** « Biologie humaine : principes d'anatomie et de physiologie ». 8e édit : traduction française coordonnée par René Lachaine. Edition : Pearson Education. Québec, 2008.
- 8- **François Carré/Therry Laporte.** « Le guide de cardiofréquencemètre ». Edition : Frison-Roche. Paris, 2009.
- 9- **Guillaume Millet/Stéphane Perry.** « Physiologie de l'exercice musculaire ». Edition : Ellipses. Paris, 2005.
- 10- **J. P. Doutreloux.** « physiologie et biologie du sport ». Edition : Vigot. Paris, 1998.
- 11- **Jack H. Wilmore/David L. Costil/ W. Larry Kennedy.** « physiologie du sport et de l'exercice ». 4eme edit: traduit par A. et P. Delamarque/C. Groussard/H. Zouhal. Edition : De Boeck. Paris, 2009.
- 12- **Jean Paul Deoutreloux.** « Physiologie et biologie du sport ». Edition : Vigot. Paris, 2004.
- 13- **Jean-Paul Ancian.** « Football : une préparation physique programmée ». Edition : Amphora. Paris, 2008.
- 14- **Jurgen Weineck.** « Manuel de l'entrainement ». 4e édit. Edition: Vigot. Paris, 1997.
- 15- **Le petit larousse.** 2010.
- 16- **L. P. Matveiev.** « Aspects fondamentaux de l'entrainement ». Edition : Vigot. Paris, 1983.
- 17- **Michel Lacombe.** « Abrégé d'anatomie et de physiologie humaine ». Edition : Lamarre. France, 2006.
- 18- **N. Dekkar, A. Brikci, R. Hanifi.** «Technique d'évaluation physiologique des athlètes ». Edition: COA, 1990.

- 19- **Paolo Cerretelli.** « Traité de physiologie de l'exercice et du sport ». Edition : Masson. Paris, 2002.
- 20- **Per-Olof Astrand/Kaare Rodahl.** « Précis de physiologie de l'exercice musculaire ». 2eme édit : traduit par Jean-René Lacour. Edition : Masson. Paris, 1980.
- 21- **Philippe Leroux.** « Football : planification et entraînement pour atteindre la performance ».Edition : Amphora. Paris, 2006.
- 22- **Véronique Billat.** « physiologie et méthodologie de l'entraînement : de la théorie à la pratique ». 2eme édit. Edition : De boeck. Paris, 2003.

❖ Liste des Mémoires :

- **K. Said Aissa.** " l'influence physiologique de jeune chez les athlètes de haut niveau". Thèse Doctorat. 2007.

❖ Liste des fichiers PDF :

Antonia Pérez-Martin/Iris Schuster/Michel Dauzat. Faculté de Médecine de Montpellier-Nîmes. Physiologie cardiovasculaire.pdf

Bouassida Anissa. ISSEP Kef. Adaptation cardio-vasculaire à l'exercice et à l'entraînemnt.pdfAdaptation cardio-vasculaire.pdf

C. Cabrol, R. Vialle, H. Guérin-Survi. Faculté de médecine Pierre et Marie Curie. Anatomie du coeur humain.pdf

G. Cazorla/M. Zazuol/L. Boussaidi/B. Zahi/M. Duclos. « Etude des exigences physiologiques et biologiques du match du football et conséquences pour l'évaluation et la préparation physique du footballeur ».Pdf

Georgine Delplanque. Commission Médicale- Fédération Française de Handball. systeme cardio-pulmonaire.pdf

J. Malchaire. Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus du fréquence cardiaque aux postes de travail.pdf.

Jean-Pierre Goussard. Planification-Entraînement-Performance.pdf

Karvonen. Méthode de calcul FC max.pdf

R. Leca. Centre Universitaire Condorcet Le Creusot. La consommation maximale d'oxygène.pdf

Stéphane Tanguy. Université d'Avignon et des pays de Vaucluse. Bases de physiologie cardiovasculaire.pdf

Sylvain Durand. Univesité du Maine .Physiologie des grandes fonctions.pdf

Thierry Verson. Physiologie de l'exercice.pdf

Wilmore et Costill. Physiologie du sport et de l'exercice physique, De Boeck Université, 1998.pdf

A.S. Paris 6 - Section Plongée Sous Marine. Elément d'anatomie & physiologie.pdf

Polar heart rate monitors. questions sur la fréquence cardiaque.pdf

L'appareil cardiorespiratoire et circulation sanguine.pdf

Le système circulatoire.pdf

Les bases physiologiques de l'exercice musculaire.pdf

❖ **Liste des fichiers PPT :**

Haithem Rebai. Maître Assistant. ISSEP de Sfax. Adaptations respiratoires et métaboliques à l'exercice.ppt

❖ **Liste des sites internet :**

<http://cours.cegep-st-jerome.qc.ca>: les volumes et les capacités respiratoires (Tiré de Tortora et Grabowski aux éditions ERPI).

<http://fr.wikipedia.org>: fréquence cardiaque maximum.

<http://fr.wikipedia.org>: le cœur humain.

<http://sport.spécialolympics.org> : entraînement d'endurance au football.

<http://www.billat.net> : VO2 max les promesses du présent : les dernières découvertes

<http://www.e-s-c.fr> : Aspects nouveaux de la préparation physique en sports collectifs- Illustration en football.

<http://www.eurekasante.fr> : L'adaptation de système cardiorespiratoire à l'effort.

<http://www.infovisual.info>: physiologie de l'entraînement

<http://www.staps.uhp-nancy.fr> : la dette d'oxygène.

ANNEXES

RESULTATS ET STATISTIQUES DES FOOTBALLEUSES (20-25 ANS)

| N° | Age | Poids | Taille | FC repos | PWC 170 | VO2 max | VES effort | QC effort |
|----|-----|-------|--------|----------|---------|---------|------------|-----------|
| 1 | 20 | 52.00 | 155 | 85 | 7.14 | 65.95 | 83.30 | 12.54 |
| 2 | 20 | 51.00 | 160 | 85 | 8.57 | 61.88 | 83.30 | 12.54 |
| 3 | 20 | 59.00 | 162 | 81 | 8.65 | 57.70 | 83.30 | 12.54 |
| 4 | 20 | 56.00 | 166 | 80 | 8.65 | 57.07 | 83.30 | 12.54 |
| 5 | 20 | 65.00 | 165 | 80 | 9.52 | 56.53 | 83.30 | 12.54 |
| 6 | 20 | 57.00 | 162 | 80 | 9.57 | 56.53 | 94.70 | 14.26 |
| 7 | 20 | 80.00 | 161 | 80 | 9.64 | 55.59 | 94.70 | 14.26 |
| 8 | 20 | 70.00 | 167 | 80 | 9.78 | 55.59 | 94.70 | 14.26 |
| 9 | 20 | 57.00 | 158 | 80 | 9.83 | 54.66 | 94.70 | 14.26 |
| 10 | 20 | 56.00 | 163 | 80 | 10.16 | 54.31 | 94.70 | 14.26 |
| 11 | 20 | 56.00 | 153 | 80 | 10.34 | 54.01 | 94.70 | 14.26 |
| 12 | 20 | 67.00 | 175 | 80 | 10.34 | 53.45 | 94.70 | 14.26 |
| 13 | 20 | 53.00 | 154 | 80 | 10.52 | 53.20 | 94.70 | 15.11 |
| 14 | 20 | 49.00 | 145 | 78 | 10.52 | 52.90 | 100.40 | 15.11 |
| 15 | 20 | 52.00 | 155 | 75 | 10.52 | 52.36 | 100.40 | 15.11 |
| 16 | 20 | 51.00 | 160 | 75 | 10.68 | 52.26 | 100.40 | 15.11 |
| 17 | 20 | 55.00 | 160 | 75 | 10.71 | 52.26 | 100.40 | 15.11 |
| 18 | 20 | 52.00 | 164 | 75 | 10.71 | 51.36 | 100.40 | 15.11 |
| 19 | 20 | 46.00 | 160 | 75 | 10.71 | 51.29 | 100.40 | 15.11 |
| 20 | 20 | 57.00 | 164 | 75 | 10.71 | 50.38 | 100.40 | 15.11 |
| 21 | 20 | 56.00 | 155 | 75 | 11.19 | 50.36 | 100.40 | 15.11 |
| 22 | 20 | 53.00 | 158 | 75 | 11.25 | 50.22 | 100.40 | 15.11 |
| 23 | 20 | 56.00 | 160 | 75 | 11.32 | 49.51 | 100.40 | 15.11 |
| 24 | 21 | 73.00 | 175 | 75 | 11.53 | 49.46 | 100.40 | 15.11 |
| 25 | 21 | 70.00 | 167 | 75 | 11.76 | 49.46 | 100.40 | 15.11 |
| 26 | 21 | 67.00 | 172 | 75 | 11.76 | 49.46 | 100.40 | 15.11 |
| 27 | 21 | 67.00 | 172 | 73 | 11.76 | 49.46 | 100.40 | 15.11 |
| 28 | 21 | 51.00 | 154 | 73 | 12.00 | 49.40 | 100.40 | 15.11 |
| 29 | 21 | 48.00 | 158 | 72 | 12.00 | 49.13 | 100.40 | 15.11 |
| 30 | 21 | 56.00 | 171 | 70 | 12.18 | 49.13 | 100.40 | 15.11 |
| 31 | 21 | 64.00 | 167 | 70 | 12.24 | 48.95 | 100.40 | 15.11 |
| 32 | 21 | 61.00 | 170 | 70 | 12.27 | 48.86 | 100.40 | 15.11 |
| 33 | 21 | 56.00 | 165 | 70 | 12.50 | 48.79 | 100.40 | 15.11 |
| 34 | 21 | 63.00 | 155 | 70 | 12.50 | 48.79 | 100.40 | 15.11 |
| 35 | 21 | 57.00 | 161 | 70 | 12.50 | 48.59 | 100.40 | 15.11 |
| 36 | 21 | 57.00 | 160 | 70 | 12.50 | 48.59 | 100.40 | 15.11 |
| 37 | 21 | 58.00 | 160 | 70 | 12.50 | 48.59 | 100.40 | 15.11 |
| 38 | 21 | 59.00 | 162 | 70 | 11.25 | 50.22 | 100.40 | 15.11 |
| 39 | 21 | 58.00 | 164 | 70 | 12.85 | 48.23 | 108.38 | 16.31 |

| | | | | | | | | |
|----|----|-------|-----|----|-------|-------|--------|-------|
| 40 | 21 | 61.00 | 164 | 70 | 13.04 | 47.75 | 108.38 | 16.31 |
| 41 | 21 | 60.00 | 169 | 70 | 13.04 | 47.75 | 108.38 | 16.31 |
| 42 | 21 | 49.00 | 154 | 70 | 13.23 | 47.53 | 108.38 | 16.31 |
| 43 | 21 | 58.00 | 154 | 70 | 13.33 | 47.08 | 108.38 | 16.31 |
| 44 | 22 | 61.00 | 165 | 70 | 13.43 | 47.08 | 117.50 | 17.69 |
| 45 | 22 | 70.00 | 169 | 70 | 13.63 | 47.08 | 117.50 | 17.69 |
| 46 | 22 | 57.00 | 159 | 68 | 13.63 | 47.08 | 117.50 | 17.69 |
| 47 | 22 | 61.00 | 165 | 67 | 13.68 | 47.08 | 117.50 | 17.69 |
| 48 | 22 | 62.00 | 167 | 67 | 14.28 | 46.94 | 117.50 | 17.69 |
| 49 | 22 | 57.00 | 153 | 65 | 14.28 | 46.94 | 117.50 | 17.69 |
| 50 | 22 | 69.00 | 171 | 65 | 14.51 | 46.91 | 117.50 | 17.69 |
| 51 | 22 | 51.00 | 156 | 65 | 14.71 | 46.85 | 117.50 | 17.69 |
| 52 | 22 | 66.00 | 159 | 65 | 14.75 | 46.32 | 117.50 | 17.69 |
| 53 | 22 | 66.00 | 164 | 65 | 14.75 | 46.16 | 117.50 | 17.69 |
| 54 | 22 | 56.00 | 161 | 65 | 14.75 | 46.12 | 117.50 | 17.69 |
| 55 | 22 | 68.00 | 163 | 65 | 14.75 | 45.83 | 117.50 | 17.69 |
| 56 | 22 | 42.00 | 165 | 65 | 15.00 | 45.40 | 117.50 | 17.69 |
| 57 | 22 | 75.00 | 171 | 65 | 15.21 | 45.40 | 117.50 | 17.69 |
| 58 | 23 | 53.00 | 157 | 65 | 15.25 | 45.40 | 117.50 | 17.69 |
| 59 | 23 | 57.00 | 159 | 65 | 15.25 | 45.40 | 117.50 | 17.69 |
| 60 | 23 | 54.00 | 158 | 65 | 15.38 | 45.23 | 117.50 | 17.69 |
| 61 | 23 | 62.00 | 169 | 65 | 15.48 | 45.20 | 117.50 | 17.69 |
| 62 | 23 | 61.00 | 168 | 65 | 15.51 | 45.01 | 117.50 | 17.69 |
| 63 | 23 | 46.00 | 150 | 65 | 15.51 | 44.67 | 117.50 | 17.69 |
| 64 | 23 | 69.00 | 167 | 65 | 15.51 | 44.31 | 117.50 | 17.69 |
| 65 | 23 | 71.00 | 165 | 65 | 15.78 | 44.31 | 117.50 | 17.69 |
| 66 | 23 | 63.00 | 162 | 65 | 15.78 | 44.31 | 117.50 | 17.69 |
| 67 | 23 | 56.00 | 162 | 62 | 15.78 | 43.96 | 117.50 | 17.69 |
| 68 | 23 | 68.00 | 159 | 62 | 15.90 | 43.96 | 117.50 | 17.69 |
| 69 | 23 | 52.00 | 156 | 60 | 15.91 | 43.84 | 117.50 | 17.69 |
| 70 | 23 | 53.00 | 157 | 60 | 16.00 | 43.58 | 117.50 | 17.69 |
| 71 | 23 | 62.00 | 168 | 60 | 16.07 | 43.46 | 117.50 | 17.69 |
| 72 | 23 | 44.00 | 148 | 60 | 12.24 | 48.95 | 100.40 | 15.11 |
| 73 | 23 | 56.00 | 165 | 60 | 12.27 | 48.86 | 100.40 | 15.11 |
| 74 | 23 | 59.00 | 165 | 60 | 12.50 | 48.79 | 100.40 | 15.11 |
| 75 | 24 | 48.00 | 151 | 60 | 16.07 | 41.34 | 117.50 | 17.69 |
| 76 | 24 | 50.00 | 167 | 60 | 16.25 | 40.90 | 117.50 | 17.69 |
| 77 | 24 | 49.00 | 156 | 60 | 16.36 | 40.73 | 117.50 | 17.69 |
| 78 | 24 | 47.00 | 152 | 60 | 16.66 | 40.35 | 117.50 | 17.69 |
| 79 | 24 | 63.00 | 162 | 60 | 16.84 | 40.35 | 117.50 | 17.69 |
| 80 | 24 | 60.00 | 170 | 60 | 16.93 | 40.35 | 117.50 | 17.69 |
| 81 | 24 | 59.00 | 172 | 60 | 16.93 | 40.35 | 117.50 | 17.69 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 82 | 24 | 59.00 | 164 | 59 | 16.98 | 39.64 | 122.06 | 18.37 | |
| 83 | 24 | 60.00 | 170 | 58 | 12.24 | 48.95 | 100.40 | 15.11 | |
| 84 | 24 | 48.00 | 153 | 57 | 12.27 | 48.86 | 100.40 | 15.11 | |
| 85 | 24 | 49.00 | 153 | 57 | 12.50 | 48.79 | 100.40 | 15.11 | |
| 86 | 24 | 70.00 | 167 | 57 | 17.39 | 39.01 | 128.90 | 19.40 | |
| 87 | 25 | 48.00 | 163 | 55 | 17.64 | 38.96 | 128.90 | 19.40 | |
| 88 | 25 | 58.00 | 161 | 55 | 17.64 | 38.96 | 128.90 | 19.40 | |
| 89 | 25 | 62.00 | 164 | 55 | 17.91 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 90 | 25 | 62.00 | 162 | 55 | 18.36 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 91 | 25 | 58.00 | 161 | 55 | 18.36 | 38.30 | 128.90 | 19.40 | |
| 92 | 25 | 48.00 | 163 | 55 | 18.75 | 37.53 | 140.30 | 21.12 | |
| 93 | 25 | 63.00 | 172 | 55 | 17.91 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 94 | 25 | 48.00 | 152 | 54 | 17.91 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 95 | 25 | 48.00 | 151 | 50 | 18.36 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 96 | 25 | 45.00 | 148 | 50 | 18.36 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| 97 | 25 | 46.00 | 151 | 50 | 20.33 | 34.62 | 140.30 | 21.12 | |
| 98 | 25 | 55.00 | 160 | 50 | 20.33 | 34.10 | 140.30 | 21.12 | |
| 99 | 25 | 53.00 | 161 | 45 | 21.42 | 32.28 | 140.30 | 21.12 | |
| 100 | 25 | 53.00 | 159 | 43 | 17.91 | 38.50 | 128.90 | 19.40 | |
| STAT | X | 22.17 | 57.55 | 161.44 | 66.58 | 13.84 | 46.79 | 110.42 | 16.63 |
| | δ | 1.74 | 7.59 | 6.45 | 9.13 | 3.00 | 5.94 | 13.49 | 2.02 |
| | MAX | 25.00 | 80.00 | 175.00 | 85.00 | 21.42 | 65.95 | 140.30 | 21.12 |
| | MIN | 20.00 | 42.00 | 145.00 | 43.00 | 7.14 | 32.28 | 83.30 | 12.54 |

RESULTATS ET STATISTIQUES DES FOOTBALLEUSES (25-30 ANS)

| N° | Age | Poids | Taille | FC repos | PWC 170 | VO2 max | VES effort | QC effort |
|----|-----|-------|--------|----------|---------|---------|------------|-----------|
| 1 | 26 | 53.00 | 159 | 95 | 7.89 | 33.73 | 83.30 | 12.54 |
| 2 | 26 | 67.00 | 172 | 90 | 8.33 | 35.17 | 83.30 | 12.54 |
| 3 | 26 | 59.00 | 163 | 85 | 8.95 | 35.31 | 83.30 | 12.54 |
| 4 | 26 | 45.00 | 153 | 85 | 9.00 | 35.31 | 83.30 | 12.54 |
| 5 | 26 | 53.00 | 159 | 80 | 9.00 | 35.31 | 83.30 | 12.54 |
| 6 | 26 | 50.00 | 157 | 80 | 9.37 | 35.31 | 83.30 | 12.54 |
| 7 | 26 | 55.00 | 159 | 80 | 9.37 | 35.87 | 83.30 | 12.54 |
| 8 | 26 | 54.00 | 156 | 80 | 9.37 | 36.44 | 83.30 | 12.54 |
| 9 | 26 | 46.00 | 164 | 80 | 9.37 | 37.12 | 83.30 | 12.54 |
| 10 | 26 | 50.00 | 156 | 80 | 9.37 | 37.66 | 83.30 | 12.54 |
| 11 | 26 | 55.00 | 153 | 80 | 9.37 | 37.66 | 94.70 | 12.54 |
| 12 | 26 | 63.00 | 169 | 78 | 9.37 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 13 | 26 | 50.00 | 148 | 78 | 9.52 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 14 | 26 | 68.00 | 166 | 75 | 10.00 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 15 | 26 | 60.00 | 164 | 75 | 10.00 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 16 | 26 | 49.00 | 145 | 75 | 10.34 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 17 | 26 | 45.00 | 152 | 75 | 10.34 | 38.96 | 94.70 | 12.54 |
| 18 | 26 | 51.00 | 167 | 75 | 10.34 | 39.64 | 94.70 | 12.54 |
| 19 | 26 | 61.00 | 159 | 75 | 10.34 | 39.64 | 94.70 | 12.54 |
| 20 | 26 | 63.00 | 177 | 75 | 10.34 | 40.09 | 94.70 | 12.54 |
| 21 | 26 | 54.00 | 157 | 75 | 10.34 | 40.10 | 94.70 | 14.26 |
| 22 | 26 | 61.00 | 159 | 75 | 16.98 | 52.32 | 117.50 | 17.69 |
| 23 | 26 | 50.00 | 155 | 75 | 16.98 | 52.32 | 117.50 | 17.69 |
| 24 | 26 | 76.00 | 172 | 75 | 16.98 | 52.32 | 117.50 | 17.69 |
| 25 | 26 | 63.00 | 170 | 70 | 16.98 | 52.32 | 117.50 | 17.69 |
| 26 | 26 | 58.00 | 162 | 70 | 10.90 | 40.73 | 94.70 | 14.26 |
| 27 | 27 | 57.00 | 162 | 70 | 10.90 | 41.09 | 94.70 | 14.26 |
| 28 | 27 | 64.00 | 169 | 70 | 10.90 | 41.09 | 94.70 | 14.26 |
| 29 | 27 | 60.00 | 163 | 70 | 11.32 | 41.09 | 94.70 | 14.26 |
| 30 | 27 | 58.00 | 159 | 70 | 11.32 | 41.29 | 94.70 | 14.26 |
| 31 | 27 | 49.00 | 158 | 70 | 11.53 | 41.77 | 94.70 | 14.26 |
| 32 | 27 | 56.00 | 157 | 70 | 11.53 | 41.77 | 94.70 | 14.26 |
| 33 | 27 | 54.00 | 158 | 70 | 11.60 | 41.77 | 94.70 | 14.26 |
| 34 | 27 | 55.00 | 160 | 70 | 11.76 | 42.25 | 94.70 | 14.26 |
| 35 | 27 | 57.00 | 161 | 70 | 11.76 | 42.61 | 94.70 | 14.26 |
| 36 | 27 | 55.00 | 153 | 70 | 11.80 | 42.64 | 94.70 | 14.26 |
| 37 | 27 | 64.00 | 167 | 70 | 12.00 | 42.64 | 94.70 | 14.26 |
| 38 | 27 | 43.00 | 150 | 70 | 12.00 | 43.46 | 94.70 | 14.26 |
| 39 | 27 | 55.00 | 153 | 70 | 12.00 | 43.46 | 94.70 | 14.26 |

| | | | | | | | | |
|----|----|-------|-----|----|-------|-------|--------|-------|
| 40 | 27 | 62.00 | 171 | 67 | 12.18 | 43.49 | 94.70 | 14.26 |
| 41 | 27 | 49.00 | 148 | 65 | 12.24 | 43.96 | 94.70 | 14.26 |
| 42 | 27 | 49.00 | 154 | 65 | 12.24 | 44.31 | 94.70 | 14.26 |
| 43 | 27 | 58.00 | 164 | 65 | 12.24 | 44.31 | 94.70 | 14.26 |
| 44 | 27 | 55.00 | 160 | 65 | 12.24 | 44.67 | 94.70 | 14.26 |
| 45 | 27 | 55.00 | 173 | 65 | 12.24 | 44.67 | 94.70 | 14.26 |
| 46 | 27 | 58.00 | 169 | 65 | 12.24 | 44.67 | 94.70 | 14.26 |
| 47 | 27 | 54.00 | 169 | 65 | 12.58 | 45.01 | 97.59 | 14.69 |
| 48 | 27 | 59.00 | 164 | 65 | 13.22 | 45.20 | 101.24 | 15.24 |
| 49 | 27 | 58.00 | 162 | 65 | 13.23 | 45.20 | 106.10 | 15.97 |
| 50 | 27 | 68.00 | 166 | 65 | 13.23 | 45.20 | 108.38 | 16.31 |
| 51 | 27 | 50.00 | 163 | 65 | 13.33 | 45.31 | 108.38 | 16.31 |
| 52 | 27 | 58.00 | 163 | 65 | 13.68 | 45.40 | 108.38 | 16.31 |
| 53 | 27 | 62.00 | 172 | 65 | 13.84 | 45.40 | 108.38 | 16.31 |
| 54 | 27 | 57.00 | 160 | 63 | 13.95 | 46.12 | 108.38 | 16.31 |
| 55 | 27 | 68.00 | 163 | 60 | 13.95 | 46.12 | 108.38 | 16.31 |
| 56 | 27 | 58.00 | 163 | 60 | 14.18 | 46.12 | 108.38 | 16.31 |
| 57 | 27 | 48.00 | 155 | 60 | 14.28 | 46.12 | 115.22 | 17.34 |
| 58 | 27 | 51.00 | 161 | 60 | 14.51 | 46.12 | 117.27 | 17.65 |
| 59 | 27 | 50.00 | 159 | 60 | 14.51 | 46.12 | 117.50 | 17.69 |
| 60 | 27 | 68.00 | 163 | 60 | 14.51 | 46.65 | 117.50 | 17.69 |
| 61 | 27 | 58.00 | 163 | 60 | 14.75 | 46.94 | 117.50 | 17.69 |
| 62 | 28 | 64.00 | 167 | 60 | 14.75 | 46.94 | 117.50 | 17.69 |
| 63 | 28 | 59.00 | 161 | 60 | 14.75 | 47.70 | 117.50 | 17.69 |
| 64 | 28 | 55.00 | 158 | 60 | 14.91 | 47.70 | 117.50 | 17.69 |
| 65 | 28 | 57.00 | 163 | 60 | 15.25 | 47.75 | 117.50 | 17.69 |
| 66 | 28 | 57.00 | 159 | 60 | 15.25 | 48.23 | 117.50 | 17.69 |
| 67 | 28 | 60.00 | 162 | 60 | 15.51 | 48.23 | 117.50 | 17.69 |
| 68 | 28 | 54.00 | 162 | 60 | 15.51 | 48.59 | 117.50 | 17.69 |
| 69 | 28 | 55.00 | 154 | 60 | 15.51 | 48.59 | 117.50 | 17.69 |
| 70 | 28 | 51.00 | 153 | 60 | 15.60 | 49.46 | 117.50 | 17.69 |
| 71 | 28 | 53.00 | 159 | 60 | 15.78 | 49.46 | 117.50 | 17.69 |
| 72 | 28 | 56.00 | 154 | 60 | 15.78 | 50.22 | 117.50 | 17.69 |
| 73 | 28 | 53.00 | 157 | 60 | 16.07 | 50.36 | 117.50 | 17.69 |
| 74 | 28 | 62.00 | 162 | 60 | 16.07 | 50.36 | 117.50 | 17.69 |
| 75 | 28 | 64.00 | 162 | 60 | 16.36 | 50.36 | 117.50 | 17.69 |
| 76 | 28 | 64.00 | 162 | 60 | 16.36 | 50.36 | 117.50 | 17.69 |
| 77 | 28 | 59.00 | 155 | 60 | 16.36 | 50.36 | 117.50 | 17.69 |
| 78 | 28 | 58.00 | 159 | 60 | 16.36 | 50.41 | 117.50 | 17.69 |
| 79 | 28 | 48.00 | 157 | 55 | 16.36 | 51.29 | 117.50 | 17.69 |
| 80 | 28 | 47.00 | 149 | 55 | 16.59 | 51.29 | 117.50 | 17.69 |
| 81 | 28 | 62.00 | 167 | 55 | 16.66 | 51.29 | 117.50 | 17.69 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| 82 | 28 | 53.00 | 159 | 55 | 16.66 | 51.30 | 117.50 | 17.69 | |
| 83 | 28 | 50.00 | 156 | 55 | 16.66 | 52.06 | 117.50 | 17.69 | |
| 84 | 28 | 51.00 | 154 | 55 | 16.66 | 52.26 | 117.50 | 17.69 | |
| 85 | 28 | 53.00 | 158 | 55 | 16.98 | 52.32 | 117.50 | 17.69 | |
| 86 | 28 | 52.00 | 166 | 55 | 17.50 | 52.55 | 117.50 | 17.69 | |
| 87 | 28 | 50.00 | 153 | 55 | 17.64 | 52.55 | 117.50 | 17.69 | |
| 88 | 28 | 48.00 | 155 | 55 | 17.64 | 54.31 | 117.50 | 17.69 | |
| 89 | 28 | 55.00 | 163 | 55 | 17.64 | 54.31 | 117.50 | 17.69 | |
| 90 | 28 | 60.00 | 160 | 55 | 17.64 | 54.59 | 117.50 | 17.69 | |
| 91 | 28 | 65.00 | 155 | 52 | 18.00 | 55.40 | 128.90 | 19.40 | |
| 92 | 28 | 57.00 | 161 | 50 | 18.00 | 55.40 | 128.90 | 19.40 | |
| 93 | 28 | 54.00 | 153 | 50 | 18.00 | 55.40 | 140.30 | 21.12 | |
| 94 | 28 | 43.00 | 152 | 50 | 19.04 | 55.59 | 140.30 | 21.12 | |
| 95 | 28 | 49.00 | 166 | 50 | 19.81 | 55.88 | 140.30 | 21.12 | |
| 96 | 28 | 56.00 | 163 | 50 | 20.33 | 57.07 | 140.30 | 21.12 | |
| 97 | 28 | 49.00 | 166 | 50 | 22.22 | 60.74 | 140.30 | 21.12 | |
| 98 | 28 | 56.00 | 163 | 50 | 22.59 | 60.74 | 140.30 | 21.12 | |
| 99 | 28 | 52.00 | 157 | 50 | 22.64 | 61.88 | 140.30 | 21.12 | |
| 100 | 28 | 50.00 | 163 | 45 | 22.64 | 61.88 | 141.82 | 21.35 | |
| STAT | X | 27.13 | 55.80 | 160.33 | 65.18 | 13.97 | 46.27 | 107.71 | 16.04 |
| | δ | 0.80 | 6.17 | 6.05 | 9.99 | 3.46 | 6.54 | 15.77 | 2.57 |
| | MAX | 28.00 | 76.00 | 177.00 | 95.00 | 22.64 | 61.88 | 141.82 | 21.35 |
| | MIN | 26.00 | 43.00 | 145.00 | 45.00 | 7.89 | 33.73 | 83.30 | 12.54 |

RESULTATS ET STATISTIQUES DES FOOTBALLEURS (20-25 ANS)

| Joueurs | Age | Poids | Taille | FC repos | PWC 170 | VO2 Max | VES effort | QC effort |
|---------|-----|-------|--------|----------|---------|---------|------------|-----------|
| 1 | 20 | 65.50 | 196 | 62 | 17.21 | 54.19 | 134.76 | 20.89 |
| 2 | 20 | 64.00 | 166 | 55 | 20.75 | 62.37 | 150.04 | 19.81 |
| 3 | 20 | 64.00 | 170 | 70 | 22.78 | 66.84 | 159.91 | 23.03 |
| 4 | 20 | 73.00 | 179 | 54 | 18.88 | 56.20 | 153.86 | 22.16 |
| 5 | 20 | 65.50 | 196 | 67 | 16.19 | 51.95 | 129.69 | 18.16 |
| 6 | 20 | 64.00 | 166 | 60 | 19.34 | 59.26 | 143.16 | 19.76 |
| 7 | 20 | 60.00 | 170 | 73 | 16.86 | 54.92 | 125.96 | 18.64 |
| 8 | 20 | 73.00 | 179 | 64 | 16.64 | 51.26 | 141.42 | 19.23 |
| 9 | 20 | 67.00 | 196 | 62 | 19.44 | 58.74 | 148.10 | 21.92 |
| 10 | 20 | 64.00 | 166 | 55 | 21.62 | 64.28 | 154.24 | 21.44 |
| 11 | 20 | 61.00 | 170 | 64 | 17.32 | 55.65 | 129.42 | 19.15 |
| 12 | 20 | 64.00 | 166 | 71 | 24.96 | 71.63 | 170.51 | 23.70 |
| 13 | 20 | 67.00 | 196 | 67 | 19.44 | 58.74 | 148.10 | 21.92 |
| 14 | 20 | 64.00 | 166 | 58 | 22.78 | 66.84 | 159.91 | 23.03 |
| 15 | 20 | 61.00 | 170 | 72 | 22.87 | 67.85 | 155.12 | 25.44 |
| 16 | 20 | 75.00 | 179 | 67 | 13.07 | 43.02 | 123.59 | 18.54 |
| 17 | 20 | 67.00 | 196 | 61 | 20.11 | 60.21 | 151.50 | 20.75 |
| 18 | 20 | 64.00 | 166 | 64 | 24.96 | 71.63 | 170.51 | 23.70 |
| 19 | 20 | 60.00 | 170 | 65 | 16.48 | 54.45 | 124.24 | 18.64 |
| 20 | 20 | 73.00 | 179 | 64 | 14.47 | 46.49 | 129.37 | 16.95 |
| 21 | 21 | 60.00 | 170 | 56 | 19.74 | 61.26 | 139.13 | 18.78 |
| 22 | 21 | 64.00 | 170 | 58 | 17.81 | 55.91 | 135.74 | 20.23 |
| 23 | 21 | 65.00 | 178 | 53 | 21.49 | 63.75 | 155.28 | 22.98 |
| 24 | 21 | 60.00 | 170 | 60 | 21.30 | 64.70 | 146.25 | 22.38 |
| 25 | 21 | 64.00 | 170 | 55 | 18.68 | 57.81 | 139.95 | 21.69 |
| 26 | 21 | 74.00 | 178 | 64 | 17.27 | 52.45 | 146.23 | 23.84 |
| 27 | 21 | 60.00 | 173 | 52 | 20.14 | 62.15 | 140.96 | 21.14 |
| 28 | 21 | 62.00 | 170 | 65 | 16.00 | 52.46 | 124.49 | 19.42 |
| 29 | 21 | 74.00 | 178 | 57 | 20.68 | 59.95 | 165.38 | 21.00 |
| 30 | 21 | 60.00 | 170 | 56 | 16.47 | 54.06 | 124.20 | 18.26 |
| 31 | 21 | 62.00 | 170 | 69 | 17.63 | 56.04 | 132.16 | 20.75 |
| 32 | 21 | 74.00 | 178 | 69 | 18.73 | 59.72 | 154.44 | 24.40 |
| 33 | 21 | 65.00 | 69 | 47 | 19.55 | 59.47 | 145.68 | 17.63 |
| 34 | 21 | 62.00 | 170 | 65 | 15.39 | 51.12 | 121.63 | 16.42 |
| 35 | 21 | 75.00 | 178 | 65 | 17.88 | 53.60 | 151.02 | 20.99 |
| 36 | 22 | 76.00 | 181 | 55 | 20.01 | 58.11 | 164.70 | 22.89 |
| 37 | 22 | 76.00 | 181 | 54 | 17.19 | 51.89 | 148.38 | 21.96 |
| 38 | 22 | 76.00 | 185 | 50 | 20.84 | 59.93 | 169.48 | 24.41 |
| 39 | 22 | 76.00 | 181 | 52 | 19.34 | 56.63 | 160.82 | 23.48 |
| 40 | 22 | 77.00 | 180 | 60 | 16.51 | 50.22 | 145.72 | 18.80 |
| 41 | 23 | 78.00 | 182 | 62 | 18.24 | 53.84 | 157.22 | 20.91 |
| 42 | 23 | 80.00 | 176 | 68 | 15.11 | 46.62 | 140.99 | 21.43 |
| 43 | 23 | 78.00 | 182 | 59 | 17.53 | 52.28 | 153.00 | 23.87 |
| 44 | 23 | 61.00 | 170 | 61 | 22.87 | 67.85 | 155.12 | 25.44 |
| 45 | 23 | 81.00 | 182 | 59 | 18.89 | 54.77 | 165.38 | 22.00 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 46 | 23 | 63.00 | 176 | 63 | 20.25 | 61.54 | 146.07 | 19.13 |
| | 47 | 23 | 81.00 | 182 | 62 | 18.89 | 54.77 | 165.38 | 21.66 |
| | 48 | 23 | 76.00 | 176 | 66 | 12.41 | 41.38 | 120.77 | 17.99 |
| | 49 | 23 | 81.00 | 182 | 66 | 18.89 | 54.77 | 165.38 | 22.82 |
| | 50 | 23 | 80.00 | 176 | 65 | 14.70 | 45.72 | 138.48 | 19.53 |
| | 51 | 24 | 65.00 | 166 | 65 | 17.56 | 55.09 | 135.83 | 20.10 |
| | 52 | 24 | 70.00 | 166 | 64 | 16.19 | 50.91 | 135.26 | 19.21 |
| | 53 | 24 | 72.50 | 179 | 56 | 26.73 | 73.57 | 196.39 | 28.28 |
| | 54 | 24 | 78.00 | 175 | 66 | 22.42 | 63.05 | 182.03 | 24.76 |
| | 55 | 24 | 79.00 | 175 | 59 | 23.30 | 64.80 | 188.99 | 25.89 |
| | 56 | 24 | 65.00 | 166 | 68 | 21.49 | 63.75 | 155.28 | 22.98 |
| | 57 | 24 | 70.00 | 166 | 65 | 15.43 | 49.23 | 131.18 | 18.89 |
| | 58 | 24 | 72.50 | 179 | 62 | 20.84 | 60.62 | 163.96 | 21.81 |
| | 59 | 24 | 79.00 | 183 | 58 | 16.99 | 50.93 | 151.12 | 21.46 |
| | 60 | 24 | 79.00 | 175 | 58 | 21.89 | 61.70 | 180.52 | 27.08 |
| | 61 | 24 | 63.00 | 166 | 64 | 26.00 | 74.18 | 173.59 | 25.34 |
| | 62 | 24 | 71.00 | 166 | 60 | 17.20 | 52.90 | 141.89 | 20.15 |
| | 63 | 24 | 70.00 | 179 | 69 | 22.75 | 65.33 | 170.12 | 25.86 |
| | 64 | 24 | 76.00 | 183 | 66 | 17.26 | 52.07 | 148.77 | 20.98 |
| | 65 | 24 | 78.00 | 175 | 58 | 22.42 | 63.05 | 182.03 | 24.76 |
| | 66 | 24 | 63.00 | 166 | 62 | 26.67 | 75.56 | 176.78 | 25.99 |
| | 67 | 24 | 71.00 | 166 | 61 | 15.53 | 49.23 | 132.88 | 17.67 |
| | 68 | 24 | 70.00 | 179 | 70 | 19.07 | 57.24 | 150.56 | 21.83 |
| | 69 | 24 | 76.00 | 183 | 67 | 16.50 | 50.39 | 144.42 | 21.95 |
| | 70 | 24 | 78.00 | 175 | 68 | 20.63 | 59.11 | 171.42 | 26.06 |
| | 71 | 24 | 63.00 | 166 | 68 | 20.25 | 61.54 | 146.07 | 19.13 |
| | 72 | 24 | 70.00 | 166 | 63 | 17.03 | 52.76 | 139.72 | 21.10 |
| | 73 | 24 | 70.00 | 179 | 65 | 17.84 | 54.53 | 143.99 | 22.90 |
| | 74 | 24 | 75.00 | 183 | 58 | 15.98 | 49.42 | 140.19 | 18.64 |
| | 75 | 24 | 80.00 | 175 | 65 | 20.98 | 59.53 | 176.66 | 26.85 |
| | 76 | 25 | 82.00 | 182 | 63 | 12.82 | 41.26 | 129.02 | 19.49 |
| | 77 | 25 | 74.00 | 180 | 56 | 19.99 | 58.22 | 161.50 | 23.74 |
| | 78 | 25 | 82.00 | 182 | 55 | 16.60 | 49.56 | 152.54 | 20.90 |
| | 79 | 25 | 74.00 | 180 | 66 | 19.89 | 58.22 | 160.97 | 22.21 |
| | 80 | 25 | 81.00 | 182 | 62 | 11.51 | 38.54 | 119.98 | 18.24 |
| | 81 | 25 | 77.00 | 180 | 65 | 16.15 | 49.42 | 143.59 | 21.68 |
| | 82 | 25 | 81.00 | 182 | 62 | 11.28 | 38.02 | 118.53 | 17.19 |
| | 83 | 25 | 80.00 | 175 | 63 | 20.98 | 59.53 | 176.66 | 26.85 |
| | 84 | 25 | 82.00 | 182 | 60 | 16.46 | 49.05 | 151.68 | 22.60 |
| | 85 | 25 | 77.00 | 180 | 60 | 18.87 | 55.21 | 158.99 | 20.83 |
| STAT | X | 22.41 | 70.95 | 174.92 | 61.94 | 18.82 | 56.69 | 150.07 | 21.61 |
| | δ | 1.83 | 7.11 | 13.96 | 5.31 | 3.21 | 7.69 | 17.29 | 2.66 |
| | MAX | 25.00 | 82.00 | 196.00 | 73.00 | 26.73 | 75.56 | 196.39 | 28.28 |
| | MIN | 20.00 | 60.00 | 69.00 | 47.00 | 11.28 | 38.02 | 118.53 | 16.42 |

RESULTATS ET STATISTIQUES DES FOOTBALLEURS (25-30 ANS)

| Joueurs | Age | Poids | Taille | FC repos | PWC 170 | VO2 Max | VES effort | QC effort |
|---------|-----|-------|--------|----------|---------|---------|------------|-----------|
| 1 | 26 | 69.00 | 170 | 78 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |
| 2 | 26 | 70.00 | 174 | 76 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |
| 3 | 26 | 68.00 | 178 | 74 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |
| 4 | 26 | 69.00 | 170 | 71 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |
| 5 | 26 | 70.00 | 178 | 71 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |
| 6 | 26 | 70.00 | 178 | 71 | 15.10 | 48.20 | 131.18 | 17.45 |
| 7 | 26 | 70.00 | 178 | 71 | 15.10 | 48.20 | 131.18 | 17.45 |
| 8 | 26 | 69.00 | 170 | 70 | 15.10 | 48.20 | 131.18 | 17.45 |
| 9 | 26 | 70.00 | 174 | 70 | 15.10 | 48.20 | 131.18 | 17.45 |
| 10 | 26 | 68.00 | 178 | 68 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 11 | 26 | 69.00 | 170 | 68 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 12 | 26 | 70.00 | 178 | 68 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 13 | 26 | 70.00 | 178 | 68 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 14 | 26 | 70.00 | 178 | 68 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 15 | 26 | 68.00 | 178 | 65 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 16 | 26 | 69.00 | 170 | 65 | 16.57 | 51.95 | 135.97 | 18.52 |
| 17 | 26 | 70.00 | 174 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 18 | 26 | 68.00 | 178 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 19 | 26 | 69.00 | 170 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 20 | 26 | 70.00 | 178 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 21 | 26 | 70.00 | 178 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 22 | 26 | 70.00 | 178 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 23 | 26 | 68.00 | 178 | 65 | 17.39 | 53.77 | 140.30 | 19.04 |
| 24 | 27 | 68.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 19.97 |
| 25 | 27 | 68.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 19.97 |
| 26 | 27 | 68.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 19.97 |
| 27 | 27 | 70.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 19.97 |
| 28 | 27 | 70.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 20.30 |
| 29 | 27 | 68.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 20.30 |
| 30 | 27 | 68.00 | 178 | 65 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 20.30 |
| 31 | 27 | 70.00 | 178 | 64 | 18.00 | 55.34 | 142.13 | 20.30 |
| 32 | 27 | 68.00 | 178 | 64 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 20.30 |
| 33 | 27 | 68.00 | 178 | 64 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 20.30 |
| 34 | 27 | 70.00 | 178 | 64 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 20.30 |
| 35 | 27 | 68.00 | 178 | 64 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 20.30 |
| 36 | 27 | 68.00 | 178 | 63 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 21.55 |
| 37 | 27 | 68.00 | 178 | 63 | 18.35 | 55.66 | 146.73 | 21.55 |
| 38 | 27 | 68.00 | 178 | 63 | 18.60 | 55.89 | 148.59 | 21.55 |
| 39 | 27 | 68.00 | 178 | 63 | 18.60 | 55.89 | 148.59 | 21.55 |
| 40 | 27 | 70.00 | 178 | 63 | 18.60 | 55.89 | 148.59 | 21.55 |
| 41 | 27 | 70.00 | 178 | 63 | 18.60 | 55.89 | 148.59 | 21.55 |
| 42 | 27 | 68.00 | 178 | 63 | 19.25 | 58.09 | 148.59 | 21.55 |
| 43 | 27 | 68.00 | 178 | 62 | 19.25 | 58.09 | 148.59 | 21.55 |

| | | | | | | | | |
|----|----|-------|-----|----|-------|-------|--------|-------|
| 44 | 27 | 68.00 | 178 | 62 | 19.25 | 58.09 | 148.59 | 21.69 |
| 45 | 27 | 70.00 | 178 | 62 | 19.25 | 58.09 | 148.59 | 21.69 |
| 46 | 27 | 68.00 | 178 | 62 | 19.25 | 58.09 | 150.18 | 21.69 |
| 47 | 27 | 68.00 | 178 | 62 | 19.25 | 58.09 | 150.18 | 21.69 |
| 48 | 28 | 67.00 | 170 | 62 | 19.25 | 58.09 | 150.18 | 21.87 |
| 49 | 28 | 67.00 | 170 | 62 | 19.25 | 58.09 | 150.18 | 21.87 |
| 50 | 28 | 69.00 | 170 | 62 | 20.14 | 60.28 | 151.65 | 21.87 |
| 51 | 28 | 69.00 | 170 | 62 | 20.14 | 60.28 | 151.65 | 21.87 |
| 52 | 28 | 67.00 | 170 | 62 | 20.14 | 60.28 | 151.65 | 22.03 |
| 53 | 28 | 69.00 | 170 | 61 | 20.14 | 60.28 | 151.65 | 22.03 |
| 54 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.31 | 22.03 |
| 55 | 28 | 68.00 | 178 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.31 | 22.03 |
| 56 | 28 | 67.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.31 | 22.03 |
| 57 | 28 | 67.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.31 | 22.03 |
| 58 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.33 | 22.03 |
| 59 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.33 | 22.03 |
| 60 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.33 | 22.58 |
| 61 | 28 | 67.00 | 170 | 60 | 20.94 | 61.81 | 157.33 | 22.58 |
| 62 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 21.25 | 62.16 | 157.33 | 22.58 |
| 63 | 28 | 69.00 | 170 | 60 | 21.25 | 62.16 | 157.33 | 22.58 |
| 64 | 29 | 71.50 | 174 | 60 | 21.25 | 62.16 | 157.33 | 24.06 |
| 65 | 29 | 71.50 | 174 | 60 | 21.25 | 62.16 | 157.33 | 24.06 |
| 66 | 29 | 70.00 | 174 | 60 | 21.31 | 63.00 | 162.45 | 24.06 |
| 67 | 29 | 70.00 | 174 | 60 | 21.31 | 63.00 | 162.45 | 24.06 |
| 68 | 29 | 67.00 | 170 | 60 | 21.31 | 63.00 | 162.45 | 24.06 |
| 69 | 29 | 71.50 | 174 | 60 | 21.31 | 63.00 | 162.45 | 24.06 |
| 70 | 29 | 71.50 | 174 | 60 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 71 | 29 | 70.00 | 174 | 60 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 72 | 29 | 70.00 | 174 | 59 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 73 | 29 | 71.50 | 174 | 58 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 74 | 29 | 70.00 | 174 | 58 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 75 | 29 | 70.00 | 174 | 58 | 21.69 | 63.00 | 164.48 | 25.19 |
| 76 | 29 | 71.50 | 174 | 57 | 21.69 | 63.35 | 164.48 | 25.19 |
| 77 | 29 | 71.50 | 174 | 57 | 21.69 | 63.35 | 164.48 | 25.19 |
| 78 | 29 | 70.00 | 174 | 52 | 21.69 | 63.35 | 164.48 | 26.09 |
| 79 | 29 | 70.00 | 174 | 52 | 21.69 | 63.35 | 164.48 | 26.09 |
| 80 | 30 | 70.00 | 174 | 52 | 22.28 | 63.35 | 169.09 | 26.09 |
| 81 | 30 | 69.00 | 170 | 52 | 22.28 | 63.35 | 169.09 | 26.09 |
| 82 | 30 | 69.00 | 170 | 52 | 22.28 | 63.35 | 169.09 | 26.32 |
| 83 | 30 | 71.50 | 174 | 52 | 22.28 | 63.35 | 169.09 | 26.32 |
| 84 | 30 | 70.00 | 174 | 52 | 22.55 | 63.62 | 169.09 | 26.32 |
| 85 | 30 | 69.00 | 170 | 52 | 22.55 | 63.62 | 169.09 | 26.32 |
| 86 | 30 | 70.00 | 174 | 52 | 22.55 | 63.62 | 169.09 | 26.32 |
| 87 | 30 | 70.00 | 178 | 52 | 22.55 | 63.62 | 169.09 | 26.32 |
| 88 | 30 | 68.00 | 178 | 52 | 22.55 | 65.49 | 170.51 | 26.32 |
| 89 | 30 | 67.00 | 170 | 52 | 22.55 | 65.49 | 170.51 | 26.32 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | 90 | 30 | 69.00 | 170 | 52 | 22.55 | 65.49 | 170.51 | 26.32 |
| | 91 | 30 | 70.00 | 178 | 52 | 22.55 | 65.49 | 170.51 | 26.32 |
| STAT | X | 27.67 | 69.13 | 174.66 | 61.86 | 19.26 | 57.81 | 150.40 | 21.81 |
| | δ | 1.37 | 1.23 | 3.44 | 5.75 | 2.53 | 5.53 | 13.61 | 2.93 |
| | MAX | 30.00 | 71.50 | 178.00 | 78.00 | 22.55 | 65.49 | 170.51 | 26.32 |
| | MIN | 26.00 | 67.00 | 170.00 | 52.00 | 13.41 | 45.00 | 119.40 | 16.60 |