

Année universitaire 2022-2023

Master 1<sup>ère</sup> année

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

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

## MEMOIRE

**TITRE : L'impact des courbes de croissance sur le développement des qualités physiques.**

**Par : M. Dogkan BOZOK**

**Sous la direction de : M. Philippe CAMPILLO**

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



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

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Philippe Campillo, enseignant de la faculté des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique de Lille, pour son aide et sa disponibilité rapide durant toute la réalisation de mon mémoire.

Au Racing Club de Lens qui m'a permis de réaliser mon étude, à Monsieur Jonathan Catalano qui m'a suivi et aidé durant toute l'année. Pour ces conseils qui m'ont permis d'avancer pendant mon étude.

Aussi à Monsieur Olivier Bijotat, responsable de la préformation qui a été une personne importante durant toute la saison, mais aussi pendant la réalisation de ce mémoire.

# Sommaire

## Table des matières

<b>1. Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Revue de littérature.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 La préformation .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 La croissance .....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Les différentes notions d'âges .....	9
2.2.2 Les différences en préformation .....	10
2.2.3 Les courbes de croissance .....	11
2.2.4 APHV (Age of Peak Height Velocity) .....	11
<b>2.3 Les qualités physiques et leurs évaluations.....</b>	<b>12</b>
2.3.1 L'endurance.....	12
2.3.2 La puissance .....	13
2.3.3 La vitesse.....	14
2.3.4 La souplesse .....	15
<b>3. La structure d'accueil.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 Le club.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2 Le public.....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 Le protocole .....</b>	<b>17</b>
<b>4. Problématique, Objectifs et Hypothèses .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Problématique .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Objectifs.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Hypothèses .....</b>	<b>18</b>
<b>5. Matériel, méthodes et protocole .....</b>	<b>19</b>
<b>5.1 Protocole expérimental .....</b>	<b>19</b>
5.1.1 Mise en place des tests .....	19
<b>6. Analyse des résultats prévus.....</b>	<b>22</b>
<b>7. Traitement statistique prévu .....</b>	<b>22</b>
<b>8. Résultats .....</b>	<b>23</b>

<b>8.1</b>	<b>Mesures anthropométriques .....</b>	<b>23</b>
8.1.1	La taille .....	23
8.1.2	La masse corporelle.....	24
<b>8.2</b>	<b>Les différentes des qualités physiques .....</b>	<b>25</b>
8.2.1	L'endurance.....	25
8.2.2	La vitesse (30m) .....	26
8.2.3	La puissance .....	27
8.2.4	La souplesse (Sit and reach) .....	28
<b>9.</b>	<b><i>Discussion</i> .....</b>	<b>29</b>
<b>9.1</b>	<b>Les mesures anthropométriques .....</b>	<b>29</b>
9.1.1	La taille .....	29
9.1.2	La masse corporelle.....	29
<b>9.2</b>	<b>Les qualités physiques .....</b>	<b>30</b>
9.2.1	L'endurance.....	30
9.2.2	La vitesse .....	31
9.2.3	La puissance .....	32
9.2.4	La souplesse .....	32
<b>9.3</b>	<b>Les limites de l'étude.....</b>	<b>33</b>
<b>10.</b>	<b><i>Conclusion</i> .....</b>	<b>35</b>
<b>10.1</b>	<b>Perspectives d'évolution.....</b>	<b>36</b>
<b>11.</b>	<b><i>Annexe</i> .....</b>	<b>37</b>
<b>12.</b>	<b><i>Bibliographie</i>.....</b>	<b>40</b>
<b>13.</b>	<b><i>Résumé</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>14.</b>	<b><i>Abstract</i> .....</b>	<b>45</b>

## 1. Introduction

Le football est le sport le plus populaire du monde. D'après la FIFA, nous pouvons compter plus de 264 millions de licenciés dont 113 000 joueurs professionnels. De plus, le nombre de club augmente également d'année en année, 301 100 clubs dans le monde, dont plus de 14 700 en France (Vigne, 2011). Il se définit comme « *un affrontement collectif qui oppose deux équipes dans un espace interpénétré, en vue de s'approcher d'un but protégé par des joueurs de champ et un gardien de but seul habilité à se servir des mains pour manipuler le ballon. Le ballon est joué avec le pied, la tête, toute surface de contact autre que les bras* » (Mombaerts, 1999).

Les académies de football (dont les centres de formation, les pôles espoirs, ...) se développent de plus en plus, notamment quand on peut constater l'importance de ces dernières. Leur objectif est de faire passer le plus de joueurs au niveau professionnel, afin d'être le plus optimal possible. En France, une étude du CEET en 2017 (Centre d'étude de l'emploi) montre que seulement 5% des jeunes issus du centre de formation deviennent professionnels, ce qui prouve qu'une infime partie des joueurs atteignent leurs rêves.

Nous pouvons également remarquer que le recrutement des joueurs dans les académies se fait en fonction de certaines qualités physiques dominantes, comme la vitesse, la force, la puissance, l'explosivité, la souplesse... Comme le montre l'étude de Radnor et al. (2021), les joueurs à maturités précoces ont tendance à surpasser leurs homologues moins matures dans ces dernières. Ce qui provoque donc des différences significatives entre deux joueurs de catégorie chronologique similaire, mais qui ont des âges biologiques inégaux. Il est donc judiciable de prendre en compte ces caractéristiques dans la sélection des joueurs, et de ne pas s'arrêter à des qualités physiques qui ne sont, pour certain pas significatif.

Par ailleurs, nous pouvons même constater au sein d'une même catégorie, une différence biologique pouvant aller jusqu'à trois ans, d'autant plus en préformation. La comparaison doit donc prendre en compte en priorité la maturité.

## 2. Revue de littérature

### 2.1 La préformation

*« Les académies de football sont une voie essentielle dans le développement à long terme des jeunes joueurs, avec pour objectif principal d'identifier et de développer des individus talentueux pour concourir au niveau senior » (Radnor et al. 2021).*

La préformation est sans doute la période de développement la plus importante du processus de formation d'un joueur qui regroupe les U13, U14 et les U15 soit de 12 ans à 15 ans. C'est à cet âge que le développement de certaines qualités physiques est nécessaire, comme l'endurance, la vitesse, la puissance et la souplesse. Nous sommes dans l'obligation de toutes les développer sans faire d'exception, car cela pourra se répercuter lors de sa formation, voir même en sénior. Après cette préformation, certains d'entre eux sont retenus pour l'entrée au centre de formation, qui regroupe les meilleurs joueurs de France. Seul une dizaine parmi un effectif d'une vingtaine de joueurs sont retenus pour faire partie de l'élite *« 60% des futurs joueurs professionnels intègrent un centre de formation à partir de 16 ans »* (Dellal, 2020). Ceci illustre parfaitement que ce sont des années primordiales pour les joueurs, ce qui en fait une pression énorme.

De plus, il ne faut pas négliger le fait que les joueurs ne vivent plus avec leurs parents. La majorité d'entre eux sont dans des internats. Pour certains, cela est vécu très difficilement, il faut également inclure cet aspect psychologique à cette période de formation est primordial.

Puis, pour les plus vulnérables d'entre eux, l'école peut faire partie de la pression supplémentaire. Ils peuvent se sentir fatigués à la suite des nombreux entraînements hebdomadaires, et ne pas répondre aux attentes scolaires. Comme le chiffre évoqué précédemment, très peu d'entre eux réalisent leurs rêves, quant aux plus malheureux, ils devront envisager un autre parcours professionnel. Les académies ont également pour objectifs de faire de ces joueurs, des futurs actifs. Comme l'indique le CEET en 2017 : *« un joueur de 15 ans, accueilli dans ce centre, a un peu moins d'une chance sur six d'intégrer le club professionnel du centre et 44 % de chances de signer un contrat professionnel dans un club quelconque ».*

Outre les différents aspects évoqués, la préformation est peuplée de jeunes avec d'énormes différences morphologiques. Il existe parfois, des différences biologiques pouvant aller jusque 3 ans au sein d'une même catégorie. Ce qui en fait une énième raison de prêter encore plus d'attention à cette population très particulière, mais aux richesses abondantes.



Ainsi, nous ne devons pas rejeter le fait que les joueurs faisant partie des académies, même en préformation, sont de l'élite : « *Il a déjà été démontré que les jeunes footballeurs d'élite ont des capacités d'accélération, de vitesse et de puissance supérieures à celles des joueurs non-élites dans différentes tranches d'âge, notamment 14-17 ans U13-U15.* » (Murtagh et al. 2017).

## 2.2 La croissance

### 2.2.1 Les différentes notions d'âges

*« La maturation biologique est le processus de progression vers un état de maturité et varie l'ampleur, le moment et le rythme entre les différents systèmes de l'organisme. La variation de maturation biologique est le résultat de facteurs génétiques et environnementaux »* (Radnor et al. 2021).

#### L'âge chronologique

L'âge chronologique fait référence à l'âge qui catégorise les joueurs, tandis que l'âge biologique « reflète l'état physiologique ou fonctionnel exact de l'individu » (Jaeger, 2017). L'âge chronologique permet de rassembler les jeunes en fonction de leurs années de naissance, et de les classer en catégories. Ce qui regroupe aussi l'âge relatif, qui est « déterminé par la date de naissance et la date limite de sélection et fait référence à l'âge chronologique d'un joueur dans son groupe d'âge spécifique » (Radnor et al. 2021)

#### L'âge biologique

En préformation, seul l'âge chronologique rassemble une population. Pour ce qui est de l'âge biologique, on distingue énormément de divergence « *L'âge biologique reflète l'état physiologique et fonctionnel exact de l'individu* » (Jaeger, 2017). Il est tout à fait possible, voir inévitable qu'un ou plusieurs jeunes ne soient pas dans la bonne catégorie chronologique, en vue de sa maturité biologique, expliquant les différences notables en préformation. « *Les joueurs ayant un statut de maturité avancé sont généralement plus grands, plus lourds et avec de plus grandes valeurs de performance physique* » (Pena-Gonzales et al. 2021)

Cela dit, l'âge chronologique est facilement évalué, nous avons juste à prendre l'âge relatif des joueurs, et cela indique donc leurs âges chronologiques. Pour l'âge biologique, c'est plus compliqué.

La méthode de référence afin d'évaluer ce dernier est l'âge squelettique, à l'aide de radiographies, et d'autres outils médicaux n'étant pas à la portée de chacun. Il est donc extrêmement difficile d'établir un âge biologique très précis. Pour l'évaluer, Il suffit d'utiliser des données anthropométriques, comme la

taille, la taille assise, la longueur des membres inférieurs, la masse corporelle, et le quartile (Mirwald et al., 2002).

### L'âge relatif

L'âge relatif entre aussi en compte dans les différentes distinctions. Nous avons pu sous-entendre qu'il était facile d'évaluer l'âge chronologique à l'aide de l'âge relatif. Les footballeurs d'une même catégorie chronologique peuvent avoir quasiment 12 mois de différence en âge chronologique. Par exemple, un joueur né en début janvier et un autre né en fin décembre seront dans la même catégorie chronologique, cependant une différence d'environ 12 mois est notable. Il en découle donc naturellement cet aspect de quartile. Les quartiles divisent les mois de l'année en trois. Ce qui veut dire qu'un joueur né en avril fera partie du 2<sup>ème</sup> quartile, tandis qu'un joueur né en juillet fera partie du 3<sup>ème</sup> quartile. Cela ajoute, à notre longue liste de différences, une notion aussi importante que les autres. Radnor et al. (2021) rapportent de leurs études que les jeunes nés dans les quartiles 1 et 2 ont plus de chance d'être sélectionnés que les quartiles 3 et 4.

En revanche, il ne faut pas croire que les footballeurs du premier quartile sont dans tous les cas, biologiquement plus avancés que leurs camarades. L'âge relatif est faiblement corrélé au niveau de maturité en préformation.

Il faut donc porter attention à bien distinguer ces trois notions.

### **2.2.2 Les différences en préformation**

La différence biologique dépend de facteurs génétiques et environnementaux des jeunes qui ont le même âge chronologique. Cela peut varier de plusieurs années dans l'âge squelettique. C'est pour cette raison que les jeunes sont classés biologiquement « en avance », « normale », ou « en retard ». En réalité, cela donne un indice biologique par rapport à leurs âges chronologiques. Pour être plus clair, si un jeune de 14 ans chronologiquement, a un niveau de maturité physiologiquement et morphologiquement précoce par rapport à ses homologues, il sera classé comme « en avance ». « *Les joueurs d'une même tranche d'âge peuvent avoir presque douze mois d'écart en âge chronologique* » (Radnor et al. 2021). Cette même étude nous renseigne bien sur les différences chronologiques et biologiques entre les jeunes d'une même catégorie, mais aussi sur l'impact de l'âge relatif sur la sélection des joueurs. Ils montrent aussi que « *les garçons qui sont avancés dans leur statut de maturité physique sont mieux représentés dans les équipes de football d'élite des jeunes* ». De plus, comme le dit l'étude de Sweeney et al. en 2022 : « *Les garçons à maturation précoce sont généralement plus grands et ont une masse musculaire, une masse grasseuse et une force musculaire plus importantes que leurs*

*homologues à maturation précoce et tardive. Par conséquent, les jeunes à maturité précoce sont plus performants que les jeunes à maturité tardive dans les tests de force, de puissance et de vitesse musculaire ».*

### **2.2.3 Les courbes de croissance**

Les courbes de croissance permettent « *d'obtenir des informations relatives au début de la poussée de croissance et au pic de vitesse de la taille (PHV)* » (Radnor et al., 2021). A l'aide des nombreuses données que nous collectons sur les mesures anthropométriques, de la taille, la taille assise, la masse corporelle, l'âge relatif et l'âge chronologique, une courbe de croissance sera établie. En fonction de ces résultats, les joueurs sont, comme évoqué, classés comme « en avance », « normale » ou « en retard ». En fonction de ces résultats, ils sont bien distingués, afin de ne pas faire de comparaison entre eux (Mirwald et al., 2002).

De plus, elles renseignent également sur la vitesse de la croissance. Un joueur qui a atteint son pic de croissance ne veut pas dire qu'il ne grandira plus, mais qu'il a dépassé la vitesse maximum à laquelle il va grandir. Et, un de ses camarades qui ne l'a pas atteint ne veut pas dire qu'il ne grandit pas, mais qu'il n'a pas atteint sa vitesse maximale de croissance.

Certaines études font la distinction en trois groupes, nous ferons de même : ceux qui n'ont pas atteints leurs pics de croissance, ceux qui sont en plein dedans, et ceux qui l'ont dépassé. Ces zones de surveillance sont d'une durée d'un an, soit 6 mois avant et après le date à laquelle le joueur atteint son pic de croissance.

Par conséquent, comme le montre l'étude de Sweeney et al. (2022) : « *les jeunes à maturité précoce sont plus performants que les jeunes à maturité tardive dans les tests de force, de puissance et de vitesse musculaires. Une maturité squelettique avancée est également associée à des valeurs absolues de VO<sub>2</sub> maximales plus élevées chez les footballeurs adolescents* ».

### **2.2.4 APHV (Age of Peak Height Velocity)**

Le calcul de l'APHV permet d'identifier le statut de maturité. En effet, avec différentes variables anthropométriques telles que la taille, le poids, la taille assise et l'âge relatif, nous pouvons avoir plus de renseignements sur son niveau de croissance. L'étude de Tolwson et al. (2021) utilise l'APHV afin de former des groupes de joueurs par statut de maturité. Cela peut paraître évident de faire concourir des

jeunes du même statut de maturité, avec des valeurs anthropométriques quasiment identiques, afin de réduire le risque de blessure. De plus, ce calcul est primordial pour connaître l'âge relatif de notre public, et donc de comprendre un retard. L'étude de Deprez et al (2013), divise les groupes en quatre quartiles, pour être encore plus précis dans l'analyse. Mirwald et al (2002) estime qu'il faut prendre en compte des procédures de mesures normalisées, comme la taille assise par exemple : « *L'utilisation de la stature et de la taille assise dans la prédiction prend en considération le moment différentiel de la poussée adolescente dans les dimensions corporelles ainsi que leurs interactions avec l'âge chronologique* ». De plus, cette même étude affirme que dans 95% des cas, le statut de maturité peut être estimé avec 1 an d'écart.

## **2.3 Les qualités physiques et leurs évaluations**

### **2.3.1 L'endurance**

*« La qualité d'endurance permet à la fois de développer et d'optimiser les systèmes cardio-vasculaires et cardio-respiratoires, en effectuant des actions maintenues à une intensité donnée et durée un temps donnée. »* (Dellal, 2020).

L'endurance va en quelque sorte permettre aux footballeurs de répéter les efforts de manière continue, c'est-à-dire pendant la plus grande durée lors d'un match. C'est la qualité physique qui est en général travaillée en premier lors d'une saison sportive. Comme le montre l'étude de Dellal (2020) : « *elle va permettre le développement des structures favorisant l'endurance, en permettant notamment de développer la capillarisation irriguant les fibres musculaires et d'accroître les surfaces d'échanges métaboliques* ». De plus, le travail de cette qualité physique permet de mieux encaisser les charges de travail. L'étude de Hoff (2012) explique que : « *au cours d'un match de 90 minutes, les joueurs de niveau élite courent 8km à 12km à une intensité moyenne* ». Cette analyse permet d'illustrer le fait que les distances parcourues lors d'un match sont élevées, et qu'un bon développement de cette qualité permet d'atteindre ces distances. L'endurance peut être travaillée sous différentes manières, c'est-à-dire en circuit, sous forme de jeu réduit, de manière ludique également. La littérature explique également que des jeunes à statut de maturité « avancée » sont plus endurants que leurs homologues à statut de maturité « en retard ».

L'endurance peut se travailler dès le plus jeune âge : nous savons que l'entraînement d'enfant de 6 à 11 ans pendant 6 à 32 mois entraîne une augmentation du volume cardiaque de 36% donnant une amélioration de la capacité d'endurance et que ces capacités augmentent avec l'âge. L'étude de Dellal

(2020) affirme que : « *un continuum doit être appliqué au cours de l'évolution du jeune footballeur, avec l'objectif d'atteindre son potentiel quasi maximal entre 18 et 22 ans* », soit l'âge à laquelle le pic d'absorption maximale de l'oxygène est atteint.

Nous pouvons citer différentes manières de l'évaluer, comme le Léger-Boucher (1980) qui est un test progressif, le test temps-limite de Billat (1998) qui sont tous des tests qui permettent d'évaluer la vitesse maximale aérobie. Cependant, Dellal (2020) montre que le test VAMEVAL (Cazorla, 1990) « *permet d'avoir des données plus précises que le Léger-Boucher par une analyse plus fine selon les paliers (durée et distance)* ». De ce fait, et par la facilité de la mise en place et de l'analyse des données, c'est ce dernier qui sera utilisé. Il consiste à tracer une piste de 200m, ou d'un multiple de 20 et d'y placer des repères à chaque 20m. Il est souvent utilisé en début de saison pour établir une planification afin d'améliorer l'endurance, d'établir également des groupes de niveau, mais aussi au cours d'une saison afin de constater une évolution.

### **2.3.2 La puissance**

La puissance est définie comme la quantité de force produite à une vitesse donnée. Plus facilement, la puissance est le résultat du produit entre la force et la vitesse. Comme le montre l'étude de Murtagh et al. (2017), la puissance est souvent associée à des sauts ou à la vitesse. Cependant, comme montre l'étude de Radnor et al. (2021), des valeurs anthropométriques et de masse corporelle haute permettent d'atteindre des valeurs de puissances élevées, qui est similaire pour le statut de maturation. L'étude de Morris et al. (2018) démontre bien que des jeunes à statut de maturité « en avance » ont plus de chance de développer davantage de puissance que ceux qui sont à un statut de maturité « normale » ou « en retard ».

L'étude de Mana (2014) démontre l'augmentation progressive de la puissance en fonction de la masse corporelle. De plus, l'étude de Brown et al. (2017) montre que : « *la force dynamique du muscle quadriceps était positivement associée au poids corporel, au nombre d'années de jogging, au nombre d'années de football et au nombre d'heures hebdomadaires de basket-ball* ». De ce fait, nous pouvons en déduire une augmentation de la puissance en lien avec le statut de maturité. Ces deux études rapportent que plus un joueur aura une masse corporelle élevée, plus il aura de chance de développer de la puissance.

Afin d'évaluer la puissance, les tests de saut sont les plus adéquats pour évaluer la puissance. La puissance est primordiale à évaluer, car elle permet aux joueurs de gagner leurs duels physiques lors des matchs. Le counter movement jump (CMJ) permet de déterminer au mieux cette qualité physique. L'étude de Murtagh et al. (2017) montre bien que le CMJ permet de bien analyser la puissance des membres inférieurs.

### 2.3.3 La vitesse

La vitesse peut se définir comme « *la faculté d'effectuer des actions motrices dans un laps de temps minimal* » (Zatsiorsky, 1966).

La vitesse est très importante au football, mais l'est également pour quasiment tous les sports. Quand nous parlons de vitesse, on distingue trois composantes principales : la vitesse de réaction, la vitesse acyclique et la vitesse cyclique. La vitesse de réaction est la période de l'attente entre un signal et la réaction motrice de l'individu, la vitesse acyclique est la vitesse d'exécution d'un mouvement isolé (un tour en danse), très influencée par les qualités de coordination, et la vitesse cyclique est la fréquence gestuelle, ou *vélocité gestuelle*, soit la reproduction d'un même schéma gestuel de façon permanente et régulière (nageur, cycliste). Ici est distingué 3 composantes de la vitesse, mais nous aurions pu y ajouter encore plusieurs éléments, comme l'accélération, la vitesse d'endurance, ou même la vitesse d'endurance mais ce n'est pas le sujet de notre étude.

Comme le montre la littérature, elle est devenue de plus en plus importante, les footballeurs vont de plus en plus vite. Au-delà de la vitesse des professionnels, le jeu va également plus vite. L'étude de Wallace et al. (2013) montre que lors des matchs de la finale de la Coupe du Monde entre 1960 à 2010, les vitesses parcourues et les distances à haute vitesse. « *Le taux de passes a augmenté linéairement d'environ 35 % au cours de la période étudiée.* » ; de part ce chiffre, lorsque le nombre de passes augmentent, les combinaisons augmentent par la même occasion et donc la vitesse de jeu aussi.

De plus, l'étude de Drozd et al. (2017) souligne que : « *Les distances moyennes parcourues pendant un match à l'aide de sprints vont de 215 à 446m, 199 à 290m, 179 à 334m, 193 à 260m dans le championnat espagnol, 208 à 278m dans le championnat anglais et 167 à 345m dans l'Europa league.* ». Les distances de courses varient en fonction des postes.

La vitesse pure d'un joueur est intéressante, c'est-à-dire la distance qu'il va mettre d'un point A à un point B. Il est nécessaire de l'évaluer afin de l'améliorer. Notre étude traitera également sur son développement au cours de la croissance. Même si, d'après les études citées, un jeune à statut de maturité

« avancée » va plus vite que son confrère à statut « en retard », il serait pertinent de savoir le moment de son développement le plus propice. Plus la vitesse sera travaillée tôt dans la formation, plus elle sera améliorable.

Il faut prendre en compte l'étude de Philippaerts et al. (2006) démontrant une forte augmentation de la vitesse avant le pic de croissance, mais que le pic de croissance amène de grande hausse de la puissance et de la force. Cette accélération de la puissance après celui de la maturité peut jouer un rôle important durant des sprints prolongés.

Afin d'évaluer la vitesse, différentes études recommandent le sprint de 30 mètres, notamment l'étude de Haugen et al. (2013), montre que ce test permet d'évaluer les capacités de sprint court. Ce test permet d'atteindre la vitesse maximale des joueurs. A l'aide de l'application MySprint, il est possible de découper la course en phase de 5 mètres.

#### **2.3.4 La souplesse**

La souplesse, c'est « *la propriété intrinsèque des tissus qui détermine le degré de mouvement que l'on peut atteindre sans blessure au niveau d'une ou plusieurs articulations.* » (Reiss, 2013), en d'autres termes, elle permet d'accomplir des mouvements avec la plus grande amplitude et aisance possible. Fortement négligée, la souplesse est une qualité primordiale pour le footballeur. En effet, elle améliore le rendement musculaire, augmente la précision des gestes et la coordination musculaire, diminue les blessures, nous pourrions en citer d'autres. En bref, le développement de la souplesse est inévitable pour le sportif.

De plus, le travail de souplesse n'est pas soumis à certaines conditions, comme la vitesse, la force, l'endurance ou d'autres qualités physiques. Elle peut être travaillée toute l'année. D'après Maclaw (2022) : « *une séance spécifique, éloignée de la séance de travail principale serait judicieux* ». Cette étude montre qu'il est préférable de faire une séance spécifique éloignée des séances car cela peut être nocif pour l'athlète.

Comme le montre également l'étude de Cejudo et al. (2019) : « *La flexibilité musculaire est une composante principale de la condition physique liée à la santé, et l'une des composantes de base de la performance dans certains sports* ». Ainsi la souplesse aide les joueurs à réaliser de meilleures performances, c'est-à-dire à effectuer des mouvements techniques plus précis, et plus d'amplitude.

L'étude de McLay et al. (2017) explique qu'une réduction de la flexibilité au cours des années dans la population. Cela doit sans doute se reproduire chez les sportifs qui ne développent pas cette qualité physique de manière continue, et encore plus si elle n'est pas développée dès le plus jeune âge. L'étude menée par Brown et al. (2017) indique une baisse de la souplesse jusqu'au milieu de l'adolescence chez les garçons.

Dans le but d'évaluer cette qualité physique, nous trouvons dans la littérature que le test « Sit and reach » répond à nos attentes. Et, c'est un test qui peut être rapidement et facilement mis en place. Il permet, comme l'a montré Liemohn et al. (1994) un « *compte rendu de la flexibilité lombaire et des ischio-jambiers* ». L'analyse de la souplesse des ischios-jambiers est sans aucun doute nécessaire, car ce muscle est primordial dans l'activité. Que ce soit pour la vitesse, pour les changements de direction, dans les frappes, il intervient. Certes les limites de ce test, comme l'aide de l'extension des doigts dans la prise de la mesure, cette même étude montre l'intérêt d'utiliser ce dernier. En effet, il serait intéressant de savoir si une croissance amène une diminution de la souplesse.



### **3. La structure d'accueil**

#### **3.1 Le club**

Les tests sont réalisés au Racing Club de Lens, club historique du championnat Français. Le club voit le jour en 1906, et remporte son premier titre de champion de France lors de la saison 1997-1998. De plus, il fait partie des cinq meilleurs centres de formation de l'hexagone en concurrence avec des cadors de notre pays, comme le Paris-Saint-Germain, l'Olympique Lyonnais. Nous pouvons compter un peu moins de 105 salariés et 540 licenciés.

Toutes les équipes évoluent au plus haut niveau de la catégorie, c'est-à-dire jusque régional pour les équipes allant jusque 15 ans, et au niveau national jusqu'à l'équipe réserve. Cela en fait un club important de notre pays.

Le club est très réputé dans la région mais pas seulement, avec une moyenne de 37 462 spectateurs cette saison à domicile.

#### **3.2 Le public**

Nous réaliserons les tests sur les équipes U14 et U15, soit sur des âges allant de 13 à 15 ans. Ces deux équipes font partie de la préformation, soit l'âge avant l'entrée au centre de formation. Les joueurs s'entraînent tous les jours, en raison d'un match par week-end.

On compte 35 sujets ( $n=35$ ) pour ces deux catégories, avec un âge relatif moyen =  $14,2 \pm 0,6$ , une taille moyenne =  $165,7 \pm 9,5$ cm, un poids moyen =  $53,2 \pm 10,6$  kg.

#### **3.3 Le protocole**

Nous avons décidé, avec l'ensemble du staff préformation de ne pas amener de protocole d'entraînement prédéfini entre les deux phases de tests espacé de 8 semaines.

L'objectif de cette étude est d'analyser la réponse à l'entraînement de différents groupes de maturité, et donc d'en déduire s'il est nécessaire d'adapter plus en précision notre programmation afin de développer au mieux les qualités physiques de chacun.

## **4. Problématique, Objectifs et Hypothèses**

### **4.1 Problématique**

L'idée de ce mémoire est de bien comprendre l'intérêt de l'utilisation des courbes de croissance par rapport au développement des qualités physiques, afin de les utiliser pour comparer des joueurs qui sont à niveau de maturité différent, et aussi d'analyser l'impact d'un entraînement similaire à cette même population.

La problématique est la suivante :

Quelle est l'impact des courbes de croissance sur le développement des qualités physiques chez les joueurs de préformation ?

### **4.2 Objectifs**

L'objectif de ce mémoire est d'utiliser à bon escient les courbes de croissance afin de comparer judicieusement différents joueurs, et donc d'optimiser leurs sélections. Les différentes qualités physiques qui seront évaluées sont l'endurance, la vitesse, l'explosivité, la puissance et la souplesse. Aussi, cela permettra de savoir si tous les joueurs répondent de manière égale aux différents entraînements, ou au contraire s'il faut adapter plus précisément en fonction du niveau de maturité.

### **4.3 Hypothèses**

- Hypothèse H0 : Les joueurs qui ont un niveau de maturité en retard ou normal développent des qualités physiques inférieurs par rapport aux joueurs qui ont un niveau de maturité avancée.
- Hypothèse H1 : Les joueurs qui ont un niveau de maturité en retard ou normal développent des qualités physiques supérieurs par rapport aux joueurs qui ont un niveau de maturité avancée.

## 5. Matériel, méthodes et protocole

### 5.1 Protocole expérimental

Afin de comprendre au mieux l'impact et la fiabilité des courbes de croissance, aucun protocole expérimental est mis en place entre les périodes de tests de 8 semaines. Cela permettra de savoir si les semaines d'entraînements mises en place par les différents entraîneurs sont adaptées à tous les joueurs, ou si au contraire, certains joueurs répondent mieux que d'autres. Les joueurs sont répartis en trois groupes distincts, les joueurs qui n'ont pas atteints leurs pics de croissance, les joueurs qui sont dans le pic de croissance, et les joueurs qui ont passés le pic de croissance.

De plus, comme évoqué auparavant, nous comprendrons également qu'il ne faut plus comparer deux ou plusieurs joueurs sans prêter attention à leurs niveaux de maturité.

#### 5.1.1 Mise en place des tests

##### Test anthropométrique et masse corporelle

Pour effectuer cela, nous avons relevé le poids et la taille de chaque joueur et ça depuis le début de la saison. Les mesures sont faites à chaque début de mois et par la même personne, afin d'avoir des intervalles réguliers entre chaque prise. Cela permet d'avoir un suivi régulier des joueurs, et d'avoir des données plus précises. De plus, les mesures sont relevées par la même personne, afin d'avoir le même procédé à chaque prise de note.

##### Calcul de l'APHV (Annexe 1)

Afin de catégoriser nos joueurs en trois groupes de maturité, la méthode de calcul de l'APHV de Mirwald et al (2002) est utilisée. Cette méthode semble la plus efficace et la plus fiable pour calculer les statuts de maturité.

Nous calculons donc la maturité des joueurs avec la taille, la taille assise, le poids et l'âge relatif. À l'aide de ces différentes composantes, un calcul de *L'University of Saskatchewan* (Mirwald et al, 2002) prédit le niveau de maturité.

##### Le test VMA de Cazorla (1990) (Annexe 2)

C'est un test qui permet d'évaluer la Vitesse Maximale Aérobie, et donc de connaître l'endurance du joueur, sa capacité à répéter les efforts.

De plus, au-delà de l'utiliser ici afin d'analyser une progression, il constitue un des premiers tests physiques que font les footballeurs à la reprise de la saison.

Ce test consiste en une course progressive par palier d'une minute, avec une vitesse incrémentale de 0,5 km/h par palier, à l'aide d'une bande sonore qui émet des bips à chaque augmentation de palier. Des plots sont espacés de 20m, et le joueur doit les atteindre à chaque bip.

L'objectif du joueur est de courir le plus longtemps possible tout en respectant les intervalles modélisés par des plots (+/- 2 mètres). Le joueur devra s'arrêter quand il n'atteindra plus les repères au moment des signaux auditifs.

Le test se réalisera sur une surface de terrain synthétique après une mise en route et sans entraînement préalable.

#### Le test de vitesse sur 30 mètres (MySprint) (Annexe 3)

Ce test permet d'évaluer la capacité de vitesse d'un joueur, en départ lancer afin de retirer la partie explosive de sa performance.

A l'aide du logiciel MySprint, les joueurs réaliserons une course de 30 mètres espacée de plots qui matérialiseront la distance à parcourir.

La procédure de ce test se réalisera de la manière suivante :

- Échauffement FIFA 11+
- Un essai du test afin de se familiariser
- Les deux essais

Le meilleur des deux essais sera pris en compte. Le joueur effectuera son deuxième essai après que ses collègues auront réalisé leur premier essai. La durée entre les deux récupération est d'environ 3 minutes. Durant le test, les autres joueurs pourront encourager leurs camarades.

#### Le test de puissance (Annexe 4)

Pour ce test, nous utiliserons le CMJ bras libre pour mesurer la puissance. Ce test consiste à effectuer un saut avec les bras en prenant une impulsion légère en flexion et à atterrir pieds joints.

Cela permettra à l'aide de l'application Optojump d'avoir des précisions sur la puissance développée lors du saut.

La procédure de ce test se réalisera de la manière suivante :

- Échauffement FIFA 11 +
- Un essai du test afin de se familiariser
- Les deux essais

Le meilleur des deux essais sera pris en compte.

Durant le test, les autres joueurs pourront encourager leurs camarades.

### Le test de souplesse (Annexe 5)

Pour mesurer la souplesse, nous utilisons le test « Sit and Reach ».

Une boîte standardisée est placée sur le sol, contre le mur. Le joueur assis sur le sol étend complètement les deux jambes afin que la plante du pied soit à plat contre l'extrémité de la boîte et tend ensuite ses bras en avant paumes vers le bas. Il doit chercher le plus loin possible sans fléchir le genou, sinon la mesure ne peut pas être valide.

Les joueurs réaliseront trois essais, la meilleure performance des trois essais est prise en compte.

## 6. Analyse des résultats prévus

Dans l'intention d'analyser les résultats, il faudra comparer les valeurs relevées lors des différents tests pour les deux groupes pour les tests de VMA, de vitesse, de puissance, et d'explosivité à l'aide des outils comme MySprint, Optojump.

L'évolution des deux groupes permettra d'observer l'impact du statut de maturité sur le développement de ces dernières, et de constater une différence s'il y en a une.

## 7. Traitement statistique

En vue de l'analyse des résultats, il faudra comparer les valeurs obtenues lors des tests qui seront identiques pour la globalité de la population.

Il sera donc important de voir l'évolution entre les valeurs enregistrées lors des différentes périodes de tests afin d'y conclure une amélioration significative ou non entre les trois groupes.

De plus, cette étude compare trois échantillons indépendants sur des tests similaires qui seront réalisés à des périodes distinctes de 8 semaines. C'est un mémoire quantitatif dans lequel les mêmes groupes sont testés sur les mêmes tests avant et après, sans protocole particulier afin d'en déduire si un entraînement particulier doit s'effectuer en fonction du statut de maturité.

Une fois que la normalité et l'homogénéité des variances seront vérifiées grâce aux tests de Shapiro-Wilk et au test de Levene dans cet ordre, si les deux conditions étaient réunies, nous pourrions utiliser un test paramétrique, soit le test T de Student pour un échantillon dépendant car la différence entre les tests avant et après est comparé. Cependant, si une des deux conditions n'est pas respectée, nous utiliserons un test non paramétrique, c'est-à-dire le test de Wilcoxon apparié.

Notre objectif est de comparer les valeurs avant et après le protocole d'entraînement d'un même groupe, c'est pour cette raison que nous utilisons ce traitement statistique.

Si  $P > 0,05$ , cela signifiera que l'hypothèse  $H_0$  est vérifiée, et qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes.

En revanche, si  $P < 0,05$ , cela signifiera que l'hypothèse  $H_1$  est vérifiée, et qu'il y a une différence de développement des qualités physiques en fonction du niveau de maturité des joueurs.

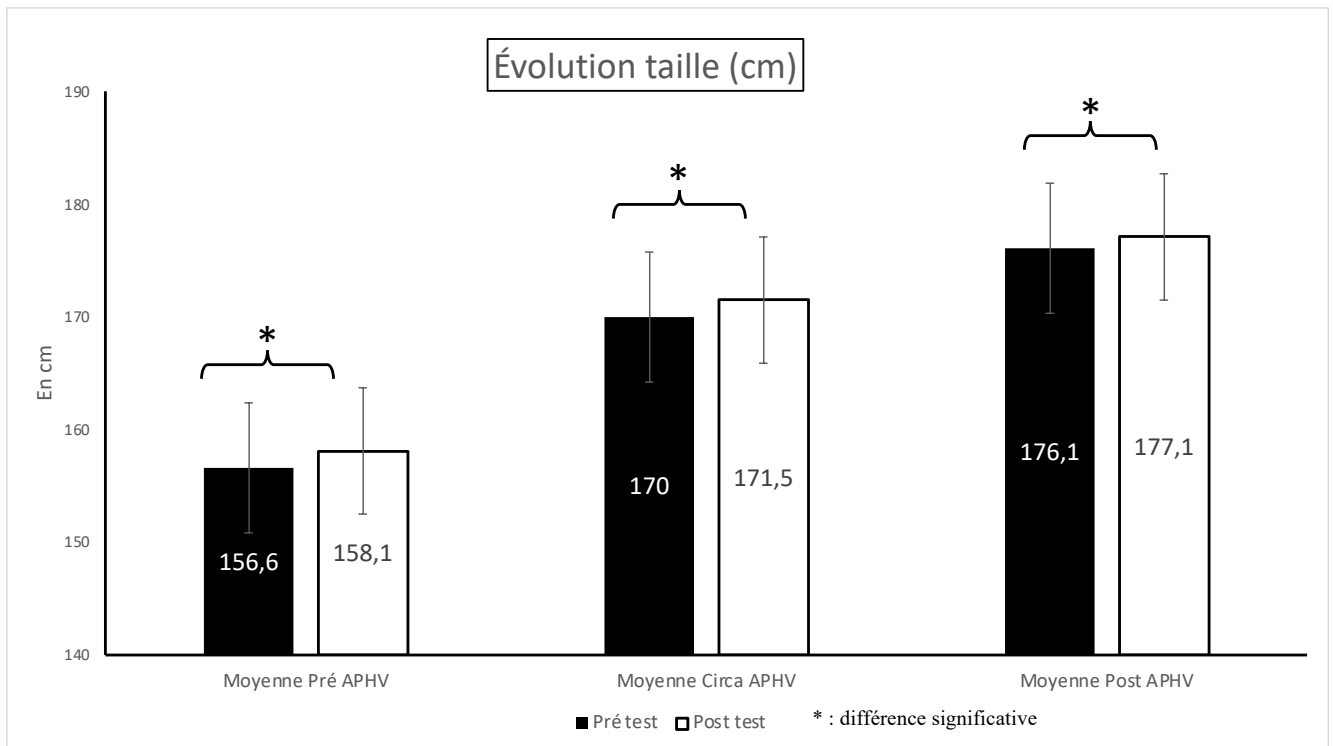
## 8. Résultats

Après avoir établi trois groupes de maturité à l'aide du tableau de Mirwald et al. (2002) (annexe 1), nous réalisons nos différents tests. Pour la répartition du public :

- Pré APHV : 15 sujets (n = 15)
- Circa APHV : 12 sujets (n= 12)
- Post APHV : 8 sujets (n = 8).

### 8.1 Mesures anthropométriques

#### 8.1.1 La taille



(Figure 1 : évolution des moyennes de la taille en cm en fonction du statut de maturité)

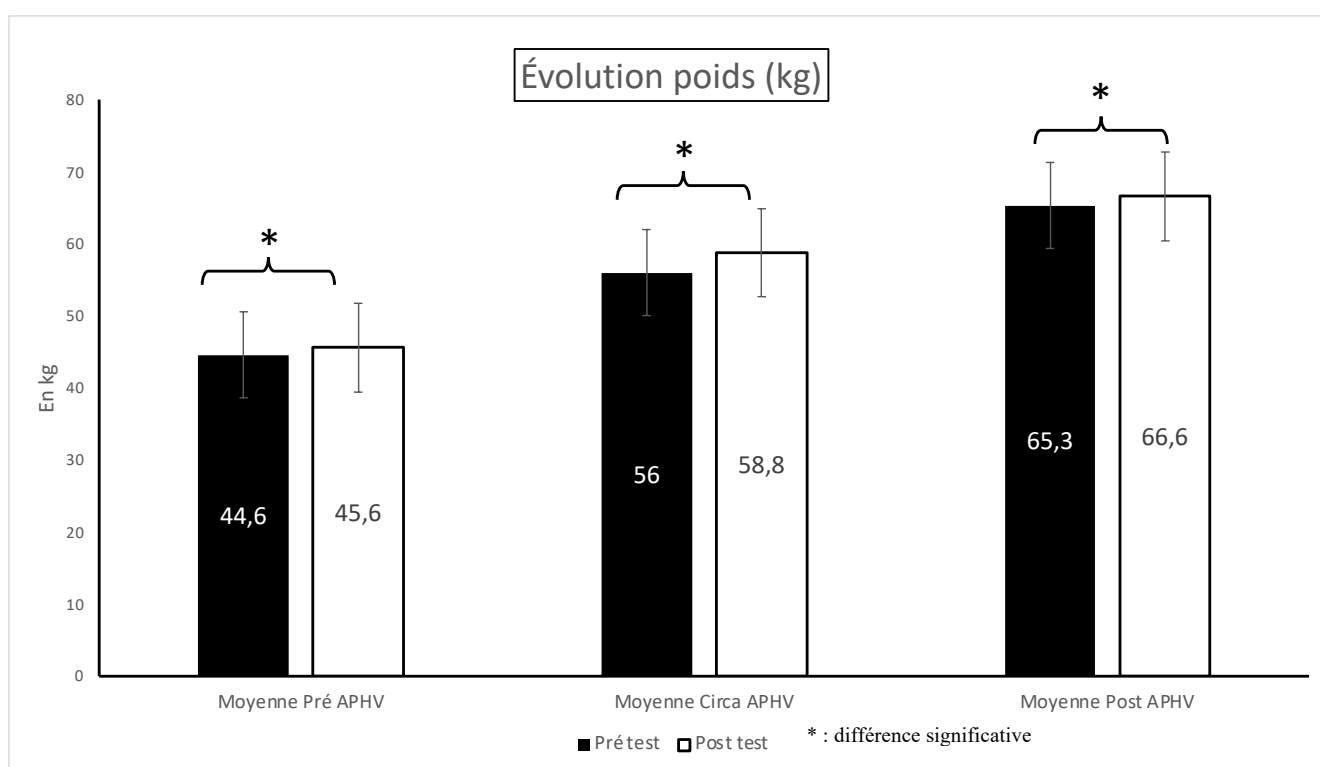
Nos résultats suggèrent d'utiliser un test non paramétrique. D'après le test Wilcoxon pour valeur apparié, nos valeurs sont toutes supérieures à 0,05 pour l'ensemble de nos groupes (Figure 1). Nous pouvons en conclure des différences significatives.

De plus, on en déduit aussi la taille de l'effet moyen (soit  $\approx 0,52$ ) pour le groupe Pré APHV, taille de l'effet moyen (soit  $\approx 0,6272$ ) pour le groupe Circa APHV, et une taille d'effet faible (soit  $\approx 0,39$ ) pour le groupe Post APHV.

À noter une différence moyenne d'environ 20 cm entre le groupe Pré APHV et le groupe Post APHV.

**Les résultats démontrent une plus forte augmentation pour le groupe Circa APHV.**

### 8.1.2 La masse corporelle



(Figure 2 : évolution des moyennes de la masse corporelle en kg en fonction du statut de maturité)

Nous utilisons un test paramétrique afin de constater des différences significatives. On constate des différences significatives pour l'ensemble des groupes, avec malgré tout, des différences entre ces derniers (Figure 2).

La taille de l'effet est faible pour le groupe Pré APHV (soit  $\approx 0,41$ ), faible également pour le groupe Post APHV (soit  $\approx 0,383$ ) et une taille de l'effet moyen pour le groupe Circa APHV (soit  $\approx 0,59$ ).

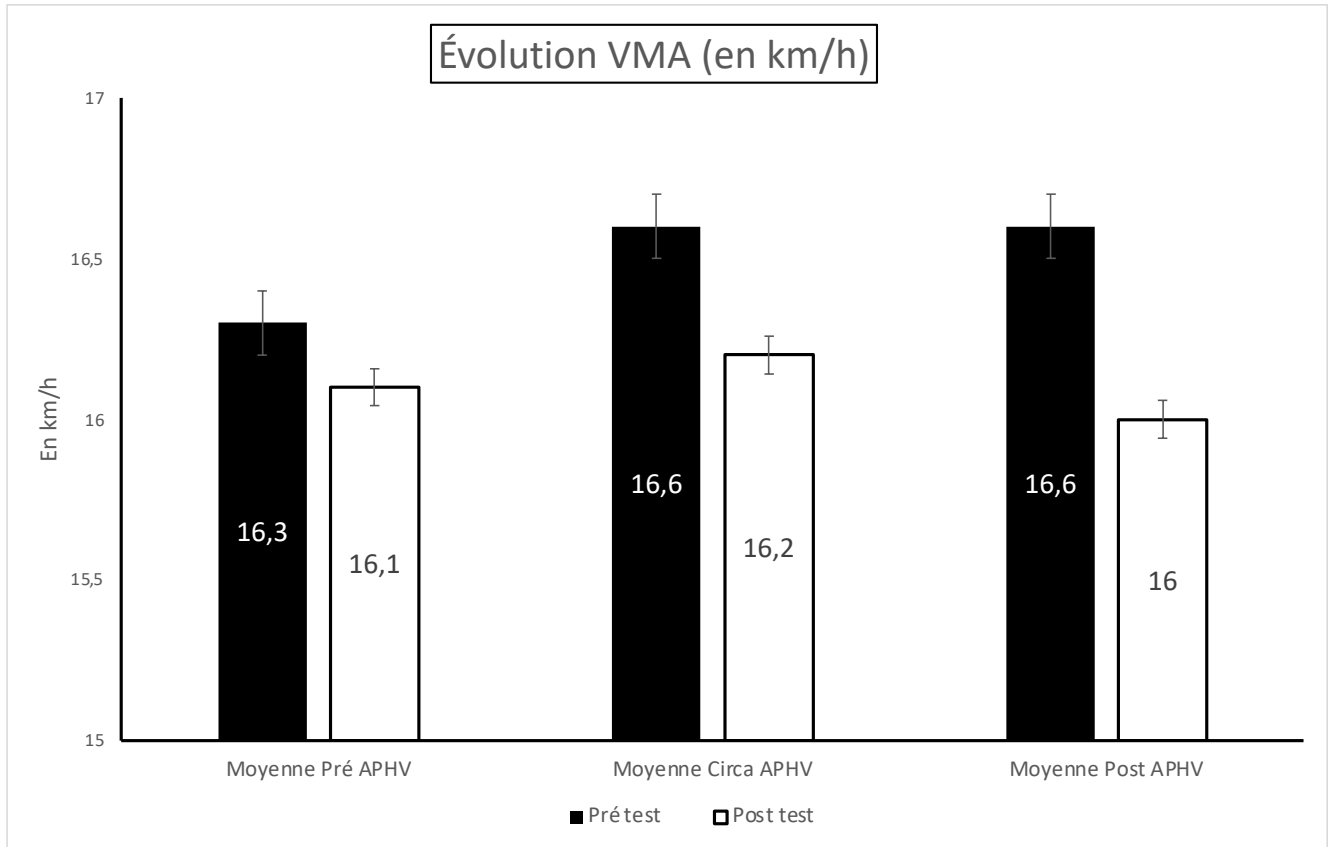
Il est judicieux de relever une énorme différence de moyenne entre les groupes, qui peut aller jusque 20 kg.

**Encore une fois, nous en déduisons une plus forte augmentation pour le groupe Circa APHV.**



## 8.2 Les différentes des qualités physiques

### 8.2.1 L'endurance

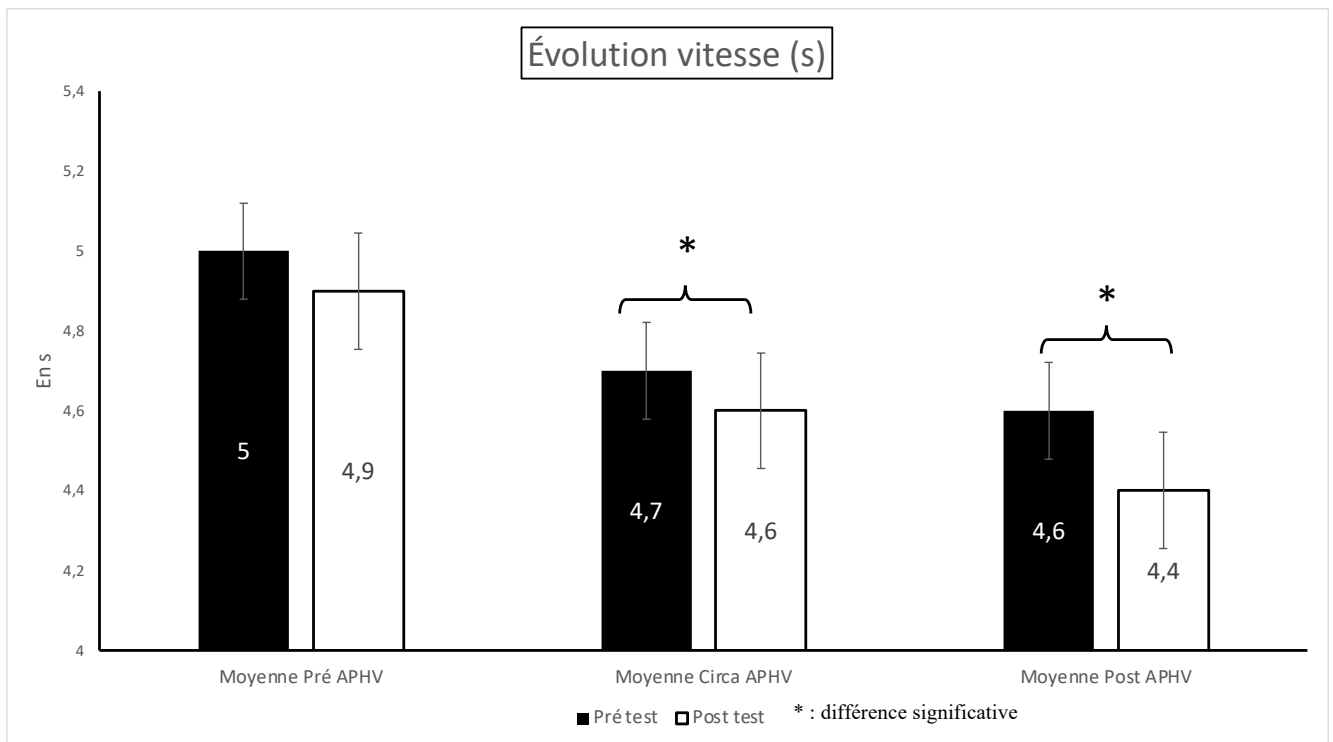


(Figure 3 : évolution de la moyenne de la VMA en km/h en fonction des statuts de maturité)

En raison de l'absence de la normalité de distribution, nous réalisons un test non paramétrique (Figure 3). Cette fois ci, aucune différence significative pour nos trois groupes. Il est même notable une légère diminution entre la phase pré test et post test.

**Nous ne notons pas de différence significative pour l'ensemble des groupes.**

## 8.2.2 La vitesse (30m)



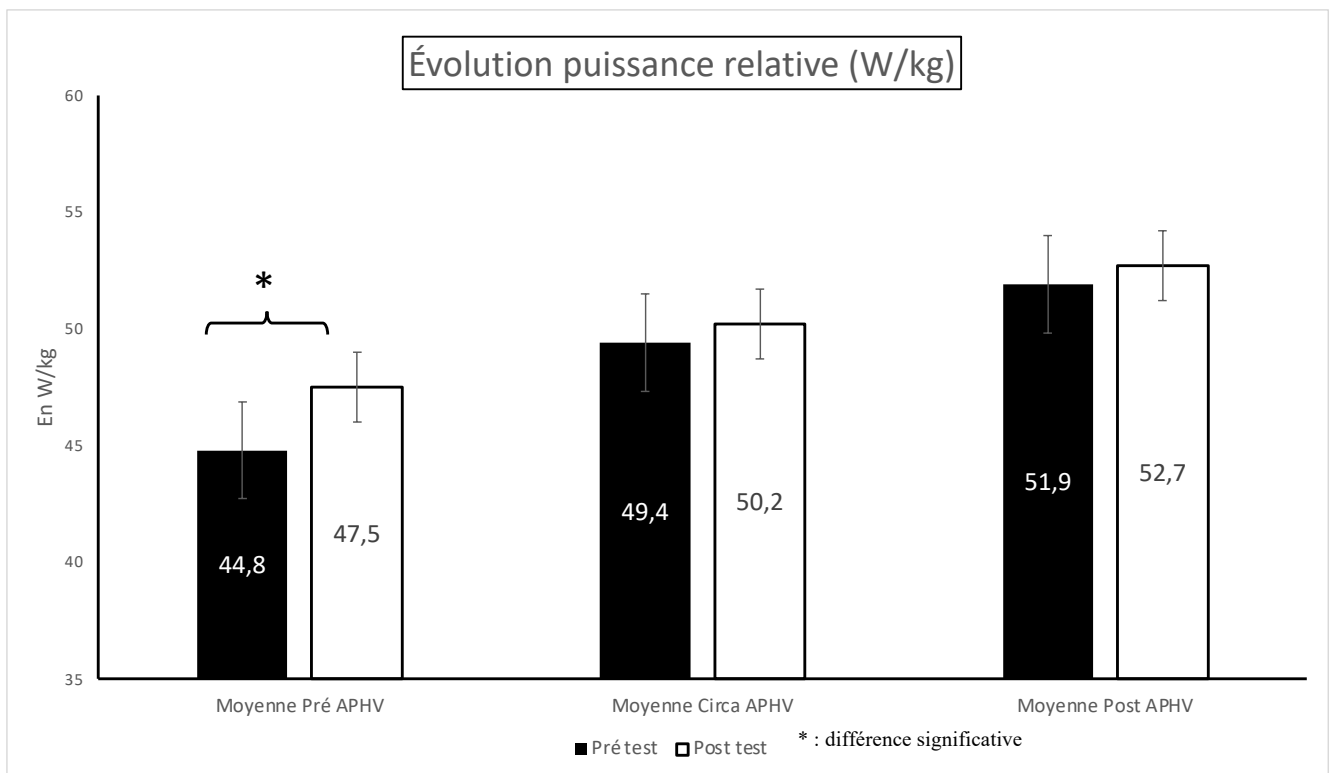
(Figure 4 : évolution de la moyenne de la vitesse en s en fonction des statuts de maturité)

Un test paramétrique est utilisé afin d'analyser ces résultats (Figure 4). Nous remarquons des différences significatives pour le groupe Circa APHV et Post APHV, contrairement au groupe Pré APHV qui ne présente pas de différence significative.

De plus, afin d'être plus précis dans notre étude, on expose la taille de l'effet. Pour le groupe Circa APHV, la taille de l'effet est élevée (soit  $\approx 1,03$ ) et la taille de l'effet moyen pour le groupe Post APHV (soit  $\approx 0,07$ ).

**De manière similaire à nos résultats anthropométriques, le groupe en plein pic de croissance présente une différence davantage notable que leurs homologues qui ont déjà atteint leurs pics de croissance.**

### 8.2.3 La puissance

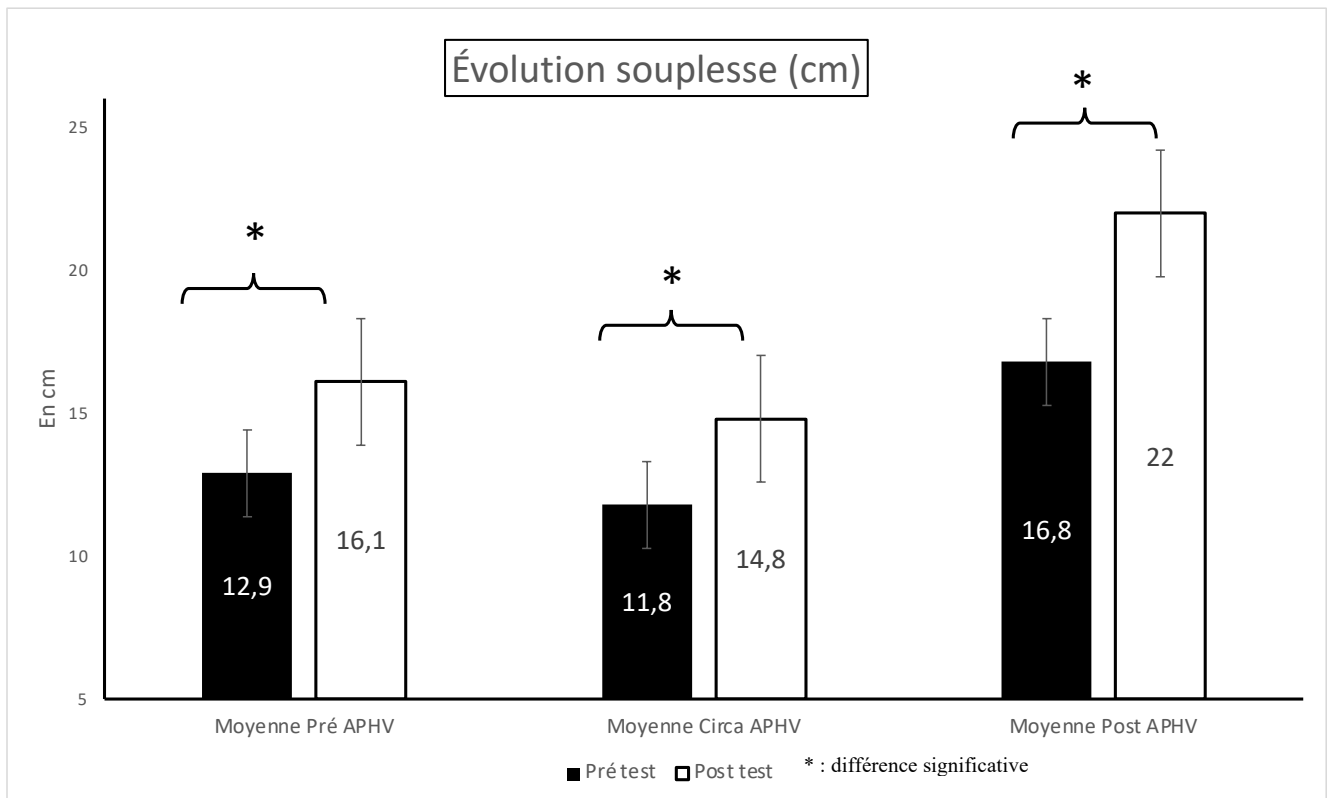


(Figure 5 : évolution de la puissance relative en W/kg en fonction des statuts de maturité)

Ici, un test paramétrique est utilisé pour comparer nos valeurs (Figure 5). À l’opposé des résultats précédents, nous identifions une différence significative uniquement pour le groupe Pré APHV. Aussi, il faut considérer la taille de l’effet moyen (soit  $\approx 0,69$ ).

**À l’inverse des résultats précédents, seulement le groupe Pré APHV présente des résultats significatifs.**

## 8.2.4 La souplesse (Sit and reach)



(Figure 6 : évolution de la souplesse en cm en fonction des statuts de maturité)

Pour cette dernière analyse, un test non paramétrique est recommandé (Figure 6). Cette fois-ci, on relève des différences significatives pour l'ensemble de nos groupes, avec encore une fois, des disparités entre eux.

Il est identifié une taille de l'effet moyen pour le groupe Pré APHV (soit  $\approx 0,68$ ) et le groupe Circa APHV (soit  $\approx 0,53$ ), et une taille de l'effet élevé pour le groupe Post APHV (soit  $\approx 0,84$ ).

**Nous pouvons en déduire une amélioration pour l'ensemble de nos groupes, mais une plus forte augmentation pour le groupe Post APHV.**

## **9. Discussion**

Tout d'abord, cette étude a permis de constater des améliorations notables, et donc de pouvoir adapter notre entraînement en fonction des groupes de maturité afin d'assurer au mieux le développement de chaque joueur.

### **9.1 Les mesures anthropométriques**

#### **9.1.1 La taille**

On constate, par les résultats exposés des améliorations significatives pour chaque groupe de maturité. Cependant, comme nous nous y attendions, c'est le groupe qui est en plein pic de maturité qui augmente de manière la plus significative possible. C'est la période durant laquelle l'enfant grandit le plus rapidement.

Il est donc de notre devoir de comparer les tailles moyennes entre les différents statuts de maturité, et force est de constater de grande disparité entre ces derniers. Lors de la deuxième phase de test, pour le groupe pré APHV la moyenne est 158,1 cm ( $\pm 5,1$ ), pour le groupe Circa APHV 171,5 cm ( $\pm 3,7$ ) et le groupe post APHV 179,3 cm ( $\pm 6,3$ ). Ainsi, on constate une différence moyenne de 21,2 cm entre le groupe pré APHV et le post APHV.

Il est rapidement remarquable que cet écart puisse être primordial lorsque deux joueurs de statut de maturité différent concourent les uns contre les autres, un démarre avec un avantage notable pour ce qui est des duels.

De plus, comme le démontre l'étude de Radnor et al. (2021), la croissance est également associée à un risque taux de blessure. Le pic de croissance amène une augmentation de la taille des segments, et donc une augmentation de la longueur des muscles, notamment l'ischions-jambier qui est sursollicité par les footballeurs. Il faut être attentif lors de cette période, à inclure des programmes de prévention de blessure, et de suivi renforcé des joueurs afin d'éviter cela.

#### **9.1.2 La masse corporelle**

Pour l'évolution de la masse corporelle, cela va de pair avec la taille. Les joueurs qui sont en plein pic de croissance ont une masse corporelle qui se développe davantage que leurs homologues.

Les valeurs moyennes sont pour le groupe Pré APHV 45,6 kg ( $\pm 6$ ), pour le groupe Circa APHV 58 kg ( $\pm 5,5$ ) et pour le groupe Post APHV 66,6 kg ( $\pm 9,1$ ).

Encore une fois, la différence entre les groupes est lourde de conséquence. Nous pouvons en déduire une différence de 10 kg par statut de maturité. Si on ajoute à cela la différence qui est quasiment similaire avec environ 10 cm par groupe de maturité, cela devient énorme.

Il devient encore plus difficile pour un joueur n'ayant pas atteint son pic de croissance de lutter contre ces jeunes à qui la nature a offert de l'avance.

Aussi, il faut être prudent lorsque des duels avec autant de disparité anthropométrique ont lieu.

D'une part, le risque de blessure augmente pour celui qui présente une taille et une masse corporelle moindre. L'étude de Seabra et al. (2012) démontre que des muscles plus gros exercent davantage de traction aux os sur lesquels ils sont attachés. Mais d'une autre part, l'avantage physique peut se traduire sur le terrain avec une incapacité de faire face, pour le joueur à statut de maturité retardé.

## 9.2 Les qualités physiques

### 9.2.1 L'endurance

L'endurance permet la répétition des efforts durant un match de foot. Cette qualité physique a donc une importance primordiale chez le joueur de football.

Au cours de notre étude, aucune différence significative de l'entraînement pour l'ensemble de nos groupes. Cependant, comme l'affirme l'étude de Manna (2014), la performance aérobie augmente jusque 18 ans, notamment grâce à des leviers plus grands, une musculature plus développée. Manna (2014) explique que : *« ces paramètres se développent et régissent le rendement musculaire de l'aérobie, l'efficacité et l'efficacité des activités mécaniques aérobies »*.

De plus, la littérature diffère concernant le lien entre le pic de croissance et le pic de la capacité aérobie. L'étude de Philippaert et al. (2006) explique que : *« le pic d'absorption d'oxygène indiquent des gains maximaux coïncidant avec le pic de vitesse de la taille et une amélioration continue au cours de l'adolescence »*, mais une étude plus âgée démontre des gains maximaux d'absorptions se produisant 8 mois après le pic de croissance (Yague et al. 1998). Le pic d'absorption de l'oxygène correspond au volume maximal d'oxygène que l'organisme peut assimiler.

Concernant notre étude, on constate une vitesse maximale aérobie qui ne diffère pas de manière claire entre les groupes de maturité. Nous avons choisi la méthode Cazorla (1990) afin de déterminer les

capacités aérobies de nos joueurs. À notre connaissance, aucune étude n'a utilisé cette méthode afin de démontrer une amélioration pour cette capacité physique.

L'étude de Arregui-Martin et al. (2020) montre une augmentation « remarquable » des performances aérobies pour le test Yo-Yo IRT1, qui est un test qui inclut des phases de récupération durant le test.

Dans sa globalité, la littérature utilise des tests intermittents pour constater cela.

### 9.2.2 La vitesse

La vitesse peut être considérée comme la qualité physique la plus importante, si l'on regroupe ces différentes notions. Nos résultats suggèrent donc des améliorations pour le groupe Circa APHV et Post APHV. L'étude de Philippaerts et al. (2006) explique que : « *que la vitesse de course atteint sa croissance maximale avant le pic de vitesse de la taille* ». Si on considère l'affirmation de cette étude, cela est donc tout à fait normal de constater une plus forte amélioration pour le groupe Circa APHV.

De plus, la différence peut paraître fine entre les trois groupes, mais il faut se rendre compte de l'impact que cela peut avoir sur le terrain. Une différence de 0,4 secondes sur 30m peut s'accroître sur une distance plus grande et donc avoir son impact au cours d'un match. Il est important de travailler cette qualité physique au plus tôt dans la formation d'un joueur. Nous pensons qu'un joueur qui manque de vitesse de course peut compenser par d'autres aspects, comme la vitesse d'exécution d'un geste, ou d'une prise de décision.

En outre, l'étude de Manna (2014) peut expliquer la raison de l'amélioration forte du groupe Circa APHV : « *l'augmentation de l'épaisseur des muscles au cours de la maturation était le facteur qui soutenait les améliorations de la vitesse de sprint* ». Au cours de la maturité, il faut prendre en compte le facteur force qui est très important. Puis, cette même étude affirme que : « *l'augmentation des capacités de production de force chez les garçons au cours de la maturation peut expliquer l'influence de la maturation sur les performances de sprint* ». On constate la raison de la forte augmentation de la vitesse pour le groupe Circa et Post APHV.

Le manque d'amélioration pour le groupe pré APHV peut vouloir dire que les joueurs ont une limite, et qu'elle est difficile à franchir, contrairement à leurs homologues. L'étude de Pichardo et al. (2019) montre que : « *une force relative plus importante est associée à la longueur du pas et à une vitesse de sprint plus rapide chez les jeunes hommes* ». Lors de l'analyse des puissances relatives, on remarque des valeurs nettement plus importantes chez les groupes Circa APHV et Post APHV, nous ne pouvons que mettre en lien nos résultats avec l'amélioration significative de la vitesse maximale de sprint.

### 9.2.3 La puissance

Lors de notre application, on exprime la puissance en puissance relative afin d'être le plus fin possible. L'étude de Pichardo et al. (2019) montre que la puissance relative est un meilleur indicateur que la force absolue car : « *la personne doit propulser sa propre masse corporelle dans l'espace* » notamment lors de notre analyse avec le CMJ.

L'étude de Radnor et al. (2021) confirme nos résultats, qui explique une plus forte puissance relative pour le groupe Post APHV, qui ont une masse corporelle nettement supérieures aux autres groupes, avec également un lien avec la force absolue lié au statut de croissance avancée supérieur. De plus, l'étude de Pichardo et al. (2019) renforce nos écrits en disant : « *Cela s'explique en partie par l'augmentation de la stature et de la masse musculaire qui accompagne la maturation chez les hommes* ». Il est facilement explicable la forte différence de puissance développée entre les différents groupes de maturité.

Cependant, contrairement à la vitesse, notre étude montre uniquement des résultats significatifs pour le groupe Post APHV. Nous pouvons expliquer cela par l'augmentation des structures musculaires durant la croissance, qui demande une prise en main différente. Il faut aussi prendre en compte la perte de coordination musculaire durant le pic de croissance qui peut limiter la performance lors des sauts. L'approche afin d'augmenter la puissance doit prendre en compte ces différentes analyses.

La puissance est une qualité qui peut être source d'une différence très importante entre deux joueurs, lors d'un démarrage, ou d'un saut à effectuer. C'est pour cette raison qu'il est important de prendre en compte nos résultats et d'adapter nos entraînements.

### 9.2.4 La souplesse

Il est connu que les joueurs de football ne sont pas reconnus pour leur souplesse (McLay et al. 2017). Pour notre étude, notre objectif était de constater une souplesse au niveau des ischions-jambiers, qui est le muscle le plus sollicité, et le plus risqué à blessure chez le footballeur. Comme le montre l'étude de Ekstrand et al. (2022), la blessure aux ischions-jambiers représente 19% de toutes les blessures signalées. Il faut être d'autant plus attentif pour le public de la préformation, qui avec la croissance est donc la modification de la structure osseuse et musculaire, le risque de chute est encore plus important.



Nos résultats démontrent une souplesse moyenne plus basse chez le groupe Circa APHV avant et après la phase de test par rapport au groupe Pré et Post APHV (figure 6). L'étude de Brown et al. (2017) montre dans un premier temps que : « *La souplesse globale a tendance à diminuer jusqu'au milieu de l'adolescence chez les hommes* », ce qui explique donc la raison pour laquelle le groupe Circa APHV présente une moyenne plus basse que leurs confrères. Il faut donc s'appuyer sur cela afin de continuer et d'approfondir le travail de souplesse à cet âge, mais d'autant plus pour les jeunes qui atteignent leur pic de croissance. Dans un second temps, cette même étude dit que : « *Entre le début et le milieu de l'adolescence, la croissance du squelette précède généralement la croissance musculo-tendineuse, en particulier chez les hommes ; ce schéma de croissance peut contribuer en partie à une diminution relative de la flexibilité musculo-tendineuse* ». Cette deuxième citation renforce l'explication donnée précédemment.

Nous devons ajouter à notre expertise l'augmentation de la souplesse jusqu'au pic de croissance, qui diminue de manière considérable, et lors de la fin de ce pic, une augmentation nette est constatée comme c'est le cas lors de notre étude.

Afin de compléter l'analyse, on constate une taille d'effet élevé pour le groupe Post APHV, qui confirme l'étude de Deprez et al. (2013) affirmant l'augmentation maximale de la souplesse se produisant 1 an après le pic de croissance, ce qui concorde avec la forte augmentation pour cette population.

Il faut donc ajouter des programmes d'entraînement de la flexibilité durant le développement de nos joueurs.

### **9.3 Les limites de l'étude**

Cette étude peut présenter de nombreuses limites, comme la détermination des statuts de maturité (Mirwald et al. 2002) qui est remise en cause par la littérature. Cependant, il est très difficile voire impossible d'effectuer une radiographie du poignet afin d'être plus précis dans notre répartition.

De plus, les facteurs psychologiques ne sont pas pris en compte lors de notre étude. Pour le test d'endurance (Cazorla, 1990), nous l'avons réalisé à deux reprises entrecoupées d'une période de 8 semaines. Il faut se demander si la motivation des joueurs n'a pas diminué entre ces deux périodes. Ce test est assez éprouvant physiquement, et par notre expérience, on constate que ce dernier n'est pas une source de motivation. Cette méthode est-elle la plus adéquate afin d'évaluer une évolution à cet âge, qui pour la plupart, n'ont pas atteint leur pic de maturité ? Serait-il plus judiciable d'effectuer un test intermittent afin de constater cela ?

Aussi, certains joueurs ont pu ressentir la fatigue physique de leur match qui se jouait la veille. Ce détail peut également entrer en compte lors de la performance. Sans oublier que la saison, et que l'accumulation des entraînements, mais également de leurs journées d'école peuvent être éprouvantes. Nous devons donc être attentif de ces paramètres avant de tirer des conclusions de nos résultats.

On doit également porter attention à la disparité du nombre de sujets dans les groupes peut avoir son impact dans la significativité des résultats. Il aurait été judicieux d'avoir des populations équitables, afin d'avoir des comparaisons plus précises, mais aussi d'effectuer nos analyses au cours d'une saison complète.

Nous pouvons constater que le groupe Post APHV compte « seulement » 8 sujets, contrairement au groupe Post APHV qui en compte 15.

Et, il ne faut pas oublier que certains joueurs ont pu faire face à des blessures entre nos deux phases de tests. La diminution, la stagnation ou la faible augmentation peut provenir d'un retour terrain pas assez conséquent pour améliorer leurs performances lors des mesures des qualités physiques.

## 10. Conclusion

Pour conclure, il est difficile voire impossible de comparer deux joueurs à statut de maturité qui diffère comme le montre l'étude de Radnor et al. 2021. Sans prendre compte du manque de significativité pour l'endurance, les autres qualités physiques relèvent des différences considérables, notamment au sein d'une même équipe.

Nous pouvons confirmer notre hypothèse H0, qui montre des capacités physiques nettement supérieures pour le groupe post APHV. C'est également pour cette raison qu'ils sont encore plus représentés dans les équipes jeunes. Avec des qualités physiques supérieures, il est normal que les entraîneurs choisissent ces joueurs par rapport à d'autres. Ces joueurs sont plus complets et donc peuvent faire des différences lors des matchs importants (annexe 5).

Cependant, il est dans le devoir d'un club professionnel, qui prend des décisions importantes concernant l'avenir d'un jeune de prendre en compte les différences de maturité à cet âge. Un joueur qui présente des qualités physiques inférieures à cet âge ne veut pas dire qu'il ne les développera pas davantage avec le temps, d'autant plus en atteignant son pic de croissance. Nous devons aussi faire attention à la confrontation entre deux joueurs à statut de maturité différent qui peut être synonyme d'augmentation de risque de blessure. Comme l'explique l'étude de Pichardo et al. (2019) : « *la variabilité accrue des mouvements au cours de cette phase, les enfants circa-APHV courent un risque accru de blessure* »

Synthèse des résultats			
Qualités physiques	Post APHV	Circa APHV	Post APHV
Endurance	→	→	→
Vitesse	→	↑	↑
Puissance	↑	→	→
Souplesse	↑	↑	↑
↑ : amélioration significative		→ : aucune amélioration significative	

(Figure 7 : synthèse des résultats entre les deux phases de tests pour les différentes qualités physiques)

Pour finir, on relève ainsi des évolutions anthropométriques plus grande pour le groupe Circa APHV, qui est évident au regard de l'atteinte du pic de maturité (Figure 7).

Également pour la vitesse de course, on distingue une amélioration plus importante pour ce même groupe contrairement au groupe Pré APHV qui montre lui aucune amélioration. Tandis que le groupe Post APHV démontre une amélioration significative, qui demeure cependant moins importante que le groupe Circa APHV (Figure 7).

Pour la puissance, c'est tout à fait l'inverse car on observe une amélioration significative uniquement pour le groupe Pré APHV (Figure 7).

Quant à la souplesse, notons une amélioration significative pour l'ensemble des groupes. Cette amélioration est plus importante pour le groupe Post APHV (Figure 7).

Et, nous observons aucune différence significative de l'endurance au cours de notre phase de test pour la totalité des groupes (Figure 7).

## **10.1 Perspectives d'évolution**

Notre étude renseigne sur l'application lors de nos entraînements. Il faut être plus attentif à notre contenu afin de l'adapter en fonction des statuts de maturité.

L'analyse de l'endurance ne décèle aucune amélioration, voire une légère régression. Il serait pertinent de l'évaluer lors de tests intermittents afin de pourquoi pas constater une différence entre ces deux tests. Le manque de résultats significatifs devrait approfondir notre réflexion concernant l'évolution de la puissance. L'absence d'amélioration est peut-être due à une insuffisance de notre entraînement pour augmenter de manière conséquente cette qualité physique pour les jeunes en plein pic de croissance et ceux ayant atteint leur pic de croissance.

Pour conclure, nous espérons que cette étude permettra la prise en compte de l'ensemble des acteurs du club dans la prise de décision de l'avenir des jeunes joueurs, ne pouvant pas exprimer l'étendue de leurs qualités par manque de temps.

# 11. Annexe

## Annexe 1 : prédicteur de l'APHV (source : [https://wwwapps.usask.ca/kin-growthutility/phv\\_ui.php](https://wwwapps.usask.ca/kin-growthutility/phv_ui.php))

UNIVERSITY OF SASKATCHEWAN | College of Kinesiology > Growth Utility Programs | [https://wwwapps.usask.ca/kin-growthutility/phv\\_ui.php](https://wwwapps.usask.ca/kin-growthutility/phv_ui.php)

<sup>1</sup> Mirwald, R.L., Baxter-Jones, A.D.G., Bailey, D.A., Beunen G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. Medicine and Science in Sports and Exercise 2002; 34(4): 689-694.

Gender:  Male  Female

Date of Birth:   
(mm/dd/yyyy)

Date of Test:   
(mm/dd/yyyy)

Height:   cm  inches  
(e.g. 170.5 cm or 67.1 inches)

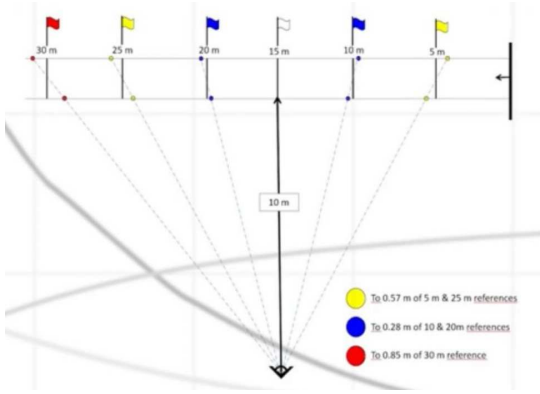
Sitting Height:   cm  inches  
(e.g. 82.3 cm or 32.4 inches)

Weight:   kg  pounds  
(e.g. 60.3 kg or 132.7 lbs)

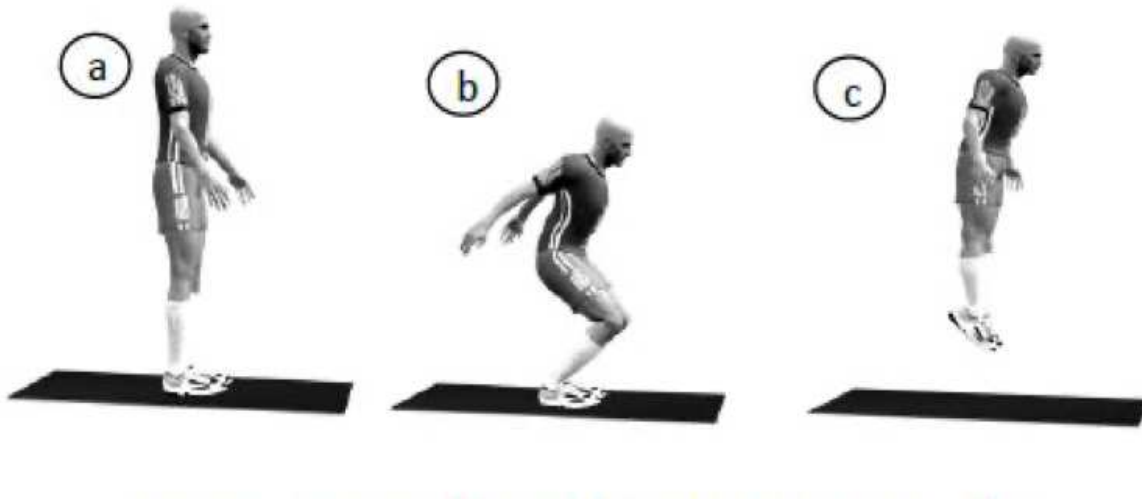
## Annexe 2 : Le test VAMEVAL de G.Cazorla (1990) (source : [aererstein.fr](http://aererstein.fr))



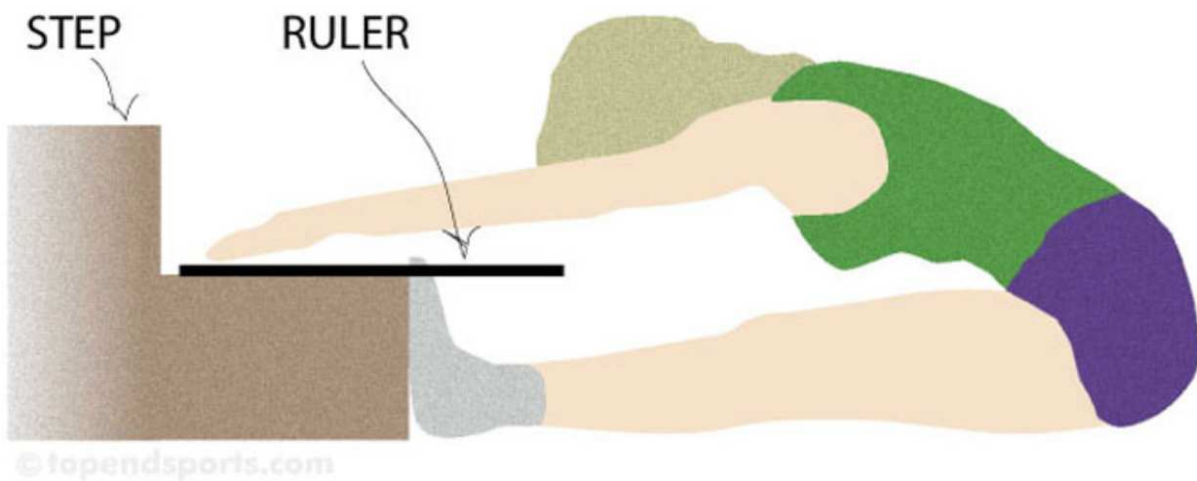
Annexe 2 : Le test de vitesse sur 30 mètres à l'aide de MySprint (source : sci-sport.com)



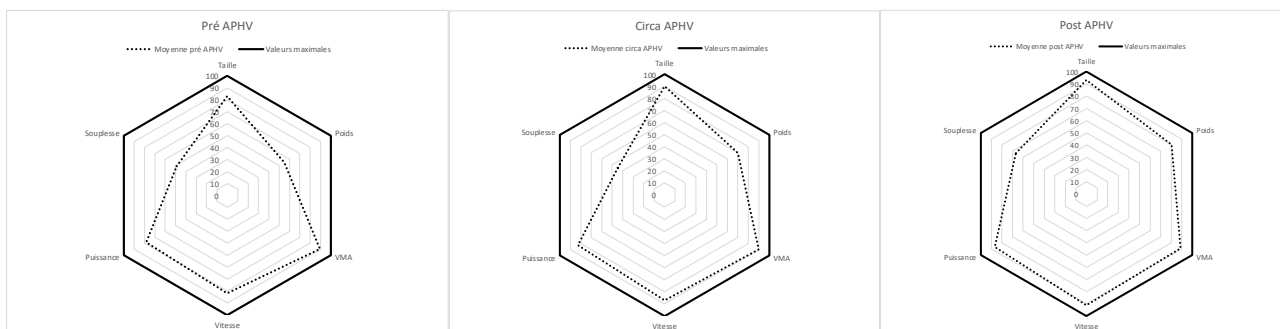
Annexe 3 : le test de puissance (CMJ bras libre) (source : webreview.dz)



Annexe 4 : Sit and reach test de Wills et Dillon (1952) (source : topendsports.com)



Annexe 5 : Représentation des qualités physiques en fonction du statut de maturité.



## 12. Bibliographie

- Arregui-Martin, M. A., Schönfeldt-Lecuona, C., & Gorostiaga, E. M. (2020). Half Soccer Season Induced Physical Conditioning Adaptations in Elite Youth Players. *International Journal of Sports Medicine*.
- Baxter-Jones, A. D. G., Barbour-Tuck, E. N., Dale, D., Sherar, L. B., Knight, C. J., Cumming, S. P., Ferguson, L. J., Kowalski, K. C., & Humbert, M. L. (2020). The role of growth and maturation during adolescence on team-selection and short-term sports participation. *Annals of Human Biology*, 47(4), 316-323.
- Brown, K. L., Patel, D. R., & Darmawan, D. O. (2017). Participation in sports in relation to adolescent growth and development. *Translational pediatrics*, 6(3), 150-159.
- Cejudo, A., Robles-Palazón, F. J., Ayala, F., De Ste Croix, M., Ortega-Toro, E., Santonja-Medina, F., & Sainz de Baranda, P. (2019). Age-related differences in flexibility in soccer players 8–19 years old. *PeerJ*, 7, e6236
- Dellal, A. (2020). *Une saison de préparation physique en football* (3<sup>e</sup> éd.). DE BOECK SUP.
- Deprez, D., Coutts, A. J., Franssen, J., Deconinck, F. J., Lenoir, M., Vaeyens, R., & Philippaerts, R. (2013). Relative Age, Biological Maturation and Anaerobic Characteristics in Elite Youth Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 34(10), 897-903.
- Deprez, D., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). Multilevel Development Models of Explosive Leg Power in High-Level Soccer Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(7), 1408-1415.
- Desmond, R., McCall, A., Fitzpatrick, G., Henessy, L., Meyer, T., & McCunn, R. (2018). The influence of maturity status on movement quality among English Premier League academy soccer players. *Science Performance & Science Reports*, 1.
- Drozd, M., Krzysztofik, M., Nawrocka, M., Nitychoruk, M., Kotuła, K., Langer, A., & Maszczyk, A. (2017). Analysis of the 30-m running speed test results in soccer players in third soccer leagues. *DOAJ : Directory of Open Access Journals - DOAJ*.



- Eskandarifard, E., Nobari, H., Clemente, F. M., Silva, R., Silva, A. F., & Figueiredo, A. J. (2022). Associations between match participation, maturation, physical fitness, and hormonal levels in elite male soccer player U15 : a prospective study with observational cohort. *BMC Pediatrics*, 22(1).
- Haugen, T. A., Tønnessen, E., Hisdal, J., & Seiler, S. (2014). The Role and Development of Sprinting Speed in Soccer. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 432-441.
- Hoff, J., & Helgerud, J. (2004). Endurance and Strength Training for Soccer Players. *Sports Medicine*, 34(3), 165-180.
- Kite, R., Buscombe, R., & Bourne, N. (2020). Talent detection : do jumping performances correlate with maturation levels, and what are the differences within maturation groupings ? *Professional Strength & Conditioning*, 58(Issu), 9-13.
- Liemohn, W., Sharpe, G. L., & Wasserman, J. F. (1994). Criterion Related Validity of the Sit-and-Reach Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- Manna, I. (2014). Growth Development and Maturity in Children and Adolescent : Relation to Sports and Physical Activity. *American Journal of Sports Science and Medicine*, 2(5A), 48-50.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. B., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694.
- Morris, R., Emmonds, S., Jones, B., Myers, T. D., Clarke, N. D., Lake, J., Ellis, M., Singleton, D., Roe, G., & Till, K. (2018). Seasonal changes in physical qualities of elite youth soccer players according to maturity status : comparisons with aged matched controls. *Science and Medicine in Football*, 2(4), 272-280.
- 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.

Muyor, J. M., Vaquero-Cristóbal, R., Alacid, F., & López-Miñarro, P. A. (2014). Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach and Toe-Touch Tests as a Measure of Hamstring Extensibility in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 546-555.

Owen, C., Till, K., Phibbs, P., Read, D. J., Weakley, J., Atkinson, M., Cross, M., Kemp, S., Sawczuk, T., Stokes, K., Williams, S., & Jones, B. (2022). A multidimensional approach to identifying the physical qualities of male English regional academy rugby union players ; considerations of position, chronological age, relative age and maturation. *European Journal of Sport Science*, 1-11.

Peña-González, I., García-Calvo, T., Cervelló, E. M., & Moya-Ramón, M. (2021). The Coaches' Efficacy Expectations of Youth Soccer Players with Different Maturity Status and Physical Performance. *Journal of Human Kinetics*, 79(1), 289-299.

Pichardo, A. W., Oliver, J. L., Harrison, C. A., Maulder, P. S., Lloyd, R. S., & Kandoi, R. (2019). The Influence of Maturity Offset, Strength, and Movement Competency on Motor Skill Performance in Adolescent Males. *Sports*, 7(7),

Philippaerts, R., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221-230.

Radnor, J. M., Staines, J., Bevan, J., Cumming, S. P., Kelly, A. L., Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2021). Maturity Has a Greater Association than Relative Age with Physical Performance in English Male Academy Soccer Players. *Sports*, 9(12), 171

Reiss, D., & Prevost, P. (2020). *La nouvelle bible de la préparation physique : Le guide scientifique et pratique pour tous*. AMPHORA.

Reports, S. (2018, 16 juillet). *The influence of maturity status on movement quality among English Premier League academy soccer players*. Sport Performance & Science Reports.

- Seabra, A., Marques, E. A., Brito, J., Bangsbo, J., Abreu, S., Oliveira, J. L., Rego, C., Mota, J., & Rebelo, A. (2012). Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. *Joint Bone Spine, 79*(4), 403-408.
- Sigereth, P. O., & Haliski, C. C. (1950). The Flexibility of Football Players. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation, 21*(4), 394-398.
- Sweeney, L., Cummin, S., MacNamara, I., & Horan, D. (2023). The selection advantages associated with advanced biological maturation vary according to playing position in national-level youth soccer. *Biology of Sport*.
- Towlson, C., Cobley, S., Parkin, G., & Lovell, R. (2018). When does the influence of maturation on anthropometric and physical fitness characteristics increase and subside ? *Scandinavian Journal of Medicine & ; Science in Sports, 28*(8), 1946-1955.
- Towlson, C., MacMaster, C., Gonçalves, B., Sampaio, J., Toner, J., MacFarlane, N. G., Barrett, S., Hamilton, A., Jack, R., Hunter, F., Stringer, A., Myers, T., & Abt, G. (2021). The effect of bio-banding on technical and tactical indicators of talent identification in academy soccer players. *Science & medicine in football, 6*(3), 295-308.
- Towlson, C., Salter, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer : One size does not fit all. *Journal of Sport and Health Science, 10*(4), 403-412.
- Wallace, J. L., & Norton, K. I. (2014). Evolution of World Cup soccer final games 1966–2010 : Game structure, speed and play patterns. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*(2), 223-228.
- Zanetti, V., Aoki, M. S., Bradley, P., Carling, C., Marino, T. K., & Moreira, A. (2021). Running Performance and Hormonal, Maturity and Physical Variables in Starting and Non-Starting Elite U14 Soccer Players During a Congested Match Schedule. *Journal of Human Kinetics, 80*(1), 287-295.

## 13. Résumé

**Objectif :** Le but de cette étude est de montrer le développement des qualités physiques en fonction du statut de maturité.

**Matériels et méthodes :** 35 jeunes joueurs âgés de 14,2 ans ( $\pm 0,6$ ) ont participé à notre analyse avec une taille moyenne de 165,7 cm ( $\pm 9,5$ ) et une masse corporelle moyenne de 53,2 kg ( $\pm 10,6$ ). Nous les avons ensuite réparti en trois groupes en fonction de leurs statuts de maturité calculé à l'aide du tableau de Mirwald et al. (2002), soit Post APHV, Circa APHV et Post APHV.

Les différentes qualités physiques que nous avons évaluées sont l'endurance à l'aide du test VAMEVAL (Cazorla, 1990), la vitesse de course sur 30m avec l'application MySprint, la puissance lors d'un CMJ calculé à l'aide de l'Optojump, et la souplesse avec le test Sit and Reach (Liehmon et al. 1994).

Ces tests sont réalisés deux fois, entrecoupé d'une période de 8 semaines entre les deux phases d'analyse.

**Résultats :** Les test T de Student pour valeur apparié et Wilcoxon apparié ont été effectué afin de constater une différence significative. Pour l'endurance, aucune différence significative pour l'ensemble des groupes. Pour la vitesse, nous observons des différences significatives seulement pour les groupes Circa APHV et Post APHV. À l'inverse du test de puissance où nous constatons une différence significative uniquement pour le groupe Post APHV. Pour finir, nous analysons des différences significatives pour l'ensemble des groupes pour le test de souplesse.

**Discussion et conclusion :** Notre étude à montrer que les joueurs ayant atteint leurs pics de croissance développent des qualités physiques supérieurs à leurs homologues, mais avec des évolutions différentes.

**Mots clés :** Maturité, endurance, vitesse, puissance, souplesse.

**Compétences acquises :** Analyser et comprendre les différents résultats afin de constater une évolution entre une période d'entraînement. Maitriser l'usage d'outil technologique pour évaluer et développer les capacités des joueurs. Adapter le programme d'entraînement en fonction des différences individuelles.

## 14. Abstract

**Objective :** The aim of this study is to analyse the development of physical qualities as a function of maturity status.

**Materials and methods :** 35 young players aged 14.2 years ( $\pm 0.6$ ) participated in our analysis with a mean height of 165.7 cm ( $\pm 9.5$ ) and a mean body mass of 53.2 kg ( $\pm 10.6$ ). We then divided them into three groups according to their maturity status calculated using the table of Mirwald et al. (2002), namely Post APHV, Circa APHV and Post APHV.

The different physical qualities that we assessed were endurance using the VAMEVAL test (Cazorla, 1990), running speed over 30m with the MySprint application, power during a CMJ calculated using the Optojump, and flexibility with the Sit and Reach test (Liehmon et al. 1994).

These tests are performed twice, with a period of 8 weeks between the two analysis phases.

**Results :** Student's t-test for paired value and paired Wilcoxon were performed to find a significant difference. For endurance, no significant difference for all groups. For speed, we observe significant differences only for the Circa APHV and Post APHV groups. On the contrary, for the power test we find a significant difference only for the Post APHV group. Finally, we analyse significant differences for all groups for the flexibility test.

**Discussion and conclusion :** Our study showed that players who have reached their growth peaks develop physical qualities superior to their counterparts, but with different evolutions.

**Key words :** Maturity, endurance, speed, power, flexibility.

**Acquired skills :** Analyze and understand the different results in order to see the evolution between training periods. Master the use of technological tools to evaluate and develop the players' abilities. Adapt the training program according to individual differences.