

Année universitaire 2022-2023

Master 1<sup>ère</sup> année  Master 2<sup>ème</sup> année

Master STAPS mention : *Entraînement et Optimisation de la Performance Sportive*

Parcours : *Préparation du sportif : aspects physiques, nutritionnels et mentaux*

## MEMOIRE

TITRE : INFLUENCE D'UN CYCLE EN INTERMITTENT DISSOCIÉ EN  
FONCTION DU STADE DE DÉVELOPPEMENT PHYSIOLOGIQUE SUR LA  
PERFORMANCE AÉROBIE DES FOOTBALLEUSES EN CENTRE DE  
FORMATION.

Par : Nicolas GAJEWSKI

Sous la direction de : Jérémy COQUART

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique le :  
15 MAI 2023



« La Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires ; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

# REMERCIEMENTS

- Au LOSC, pour avoir été le premier club professionnel à me donner une chance dans le domaine de la préparation physique.
- Jérémy COQUART, mon directeur de mémoire. Pour sa disponibilité, ses précieux conseils ainsi que sa bienveillance qui ont optimisé les chances pour que ce projet aboutisse.
- Caroline LA VILLA, ma tutrice. Pour son expérience, sa capacité à conseiller, recadrer qui m'ont beaucoup apporté tout au long de la saison.
- Aloys TRUBEN, mon collègue entraîneur. Pour m'avoir, dès notre première rencontre, mis à l'aise et être devenu un véritable point de repère. Merci pour ces nombreuses séances, ces quelques matchs, ces longues minutes de travail, de sérieux et de réflexion mais aussi de convivialité et de rigolades. Pour sa rigueur et sa passion qui font de lui un bien meilleur coach qu'il ne l'imagine. Son sens de la pédagogie est contagieux et nous a permis de nous enrichir tout au long de la saison.
- Yanis OULD BOUAMAMA, le responsable des préparateurs physiques de la section féminine. Pour ces réunions du mercredi matin et l'investissement de son temps qui nous aura permis de nous aiguiller, de compléter notre formation universitaire et d'optimiser nos compétences et nos connaissances tout au long de la saison.
- Pour toutes les joueuses de l'équipe des U15F. Pour m'avoir accueilli avec enthousiasme et bienveillance. Pour m'avoir toujours traité avec respect et pour ce lien presque fraternel que j'ai pu développer avec bon nombre d'entre-elles. Elles ont toujours été à l'écoute et se sont toujours investies au maximum possible pour que l'on puisse progresser mutuellement.
- Pauline AUCOIN, ma partenaire de vie. Pour sa patience lors de toutes ces soirées passées à travailler sur ce projet et son soutien inconditionnel dans la vie quotidienne. Merci à cette personne, qui est sans le moindre doute, la plus chère à mon existence et sans qui je ne serais pas la personne que je suis actuellement.
- A mes amis : Killian, Sarah, Florian. A ma famille et ma belle-famille. Qui tous contribuent à améliorer, consciemment ou non, la personne que je suis.

# SOMMAIRE

<b>1 – INTRODUCTION</b> .....	<b>7</b>
<b>2 – REVUE DE LITTERATURE</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1 – Le football féminin</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1.1 – Le profil type d’une joueuse de haut niveau</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1.2 – Les exigences du haut niveau</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2 – Le développement de l’endurance cardiorespiratoire</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.1 – Les filières énergétiques</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.2 – Les déterminants de la performance aérobie</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2.3 – Les facteurs limitants la performance aérobie</b> .....	<b>15</b>
<b>2.3 – L’entraînement intermittent</b> .....	<b>16</b>
<b>2.4 – L’âge biologique</b> .....	<b>18</b>
<b>3 – PROBLEMATIQUE, OBJECTIF(S), HYPOTHESE(S)</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1 – La problématique</b> .....	<b>20</b>
<b>3.2 – Les objectifs</b> .....	<b>21</b>
<b>3.3 – Les hypothèses</b> .....	<b>21</b>
<b>4 – METHODE</b> .....	<b>21</b>
<b>4.1 – La population</b> .....	<b>21</b>
<b>4.2 – Le matériel</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3 – Les tests</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.1 – Le 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT)</b> .....	<b>22</b>
<b>4.3.2 – Le VAMEVAL</b> .....	<b>23</b>
<b>4.3.4 – La méthode Mirwald</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4 – Le protocole</b> .....	<b>25</b>
<b>4.5 – L’analyse statistique</b> .....	<b>26</b>
<b>5 – RESULTATS</b> .....	<b>27</b>
<b>6 – DISCUSSION</b> .....	<b>33</b>
<b>7 – CONCLUSION</b> .....	<b>36</b>
<b>8 – REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>37</b>
<b>8.1 – Ouvrages</b> .....	<b>37</b>
<b>8.2 – Articles</b> .....	<b>37</b>
<b>8.3 – Sites internet</b> .....	<b>41</b>
<b>9 – ANNEXES</b> .....	<b>43</b>
<b>RÉSUMÉ</b> .....	<b>51</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>53</b>

# GLOSSAIRE

<b>ACSM</b>	<b>American College of Sports Medicine</b>
<b>APHV</b>	<b>Age au Pic de Croissance</b>
<b>ATT</b>	<b>Attaquant(e)</b>
<b>AVR</b>	<b>Avril</b>
<b>CMJ</b>	<b>Countermovement Jump</b>
<b>DC</b>	<b>Défenseur(e) Central(e)</b>
<b>FC</b>	<b>Fréquence Cardiaque</b>
<b>FEV</b>	<b>Février</b>
<b>MIL</b>	<b>Milieu(x) de Terrain</b>
<b>MC</b>	<b>Milieu(x) Central(-aux)</b>
<b>ME</b>	<b>Milieu(x) Excentré(s)</b>
<b>MO</b>	<b>Maturity Offset = différence âge chronologique - APHV</b>
<b>FIFA</b>	<b>Fédération Internationale de Football Association</b>
<b>KPI</b>	<b>Key Performance Indicator</b>
<b>LAT</b>	<b>Arrière(s) Latéral/(-aux)</b>
<b>LOSC</b>	<b>Lille Olympique Sporting Club</b>
<b>PCr</b>	<b>Phosphocréatine</b>
<b>PMA</b>	<b>Puissance Maximale Aérobie</b>
<b>PHV</b>	<b>Peak Height Velocity = Pic de croissance</b>
<b>RPE</b>	<b>Rating of Perceived Exertion = échelle d'effort perçue</b>
<b>SBJ</b>	<b>Standing Broad Jump</b>
<b>TA</b>	<b>Taille Assise</b>
<b>TD</b>	<b>Taille Debout</b>
<b>VfL</b>	<b>Verein für Leibesübungen = Association pour l'exercice physique</b>
<b>VMA</b>	<b>Vitesse Maximale Aérobie</b>
<b>VMI</b>	<b>Vitesse Maximale Intermittent</b>
<b>VO<sub>2</sub>max</b>	<b>Consommation Maximale d'Oxygène</b>
<b>vVO<sub>2</sub>max</b>	<b>Vitesse à VO<sub>2</sub>max = correspond à la VMA</b>
<b>Vs.</b>	<b>Versus = Contre</b>

# 1 – INTRODUCTION



*Figure 1 : Affluence lors du match FC Barcelone F – Wolfsburg F en Ligue des Champions féminine*

22 avril 2022, Camp Nou (Barcelone). L'équipe féminine du Barça reçoit les Allemandes du VfL Wolfsburg à l'occasion d'une demi-finale aller de la Ligue des Champions féminine. Comme le montre la figure 1, un record est ainsi battu... celui de la plus grande affluence pour un match de football féminin : 91 648 spectateurs. L'ancien record a tenu 3 semaines : 91 553 spectateurs, c'était déjà dans cette enceinte, le 30 mars 2022, lors du quart de finale retour de la Ligue des Champions féminine entre le FC Barcelone et le Real Madrid (source : site officiel du FC Barcelone). En France, le record est détenu par le Paris Saint-Germain avec 43 254 spectateurs le 30 avril 2022 au Parc des Princes lors de sa demi-finale de Ligue des Champions contre l'Olympique Lyonnais (source : L'Equipe).

Cette vague de records, témoignent par leur récurrence d'un intérêt croissant du grand public pour le football féminin. Intérêt confirmé par les récentes diffusions sur TF1 des deux dernières grandes compétitions de football féminin : la Coupe du monde en France (2019) ainsi que l'Euro en Angleterre (2022). On se situe donc dans une période d'essor du football féminin.

Si le football féminin attire plus, la raison se trouve aussi sur le terrain : les joueuses sont de plus en plus performantes dans tous les aspects du jeu, physiquement mais aussi sur le plan technico-tactique et mental. D'autre part, comme leurs homologues masculins, les carrières débutent de plus en plus tôt ce qui implique une prise en charge des joueurs et joueuses encore plus individualisée et adaptée aux qualités de chacun et de chacune. Le rôle de la formation est également de plus en plus important par la détection et la sélection des jeunes talents et par la prise en compte d'une nouvelle variable comme base pour l'entraînement des jeunes : le développement biologique.

Dans cette étude, nous consacrerons une partie entière à la constitution d'un profil type d'une joueuse de haut niveau : les exigences physiques et physiologiques, les déterminants de la performance ainsi que les facteurs limitants. Nous verrons ensuite une mise en application de ces critères par le biais de tests et d'un protocole d'entraînement sur l'une des équipes de jeunes féminines du LOSC pour les préparer au plus haut niveau et pallier le manque d'études sur les équipes de jeunes féminines.

## **2 – REVUE DE LITTÉRATURE**

### **2.1 – Le football féminin**

#### **2.1.1 – Le profil type d’une joueuse de haut niveau**

L’évolution du football féminin se caractérise outre l’engouement collectif et l’aspect financier, par la recherche de l’optimal, tout comme leurs homologues masculins. En effet, sur les dix dernières années, le nombre d’études évoquant ou se concentrant sur le football féminin se multiplie. Malgré tout, ce nombre est encore limité et se focalise majoritairement sur la prévention des blessures au détriment de l’élaboration d’un profil type ainsi que des contraintes liées à l’activité (Harkness-Armstrong, 2022). Afin d’élaborer un profil type, il s’agit dans un premier temps d’observer une tendance en termes de données anthropométriques.

En 2019, la FIFA publie un rapport à la suite de la Coupe du monde en France. Son objectif est de comparer les données de 2019 aux données de l’édition 2015 au Canada :

- France 2019, les joueuses ont en moyenne 26,5 ans, mesurent 1m68 et pèsent 61kg.
- Canada 2015, les joueuses ont en moyenne 26,2 ans, mesurent 1m67 et pèsent 60,9kg.

Datson en 2014 répertorie les données anthropométriques sur des joueuses d’élite nationale voire internationale : 20-27ans pour 1,61-1,70m et 57-65kg. D’autres études sont en adéquation avec ces données :

- 23-24ans pour 1,67-1,69m et 58,5-60,1 kg en D1 danoise (Krustrup et al., 2005, 2010)
- 20-26 ans pour 1,61-1,69m et 56,8 ± 5,7 kg en D1 espagnole (Mujika et al., 2009)
- 22-29 ans pour 1,63-1,71m et 59,9 ± 3,8 kg en D1 italienne (Castagna & Castellini, 2013).

#### **2.1.2 – Les exigences du haut niveau**

Afin de décomposer la performance des joueuses de haut niveau, il convient de définir les problèmes fondamentaux de l’activité ainsi que les facteurs de la performance du football. On y retrouve notamment les ressources sollicitées, les demandes ainsi que les indicateurs clés de la performance, également appelés KPI (Lüdin, 2022).

L’activité football est complexe pour de multiples raisons. D’abord puisqu’il s’agit de réaliser la manipulation d’un ballon grâce à notre appareil locomoteur, ce qui implique une bonne qualité de coordination. Ensuite puisque l’environnement est riche et constamment changeant, il est essentiel de faire le tri des informations à disposition pour ne garder que l’utile. Enfin, il s’agit de gérer ses actions pour pouvoir mettre en place un plan de jeu collectif et faire basculer le rapport de force.

Au niveau des ressources sollicitées, nous avons donc les ressources bio-informationnelles et cognitives (par une analyse rapide de la situation environnante), les ressources biomécaniques (par l’utilisation des différents segments corporels), les ressources bio-énergétiques (par la sollicitation des 3 métabolismes de resynthèse de l’ATP). Puis des ressources mentales et affectives guidé par les 12

habiletés mentales de Durand-Bulsh et Salmela (1995) : établissements de buts, engagement, confiance, contrôle de la peur, gestion du stress, relaxation, activation, concentration, contrôle des distractions, imagerie, pratique mentale, préparation à la compétition).

Comme le montre le tableau 1 ci-dessous, en ce qui concerne les indicateurs de la performance clé (KPI), ce sont des éléments mesurables et quantifiables de la performance. Il en existe deux types :

<b>PHYSIOLOGIQUE</b>	<b>TECHNICOTACTIQUE</b>
Distance totale (m)	Balles conquises (n)
	Balles d'attaque (n)
Course à haute intensité (m)	Balles neutres (n)
	Pertes de balle (n)
Accélération (n)	Volume de jeu en possession (n)
	Volume de jeu sans possession (n)
	Efficiency dans l'utilisation du ballon (%) *

*Tableau 1 – Définition et description des KPI (Lüdin et al. 2022)*

\*Ratio balle d'attaques + balle conquises / Somme balles jouées (conquises + attaques + neutres + pertes)

Lors de l'étude de la FIFA (2019), on retrouve certains de ces KPI. Au niveau de la distance parcourue, une augmentation moyenne de 2,8% est constatée entre les deux éditions, meilleure augmentation pour les gardiennes (+5,1%) et la plus faible pour les attaquantes (+1,1%). Tout ceci pour une moyenne de 10,31km parcourus par les joueuses de champ en 2019 contre 10,07km en 2015. D'autres auteurs trouvent sensiblement la même distance moyenne parcourue par joueuse et par match, 10,3km (Krustrup, 2005), 10,3 ou 10,4km en fonction du niveau (Mohr et al. 2008), 10,32km (Datson et al. 2017), 9,2-10,4km (Mara et al. 2017), 10,07km (Scott et al. 2020). Les auteurs s'accordent à dire que les défenseuses centrales sont celles qui parcourent significativement le moins de distance, autant sur la distance totale que sur les zones d'intensité (Mohr et al. 2008), (Martinez-Lagunas et al. 2014), (Datson et al. 2017). La distance parcourue entre le haut niveau et le top niveau est similaire, la variable est essentiellement dans la réalisation d'efforts intenses telles que les courses à haute intensité et les sprints (Mohr, 2008). Il est donc intéressant de voir sur quelles zones d'intensité évoluent les joueuses durant les matchs. La FIFA, en 2019 en établit cinq :

- Zone 1 (très faible) : 0 / 7 km/h
- Zone 2 (faible) : 7 / 13 km/h
- Zone 3 (moyenne) : 13 / 19 km/h
- Zone 4 (haute) : 19 / 23 km/h
- Zone 5 (très haute) : >23 km/h

Les autres auteurs utilisent sensiblement les mêmes zones, à quelques km/h près. Datson en 2017 prévoit également 5 zones mais avec des noms différents et quelques réajustements (Marche de 0,7 à 7,1 km/h, Jogging entre 7,2 et 14,3 km/h, Course entre 14,4 et 19,7 km/h, Course à haute intensité de 19,8 à 25,1 km/h puis le sprint à 25,1 km/h). Krustup et al. en 2005, détaille un peu plus (Debout 0/6km/h – Marche 6/8km/h – Jogging 8/12km/h – Basse vitesse 12/15km/h – Vitesse modérée 15/18km/h– Haute vitesse 18/25km/h – Sprint >25km/h)

Pour la Zone 1, aucune différence significative inter-édition ou inter-poste n'est à signaler : les distances parcourues avoisinent les 3600m. En revanche, pour les Zone 2 et 3, les mêmes différences inter-postes sont constatées : ce sont les milieux axiaux qui parcourent la plus grande distance.

➔ Zone 2, 4283m en 2015 contre 4134m en 2019, soit une baisse de 3,6%.

➔ Zone 3, 2294m en 2015, 2488m en 2019, soit une augmentation de 8,5%.

Pour les Zones à intensité élevée (4 et 5), ce sont les postes excentrés et à vocation offensive qui présentent les plus grandes distances parcourues : les arrières latéraux, les milieux excentrés et les attaquants. Même constat chez Mohr et al. (2008).

➔ Pour la Zone 4, les milieux excentrés parcourent 591m en 2019 contre 467m en 2015, soit une augmentation de 27%.

➔ Zone 5, ces mêmes milieux excentrés parcourent 255m en 2019 contre 173m en 2015, soit une augmentation de 47%.

Zones \ Edition	Canada 2015	France 2019	Evolution (en %)
Zone 1	3639	3771	+3,6
Zone 2	3571	3457	-3,3
Zone 3	1671	1773	+6,1
Zone 4	347	409	+17,8
Zone 5	115	153	+33,0

*Tableau 2 : Distance moyenne parcourue (en m) par zone, par édition et évolution inter-édition*

Comme le montre le tableau 2 ci-dessus, On constate une évolution positive des distances parcourues et un remodelage des efforts en fonction des intensités : les joueuses passent moins de temps en Zone 2 et réalisent plus d'efforts à haute intensité (Zone 3 et 4). Plus le niveau de pratique est élevé, plus le nombre de courses à haute intensité est important (Mohr et al. 2008).

En plus de la distance parcourue à ces intensités, on peut se poser la question des longueurs de sprints ainsi que leur fréquence. Selon Mara et al. (2017), les courses à haute vitesse sont comprises entre 3,4 et 5,3 m/s et les sprints supérieurs à 5,4 m/s. Ces efforts intenses se feraient le plus souvent sur des distances inférieures ou égales à 10m, ce qui représente des durées d'effort comprises entre 1 et 4 secondes. Ainsi, elle observe des moyennes d'efforts par match comprises entre 243 et 350 courses à

haute vitesse et entre 35 et 63 sprints. Les valeurs les plus faibles pour les défenseuses centrales (DC) et les plus hautes pour les attaquantes (ATT).

Les études tentent également de montrer les différences d'intensité entre 1<sup>ère</sup> et 2<sup>e</sup> mi-temps. Martinez-Lagunas et al. (2014), montrent une moins bonne performance des joueuses en 2<sup>e</sup> mi-temps, une baisse de 2,7% de la distance totale parcourue, d'une moyenne de  $365 \pm 270$  m (Datson et al. 2017) entre les deux périodes et une baisse des efforts à haute intensité (Mara et al. 2017), d'une moyenne de  $47 \pm 100$ m (Datson et al. 2017).

Pour finir, la FIFA, en 2019 note à quel moment les zones d'intensité sont atteintes : en possession du ballon (EP), sans possession (SP) ou lorsque le ballon est hors de la zone de jeu (BHDJ). Les joueuses à vocation offensive (milieux axiaux, excentrés et attaquantes) parcourent plus de distance en possession de balle que les joueuses à vocation défensive (DC). Entre 2015 et 2019, une augmentation des distances parcourues avec et sans possession est constatée (sauf gardiennes et DC). Selon Datson et al. (2017), il y a une différence significative des distances parcourues à haute intensité en possession du ballon entre les attaquantes et les milieux excentrés (+ haut) elles-mêmes significativement plus importantes que tous les autres postes. Sans possession, ce sont les milieux centraux et les arrières latérales qui ont la plus grande distance parcourue. Quant aux phases de BHDJ, les distances restent équivalentes pour tous les postes.

## **2.2 – Le développement de l'endurance cardiorespiratoire**

### **2.2.1 – Les filières énergétiques**

Au vu des études précédentes et des exigences que requiert l'activité football, il est nécessaire d'être en bonne condition physique. L'American College of Sports Medicine (ACSM, 2018) définit la condition physique comme « la capacité à effectuer des tâches quotidiennes avec vigueur et vivacité, sans fatigue excessive et d'une énergie suffisante pour profiter des loisirs et faire face aux urgences ». Pour le développement de cette condition, l'une des clés est une bonne endurance cardiorespiratoire. Cette qualité se définit par la « capacité à effectuer des exercices dynamiques d'intensités modérées à élevées pendant des périodes prolongées ». Elle est ainsi un indicateur des différents matériaux du système cardiovasculaire et respiratoire (cœur, poumons, vaisseaux sanguins, sang, muscles). L'entraînement permet de développer cette endurance, par les adaptations à l'effort et la création d'énergie. Pour rappel, il existe 3 métabolismes responsables des adaptations à l'effort et qui permettent de créer de l'adénosine triphosphate (ATP), la molécule qui intervient dans le mécanisme de contraction musculaire.

- La filière anaérobie alactique
- La filière anaérobie lactique
- La filière aérobie

Ces trois métabolismes interviennent tous en même temps mais à des intensités différentes, on parle alors de filière dominante. Comme le montre la figure 2, selon Howald (1974), la filière anaérobie alactique, la plus puissante des trois, est dominante en 1<sup>er</sup> par l'utilisation des stocks d'ATP et de la réaction entre créatine phosphate et adénosine biphosphate (ADP). Après environ 15-20 secondes, c'est l'anaérobie lactique qui prend le dessus. Sa puissance est moindre mais sa capacité est plus grande. Elle utilise du glycogène et permet de synthétiser 2 à 3 molécules d'ATP (tableau 3). Puis environ 2 minutes après le début de l'effort, la filière aérobie devient dominante. Elle est la moins puissante des trois mais sa capacité est « en théorie » illimitée. Grâce au métabolisme aérobie, qui utilise de l'oxygène pour oxyder (c'est-à-dire créer une réaction chimique avec une autre molécule) les graisses (lipides) et le glucose ou son polymère (le glycogène), les muscles bénéficient ainsi de 36 à 129 molécules d'ATP en fonction de la molécule oxydée (tableau 3).

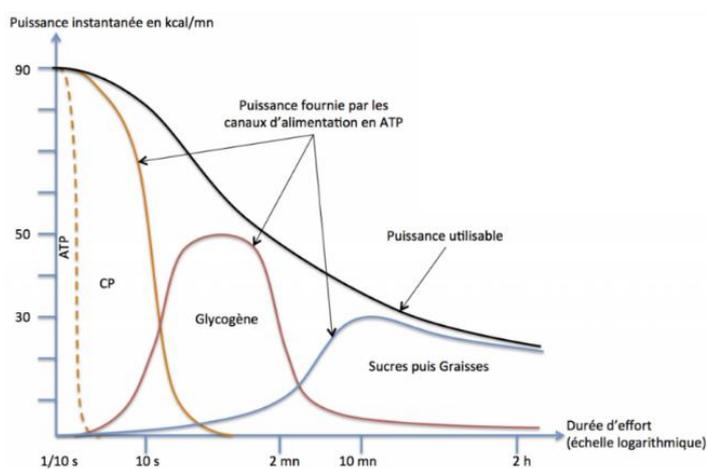


Figure 2 – Diagramme des filières énergétiques de Howald (1974)

Filière	Anaérobie alactique	Anaérobie lactique	Aérobie
Puissance	Forte	Moyenne	Faible
Capacité	Faible	Moyenne	Forte
Substrat	ATP + PCr	Glycogène	- Glycogène / - Glucose - Lipides
Production ATP	1	2-3	36-129
Production optimale	Immédiat	15-20 secondes	2-3 minutes
Facteur limitant	Épuisement stock	Baisse pH cellulaire	VO <sub>2</sub> max
Durée récupération	6-8 minutes	1h30	24-72h

Tableau 3 – Les filières énergétiques selon Cazorla et Léger (2004)

## 2.2.2 –Les déterminants de la performance aérobique

Pour comprendre comment fonctionne la performance aérobique, il faut d'abord savoir quels paramètres entrent en jeu.

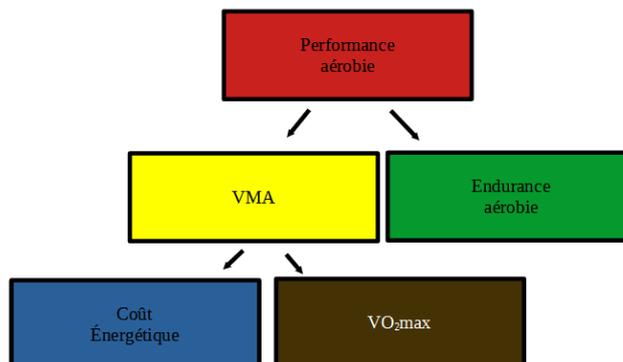


Figure 3 – Modèle de la performance aérobique (Di Prampero et al. 1986)

Comme le montre la figure 3, la performance aérobique est déterminée par plusieurs facteurs :

**La vitesse maximale aérobique (VMA)** : selon Billat (1998), c'est la vitesse minimale qui sollicite la consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ ). Aussi appelée «  $vVO_2max$  » pour vitesse à  $VO_2max$  (Buchheit, 2010) ; (Assadi, 2012). Pour la déterminer, une multitude de tests existent : certains permettent de déterminer la valeur directement (Vameval – Cazorla) tandis qu'il faudra extrapoler avec d'autres (Luc Léger, Cooper et Demi-Cooper). Pour les femmes, les valeurs de VMA peuvent atteindre jusqu'à 21,5 km/h (Assadi, 2012). La VMA dépend aussi elle-même d'autres facteurs. Représentant l'endurance aérobique, le développement de la VMA durant la puberté serait le moment idéal. En centre de formation, les jeunes peuvent gagner jusqu'à 5 km/h de VMA (FIFA, 2017).

**La consommation maximale d'oxygène ( $VO_2max$ )** : c'est le débit d'oxygène consommé par minute, il est un moyen de connaître la capacité de notre organisme à resynthétiser de l'ATP grâce aux processus oxydatifs du métabolisme aérobique. Elle peut être exprimée en valeur absolue (en L/min) ou en valeur relative (ml/min/kg) qui prend en compte la masse corporelle du sportif. Il existe des méthodes de mesure directes et indirectes :

- ➔ Mesures directes en laboratoire : Sur ergomètre (tapis ou ergocycle) avec un masque mesurant les échanges gazeux durant un effort.
- ➔ Mesures indirectes sur terrain : exemple du test Cooper (12min) pour effectuer la plus grande distance possible, puis calcul :  $VO_2max = 22,351 \times D \text{ (km)} - 11,288$

Pour avoir un point de repère, des tableaux de valeurs références existent pour déterminer différents niveaux de  $VO_2max$  en fonction de l'âge et du sexe :

- Shvartz & Reibold (1990) – Voir en annexe n°1.
- Heyward (2006) – Voir en annexe n°2. Valeurs de références de 13 à 19 ans

On remarque ainsi que les valeurs de  $VO_2\text{max}$  références divergent fortement d'un auteur à un autre. Ici, ces décalages peuvent atteindre jusqu'à 10 ml/min/kg. Pour des joueuses de football d'élite, ces valeurs divergent également selon les auteurs : 43,4-56,8 ml/min/kg (Krustrup et al. 2005) ;  $40,1 \pm 5,9$  ml/min/kg (Castagna et al. 2010) ; 45,1-55,5 ml/min/kg (Martinez-Lagunas et al. 2014) ; 49,4-57,6 ml/min/kg (Datson et al. 2014).

Il existe tout de même un point commun entre toutes ces études : la  $VO_2\text{max}$  augmente lors de l'adolescence (12 à 18 ans) pour stagner autour des 20 ans (FIFA, 2017) et baisse ensuite jusqu'à la fin de la vie. L'âge d'or pour développer cette qualité serait donc lors de la phase de puberté. Pour les filles, comme leur pic de croissance intervient avant celui des garçons, l'âge de leur pic de  $VO_2$  serait proche des 12 ans (Mokhtar et al. 2017).

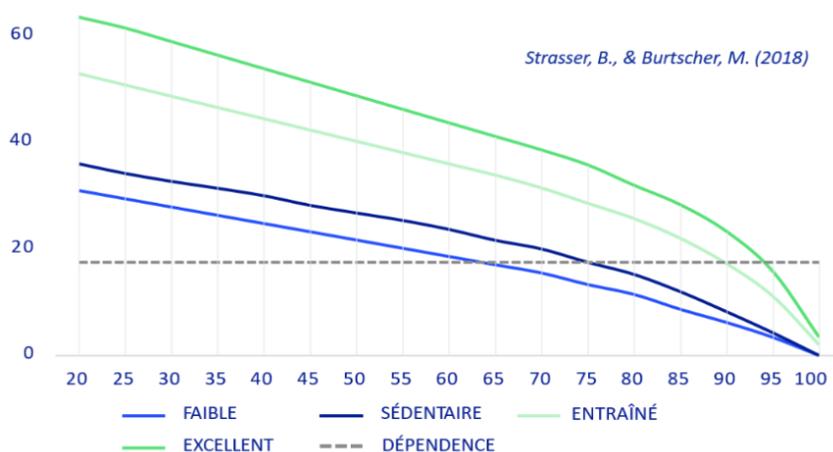


Figure 4 – Valeurs de  $VO_2\text{max}$  en fonction de l'activité, de l'âge et du sexe (Strasser & Burtscher, 2018)

Selon Strasser & Burtscher en 2018, la  $VO_2\text{max}$  dépend aussi du niveau d'activité de l'individu (figure 4) : plus il pratiquera une activité physique régulière, moins la baisse de  $VO_2\text{max}$  due au vieillissement sera importante. Il y a donc avant une notion d'optimisation de la performance, un enjeu de bien-être et de santé des individus.

Le coût énergétique : c'est la quantité d'énergie dépensée par unité de distance parcourue (Hauswirth & Brisswalter, 1999). Il dépend de plusieurs facteurs tels que les caractéristiques anthropologiques du sportif mais également de sa technique personnelle de course, qu'on peut assimiler à ses préférences motrices. Si les études évaluent ce coût énergétique lors d'effort en ligne droite (ou sur ergocycle) lors d'efforts qui nécessitent des changements de directions, cette évaluation devient rapidement limitée (Dolci et al. 2021). En 2022, ces mêmes auteurs mettent au point une stratégie permettant d'évaluer l'économie de course, de mouvement ainsi que le coût énergétique, tout ceci dans l'activité football et en comparant les différents postes, niveaux de pratiques et le sexe. Il en ressort que l'économie de mouvement est moins bonne avec les changements de directions, le coût énergétique est plus important. Ensuite, seuls les milieux de terrains centraux sont significativement plus économes par

rapport aux autres postes. De plus, les joueuses semblent plus économes que leurs homologues masculins.

**L'endurance aérobie** : C'est la capacité à maintenir un pourcentage relativement élevé de  $VO_2\text{max}$  en un temps donné. En fonction de l'épreuve, elle peut se présenter sous différentes formes :

- Si l'épreuve est à charge constante, il s'agira de maintenir le plus longtemps possible cette intensité donnée.
- Si l'épreuve est à durée constante, il s'agira de réaliser la plus grande quantité de travail ou la plus grande distance possible en cette durée.
- Si l'épreuve est à travail constant, il s'agira de réaliser le plus rapidement possible cette quantité de travail / cette distance donnée.

Comme pour améliorer  $VO_2\text{max}$ , il est nécessaire de passer le plus de temps possible à solliciter cette consommation (Billat, 1994). L'endurance aérobie représente un moyen fiable et pertinent pour améliorer ses performances en termes d'endurance cardiorespiratoire.

### **2.2.3 –Les facteurs limitants la performance aérobie**

Après avoir vu les facteurs de la performance aérobie, voyons maintenant les éléments qui la limitent. Plus un effort est long, plus les ressources sollicitées seront importantes. Il y a des facteurs communs à l'apparition de la fatigue :

- Facteurs environnementaux (température, humidité)
- Facteurs alimentaires (hydratation, glucides)
- Dimension musculaire (différence artérioveineuse en  $O_2$ )
- Dimension circulatoire (débit cardiaque)
- Dimension respiratoire (ventilation)

Selon Powers et al. 2018, les facteurs limitant la performance aérobie varient en fonction des durées d'effort :

- Court (3-20 minutes)

Représente 60-90% de la production d'ATP. Les fibres de type I et IIa sont sollicitées pour des efforts entre 90 et 100% de la PMA (Puissance maximale aérobie), l'athlète qui a la plus grande  $VO_2\text{max}$  est avantagé. Les facteurs limitants se situent au niveau du système cardiovasculaire ainsi que la production de lactate et d'ions  $H^+$ .

- Intermédiaire (21-60 minutes)

Efforts <90% de la VO<sub>2</sub>max. La notion d'économie de course entre en jeu, pour deux VO<sub>2</sub>max identiques, le coureur le plus économique sera le plus performant. Les facteurs biomécaniques et bioénergétiques influencent l'économie de course. Un athlète ayant une capacité de maintien d'un haut pourcentage de VO<sub>2</sub>max sera avantagé (endurance aérobie) sachant que cette capacité est liée à la concentration de lactates dans le sang. Les facteurs environnementaux entrent en jeu (chaleur et humidité joue sur l'état d'hydratation du sportif). Ainsi le débit cardiaque va être en partie dérivé vers la thermorégulation de la peau.

- Long (1-4 heures)

Ce sont les efforts qui nécessitent le moins d'énergie anaérobie. Plus les performances sont longues, plus les facteurs environnementaux impacteront la performance. Également les stocks de glucose dans les muscles peuvent être dépassés. Les acides gras peuvent jouer un rôle compensatoire à des intensités <60% VO<sub>2</sub>max. Les fibres musculaires doivent avoir des glucides pour s'oxyder lors d'exercices d'endurance à intensité plus élevée (type marathon), sinon la performance diminue. Pour ne pas perdre en performance lors d'épreuves longues, l'alimentation est essentielle (hydratation, consommation de glucides).

### 2.3 – L'entraînement intermittent

		Intensité travail	Durée travail	Exercices à utiliser		Nb séances / semaine	FC pendant travail (bpm)	Amélioration des métabolismes				
I – CONTINU		Sub-critique	>45min	- Marathon - Fartek		2-6 selon la période	10-20 bpm sous FCmax	CAP + PUI aérobie				
II – PAR INTERVALLES												
Travail	Repos	Intensité travail	Durée travail	Durée récup	Nature récup	Nb rep / série	Durée séries	Récup entre séries	Nb séances / semaine	FC		
										Travail	Fin repos	
Long	Long	Sub-critique	3-15min	2-5min	Active 50-60% VO <sub>2</sub> max	4-5	30-60min	3-5min passif	2-6	< 10-15 sous FCmax	120-130	CAP + PUI A CAP AL
Moyen	Moyen	Sub-critique / critique	40-90sec	1-2min	Active / Passive	4-6	10-15min	5min actif	1-2	< 10 sous FCmax	120-130	CAP + PUI AL CAP AA
Court	Court	Critique / sur-critique	10-20sec	10-15sec	Passive	> 20	> 20 min	2-3min A/P	2	FCmax ou proche	> 160	PUI A CAP AA
Court	Long	Sur-critique	8-20sec	2-3min	Passive	3-4	5-15min	5min A/P 40% VO <sub>2</sub> max	2	Variable	< 120	CAP + PUI AA

Tableau 4 – Les différents types d'effort (Cazorla, 2005)

Les exercices intermittents (ou par intervalles), connus sous le nom anglophone « Interval Training », apparaissent dans la littérature dans les années 1960 (Astrand et al. 1960) et gagnent en popularité dans les années 1990, traduit par une augmentation du nombre d'études lors de cette décennie. Les exercices intermittents sont une méthode de travail consistant à fractionner les temps d'efforts en y ajoutant de la récupération.

Au départ, les études portaient sur les adaptations cardiorespiratoires ainsi que sur leur intérêt dans l'optimisation de la planification de l'entraînement. Aujourd'hui, les études se penchent plus vers les types d'exercices à très haute intensité et leurs impacts sur les différents métabolismes de resynthèse de l'ATP et la performance.

L'intérêt contrairement aux exercices continus et de pouvoir jouer sur un nombre plus important de variables (durée, intensité, nombre de répétitions et de séries...) dans le but de fournir un rendement plus important pour une même quantité de travail. Ce rendement plus important permet d'augmenter le temps passé à des hauts pourcentages de VO<sub>2</sub>max et ainsi développer son endurance aérobie tout en développant ses qualités anaérobies. De plus, l'intermittent intensif serait mieux perçu que le travail continu (Assadi, 2012)

Des modèles voient le jour pour tenter de caractériser les exercices intermittents :

- Le modèle de Saltin (1976)
  - Ratio : Durée d'exercice / Durée de récupération
  - Amplitude : [(Intensité d'exercice – Intensité de récupération) / Intensité moyenne]
  - Intensité moyenne : [(Séquence(s) x intensité exercice) + (Séquence(s) x intensité récupération)] / Nombre de séquences totales
- Le modèle de Thibault (1999) – figure 5

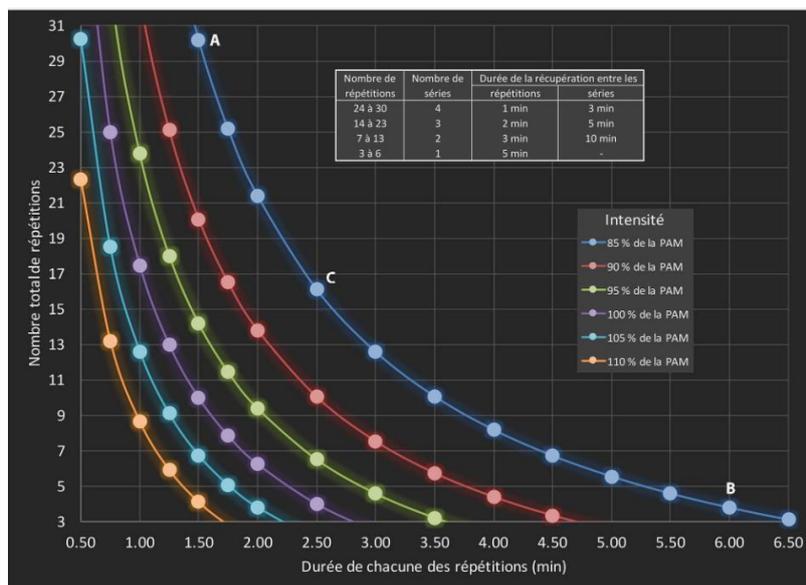


Figure 5 – Classification des efforts intermittents (Thibault, 1999)

Selon Assadi (2012), les exercices intermittents présentent des intérêts différents. Alors qu'un exercice en 15-15 permettrait de restocker rapidement de la phosphocréatine, un exercice en 30-30 serait utilisé comme moyen de maintien important de la VO<sub>2</sub>max en limitant la fatigue musculaire et le mécanisme d'acidification du pH sanguin.

Autre moyen de caractérisation des efforts, la notion de temps limite (t<sub>lim</sub>). C'est le temps théorique qu'un individu est capable de passer en maintenant 100% de sa vVO<sub>2</sub>max (Billat, 1994). Plus

l'exercice est intense, plus le temps limite diminuera. La nature de la récupération impacte ce temps limite, une récupération active permet d'allonger ce temps (Assadi, 2012).

Il existe deux manières d'évaluer la performance intermittente

- Répétitions jusqu'à épuisement
- Observer la diminution de performance (indice de fatigabilité)

Dans les années 2000, à la suite du développement des exercices intermittents, certains auteurs voient l'intérêt de créer des protocoles de tests intermittents, plus cohérents avec les situations rencontrées lors de la compétition et pour permettre également d'obtenir des valeurs de références pour l'entraînement. Ainsi, Buchheit en 2000 met au monde son test intermittent : le 30-15 Intermittent Fitness Test. Un test navette avec un temps de récupération de 15 secondes toutes les 30 secondes d'effort. Grâce à ce test, une VMA plus spécifique fait son apparition : la  $VMA_{30-15}$  également appelée  $V_{IFT}$  ou encore  $VMI$  (Vitesse Maximale Intermittente). La  $VMA_{30-15}$  est supérieure à la VMA plus classique (de l'ordre de 2 à 4 km/h), cette différence s'explique par une plus grande contribution de la RVA (Réserve de Vitesse Anaérobie). Cette RVA représente la différence (en km/h) entre la vitesse maximale d'un individu et sa VMA. La  $VMA_{30-15}$  permet en plus d'évaluer l'endurance cardiorespiratoire, d'avoir des informations sur la qualité musculaire (explosivité) ainsi que sur la capacité de récupération (cardiorespiratoire et inter-effort) de l'individu.

Dans son étude comparative, Buchheit a comparé la  $VMA_{30-15}$  de différentes populations sportives (pôles espoirs, clubs de sports collectifs) et tout public (collèges et lycées). On retrouve ainsi des amplitudes allant de moins de 14 km/h (chez les collégiennes) à des valeurs dépassant les 22 km/h pour une équipe de football américaine.

## 2.4– L'âge biologique

Selon Bacil et al. (2014), l'âge biologique est un indicateur de la progression de l'organisme vers l'état de maturité. L'âge biologique ne correspond donc pas à l'âge chronologique qui est le temps écoulé depuis le jour de naissance. Également Koziel et al. (2018), font la distinction entre 3 notions :

- La maturation : le processus vers l'état mature
- Le statut de maturité : l'état de maturation au moment de l'observation
- Le moment de la maturité : l'âge au moment des événements de maturation

La détermination de l'âge biologique est un enjeu pour l'observation et le suivi de jeunes talents. En effet, lors de phases de détection, les jeunes nés en début d'année sont souvent favorisés car plus développés. C'est le cas également des jeunes ayant une maturité avancée (les précoces). Également, ce processus est important pour la classification des catégories de jeunes non plus par âge chronologique mais en fonction du développement biologique : c'est le concept de bio-banding (Martinho et al. 2021) ; (Dolci et al. 2021). Les jeunes ne grandissent pas tous au même rythme ni au même moment. Toutefois,

l'appréciation des coachs reste possible. Romann et al. (2017) montrent une concordance entre la classification de l'âge squelettique et le choix des entraîneurs de 74%.

En 2021, Malina et al. répertorient les différentes méthodes pour déterminer l'âge biologique :

- Le statut pubertaire : grâce au stade de Tanner visant à observer le développement des caractéristiques sexuelles secondaires (seins, poils pubiens). La méthode est peu précise en plus d'être intrusive. Elle est peu utilisée par manque de fiabilité et pour la protection des adolescent(e)s.
- L'âge à la ménarche : L'âge lors des premières règles. Dépend de l'ethnie. Selon Loucks et al. (1992), le type de sport pratiqué n'a pas d'influence.
- La circulation des hormones : tests salivaires et sanguins en laboratoire, méthode coûteuse.
- L'âge dentaire : Application limitée.
- L'âge squelettique : Moyen le plus précis, mais dangereux (expositions aux rayons), cher et non-accessible. Exemple : méthode Fels (os du poignet). Selon Martinho et al. (2021), l'âge squelettique a un temps d'avance sur l'âge chronologique.
- L'estimation de la taille adulte : En fonction de l'âge chronologique, de la taille et de la taille des parents.
- La maturité biologique (âge au pic de croissance = PHV) : le PHV est la « période où l'enfant va connaître la plus grande modification morphologique avec une vitesse de développement de la taille et du poids très rapide » (Lacroix, 2014). Exemple : méthode Mirwald (2002) avec mesure de la taille debout et assise ainsi que la masse corporelle.

Malina et al. 2020, classifient les jeunes filles en fonction de leur âge au PHV. Si l'APHV (âge au PHV) est inférieur à 10,94 ans, alors elle est considérée comme précoce. Si l'APHV est supérieur à 12,94 ans, elle est considérée comme tardive. Westbrook et al. (2020), quant à eux déterminent le stade de développement par le ratio taille actuelle / taille adulte prévue. Le ratio pour les prépubères est inférieur à 84% tandis que pour les post-pubères, il est supérieur à 94%.

Plusieurs études se sont intéressées aux impacts de l'âge biologique sur les performances. Chez les jeunes filles, une précocité d'âge biologique induit des facteurs de risques cardiovasculaires et comportementaux (Wright et al. 2016), il faut donc agir avec prudence sur les efforts intenses. Également, l'augmentation de la masse grasseuse lors de la puberté semble exercer une influence négative sur les performances cardiorespiratoires (Werneck et al. 2017).

Wright et al. (2016) ont comparé les effets d'un entraînement à haute intensité en fonction des âges biologiques. Les joueuses post-pubères ont amélioré leur performance dans le test YoYo et lors du

sprint de 20m départ arrêté. Pour les autres catégories, il y a des différences individuelles de réponses fortes, ce qui nécessite une individualisation plus approfondie de l'entraînement.

Murtagh et al. (2018) notent des améliorations de la performance en sprint (tests 10-20m départ arrêté) ainsi qu'en force (Countermovement Jump ou CMJ) pour les post-pubères.

Guirato et al. (2021) notent une corrélation entre les individus au profil ectomorphe (grands et fins) et la performance au Standing Broad Jump (SBJ) ainsi qu'en course navette. Cette corrélation est due à la longueur de jambes plus importante des individus ectomorphes ce qui leur permet de développer plus de force. De plus, ils seraient plus efficaces dans les activités ouvertes qui nécessitent des changements de direction, des sauts et des décélérations.

### **3 – PROBLEMATIQUE, OBJECTIF(S), HYPOTHESE(S)**

#### **3.1 – La problématique**

*Comment optimiser le développement physique et physiologique d'une jeune joueuse d'élite ?*

Le football féminin est actuellement dans une phase d'ascension. Le niveau de jeu ainsi que les exigences physiques s'élèvent progressivement. Nous avons vu tout au long de la deuxième partie que la typologie des efforts lors des matchs sont des efforts courts, intenses et répétitifs, ce qui induit d'être en bonne condition physique et d'avoir une bonne qualité d'endurance cardiorespiratoire pour performer. De notre côté, notre catégorie U15F est charnière : La moitié de notre effectif actuel (joueuses nées en 2008) seront concernées par une phase de sélection (basé sur les critères sportifs et scolaires) avant d'espérer évoluer dans les catégories supérieures : U19F / R1F / D1F. Ces équipes évoluent au sein d'un championnat national féminin, contrairement aux U15F qui évoluent au niveau régional contre des garçons. Les exigences physiques seront donc considérablement plus élevées pour les sélectionnées. Quant à l'autre moitié de l'équipe (joueuses nées en 2009), elle vient d'arriver cette année en U15F, 1<sup>ère</sup> année en féminine dans laquelle on joue au football à 11 : les exigences physiques sont donc aussi plus élevées.

L'enjeu est donc de développer rapidement et qualitativement les capacités cardiovasculaires des joueuses pour les préparer au mieux à la transition brutale entre U15F et les catégories supérieures. Pour cela, nous avons vu que les efforts intermittents étaient un bon moyen pour permettre le développement de ces facteurs physiologiques. D'autre part, nos joueuses sont encore dans une phase pubertaire. Malheureusement, peu de contenu existe quant à la période idéale de développement sur les jeunes sportives. Néanmoins, grâce à la méthode Mirwald, nous allons pouvoir constituer des groupes de développement physiologique et ainsi déterminer par le passage de tests (30-15 IFT, VAMEVAL) les qualités phares à développer ainsi que le moment optimal pour les développer.

### 3.2 – Les objectifs

L'objectif de cette étude est de tester l'impact d'un cycle de 6 semaines à raison de 2 séances par semaine (soit 12 séances au total) en intermittent « court-court » dissocié en fonction d'une catégorisation d'âge biologique chez des jeunes footballeuses en centre de formation de 13 à 15 ans.

D'autre part, l'idée est de déterminer une potentielle période idéale au niveau biologique pour développer ces qualités.

Enfin, il sera question de contribuer à alimenter un secteur de la littérature déficitaire par une étude sur les jeunes joueuses évoluant en centre de formation.

### 3.3 – Les hypothèses

Au vu des précédentes études, voici les hypothèses reflétant mes attendus quant aux effets de ce cycle de travail intermittent sur mon groupe de joueuses :

- Hypothèse 1 : Le groupe complet a évolué de manière significative sur un des paramètres
- Hypothèse 2 : L'un des groupes d'âge biologique évolue différemment de l'autre sur l'un des paramètres
- Hypothèse 3 : L'évolution significative de l'un des paramètres s'explique par une autre variable

## 4 – METHODE

### 4.1 – La population

Cette étude s'appuie sur la catégorie féminine des moins de 15 ans du Lille Olympique Sporting Club (LOSC). Cette équipe compte 18 joueuses dont une en section sportive qui ne joue pas les matchs avec le LOSC. Les filles sont nées entre 2008 et 2009, la plus jeune est âgée de 13,4 ans et la plus âgée de 15,2 ans pour une moyenne d'équipe à 14,3 ans. Elles mesurent entre 149 et 173 cm pour une moyenne de 160cm. Elles pèsent entre 36,7 et 59,7 kg pour une moyenne de 49,7 kg.

L'équipe compte 2 gardiennes, 5 défenseuses, 7 milieux et 4 attaquantes. Ces postes sont à titre indicatif, nombreuses sont les joueuses évoluant à plusieurs postes.

	Moyenne $\pm$ ET	Min	Max
Age (années)	14,3 $\pm$ 0,6	13,4	15,2
Taille (cm)	162,6 $\pm$ 6,2	149	175
Masse corporelle (kg)	51,3 $\pm$ 6,4	35,7	64,0
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,4 $\pm$ 1,9	16,1	22,7

*Tableau 5 – Données anthropométriques des U15 féminines du LOSC au 09/05/2023*

## 4.2 – Le matériel

Pour les entraînements, nous disposons du complexe sportif Guy Lefort basé à Lambersart. Il comporte deux terrains synthétiques, une piste d'athlétisme ainsi qu'un terrain de hockey sur gazon. Pour les matchs, quand le LOSC reçoit, il peut évoluer sur l'un des terrains annexes du Stadium Lille Métropole à Villeneuve d'Ascq ou au domaine de Luchin à Camphin-en-Pévèle. Dans tous les cas, les filles évoluent sur surface synthétique.

Au niveau du matériel, nous disposons d'une quantité assez large de chaque type (plots, coupelles, cerceaux, haies, coussins de proprioception, élastiques, échelles de rythme, mini-buts, buts amovibles, mannequins, planches à rebonds, trampolines, etc.).

Nous disposons également d'appareils de mesure tels qu'une balance à impédancemétrie, une toise, des cellules photoélectriques de la marque « WittyProSystem », odomètre, chronomètre, montre connectée, etc.

## 4.3 – Les tests

### 4.3.1 – Le 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15IFT)

Créé par Martin Buchheit (2000), le 30-15 IFT est un test intermittent incrémental en course navette guidé par bande sonore. Jugeant les tests continus pas assez représentatifs des efforts effectués dans les sports collectifs, Buchheit propose un protocole novateur visant à évaluer simultanément :

- Les qualités maximales aérobies
- La capacité de récupération
- La capacité à répéter des efforts brefs et intenses
- Les qualités d'explosivité musculaire des membres inférieurs

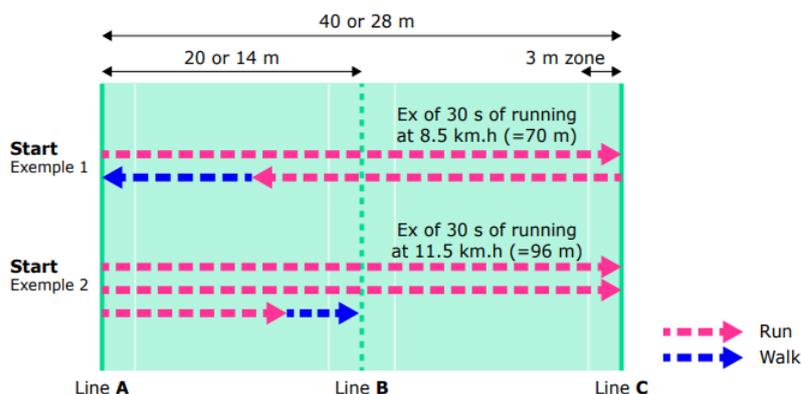


Figure 6 – Schématisation du 30-15 Intermittent Fitness Test (Buchheit, 2008)

Pour cela, il propose le modèle ci-dessus. Des efforts par paliers de 30 secondes espacés de périodes de récupération actives (marche) de 15 secondes. Le tout, sur une navette de 40m répartie en plusieurs parties :

- Les lignes : A, B et C. Lors de chaque début de palier, le départ s'effectue depuis l'une des trois lignes. Ensuite, pendant l'effort, chaque « bip » signifiera que le sportif devra être à proximité d'une ligne.
- Zones de tolérance : Elles se situent à 3m de part d'autre de chaque ligne. Lorsque le sportif ne parvient pas à atteindre cette zone 3 fois de suite lors du signal sonore, le test est terminé.

Dans sa version originale, le test débute à 8 km/h et se termine à 25 km/h. Le rythme est donné par une bande sonore : un bip de départ, un bip pour chaque ligne à franchir, puis un double bip pour la fin du palier. La vitesse augmente d'un demi km/h par palier (soit +0,5 km/h toutes les 45 secondes). La vitesse retenue (VMA<sub>30-15</sub> / V<sub>IFT</sub> ou encore VMI) est celle du dernier palier validé (palier précédant celui durant lequel le sportif a échoué). A la suite du test, Buchheit propose un fichier Excel dans lequel il est possible d'estimer la VO<sub>2</sub>max en fonction du sexe, de l'âge, de la masse corporelle et de la VMA<sub>30-15</sub> (dernier palier validé) grâce à la formule suivante :

$$VO_2\max = (28,3 - (2,15 \times \text{SEXE}) - (0,741 \times \text{AGE}) - (0,0357 \times \text{MASSE CORPORELLE}) + (0,0586 \times \text{AGE} \times \text{VMA}_{30-15}) + (1,03 \times \text{VMA}_{30-15})$$

Pour le sexe, les hommes = 1 ; les femmes = 2

#### 4.3.2 – Le VAMEVAL

Créé par Georges Cazorla en collaboration avec Léger en 1990, le VAMEVAL (pour Vitesse Aérobie Maximale – EVALuation) est un test continu incrémental guidé par bande sonore. Ce test, visant à estimer une valeur de VMA et de VO<sub>2</sub>max est à réaliser de préférence sur piste d'athlétisme (200 ou 400m) ou par défaut sur une surface la plus arrondie possible pour éviter des changements de directions. La distance de la surface doit dans tous les cas être un multiple de 20m.

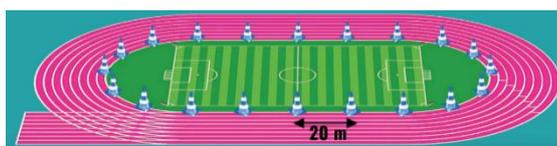


Figure 7 – Schématisation du VAMEVAL (Cazorla, 1990)

Pour la mise en place, il faudra simplement placer des plots à des intervalles de 20m qui serviront de repères lors du lancement de la bande sonore. Pas besoin d'échauffement, la vitesse de départ est fixée à 8 km/h pendant 2 minutes (en guise d'échauffement) avant une augmentation de 0,5 km/h toutes les minutes. Le test se termine pour le sportif lorsqu'il n'est plus à l'heure à son plot 3 fois de suite lors du signal sonore. L'estimation de la VMA et de la VO<sub>2</sub>max se fait alors en fonction du temps de course et de la distance totale parcourue. La vidéo suivante sur YouTube permet l'extrapolation des données de course : <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Pb0GjD-aovg>



Figure 8 – Capture d'écran de la vidéo YouTube de Smart EPS

La limite dans l'extrapolation des données est l'estimation de la  $VO_2\text{max}$  qui est indiquée sous sa forme relative alors que la masse corporelle du sportif exact n'est pas vraiment pris en compte. Cela reste tout de même un bon indicateur de la performance aérobie du sportif.

L'intérêt de réaliser les deux tests présentés (30-15IFT – VAMEVAL) est de comparer les vitesses ( $VMA_{30-15}$  et  $VMA_{VAMEVAL}$ ) et ainsi obtenir des informations sur les capacités de récupération ainsi que sur la qualité d'explosivité musculaire de nos sportifs.

#### 4.3.4 – La méthode Mirwald

Robert Mirwald, en 2002, développe un protocole standardisé ainsi qu'un fichier Excel nous permettant de déterminer les différents stades de développement physiologique de nos joueuses. Pour cela, nous avons besoin de plusieurs variables :

- L'âge chronologique (Date du test – Date de naissance)
- La taille debout
- La taille assise
- La masse corporelle

##### ➤ Etape 1 : Prise de la masse corporelle

Peut être réalisé sur une balance standard, ou une balance à impédancemétrie pour avoir plus d'informations (masse grasseuse, masse maigre, etc.). Réaliser 2 mesures, si ces résultats divergent de moins de 0,4 kg, la valeur retenue est la moyenne des deux valeurs. Si l'écart est supérieur, on recommence la procédure.

##### ➤ Etape 2 : Prise de la taille debout

Même principe que pour la masse corporelle : 2 mesures, si elles divergent de moins de 0,4 cm, c'est la moyenne des deux qui sera prise en compte. Si elle est supérieure, la procédure est reprise à zéro.

##### ➤ Etape 3 : Prise de la taille assise

Même principe que pour la taille debout.

A partir des résultats, nous aurons la possibilité de classer les joueuses en catégories :

- 2 catégories : développement biologique normal / en décalage (précoce / tardif)
- 3 catégories : (1) Tardif / (2) Normal / (3) Précoce
- 5 catégories : (1) Tardif / (2) Éventuellement tardif / (3) Normal / (4) Éventuellement précoce / (5) Précoce

Les interfaces du fichier Excel sur la méthode Mirwald sont disponibles en annexe n°3

#### 4.4 – Le protocole

##### ➤ Batterie de tests n°1 : Mirwald / 30-15IFT / VAMEVAL

- Février – Semaine 8 – Mardi / Vendredi

Création des groupes en fonction des résultats du test Mirwald. Pas de groupe contrôle (équipe de haut niveau). Comparaison de l'effet de l'entraînement intermittent en fonction des stades de développement physiologique

##### ➤ Cycle intermittent court-court

- Février à avril – Semaines 9 à 14 – Mardis et Vendredis

Type	Durée effort	Durée récup	Répétitions	Séries	Objectifs
Long-long	3-10'	2-3' passif	3-5	1	- Endurance aérobie - VO <sub>2</sub> max
Moyen-moyen	30''-2'	30''-3' actif	5-12	1-3	- VO <sub>2</sub> max
Court-court	10-20''	10-20'' actif ou passif	10-15	3-5	- VO <sub>2</sub> max - Capacité aérobie

*Tableau 6 – Typologie des efforts intermittents (Dupont & Bosquet, 2007)*

#### Exercices type court-court

Durée minimale par séance : 10'' effort / 10'' récup / 10 répétitions / 3 séries

- ➔ 20 secondes par répétitions
- ➔ 200 secondes par série (3 minutes et 20 secondes)
- ➔ 600 secondes par exercice (10 minutes)

Durée maximale par séance : 20'' effort / 20'' récup / 15 répétitions / 5 séries

- ➔ 40 secondes par répétitions
- ➔ 600 secondes par série (6 minutes et 40 secondes)
- ➔ 3000 secondes par exercice (50 minutes)

## ➤ Batterie de tests n°2 : Mirwald / 30-15IFT / VAMEVAL

- Avril – Semaine 15 – Mardi / Vendredi

Le tableau résumant cette programmation est disponible en annexe n°4.

### 4.5 – L'analyse statistique

Tout d'abord, après obtention des résultats aux tests et à l'aide du logiciel Excel et du site « Anastats », nous comparerons l'évolution des différents paramètres pour l'équipe entière. Pour cela, nous vérifierons la normalité des distributions (test de Shapiro-Wilk) et l'homogénéité des variances (test de Levene). Si les deux conditions sont réunies ( $p > 0,05$ ), il s'agira d'utiliser plusieurs fois le test de Student pour échantillons appariés afin de comparer les moyennes des deux séries de données pour chaque variable (février et avril). Si l'une des deux conditions (ou les deux) n'est pas remplie ( $p < 0,05$ ), on s'orientera vers le test non-paramétrique de Wilcoxon. Également, la taille de l'effet (ou Effect Size) sera calculée pour chaque variable à partir du  $d$  de Cohen : 0,20 sera considéré comme faible, 0,50 comme moyen, 0,8 comme élevé, 1,2 comme très élevé et 2 comme immense.

Ensuite, il sera question de diviser les données par groupe d'âge biologique (déterminées par la méthode de Mirwald). Nous aurons alors 4 séries de données pour chaque variable (G1 février, G1 avril, G2 février, G2 avril). Tout comme pour le groupe entier, il y aura une première partie de vérification de la normalité et de l'homogénéité. Si les conditions sont remplies, nous utiliserons l'ANOVA à deux voies pour déterminer des éventuelles différences inter-groupes (différence sur février et/ou avril entre G1 et G2 ; différence d'évolution entre G1 et G2) et intra-groupes (différence entre G1 février et G1 avril et / ou différence entre G2 février et G2 avril). Cette ANOVA pourra être complétée par des tests post-hoc. Comme la plupart de ces tests ne sont pas accessibles gratuitement, nous utiliserons le  $t$  de Student pour échantillons indépendants afin de déterminer l'origine des différences (février, avril, ou les deux) ou pour échantillons appariés pour déterminer quel groupe diffère (G1, G2 ou les deux). Si les paramètres ne sont pas remplis, on s'orientera vers un test de Kruskal et Wallis.

Enfin, nous pourrons réaliser une analyse multi-corrélationnelle afin de tester toutes les variables entre-elles pour y déceler une potentielle corrélation. Si la normalité des variances est respectée ( $p > 0,05$  au test de Levene) cette analyse s'effectuera à l'aide du test de Bravais-Pearson. Dans le cas contraire, on s'orientera vers un test de Spearman.

## 5 – RESULTATS

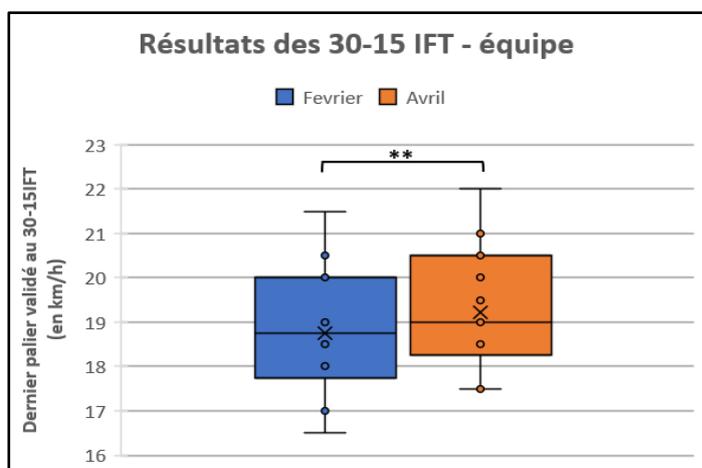
Toutes les données récoltées lors de l'étude sont disponibles en annexe n°5. Avant de présenter les résultats des tests physiques, il convient de présenter ceux de la méthode Mirwald qui permettent de créer les différents groupes pour cette étude.

Catégories Mirwald (1-5)	Test Février (N =)	Test Avril (N =)	Répartition Étude
Précoce – 1	0	0	/
Eventuellement précoce – 2	0	0	
Normal – 3	10	8	G1
Eventuellement tardif – 4	6	7	G2
Tardif – 5	2	3	
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	

Tableau 7 – Résultats de la méthode Mirwald

Au vu du faible nombre de joueuses, il a été décidé de regrouper les catégories 4 et 5 pour former au total 2 groupes d'âge biologique : G1 pour les joueuses à développement normal (catégorie 3), G2 pour les joueuses à développement tardif (catégories 4 et 5). Comme le montre le tableau 7, on constate que 3 joueuses changent de catégorie au cours de l'étude, 2 sur les 3 ont donc changé de groupe durant l'étude (passage de la catégorie 3 à 4). Nous avons conservé leurs données sur le traitement statistique collectif, nous les avons en revanche exclues de la partie statistique qui traitera spécifiquement sur les catégories biologiques.

Sur la figure 9, l'analyse du test de Student révèle une différence significative ( $p < 0,001$ ) entre la moyenne du test de février et la moyenne du test d'avril pour l'équipe complète. Ainsi, la moyenne des performances réalisées au 30-15IFT en avril (19,2 km/h) est significativement supérieure à la moyenne des performances de février (18,8 km/h). Le p-value est extrêmement bas, il y a moins d'un risque sur 100 de se tromper en affirmant qu'il existe une différence. Le d de Cohen est de 0,58, ce qui signifie que la taille de l'effet est de tendance moyenne pour l'ensemble de l'équipe.



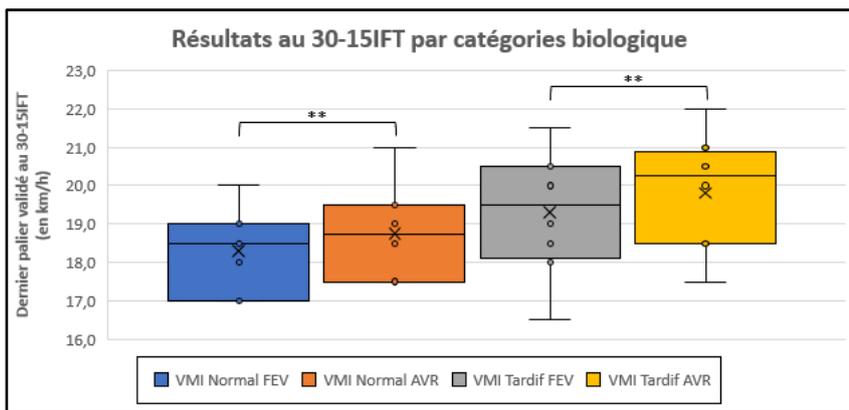
Test \ p-value	VMI FEV	VMI AVR
Shapiro-Wilk	0,59	0,20
Levene	0,92	
T Student	8,47E-06	
Effect Size	0,58	

Figure 9 – Résultats des 30-15 Intermittent Fitness Tests pour l'équipe entière

En ce qui concerne les performances au 30-15IFT (figure 10) du point de vue des groupes biologiques, l'ANOVA à deux voies révèle une différence significative entre les médianes intra-groupes

( $p < 0,001$ ). Celles-ci évoluent positivement, de 18,8 km/h à 19 km/h pour le groupe G1 (normal) et de 19,5 km/h à 20,3 km/h pour le groupe G2 (tardif). Le post-hoc (t Student) révèle que le groupe G1 (normal) a significativement fait mieux en avril ( $p < 0,001$ ). Les moyennes étant de 18,75 km/h en avril, contre 18,3 km/h en février. La taille de l'effet est de tendance moyenne (d Cohen = 0,66). Le groupe G2 (tardif) a également fait mieux en avril, ( $p = 0,007$ ) les moyennes sont de 19,81 km/h en avril contre 19,31 km/h en février et la taille de l'effet est aussi de tendance moyenne (d Cohen = 0,55).

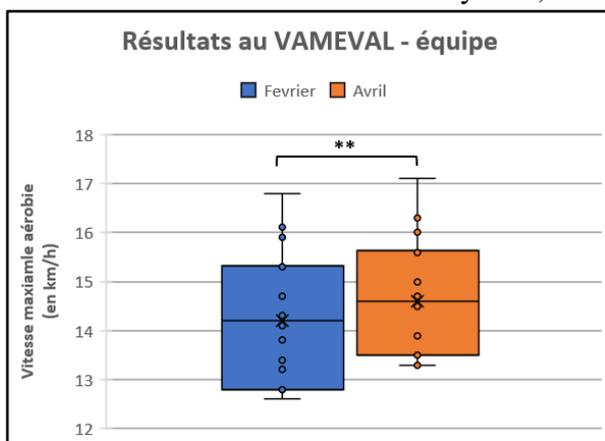
En revanche, l'ANOVA ne révèle pas de différence inter-groupes ( $p = 0,17$ ). Cela veut dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les médianes de G1 et de G2 sur les performances de février ( $p = 0,13$ ), ni sur les performances d'avril ( $p = 0,10$ ). Également, les deux groupes ne semblent pas évoluer différemment ( $p = 1,0$ ).



ANOVA 2 voies	G1 FEV	G1 AVR	G1	G2
p-value	G2 FEV	G2 AVR	FEV-AVR	FEV-AVR
Inter-groupe	0,17		/	
Effet de groupe	0,126	0,104	/	/
Intra-groupes	/		3,0E-05**	
Effet de temps	/	/	7,3E-04**	0,007**
Evolution groupes	1,000			
Effect Size	0,99	0,97	0,66	0,55

Figure 10 – Résultats des 30-15 Intermittent Fitness Tests par catégories biologique

Lorsqu'on s'intéresse aux performances réalisées au test Vameval sur la figure 11, on observe tout comme pour le 30-15IFT une différence significative ( $p < 0,001$ ) entre la moyenne des performances réalisées en février (14,2 km/h) comparativement à la moyenne des performances réalisées en avril (14,6 km/h). La taille de l'effet est de tendance moyenne, le d de Cohen est égal à 0,56.



Test \ p-value	VMA FEV	VMA AVR
Shapiro-Wilk	0,17	0,10
Levene	0,64	
T Student	1,47E-07	
Effect Size	0,56	

Figure 11 – Résultats aux tests VAMEVAL pour l'équipe entière

Quant aux performances du Vameval réparties par groupes biologique (figure 12), l'ANOVA nous révèle cette fois-ci plus de différences entre les médianes que lors de l'analyse du 30-15IFT. Il y a des différences significatives entre les médianes inter-groupes ( $p = 0,027$ ). G1 présente des médianes

inférieures à celles de G2 : respectivement en février et en avril, 13,1 km/h et 13,7 km/h pour G1 contre 14,5 km/h et 14,9 km/h pour G2. Le post-hoc (t Student) nous révèle une différence significative lors du test de février : G2 (14,88 km/h) a réalisé une meilleure performance moyenne que G1 (13,65 km/h) ( $p = 0,042$ ). La taille de l'effet est de tendance élevée ( $d = 1,08$ ). Ce constat est aussi vrai pour le test réalisé en avril ( $p = 0,032$ ) : G2 réalise une moyenne de 15,24 km/h contre 14,09 pour G1. La taille de l'effet est également élevée ( $d = 1,11$ ).

L'ANOVA révèle dans un second temps des différences significatives intra-groupes ( $p < 0,001$ ). G1 a réalisé une meilleure performance au mois d'avril ( $p = 0,003$ ) par une augmentation de 0,6 km/h de sa médiane avec une taille d'effet moyenne ( $d = 0,65$ ), tout comme G2 ( $p = 0,002$ ) par l'augmentation de sa médiane de 0,4 km/h avec une taille d'effet moyenne ( $d = 0,53$ ).

Enfin, l'ANOVA nous apprend les deux groupes n'évoluent pas différemment ( $p = 0,365$ ).

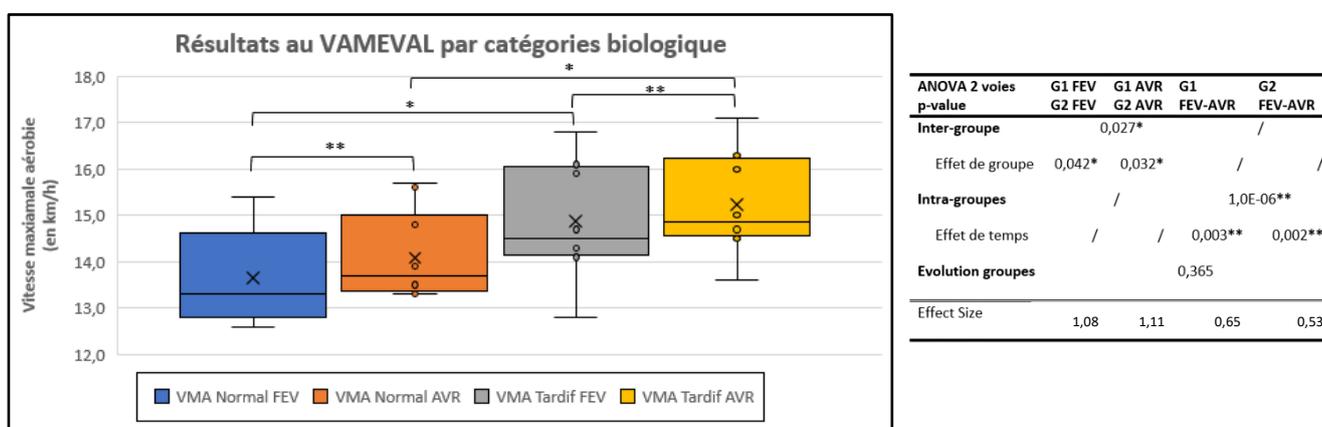
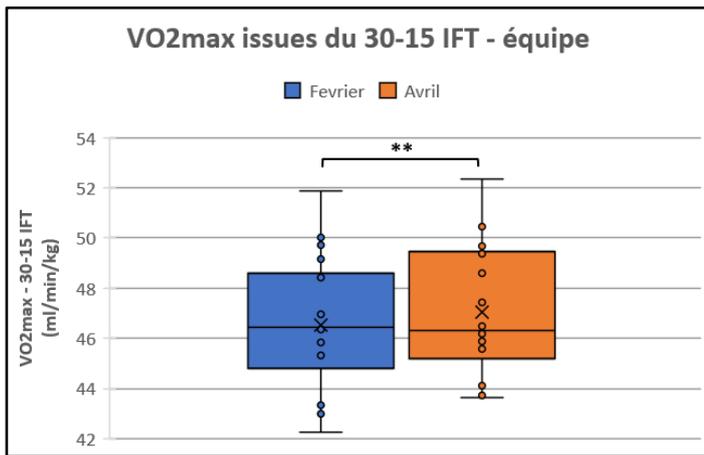


Figure 12 – Résultats aux tests VAMEVAL par catégories biologique

Après s'être intéressés aux valeurs de vitesse (VMI du 30-15IFT et VMA du Vameval), nous allons nous intéresser aux différentes VO qui s'y rattachent (figure 13). Dans la littérature, peu sont les études mentionnant des valeurs de vitesse comme référentiel pour la performance aérobie. On voit alors souvent des normes de  $VO_2\max$  appliquées à différents publics.

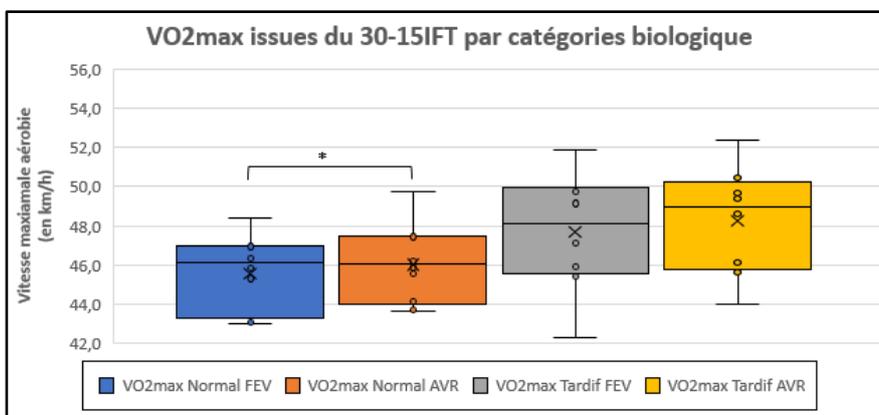
Dans la figure ci-dessous, nous avons les valeurs de  $VO_2\max$  associées au test 30-15IFT. Ces consommations sont déterminées en fonction de l'âge, du sexe, de la masse corporelle et de la performance au test. Le test de Student révèle une différence significative ( $p = 0,002$ ) entre la moyenne du test d'avril (47,02 ml/min/kg) et la moyenne du test de février (46,51 ml/min/kg) pour une taille d'effet faible ( $d = 0,44$ ).



Tests \ p-value	VO2 FEV	VO2 AVR
Shapiro-Wilk	0,701	0,353
Levene		0,846
T Student		0,002**
Effect Size		0,44

Figure 13 – VO<sub>2</sub>max issues du test 30-15IFT pour l'équipe entière

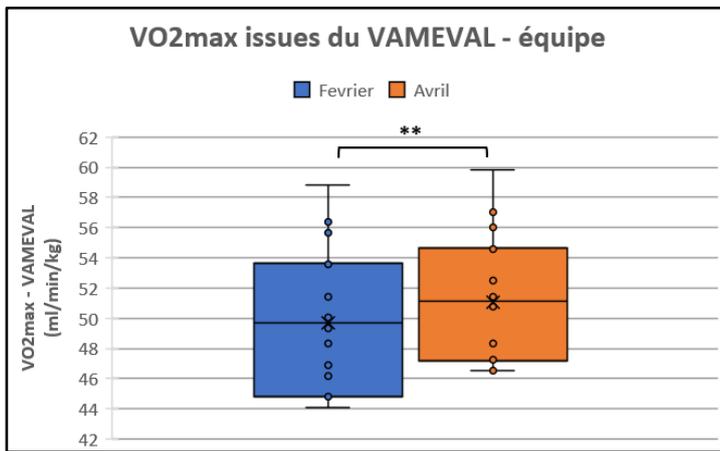
Comme le montre la figure 14, du côté des groupes biologiques, ces VO<sub>2</sub>max issues du 30-15IFT ne présentent selon l'ANOVA à 2 voies qu'une simple différence intra-groupe ( $p = 0,003$ ). Les médianes de VO<sub>2</sub>max étant de 46,4 ml/min/kg en février et de 46,3 ml/min/kg en avril pour G1. Pour G2, elles passent de 48,1 ml/min/kg en février à 49 ml/min/kg en avril. Le post-hoc (t Student) révèle que la différence est due à G1 ( $p = 0,019$ ) : la moyenne d'avril sont significativement plus élevée (46,02 ml/min/kg) que la moyenne de février (45,58 ml/min/kg) pour une taille d'effet faible ( $d = 0,49$ ). Il n'y a pas de différence sur les médianes inter-groupes ( $p = 0,117$ ), ni sur l'évolution entre les deux groupes ( $p = 0,831$ ).



ANOVA 2 voies p-value	G1 FEV G2 FEV	G1 AVR G2 AVR	G1 FEV-AVR	G2 FEV-AVR
Inter-groupe		0,117	/	/
Effet de groupe	0,092	0,060	/	/
Intra-groupes	/	/	0,003**	/
Effet de temps	/	/	0,019*	0,055
Evolution groupes			0,831	
Effect Size	1,06	1,08	0,49	0,44

Figure 14 – VO<sub>2</sub>max issues du test 30-15IFT par catégories biologique

Concentrons-nous maintenant sur les VO<sub>2</sub>max issues du test Vameval (figure 15). Avec une amplitude de 44 à 60 ml/min/kg en comprenant les deux tests, c'est la session d'avril qui présente une moyenne significativement supérieure selon le test de Student ( $p < 0,001$ ) : 51,04 ml/min/kg contre 49,68 ml/min/kg en février. La taille d'effet est de tendance moyenne ( $d = 0,55$ ).

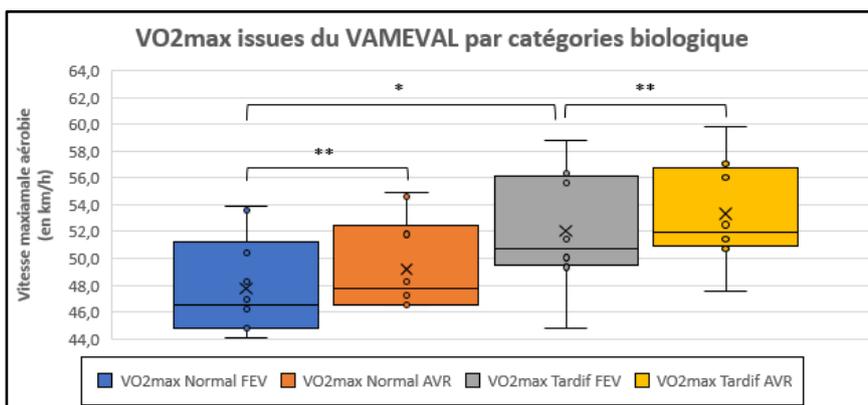


Tests \ p-value	VO2 FEV	VO2 AVR
Shapiro-Wilk	0,167	0,089
Levene		0,694
T Student		9,8E-07**
Effect Size		0,55

Figure 15 – VO<sub>2</sub>max issues du test VAMEVAL pour l'équipe entière

Sur l'analyse de ces VO<sub>2</sub>max par répartition biologique, l'ANOVA met en avant des différences inter-groupes par des médianes plus élevées pour l'une des deux sessions de tests ( $p = 0,026$ ). G1 présente une valeur médiane de VO<sub>2</sub>max à 45,9 ml/min/kg en février qui augmente de 1,8 ml/min/kg en avril tandis que G2 passe de 50,8 à 52 (+ 1,2) ml/min/kg entre ces deux sessions. Le post-hoc (t de Student) précise que la différence significative provient de la session Vameval de février. La moyenne de G2 est significativement plus haute que celle de G1 (52,06 contre 47,78 ml/min/kg). La taille de l'effet est élevée ( $d = 1,08$ ).

L'ANOVA permet de distinguer également une différence intra-groupe ( $p < 0,001$ ). Les médianes sont donc significativement différentes pour l'un ou les deux groupes entre février et avril. Le post-hoc permet de constater que ce sont les deux groupes (G1 et G2) qui présentent des performances plus importantes lors du test Vameval d'avril : G1 augmente sa moyenne de 1,43 ml/min/kg, passant de 47,78 à 49,21 ml/min/kg. G2 fait de même avec une hausse de 1,27 ml/min/kg (de 52,06 à 53,33 ml/min/kg). Les tailles d'effet sont de tendance moyenne, respectivement pour G1 et G2,  $d = 0,63$  et  $d = 0,53$ .



ANOVA 2 voies	G1 FEV	G1 AVR	G1	G2
p-value	G2 FEV	G2 AVR	FEV-AVR	FEV-AVR
Inter-groupe		0,026*		/
Effet de groupe	0,042*	0,060	/	/
Intra-groupes		/		1,0E-06**
Effet de temps	/	/	0,004**	0,002**
Evolution groupes			0,453	
Effect Size	1,08	1,11	0,63	0,53

Figure 16 – VO<sub>2</sub>max issues du test VAMEVAL par catégories biologique

Pour l'ultime partie de cette analyse de résultats, il est question d'effectuer une comparaison entre toutes les variables utilisées lors de l'étude. Pour chaque variable, un test de normalité des distributions a déjà été réalisé au préalable. Seule la quantification des catégories d'âge biologique ne remplit pas ce critère ( $p < 0,001$  en février,  $p = 0,001$  en avril). Nous allons donc comparer toutes les

autres variables entre-elles avec le test de Bravais-Pearson (VMI, VMA, VO<sub>2</sub>max du 30-15 IFT, VO<sub>2</sub>max du Vameval, masse corporelle, taille debout, taille assise ainsi que le maturity offset). La dernière variable sera comparée aux autres par le biais du test non-paramétrique de Spearman.

Session \ Variable (p-value)	VMI	VMA	VO2 I	VO2 C	MC	TD	TA	MO	CB
Février	0,58	0,70	0,16	0,17	0,82	0,81	0,68	0,24	0,00024
Avril	0,20	0,35	0,10	0,09	0,29	0,69	0,55	0,23	0,00104

VO2 I : VO<sub>2</sub>max « Intermittente » du 30-15 IFT, VO2 C : VO<sub>2</sub>max « Continue » de Vameval, MC : Masse corporelle  
 TD : Taille debout, TA : Taille assise, MO : Maturity Offset, CB : Catégorie Biologique

*Tableau 8 – Valeurs de p des tests de Shapiro-Wilk pour chaque variable de l'étude*

Pour les corrélations de Bravais-Pearson, pour que deux variables soient considérées comme liées, il faut que le coefficient de corrélation soit inférieur à -0,5 ou supérieur à 0,5.

Vous trouverez en annexe n°6 le tableau bilan résumant tous les coefficients et dans lequel toutes les variables liées seront mise en évidence.

Grâce à cette analyse multi-corrélationnelle, nous avons pu observer quelques corrélations :

- Toutes les variables issues des tests physiques (VMI, VMA, VO2 I et VO2 C) sont corrélées positivement entre elles (de 0,5689 jusqu'à 1,0). Donc lorsqu'une de ces variables augmente les autres ont aussi tendance à augmenter.
- Toutes les variables issues de la méthode Mirwald (TA, TD, MC, MO) sont corrélées positivement entre elles (de 0,5862 à 0,7977) SAUF la taille assise et la masse corporelle (0,474 en février et 0,4811 en avril). Donc lorsqu'une de ces variables augmente les autres ont aussi tendance à augmenter.
- La taille debout est corrélée négativement aux variables issues du test 30-15 IFT (VMI, VO2 I) de -0,5652 à -0,6137. Ce qui signifie pour cette étude que plus une joueuse est grande, moins ses performances auront tendances à être élevées.
- La taille assise est corrélée négativement à la VO<sub>2</sub>max issue du test 30-15IFT (VO2 I) : -0,5005 pour février, -0,5273 pour avril. Ce qui voudrait dire que plus la taille assise diminue, plus la VO<sub>2</sub>max au 30-15IFT aurait tendance à augmenter.
- Le décalage entre âge au pic de croissance (APHV) et l'âge chronologique (= Maturity Offset) est corrélée négativement à la VMA (-0,7309). Ce qui voudrait dire que plus on s'éloigne du pic de PHV, plus la VMA aurait tendance à être petite. Ce lien est uniquement observé pour la session de février. Pour la session d'avril, ce lien chute à -0,0133.

Pour les corrélations de Spearman, pour que deux variables soient considérées comme liées, il faut que le coefficient « rhô » de Spearman soit supérieur à la « r-value » qui correspond à la valeur critique déterminée par le nombre de valeurs dans une série de données ainsi qu'au pourcentage de

confiance associé. Comme le test est unilatéral, nous devons nous fier à un intervalle de 2,5% (qui correspond à 5% en bilatéral) pour une somme de 18 valeurs par variable. Selon la table de Spearman, la valeur à dépasser est donc de 0,472. Seules deux variables répondent au critère précédemment défini : La VMA ainsi que la VO<sub>2</sub>max associée au Vameval (VO<sub>2</sub> C). Ces corrélations sont comprises entre 0,55 et 0,59. Vous retrouverez le tableau résumant ces corrélations en annexe n°7.

## 6 – DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif d'observer l'influence d'un cycle d'entraînement intermittent de 6 semaines, à 2 séances par semaine (les mardis et vendredis), visant à améliorer les capacités cardio-respiratoires des joueuses. Pour mener à bien ce cycle, nous nous sommes servis de la typologie des efforts intermittents de Dupont et Bosquet (2007), déjà cité en partie 2 (tableau 6).

Avant de commencer cette programmation, un cycle d'entraînement a été laissé aux joueuses entre janvier et février pour qu'elles puissent se réadapter aux efforts après deux semaines d'arrêt pour les fêtes de fin d'année. De plus, la deuxième phase du championnat ne prévoyait une reprise qu'en fin février. L'idée était d'obtenir des données fiables lors de la première batterie de test et ainsi réduire au maximum l'influence de cette pause sportive et l'éventuelle baisse de motivation due à une période sans compétition. Ce choix a été également fait pour éviter de réaliser des séances à haute intensité sur une surface trop glissante : les séances du mardi et du vendredi se déroulent le matin de 8h à 10h.

Comme les séances du vendredi sont dans notre planification des séances courtes (maximum 60 minutes), nous avons privilégié les séances en intermittent court-court les plus longues les mardis et ainsi placer les plus courtes les vendredis. Ceci dans l'optique de ne pas surcharger les joueuses à la veille d'un match et de laisser l'entraîneur effectuer des derniers ajustements tactiques.

Une analyse approfondie a été réalisée dans un premier temps sur l'équipe entière en comparaison pré-test et post-test, puis dans un second temps en divisant l'équipe en catégories biologiques déterminées par la méthode de Mirwald (2002). Tout ceci dans le but de constater d'éventuelles différences significatives et ainsi tenter de valider les hypothèses émises en partie 3.

Dans les hypothèses précédemment évoquées, on s'attendait à ce qu'un des paramètres de l'étude varie significativement pour l'équipe complète. C'est le cas pour la quasi-totalité des variables : la performance au test 30-15 IFT est significativement supérieure pour la session d'avril ( $p < 0,001$ ), de même pour la VO<sub>2</sub>max qui s'y rattache ( $p = 0,002$ ). Des graphes sur les performances individuelles des joueuses au 30-15IFT sont disponibles en annexe n°8. Du côté de la VMA et du Vameval, on constate aussi des augmentations significatives. La VMA est significativement supérieure en avril ( $p < 0,001$ ) et la VO<sub>2</sub>max qui s'y rattache également ( $p < 0,001$ ). Les graphes concernant les performances individuelles au Vameval sont disponibles en annexe n°9.

Les augmentations significatives sur les tests intermittents et continus signifieraient que l'on a amélioré les qualités maximales aérobies de nos joueuses et/ou leur capacité de récupération, leur capacité à répéter des efforts brefs et intenses ainsi que leur qualité d'explosivité musculaire au niveau des membres inférieurs (Buchheit, 2008).

On constate, outre les augmentations significatives des variables issues des tests physiques, des augmentations au niveau des données anthropométriques (voir les graphes en annexe 10). La taille debout est significativement supérieure en avril ( $p = 0,001$ ), tout comme la taille assise ( $p < 0,001$ ) et le maturity offset ( $p = 0,029$ ). En revanche, la masse corporelle étant très instable, il n'y a pas de différence significative entre ces deux mois ( $p = 0,052$ ). La hausse de ces données anthropométriques s'explique par le fait que les joueuses sont toujours en phase de développement pubertaire bien qu'elles aient déjà toutes dépassé leurs âges au pic de croissance (APHV). Dans notre cas, la moyenne d'APHV est de  $12,5 \pm 0,4$  ans pour une amplitude de 11,75 ans à 13,2 ans. Pour les autres études ayant utilisé la méthode de Mirwald, les valeurs sont légèrement inférieures  $11,94 \pm 0,8$  ans (Malina et al. 2020),  $11,9 \pm 1,0$  ans (Kozziel et al. 2018). Dans l'ensemble, notre hypothèse 1 est donc valide : plusieurs variables ont significativement augmenté pour l'équipe complète.

Il y avait ensuite l'hypothèse n°2 : que l'un des groupes biologiques évolue différemment de l'autre sur l'une des variables. Il s'avère que cette hypothèse se vérifie uniquement pour une variable : la masse corporelle (voir le graphique en annexe n°11). Les masses corporelles de G1 ont significativement augmentées par rapport à février ( $p = 0,011$ ) et plus rapidement que celles de G2 ( $p = 0,019$ ). De plus, en février, il n'y avait pas de différence significative entre les deux groupes ( $p = 0,216$ ). Ce qui signifie que la croissance de la masse corporelle serait plus rapide pour un développement normal que pour un développement tardif.

Enfin, l'hypothèse 3 affirmait que l'une des variables évoluait significativement grâce à une autre variable. Si la plupart des variables évoluent significativement entre février et avril par une augmentation, il se peut que d'autres variables soient en partie responsable. Pour le vérifier, il a fallu opter pour une analyse corrélationnelle. Ainsi, on a pu voir grâce aux coefficients de Bravais-Pearson que toutes les variables anthropométriques étaient corrélées entre-elles positivement. Ce qui veut dire que l'augmentation de l'une d'entre-elles favorise la tendance à l'augmentation d'une autre. Le même constat est réalisé pour les variables issues des tests physiques entre-elles. En revanche, certaines variables anthropométriques et des tests physiques sont corrélées entre-elles mais cette fois-ci négativement : ce qui veut dire que lorsque les unes augmentent, les autres ont tendance à baisser. Ce qui voudrait dire que plus une joueuse grandit, plus ses performances aérobies seraient altérées. Ceci pourrait être lié à l'augmentation du pourcentage de masse grasse chez les filles (Werneck et al. 2017). D'autre part, grâce aux coefficients de Spearman, nous avons pu déceler une corrélation positive entre les catégories biologiques et les variables issues du Vameval : ce qui voudrait dire qu'un développement

plus tardif serait favorable à la performance aérobie, ce qui confirmerait l'interprétation de la corrélation précédente.

Toutefois, ces résultats sont à prendre avec un certain recul. D'abord, on peut se poser la question de la maximalité de l'effort fourni lors des différents tests physiques. Pour en être certain, il faut remplir au moins 3 des 5 critères suivants :

- Une RPE (effort perçu) supérieure à 8/10
- Une FC qui atteint 90% de la  $FC_{max}$  ( $220 - \text{âge}$ )
- Un plateau de  $VO_2$  (un écart inférieur à 2,1 ml/min/kg entre deux paliers)
- Un quotient respiratoire supérieur à 1,15 ( $VCO_2 / VO_2$ )
- Une lactatémie supérieure à 8 mmol/L (mesurée maximum 3min après la fin du test)

Seule la RPE a été prise, grâce à l'échelle de Borg (1982) à l'issue de ces différents tests et indique pour toutes des valeurs entre 9 et 10. Les autres critères n'ont pas pu être vérifiés par manque de moyens.

Également, sur la réalisation du 30-15IFT, certaines joueuses se sont parfois servi des zones de tolérance comme point de pivot, ce qui réduit la distance de course de 3m par navette et pourrait surestimer la performance. Sur le test du mois d'avril, nous avons en plus de cela fait face au cas de figure où certaines joueuses étaient en période de jeûne, ce qui a pu influencer leurs performances. Les conditions des tests ont quant à elles été plutôt bonnes (soleil, pas de vent) malgré une surface synthétique légèrement humide.

Nous aurions pu prolonger le cycle d'entraînement et ainsi tenter d'obtenir des résultats plus fiables ou plus probants notamment sur la comparaison entre les différentes catégories biologiques. Bien que 6 semaines semblent suffisantes, Buchheit (2010) recommande une périodisation avoisinant les 10 semaines pour un effet optimal. Malheureusement les pauses sportives des vacances scolaires ainsi que les délais de rendu du mémoire n'ont pas permis de le réaliser.

Enfin, nous aurions pu également étoffer l'effectif de cette étude en y ajoutant des joueuses d'autres catégories du club (par exemple les 2010 et 2011 en U13F ou les 2007 en U19F) pour permettre une plus grande variété de développement biologique. Néanmoins, cela aurait posé beaucoup de contraintes organisationnelles mais aussi des problématiques sur les méthodes d'entraînement et d'autres limites pour l'étude : les U13F ne pratiquent pas l'intermittent et les U19F ne s'entraînent ni en même temps, ni sur le même site que notre catégorie des U15F.

## 7 – CONCLUSION

Cette étude a été réalisée dans plusieurs optiques. La première était de faire un état des lieux du niveau physique actuel des joueuses au regard du profil type d'une joueuse de haut niveau abordé en partie 2. Nous avons des joueuses nées en 2009 qui débutaient le football à 11 et d'autres nées en 2008 qui prétendaient à une place pour jouer dans la catégorie supérieure (U19F) au sein d'un championnat national féminin. Ensuite, il était question de tester l'influence d'un cycle de 6 semaines d'entraînement intermittent sur la performance aérobie des joueuses. Ceci en les classant par catégorie de développement biologique et en comparant l'évolution de ces catégories sur différentes variables physiques et anthropométriques. Ce cycle d'entraînement trouve son origine sur un constat généralisé sur le plan athlétique : une difficulté des joueuses à répéter les courses intenses notamment lors des retours défensifs (contres-efforts). Nous avons donc décidé avec l'entraîneur de mettre en place un cycle de développement et renforcement des qualités d'explosivité musculaire.

Nous avons pu observer tout au long de ce cycle des améliorations sur l'intensité mise par les joueuses dans leur pressing ainsi que leurs retours défensifs lors des matchs. Ces améliorations vues à l'œil se sont confirmées par le passage des tests et par l'analyse statistique des résultats. Nous avons donc eu une amélioration des performances de l'équipe entière au 30-15 IFT et au Vameval qui reflètent une amélioration des qualités maximales aérobie, des capacités d'explosivité musculaire des membres inférieurs, des capacités de récupération de nos joueuses (Buchheit, 2008), une meilleure VMA (Cazorla & Léger, 1990) et par corrélation, une augmentation de  $VO_2\text{max}$ . Pour ce qui est des groupes biologiques, ils ne semblent pas évoluer différemment entre eux mais un développement plus précoce qui induit une croissance plus rapide ne serait pas bénéfique pour la performance aérobie.

Nous retenons que l'entraînement intermittent est une méthode efficace pour développer la performance aérobie et les qualités musculaires des jeunes joueuses de football. Les tests 30-15IFT et Vameval combinés permettent une plus large vision du profil aérobie de la pratiquante. Cela permet à l'entraîneur et à son staff d'évaluer avec objectivité la marge de progression de chacune des joueuses, de mieux cibler le contenu d'entraînement et d'optimiser la performance de chacune d'entre-elles. L'utilisation de la catégorisation biologique est également un facteur important à prendre en considération pour mieux comprendre les performances réalisées par les joueuses. Cela permet d'avoir un meilleur suivi de l'évolution de la joueuse et permet d'optimiser la prévention de la blessure. Il serait intéressant à l'avenir que les jeunes sportives soient réparties par groupes d'entraînement à la méthode du bio-banding (déjà en place chez les catégories masculines du club) qui permettrait pour toutes une meilleure appréhension des qualités, du potentiel, une sélection plus cohérente et des contenus d'entraînement adaptés au stade de développement. Ceci dans une logique d'optimisation de l'individualisation de l'entraînement pour l'optimisation de la performance sportive.

## 8 – REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### 8.1 – Ouvrages

- Reiss D., Prévost P. (2013). *La bible de la préparation physique : le guide scientifique et pratique pour tous*. Amphora.

### 8.2 – Articles

1. Arazi, H., Keihaniyan, A., Eatemady-Boroujeni, A., Oftade, A., Takhsha, S., Asadi, A., & Ramirez-Campillo, R. (2017). Effects of Heart Rate vs. Speed-Based High-Intensity Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacity of Female Soccer Players. *Sports (Basel, Switzerland)*, 5(3), 57. <https://doi.org/10.3390/sports5030057>
2. Assadi, H. (2012). Réponses physiologiques au cours d'exercices intermittents en course à pied. Médecine humaine et pathologie. *Université de Bourgogne*. <https://www.theses.fr/2012DIJOS024>
3. Barette, Q. (2022). Caractérisation du football féminin amateur et effet d'une programmation de semaine sur la capacité de répétition de sprints. *Université de Lille, UFR3S, Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique de Ronchin*. [https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Mem\\_Staps/2022/ULIL\\_SMAS\\_2022\\_031.pdf](https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Mem_Staps/2022/ULIL_SMAS_2022_031.pdf)
4. Boufaroua, M., Dih, A., Yaiche, R. (2017). Sports training during the pubertal period. *Revue Scientifique Spécialisée en Sciences du Sport*, Vol 6, n°1. <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticlepdf/217/6/1/137595>
5. Buchheit, M. (2008). The 30-15 Intermittent Fitness Test: Accuracy for individualizing interval training of young sports players. *Journal of Strength Conditioning Research*, 22(2), 365-374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
6. Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(5), 313–338. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0029-x>
7. Buchheit, M., & Laursen, P. B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load, and practical applications. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(10), 927–954. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0066-5>
8. Buchheit, M., & Rabbani, A. (2014). The 30-15 Intermittent Fitness Test Versus the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1: relationship and sensitivity to training. *International journal of sports physiology and performance*, 9(3), 522–524. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2012-0335>

9. Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Manzi, V., & Ditroilo, M. (2010). The assessment of maximal aerobic power with the multistage fitness test in young women soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 24(6), 1488–1494. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8e97a>
10. Cazorla, G. (2005). Planification, Programmation et Périodisation de l'entraînement. *AREAPS* <https://areaps.org/planification-programmation-periodisation-entrainement/>
11. Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(9), 1225–1240. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0199-1>
12. Datson, N., Drust, B., Weston, M., Jarman, I. H., Lisboa, P. J., & Gregson, W. (2017). Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players During International Competition. *Journal of Strength and conditioning research*, 31(9), 2379–2387. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001575>
13. Dolci, F., Kilding, A., Spiteri, T., Chivers, P., Piggott, B., Maiorana, A., & Hart, N. H. (2022). Caractériser l'économie de course et l'économie de changement de direction entre les joueurs de football de différentes positions de jeu, niveaux et sexes. *European journal of sport science*, 22(8), 1167-1176. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1953151>
14. Emmonds, Stacey & Till, Kevin & Redgrave, J & Murray, Eoin & Turner, L & Robinson, C & Jones, Ben. (2018). Influence of age on the anthropometric and performance characteristics of high-level youth female soccer players. *International Journal of Sports Science & Coaching*. 13. <https://doi.org/10.1177/1747954118757437>
15. Fédération Internationale de Football Association (FIFA). (2017). Le football de jeunes. [qg4lpxhvd1j7m12ni7k2-pdf.pdf \(fifa.com\)](qg4lpxhvd1j7m12ni7k2-pdf.pdf)
16. Fédération Internationale de Football Association (FIFA). (2019). Physical analysis of the FIFA Women's World Cup France 2019. [zijqly4oednqa5gffgaz-pdf.pdf \(fifa.com\)](zijqly4oednqa5gffgaz-pdf.pdf)
17. Fédération Internationale de Football Association (FIFA). (2021). « Setting the pace ». FIFA Benchmarking Report. Women's Football. [dzm2o61buenfox51qjot-pdf.pdf \(fifa.com\)](dzm2o61buenfox51qjot-pdf.pdf)
- Giuriato, M., Kawczynski, A., Mroczek, D., Lovecchio, N., & Nevill, A. (2021). Allometric association between physical fitness test results, body size/shape, biological maturity, and time spent playing sports in adolescents. *PloS one*, 16(4), e0249626. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249626>
18. Hausswirth, C., Brisswalter, J. (1999). Le coût énergétique de la course à pied de durée prolongée : étude des paramètres d'influence. *Science & Sports*, 14 (2), pp.59 - 70. [ff10.1016/S0765-1597\(99\)80036-7](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(99)80036-7) [https://doi.org/10.1016/S0765-1597\(99\)80036-7](https://doi.org/10.1016/S0765-1597(99)80036-7)

19. Harkness-Armstrong, A., Till, K., Datson, N., Myhill, N., & Emmonds, S. (2022). A systematic review of match-play characteristics in women's soccer. *PloS one*, *17*(6), e0268334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268334>
20. Kozieł, S.M., Malina, R.M. (2018). Modified Maturity Offset Prediction Equations: Validation in Independent Longitudinal Samples of Boys and Girls. *Sports Med* **48**, 221–236. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0750-y>
21. Krstrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: the importance of training status. *Medicine and science in sports and exercise*, *37*(7), 1242–1248. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000170062.73981.94>
22. Lesinski, M., Prieske, O., Helm, N., & Granacher, U. (2017). Effects of Soccer Training on Anthropometry, Body Composition, and Physical Fitness during a Soccer Season in Female Elite Young Athletes: A Prospective Cohort Study. *Frontiers in physiology*, *8*, 1093. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01093>
23. Lüdin, D., Donath, L., Cobley, S. & Romann, M. (2022). Effect of bio-banding on physiological and technical-tactical key performance indicators in youth elite soccer, *European Journal of Sport Science*, *22*:11, 1659-1667, <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1974100>
24. Malina, R. M., Kozieł, S. M., Králik, M., Chrzanowska, M., & Suder, A. (2020). Prediction of maturity offset and age at peak height velocity in a longitudinal series of boys and girls. *American Journal of human biology: the official journal of the Human Biology Council*, *33*(6), e23551. <https://doi.org/10.1002/ajhb.23551>
25. Malina, R. M., Martinho, D. V., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., & Kozieł, S. M. (2021). Growth and Maturity Status of Female Soccer Players: A Narrative Review. *International journal of environmental research and public health*, *18*(4), 1448. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041448>
26. Mara, J. K., Thompson, K. G., Pumpa, K. L., & Morgan, S. (2017). Quantifying the High-Speed Running and Sprinting Profiles of Elite Female Soccer Players During Competitive Matches Using an Optical Player Tracking System. *Journal of strength and conditioning research*, *31*(6), 1500–1508. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001629>
27. Martínez-Lagunas, V., Niessen, M. & Hartmann, U. (2014). Women's football: Player characteristics and demands of the game. *Journal of Sport and Health Science*, *3*(4), 258-272. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.001>
28. Martinho, D. V., Coelho-E-Silva, M. J., Valente-Dos-Santos, J., Minderico, C., Oliveira, T. G., Rodrigues, I., Conde, J., Sherar, L. B., & Malina, R. M. (2022). Assessment of skeletal age in youth female soccer players: Agreement between Greulich-Pyle and Fels protocols. *American Journal of*

- human biology: the official journal of the Human Biology Council*, 34(1), e23591.  
<https://doi.org/10.1002/ajhb.23591>
29. Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(4), 689- <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
30. Mohr, M., Krustup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and conditioning research*, 22(2), 341–349. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318165fef6>
31. Mora, S. (2015). Le rôle de la maturité dans la détection des talents au football en Suisse. *Université de Fribourg. Faculté des Sciences – Département de Médecine*.  
<https://folia.unifr.ch/global/documents/304701>
32. Murtagh, C. F., Brownlee, T. E., O’Boyle, A., Morgans, R., Drust, B., & Erskine, R. M. (2018). Importance of Speed and Power in Elite Youth Soccer Depends on Maturation Status. *Journal of Strength and conditioning research*, 32(2), 297–303.  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002367>
33. Powers S.K., & Howley E.T., (2018). Factors affecting performance. *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*, 10e. McGraw Hill.  
<https://accessphysiotherapy.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2460&sectionid=1940023>
34. Randell, R. K., Clifford, T., Drust, B., Moss, S. L., Unnithan, V. B., De Ste Croix, M. B. A., Datson, N., Martin, D., Mayho, H., Carter, J. M., & Rollo, I. (2021). Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 51(7), 1377–1399. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01458-1>
35. Romann, Michael & Marie, Javet & Fuchslocher, Jörg. (2017). Coaches’ eye as a valid method to assess biological maturation in youth elite soccer. *Talent Development and Excellence*. 9. 3-13.  
<https://www.researchgate.net/publication/317012178>
36. Strasser, B., & Burtscher, M. (2018). Survival of the fittest: VO<sub>2</sub>max, a key predictor of longevity? *Frontiers in bioscience (Landmark edition)*, 23(8), 1505–1516.  
<https://doi.org/10.2741/4657>
37. Strauss, A., Sparks, M., & Pienaar, C. (2019). The Use of GPS Analysis to Quantify the Internal and External Match Demands of Semi-Elite Level Female Soccer Players during a Tournament. *Journal of sports science & medicine*, 18(1), 73–81.  
<https://www.jssm.org/volume18/iss1/cap/jssm-18-73.pdf>
38. Tannath, J. S. (2018). Testing, prescribing and monitoring training in team sports: The efficiency and versatility of the 30-15 Intermittent Fitness Test. *Sports Performance & Science Reports*.  
[https://sportperfsci.com/wp-content/uploads/2018/10/SPSR42\\_Scott\\_181022\\_final.pdf](https://sportperfsci.com/wp-content/uploads/2018/10/SPSR42_Scott_181022_final.pdf)

39. Towlson, C. & Cumming, SP. (2022). Bio-banding in soccer: past, present, and future, *Annals of Human Biology*, <https://doi.org/10.1080/03014460.2022.2129091>
40. Werneck, A. O., Silva, D. R., Collings, P. J., Fernandes, R. A., Ronque, E. R. V., Coelho-E-Silva, M. J., Sardinha, L. B., & Cyrino, E. S. (2018). Biocultural approach of the association between maturity and physical activity in youth. *Jornal de pediatria*, 94(6), 658–665. <https://doi.org/10.1016/j.jpmed.2017.09.008>
41. Wright, M. D., Hurst, C., & Taylor, J. M. (2016). Contrasting effects of a mixed-methods high-intensity interval training intervention in girl football players. *Journal of sports sciences*, 34(19), 1808–1815. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1139163>

### 8.3 – Sites internet

[https://www.swissolympic.ch/dam/jcr:f0ca6243-9a7f-44c0-9b1d-915d024104aa/01\\_PISTE\\_Merkblatt\\_Biologischer\\_Entwicklungsstand\\_FR.pdf](https://www.swissolympic.ch/dam/jcr:f0ca6243-9a7f-44c0-9b1d-915d024104aa/01_PISTE_Merkblatt_Biologischer_Entwicklungsstand_FR.pdf)

Site officiel de la fédération olympique Suisse – Etat du développement biologique pour la détection et la sélection des talents

→ Consulté le 14/12/2022

[https://www.football.ch/portaldata/27/Resourcen/dokumente/nachwuchsfoerderung/fr/Criteres\\_de\\_selection\\_et\\_d\\_evaluation/6\\_Developpement\\_biologique/a\\_Test\\_Mirwald\\_Guide\\_de\\_realisation.pdf](https://www.football.ch/portaldata/27/Resourcen/dokumente/nachwuchsfoerderung/fr/Criteres_de_selection_et_d_evaluation/6_Developpement_biologique/a_Test_Mirwald_Guide_de_realisation.pdf)

Association Suisse de Football – Article de Grolimund, Romann, Tschopp et Jurendic et lien du fichier Excel de la méthode Mirwald

→ Consulté le 14/12/2022

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Pb0GjD-aovg>

YouTube – Chaîne « EPS » - Bande son du test VAMEVAL

→ Consulté le 03/01/2023

<https://www.youtube.com/watch?v=WoEuaYi4Xs0>

YouTube – Chaîne « Prépa & Performance » - Bande son du test 30-15IFT

→ Consulté le 10/01/2023

<https://www.scienceforsport.com/10m-sprint-test/>

Site axé sciences du sport. Les intérêts du test 10m départ arrêté

→ Consulté le 16/12/2022

<https://martin-buchheit.net/>

Site officiel de Martin Buchheit

➔ Consulté le 20/04/2022

<https://30-15ift.com/>

Site officiel du test 30-15 IFT créé par Martin Buchheit

➔ Consulté le 20/04/2022

## 9 – ANNEXES

### 1 – Valeurs de VO<sub>2</sub>max référence de Shvartz et Reibold (1990)

	Age	1	2	3	4	5	6	7
	ANNÉES	MAUVAIS	MÉDIOCRE	FAIBLE	MOYEN	BON	TRES BON	EXCELLENT
<b>HOMME</b>	20-24	< 32	32-37	38-43	44-50	51-56	57-62	>62
	25-29	< 31	31-35	36-42	43-48	49-53	54-59	>59
	30-34	< 29	29-34	35-40	41-45	46-51	52-56	>56
	35-39	< 28	28-32	33-38	39-43	44-48	49-54	>54
	40-44	< 26	26-31	32-35	36-41	42-46	47-51	>51
	45-49	< 25	25-29	30-34	35-39	40-43	44-48	>48
	50-54	< 24	24-27	28-32	33-36	37-41	42-46	>46
	55-59	< 22	22-26	27-30	31-34	35-39	40-43	>43
	60-65	< 21	21-24	25-28	29-32	33-36	37-40	>40
<b>FEMME</b>	20-24	< 27	27-31	32-36	37-41	42-46	47-51	>51
	25-29	< 26	26-30	31-35	36-40	41-44	45-49	>49
	30-34	< 25	25-29	30-33	34-37	38-42	43-46	>46
	35-39	< 24	24-27	28-31	32-35	36-40	41-44	>44
	40-44	< 22	22-25	26-29	30-33	34-37	38-41	>41
	45-49	< 21	21-23	24-27	28-31	32-35	36-38	>38
	50-54	< 19	19-22	23-25	26-29	30-32	33-36	>36
	55-59	< 18	18-20	21-23	24-27	28-30	31-33	>33
	60-65	< 16	16-18	19-21	22-24	25-27	28-30	>30

Tableau 9 – Valeurs de VO<sub>2</sub>max en fonction du niveau, de l'âge et du sexe (Shvartz & Reibold, 1990)

### 2 – Valeurs de VO<sub>2</sub>max référence de Heyward (2006)

Female (ml/kg/min)						
Age	Very Poor	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
13-19	<25.0	25.0 - 30.9	31.0 - 34.9	35.0 - 38.9	39.0 - 41.9	>41.9
20-29	<23.6	23.6 - 28.9	29.0 - 32.9	33.0 - 36.9	37.0 - 41.0	>41.0
30-39	<22.8	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.6	35.7 - 40.0	>40.0
40-49	<21.0	21.0 - 24.4	24.5 - 28.9	29.0 - 32.8	32.9 - 36.9	>36.9
50-59	<20.2	20.2 - 22.7	22.8 - 26.9	27.0 - 31.4	31.5 - 35.7	>35.7
60+	<17.5	17.5 - 20.1	20.2 - 24.4	24.5 - 30.2	30.3 - 31.4	>31.4
Male (values in ml/kg/min)						
Age	Very Poor	Poor	Fair	Good	Excellent	Superior
13-19	<35.0	35.0 - 38.3	38.4 - 45.1	45.2 - 50.9	51.0 - 55.9	>55.9
20-29	<33.0	33.0 - 36.4	36.5 - 42.4	42.5 - 46.4	46.5 - 52.4	>52.4
30-39	<31.5	31.5 - 35.4	35.5 - 40.9	41.0 - 44.9	45.0 - 49.4	>49.4
40-49	<30.2	30.2 - 33.6	33.6 - 38.9	39.0 - 43.7	43.8 - 48.0	>48.0
50-59	<26.1	26.1 - 30.9	31.0 - 35.7	35.8 - 40.9	41.0 - 45.3	>45.3
60+	<20.5	20.5 - 26.0	26.1 - 32.2	32.3 - 36.4	36.5 - 44.2	>44.2

Tableau 10 – Valeurs de VO<sub>2</sub>max en fonction du niveau, de l'âge et du sexe (Heyward, 2006)

### 3 – Interface des données du logiciel de la méthode Mirwald

Geschlecht sexe	Messdatum Date de la mesure	Name Nom	Vorname Prénom	Geburtsdatum Date de naissance	Körpergewicht Poids (kg)	Körpergröße stehtend Taille debout (cm)	Körpergröße sitzend Taille assise (cm)
f	11/04/23			03/09/2009	47,8	160,0	86,0
f	11/04/23			28/01/2008	50,8	161	82
f	11/04/23			05/05/2008	63,5	168,0	83,5
f	11/04/23			13/08/2009	43,7	154	79
f	11/04/23			28/07/2008	53,7	160	83
f	11/04/23			16/03/2009	53,5	160	80
f	11/04/23			13/07/2009	59,7	167	84
f	11/04/23			27/02/2008	53,9	159	79,5
f	11/04/23			03/06/2009	49,3	167	80
f	11/04/23			07/12/2009	53,6	170	86
f	11/04/23			06/02/2009	57,3	175	87,5
f	11/04/23			06/08/2008	51,1	168	80
f	11/04/23			22/05/2009	61,5	167	85
f	11/04/23			28/06/2008	53,5	164	84,5
f	11/04/23			26/08/2009	34,4	150	76
f	11/04/23			14/03/2009	50	171	88
f	11/04/23			30/11/2009	47,8	159,0	79,0
f	11/04/23			14/03/2009	49,6	158	82

Tableau 11 – Interface des données à rentrer (fichier Excel)

Beinlänge Longueur des jambes (cm)	Alter Chronologisch Âge chronologique	Maturity Offset	geschätztes Alter beim Wachstumspurt âge estimé au pic de croissance	Bio. Entwicklungsstand BES Zahl (1-3) Développement bio. Catégorie 1-3	BES Dév. bio. Catégorie 1-3	BES Zahl (1-5) Dév. bio. Catégorie 1-5	BES Zahl (1-5) Dév. Bio Catégorie 1-5	geschätzte Wachstumsreserve réserve de croissance estimée	geschätzte Erwachsenenröße Taille à l'âge adulte estimée (±5,4cm)	Prozent-Erwachsenenröße pourcentage de la taille adulte atteinte actuellement	
74,0	13,60		1,44	12,16	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	5,3	165,3	96,8%
79,0	15,20		2,14	13,06	3	Spät / Tardif	5	Spät / Tardif	1,8	162,8	98,9%
84,5	14,93		2,40	12,53	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	2,5	170,5	98,6%
75,0	13,66		0,89	12,77	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	8,8	162,8	94,6%
77,0	14,70		1,93	12,77	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	5,6	155,6	97,8%
80,0	14,07		1,45	12,62	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	5,3	165,3	96,8%
83,0	13,74		1,76	11,99	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	4,4	171,4	97,4%
79,5	15,12		1,92	13,20	3	Spät / Tardif	5	Spät / Tardif	2,3	161,3	98,6%
87,0	13,85		1,51	12,34	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	5,3	172,3	96,9%
84,0	13,34		1,68	11,67	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	4,4	174,4	97,5%
87,5	14,17		2,40	11,78	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	2,5	177,5	98,6%
88,0	14,68		2,00	12,68	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	3,6	171,6	97,9%
82,0	13,89		1,90	11,99	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	3,6	170,6	97,9%
79,5	14,78		2,18	12,61	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	3,0	167,0	98,2%
74,0	13,62		0,47	13,16	3	Spät / Tardif	5	Spät / Tardif	8,4	158,4	94,7%
83,0	14,08		2,14	11,94	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	3,0	173,5	98,3%
80,0	13,36		0,95	12,42	2	Durchschnittlich / Normal	3	Durchschnittlich / Normal	8,8	167,8	94,8%
76,5	14,08		1,43	12,65	2	Durchschnittlich / Normal	4	Möglicherweise spät / éventuellement tardif	5,3	163,3	96,7%

Tableau 12 – Interface des données résultats (fichier Excel)

### 4 – Programmation du protocole

PHASE	MOIS	SEMAINE	JOUR	HEURE	DESCRIPTION
TESTS 1	Février	8	MAR. 21	8h-10h	Mirwald + 30-15 IFT
			VEN. 24	8h-10h	VAMEVAL
CYCLE	Février	9	MAR. 28	8h-10h	Intermittent court-court
			VEN. 03		
	Mars	10	MAR. 07		
			VEN. 10		
		11	MAR. 14		
			VEN. 17		
		12	MAR. 21		
			VEN. 24		
	13	MAR. 28			
		VEN. 31			
Avril	14	MAR. 04			
		VEN. 07			
TESTS 2	Avril	15	MAR. 11	8h-10h	Mirwald + 30-15 IFT
			VEN. 14	8h-10h	VAMEVAL

Tableau 13 – Planification du protocole d'entraînement intermittent et des tests d'évaluation



## BILAN STATISTIQUE U15 F



VMI FEV	VMI AVR	VO2 I FEV	VO2 I AVR	VMA FEV	VMA AVR	VO2 C FEV	VO2 C AVR	MASSE FEV	MASSE AVR	TAILLE D FEV	TAILLE D AVR	TAILLE A FEV	TAILLE A AVR	CAT BIO FEV	CAT BIO AVR	M. OFFSET FEV	M. OFFSET AVR
19,0	19,5	46,94	47,44	12,8	13,5	44,80	47,25	46	47,8	160	160	86	86	3	3	1,34	1,44
18,0	18,5	45,44	46,11	14,3	14,7	50,05	51,45	51,2	50,8	161	161	82	82	4	5	2,07	2,14
18,5	18,5	45,85	45,57	13,2	13,5	46,20	46,55	64	63,5	168	168	83,5	83,5	3	4	2,33	2,40
20,5	20,5	49,73	49,38	14,1	14,5	49,35	50,75	45	43,7	154	154	79	79	4	4	0,84	0,89
19,0	20,0	47,10	48,59	14,3	14,7	50,05	51,45	53,1	53,7	159	160	82,5	83	4	4	1,80	1,93
18,5	18,5	45,90	45,63	14,7	15,0	51,45	52,50	54,2	53,5	160	160	80	80	4	4	1,39	1,45
19,0	19,0	46,53	46,18	12,8	13,3	44,80	46,55	59,1	59,7	166	167	83	84	3	3	1,60	1,76
20,0	20,5	49,14	49,69	16,1	16,3	56,35	57,05	53,7	53,9	158	159	79	79,5	5	5	1,79	1,92
19,0	19,5	46,95	47,49	12,8	13,4	44,80	46,90	48,3	49,3	167	167	80	80	3	3	1,43	1,51
17,0	17,5	43,00	43,63	13,8	13,9	48,30	48,30	52,8	53,6	168	170	85	86	3	3	1,48	1,68
17,0	17,5	43,08	43,73	14,4	14,8	50,40	51,80	56,4	57,3	175	175	87	87,5	3	3	2,29	2,40
18,0	18,5	45,32	45,88	15,3	15,7	53,55	54,95	50,1	51,1	166	168	79	80	3	4	1,39	2,00
20,0	21,0	48,42	49,74	15,4	15,6	53,90	54,60	59,1	61,5	166	167	84,5	85	3	3	2,22	1,90
20,5	21,0	50,01	50,47	15,9	16,0	55,65	56,00	51,9	53,5	164	164	84,5	84,5	4	4	2,09	2,18
21,5	22,0	51,87	52,35	16,8	17,1	58,80	59,85	35,7	34,4	149	150	75	76	5	5	0,34	0,47
17,0	17,5	43,33	44,11	13,4	13,9	46,90	48,65	46,6	50	169	170,5	87	87,5	3	3	2,27	2,14
18,5	19,0	46,36	46,47	12,6	13,3	44,10	46,55	47,8	47,8	158,5	159	78	79	3	3	0,81	0,95
16,5	17,5	42,28	43,97	12,8	13,6	44,80	47,60	48,8	49,6	157,5	158	81	81,5	4	4	1,31	1,43
16,5	17,5	42,28	43,63	12,6	13,3	44,10	46,55	35,7	34,4	149,0	150,0	75,0	76,0	3,0	3,0	0,34	0,47
21,5	22,0	51,87	52,35	16,8	17,1	58,80	59,85	64,0	63,5	175,0	175,0	87,0	87,5	5,0	5,0	2,33	2,40
18,8	19,2	46,51	47,02	14,2	14,6	49,68	51,04	51,3	51,9	162,6	163,2	82,0	82,4	3,6	3,7	1,60	1,70
1,4	1,4	2,64	2,55	1,3	1,2	4,53	4,30	6,4	6,7	6,2	6,4	3,4	3,3	0,7	0,8	0,57	0,53

Tableau 14 – Résumé des données récoltées lors de l'étude

6 – Tableau de synthèse des corrélations de Bravais-Pearson

BILAN CORRELATIONS BRAVAIS-PEARSON																
X \ Y	VMI FEV	VMI AVR	VO2 I FEV	VO2 I AVR	VMA FEV	VMA AVR	VO2 C FEV	VO2 C AVR	MASSE FEV	MASSE AVR	TAILLE D FEV	TAILLE D AVR	TAILLE A FEV	TAILLE A AVR	MO FEV	MO AVR
VMI FEV			0,9959	0,9738	0,5689	0,6048	0,5689	0,6048	-0,2634	-0,299	-0,5652	-0,5798	-0,4675	-0,4426	-0,34	-0,3216
VMI AVR			0,9658	0,995	0,5725	0,6177	0,5729	0,621	-0,3133	-0,3276	-0,5759	-0,5832	-0,4938	-0,4623	-0,4228	-0,408
VO2 I FEV	0,9959	0,9738			0,5868	0,6332	0,5868	0,6332	-0,3092	-0,345	-0,596	-0,6109	-0,5005	-0,468	-0,3632	-0,4287
VO2 I AVR	0,9658	0,995			0,5951	0,6502	0,5964	0,6539	-0,3592	-0,3742	-0,606	-0,6137	-0,5273	-0,4905	-0,0974	-0,4009
VMA FEV	0,5689	0,6048	0,5868	0,6332			1	0,9926	-0,167	-0,2393	-0,2819	-0,3388	-0,3072	-0,3585	-0,7309	-0,0133
VMA AVR	0,5725	0,6177	0,5951	0,6502			0,9885	0,9991	-0,1915	-0,2612	-0,2541	-0,3118	-0,3008	-0,3516	-0,0866	-0,0668
VO2 C FEV	0,5689	0,6048	0,5868	0,6332	1	0,9926			-0,167	-0,2572	-0,2819	-0,3473	-0,3072	-0,3626	-0,0295	-0,0133
VO2 C AVR	0,5729	0,621	0,5964	0,6539	0,9885	0,9991			-0,1915	-0,2764	-0,2541	-0,3206	-0,3008	-0,3555	-0,0974	-0,0789
MASSE FEV	-0,2634	-0,299	-0,3092	-0,345	-0,167	-0,2393	-0,167	-0,2572			0,6344	0,712	0,4811	0,589	0,7309	0,7292
MASSE AVR	-0,3133	-0,3276	-0,3592	-0,3742	-0,1915	-0,2612	-0,1915	-0,2764			0,6149	0,6979	0,474	0,5862	0,7977	0,785
TAILLE D FEV	-0,5652	-0,5798	-0,596	-0,6109	-0,2819	-0,3388	-0,2819	-0,3473	0,6344	0,712			0,7411	0,7249	0,7461	0,7779
TAILLE D AVR	-0,5759	-0,5832	-0,606	-0,6137	-0,2541	-0,3118	-0,2541	-0,3206	0,6149	0,6979			0,7552	0,7486	0,7251	0,767
TAILLE A FEV	-0,4675	-0,4426	-0,5005	-0,468	-0,3072	-0,3585	-0,3072	-0,3626	0,4811	0,589	0,7411	0,7249			0,7656	0,6965
TAILLE A AVR	-0,4938	-0,4623	-0,5273	-0,4905	-0,3008	-0,3516	-0,3008	-0,3555	0,474	0,5862	0,7552	0,7486			0,7398	0,6817
MO FEV	-0,34	-0,3216	-0,3632	-0,0974	-0,7309	-0,0866	-0,0295	-0,0974	0,7309	0,7977	0,7461	0,7251	0,7656	0,7398		
MO AVR	-0,4228	-0,408	-0,4287	-0,4009	-0,0133	-0,0688	-0,0133	-0,0789	0,7292	0,785	0,7779	0,767	0,6965	0,6817		

Tableau 15 – Résumé des corrélations de Bravais-Pearson

## 7 – Bilan des corrélations de Spearman

BILAN SPEARMAN		
X \ Y	CAT BIO FEV	CAT BIO AVR
VMI FEV	0,4172	0,277
VMI AVR	0,427	0,2888
VO2 I FEV	0,4637	0,302
VO2 I AVR	0,4637	0,3243
VMA FEV	0,5503	0,5709
VMA AVR	0,5947	0,6024
VO2 C FEV	0,5503	0,5709
VO2 C AVR	0,595	0,5607
MASSE FEV	-0,1948	-0,0783
MASSE AVR	-0,2414	-0,112
TAILLE D FEV	-0,7535	-0,5834
TAILLE D AVR	-0,7318	-0,5368
TAILLE A FEV	-0,5026	-0,55
TAILLE A AVR	-0,5491	-0,5753
MO FEV	-0,2689	-0,1398
MO AVR	-0,2318	0,0336

Tableau 16 – Résumé des corrélations de Spearman

## 8 – Graphiques des performances individuelles au 30-15IFT en février et en avril

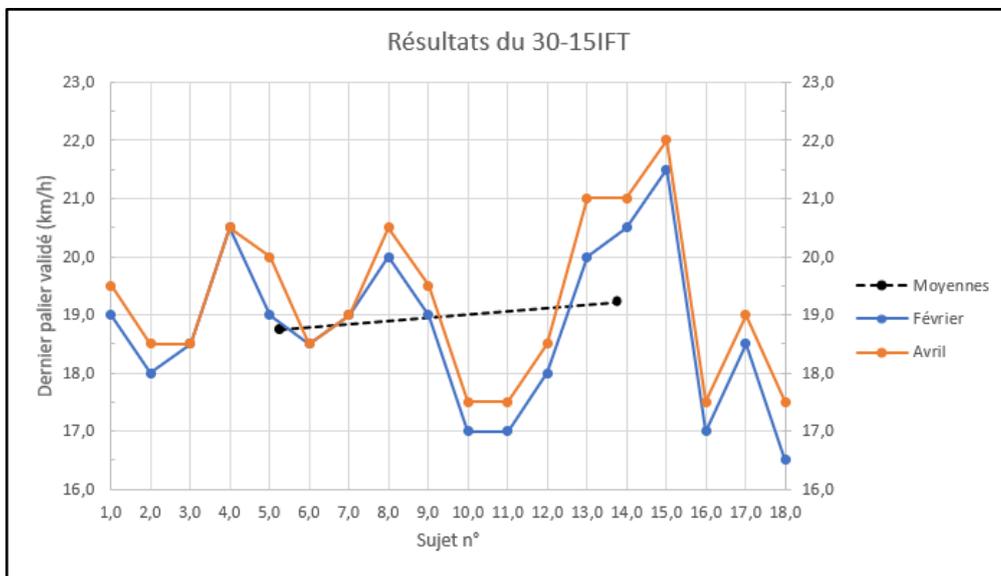


Figure 17 – Données individuelles des résultats au 30-15IFT (VMI)

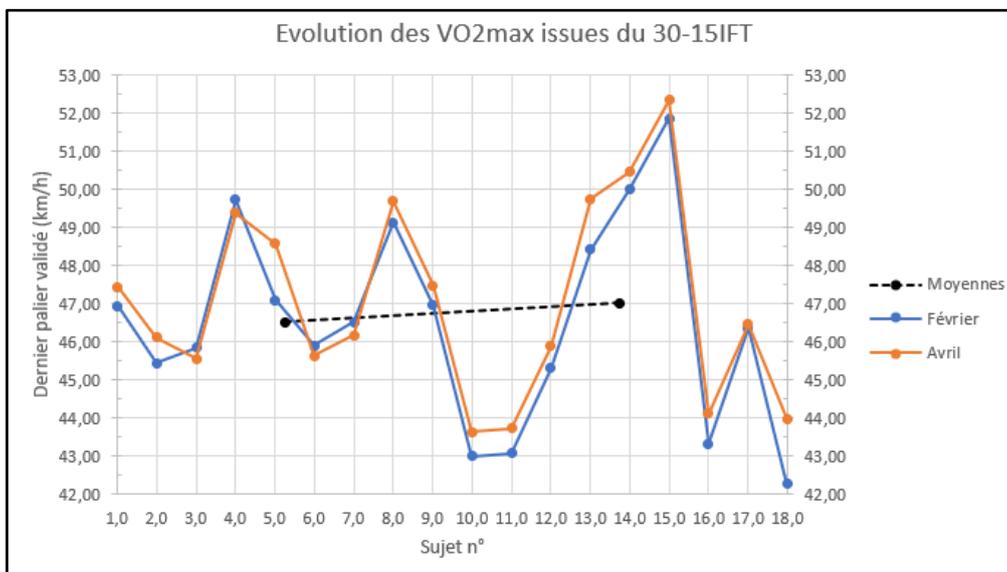


Figure 18 – Données individuelles des résultats au 30-15IFT (VO<sub>2</sub>max)

9 – Graphiques des performances individuelles au VAMEVAL en février et en avril

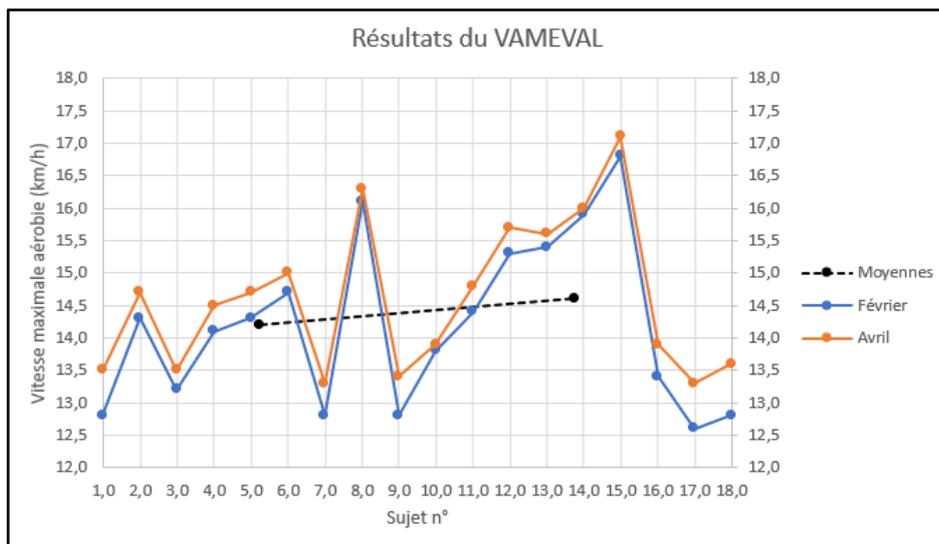


Figure 19 – Données individuelles des résultats au VAMEVAL (VMA)

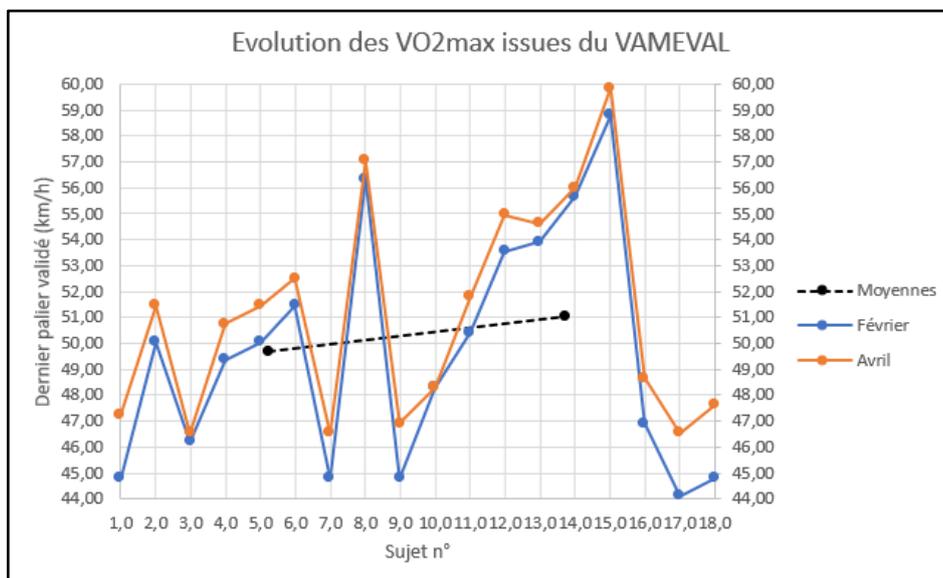


Figure 20 – Données individuelles des résultats au VAMEVAL (VO<sub>2</sub>max)

10 – Graphiques des évolutions des données anthropométriques entre février et avril

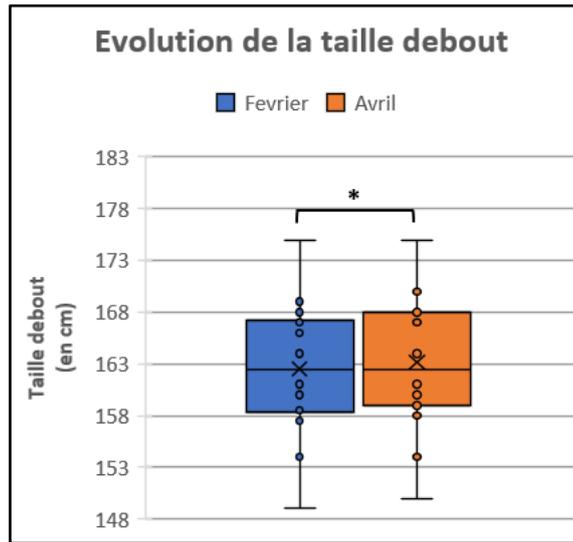


Figure 21 – Evolution des tailles debout entre février et avril

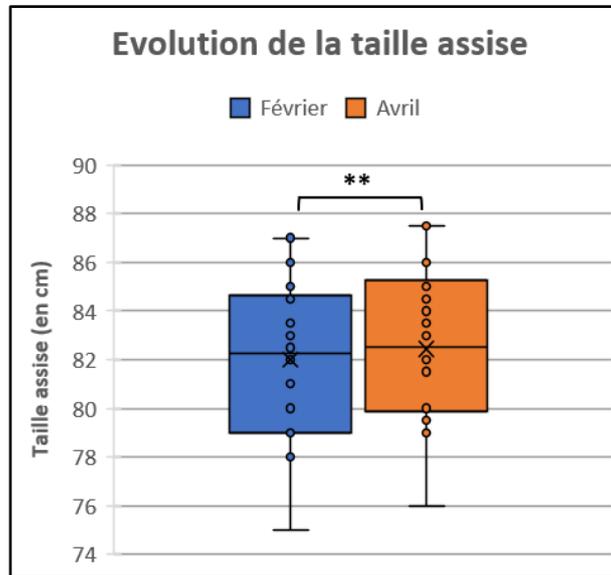


Figure 22 – Evolution des tailles assises entre février et avril

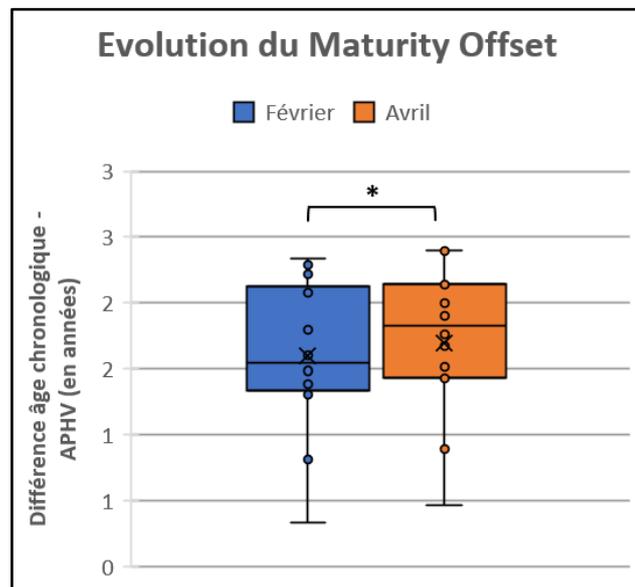


Figure 23 – Evolution du Maturity Offset entre février et avril

11 – Evolution des médianes de masse corporelle par catégorie biologique

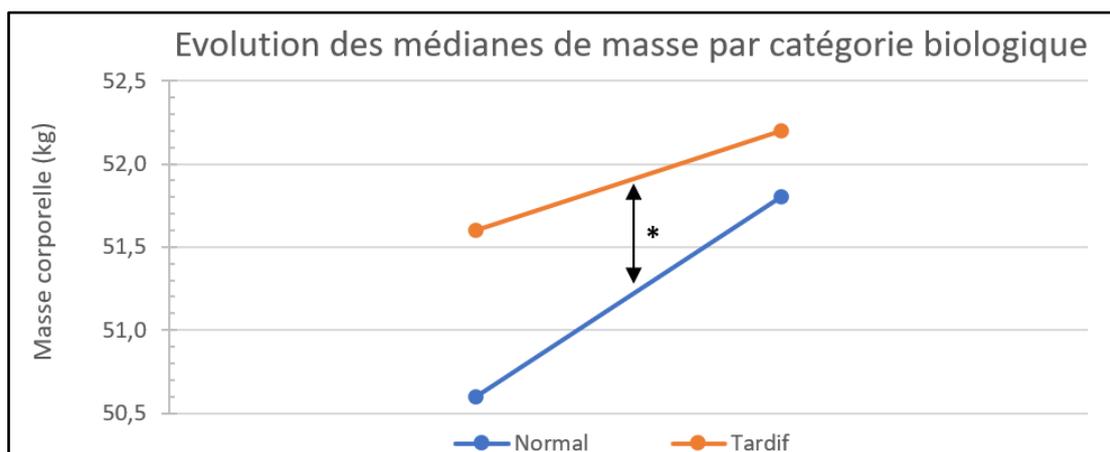


Figure 24 – Evolution des médianes de masse corporelle en fonction des catégories biologique

## RÉSUMÉ

**Objectifs :** Cette étude avait pour objectif d'identifier en premier lieu un profil type d'une joueuse de haut niveau ainsi que les exigences principales du football moderne. Ceci pour les corréler à une évaluation de la condition physique actuelle de jeunes joueuses de football d'élite et d'établir un plan de progression pour le long-terme. Ensuite, il était question de développer les capacités physiques et physiologiques des joueuses par une programmation d'entraînement intermittent prenant en compte leurs catégories de développement biologique pour déterminer si l'une d'entre-elles évoluait plus rapidement qu'une autre. Ceci dans le but d'améliorer leur fonction cardio-respiratoire ainsi que leur qualité d'explosivité musculaire qui leur permettrait de se préparer au mieux à l'éventuelle transition brutale d'un changement de catégorie d'équipe. Enfin, l'idée était de pallier le manque d'étude sur cette population par la création d'une base de données réutilisable pour d'autres études.

**Matériels et méthodes :** 18 footballeuses en centre de préformation ont participé à cette étude. Elles étaient âgées de  $14,3 \pm 0,6$  ans, mesuraient  $162,6 \pm 6,2$  cm et pesaient  $51,5 \pm 6,4$  kg. Trois tests ont été réalisés en février 2023 puis en avril 2023 : le 30-15 Intermittent Fitness Test, le Vameval ainsi que la méthode de Mirwald. S'en est suivie une programmation de 6 semaines à hauteur de 2 séances par semaine, les mardis et vendredis (soit 12 séances) d'entraînement intermittent de type court-court. Ensuite, une analyse statistique en deux parties a été réalisée : l'une sur la comparaison des résultats pré-test et post-test sur l'équipe complète et la seconde divisait l'équipe en 2 groupes de développement physiologiques déterminés par la méthode de Mirwald (G1 pour « Normal »  $n = 10$  et G2 pour « Tardif »  $n = 8$ ) et comparait les résultats inter-groupe sur une même période, intra-groupe pré-test et post-test et enfin l'évolution des deux groupes dans le temps.

**Résultats :** Sur la partie d'analyse collective, le test de Student a révélé plusieurs améliorations significatives entre les variables pré-test et post-test. D'abord sur les tests physiques ( $p < 0,001$ ) au 30-15IFT et ( $p < 0,001$ ) au Vameval. Puis sur les données anthropométriques, avec la taille debout ( $p = 0,001$ ) et la taille assise ( $p < 0,001$ ). Sur la seconde partie, l'ANOVA à deux voies révèle une évolution de la masse corporelle significativement plus importante pour G1 ( $p = 0,018$ ). D'autre part, des différences intra-groupes sont constatées sur G1 et G2 pour les tests physiques (pour G1  $p = 0,003$  au 30-15IFT et  $p = 0,002$  au Vameval et pour G2  $p = 0,002$  au Vameval). Enfin des séries de données plus importantes pour G2 sont constatées aux pré-tests ( $p = 0,042$  au Vameval ;  $p = 0,0012$  pour la taille debout) et aux post-tests ( $p = 0,032$  au Vameval ;  $p < 0,001$  pour la taille debout ;  $p = 0,039$  pour la taille assise). Une analyse multi-corrélacionnelle a permis de mieux identifier le lien entre toutes ces augmentations.

**Discussion et conclusion :** L'entraînement intermittent en court-court s'est révélée efficace pour l'amélioration des qualités maximales aérobies, des capacités de récupération ainsi que des capacités d'explosivité musculaire des membres inférieurs. On observe de meilleures performances lors des tests évaluant ces qualités mais également sur le terrain. Il aurait été intéressant de prolonger cette programmation et d'étoffer l'effectif de cette étude pour fiabiliser les différents résultats et pour avoir plus de joueuses sur les différentes catégories biologiques et permettre des comparaisons plus avancées. Également, inclure les GPS aurait pu permettre un suivi de progression objectif plus échelonné notamment en termes de nombre d'efforts à des intensités différentes.

**Mots clés :** Football féminin – Adolescentes – Entraînement Intermittent – Performance aérobique – Développement biologique

**Compétences développées :**

- Rechercher et synthétiser de la littérature scientifique
- Planifier et mettre en place une stratégie d'évaluation et de développement de la performance
- Organiser, analyser et présenter les résultats d'une multitude de données statistiques

## ABSTRACT

**Objectives:** The first aim of this study was to find a typical profile of a high-level female football player as well as the main requirements of modern football. This was to be correlated with an assessment of the current physical condition of young elite female footballers and set up a long-term progression plan. Next, it was to develop the physical and physiological abilities of the players through a program of interval training, considering their biological developmental category to figure out if one evolved quicker than another. All that is to improve their cardiorespiratory function as well as their muscular explosiveness, which would allow them to better prepare for the possible abrupt transition of a team category change. Finally, the idea was to address the lack of studies on this population by creating a reusable database for other studies.

**Materials and methods:** Eighteen female footballers in a pre-training center participated in this study. They were  $14.3 \pm 0.6$  years old, measured  $162.6 \pm 6.2$  cm and weighed  $51.5 \pm 6.4$  kg. Three tests were performed in February 2023 and April 2023: the 30-15 Intermittent Fitness Test, the Vameval, and the Mirwald method. This was followed by a 6-week program of short-short type intermittent training, with two sessions per week on Tuesdays and Fridays (12 sessions in total). Then, a statistical analysis was performed in two parts: one on the comparison of pre-test and post-test results for the entire team, and the second divided the team into 2 groups of physiological development determined by the Mirwald method (G1 for "Normal"  $n = 10$  and G2 for "Late"  $n = 8$ ) and compared the inter-group results over the same period, the intra-group pre-test and post-test, and finally the evolution of the two groups over time.

**Results:** In the collective analysis, the Student t-test allowed for several significant improvements between the pre-test and post-test variables. First, on physical tests ( $p < 0,001$ ) for the 30-15IFT and ( $p < 0,01$ ) for the Vameval. Then, on anthropometric data, with standing height ( $p = 0,001$ ) and sitting height ( $p < 0,001$ ). In the second part, the two-way ANOVA revealed a significantly greater evolution of body mass for G1 ( $p = 0,018$ ). Moreover, intra-group differences were seen in G1 and G2 for physical tests (for G1  $p = 0,003$  for the 30-15IFT and  $p = 0,002$  for the Vameval, and for G2  $p = 0,002$  for the Vameval). Finally, larger data series were seen for G2 in the pre-tests ( $p = 0.042$  for the Vameval;  $p = 0.001$  for standing height) and post-tests ( $p = 0,032$  for the Vameval;  $p < 0.001$  for standing height;  $p = 0.039$  for sitting height). A multi-correlational analysis allowed for better identification of the link between all these increases.

**Discussion and Conclusion:** The short-short intermittent training proved to be effective in improving maximum aerobic qualities, recovery abilities, and lower limb muscular explosiveness. Better performance was seen during tests assessing these qualities as well as on the field. It would have been

interesting to extend this programming and expand the study population to enhance the reliability of the different results and to have more players in the different biological categories, enabling more advanced comparisons. Additionally, including GPS could have allowed for a more structured objective tracking of progress, particularly in terms of the number of efforts at different intensities.

**Keywords:** Women's soccer/football – Teenagers – Interval Training – Aerobic Performance – Biological Development

**Skills developed:**

- Researching and synthesizing scientific literature.
- Planning and implementing a performance evaluation and development strategy.
- Organizing, analyzing, and introducing results from a multitude of statistical data.