



Liste des contenus disponible sur ASJP (Algerian Scientific Journal Platform)

**Revue Académique des Etudes Sociales et Humaines**

page d'accueil de la revue: [www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/552](http://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/552)



## ***Effets d'un programme d'entraînement pliométrique à base de sauts sur le développement de quelques qualités physiques chez des jeunes footballeurs Algériens (U15)***

### ***Effects of a plyometric training program based on jumps on the development of some physical qualities in young Algerian soccer players (U15)***

Mohamed Arafa<sup>1,\*</sup>, Mustepha Ali Hassani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département STAPS, université de Boumerdes, Algérie.

<sup>2</sup> Institut ISTAPS, université de Batna2, Algérie.

#### **Keywords:**

*Plyometric program  
Physical performance  
Young soccer players.*

#### **Abstract**

The aim of this study is to evaluate the influence of a plyometric jumps program on the improvement of some physical qualities in young soccer players (U15).

The sample is composed of 30 soccer players divided into 15 players from the experimental group (Gexp) and 15 from the control group (Gcon) all belonging to the U15 category. The plyometric program was spread over a period of 8 weeks at the rate of 2 sessions per week for the Gexp while the Gcon trained in an ordinary way. The applied tests aim to assess the maximum speed over 30 meters, vertical jump, agility (T test) and the ability of change of direction (Akramov test).

The results demonstrate a significant improvement in the qualities assessed in the Gexp ( $p=0.004$ : maximum speed;  $p=0.001$ : vertical jump;  $p=0.001$ : T agility test and  $p=0.002$ : Akramov test), while in the Gcon no significant differences was found. The performance comparison between the study groups did not demonstrate significant differences in the pre-tests, while in the post-tests the Gexp players were significantly better except for the Akramov test. In conclusion, the proposed training program caused an improvement in the qualities of maximum speed, vertical jump, agility and ability of change of direction.

#### **Informations sur l'article** **Résumé**

*Historique de l'article:*

*Reçu le: 30-01-2023*

*Accepté le: 24-03-2023*

#### **Mots clés:**

*Programme  
pliométrique  
Performance physique  
Jeunes footballeurs.*

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence d'un programme pliométrique à base de sauts sur l'amélioration de quelques qualités physiques chez des jeunes footballeurs (U15).

L'échantillon est composé de 30 footballeurs répartis en 15 joueurs du groupe expérimental (Gexp) et 15 du groupe témoin (Gtém) appartenant tous à la catégorie U15. Le programme pliométrique s'est étalé sur une période de 8 semaines à raison de 2 séances par semaine pour le Gexp tandis que le Gtém s'entraînait de façon ordinaire. Les tests appliqués visent l'évaluation de la vitesse maximale sur 30 mètres, la détente verticale, l'agilité (le T test) et l'habileté de changement de direction (le test d'Akramov).

Les résultats démontrent une amélioration significative des qualités évaluées chez le Gexp ( $p=0,004$  : vitesse maximale ;  $p=0,001$  : détente verticale ;  $p=0,001$  : T test d'agilité et  $p=0,002$  : test Akramov), tandis que chez le Gtém aucune différence significative n'a été relevée. La comparaison des performances entre les groupes d'étude n'a pas démontré des différences significatives lors des pré-tests, alors que lors des post-tests, les joueurs du Gexp ont été significativement meilleurs à l'exception du test d'Akramov. En conclusion, le programme d'entraînement proposé a provoqué une amélioration des qualités de vitesse maximale, détente verticale, agilité et habileté de changement de direction.

## 1. Introduction

Une performance réussie en football dépend de facteurs multiples, complexes et interdépendantes inculquant des traits anthropométriques, la vitesse maximale, l'habileté de changement de direction ainsi que les capacités aérobies et anaérobies (Stolen et coll., 2005 ; Hulse et coll., 2013). En fait, le football est un sport intermittent et de haute intensité, qui inclue différents types de courses rapides avec des changements de direction, des démarrages, des freinages, des sauts, des frappes (Alfredson et coll., 1996 ; Nobari et coll., 2021).

Le développement de la compétitivité en football exige l'amélioration de la condition physique, spécialement la force, la puissance et la vitesse (Stolen et coll., 2005). Dans un match de football, il est estimé en moyenne qu'un joueur effectue 1000 à 1400 mouvements, dans lesquels, 150 à 250 sont effectués à haute intensité, cela dépend de l'âge et du poste de jeu (Stolen et coll., 2005). Il est bien suggéré que la puissance musculaire est le facteur le plus déterminant en football ainsi que les courses de haute intensité (Sander et coll., 2013), le saut vertical pour le jeu de tête (Kotzamanidis et coll., 2005), les rentrées de touche ainsi que les replacements des gardiens de but (Hammami et coll., 2016). En plus de cela, la puissance musculaire mesurée par les sprints ou bien les sauts semble être grandement reliée à la capacité de changement de direction et d'agilité (Hojka et coll., 2016). Ces exigences physiques du football se basent essentiellement sur des programmes d'entraînement bien étudiés et bien adaptés aux caractéristiques du jeu ainsi qu'au niveau des joueurs et leurs capacités, notamment pour le développement de la force, la puissance, l'agilité et la vitesse (Bangsbo et coll., 2006 ; Lehnert et coll., 2017). De plus, la vitesse de sprint en ligne et la puissance sont des facteurs clés pour la condition physique spécifique du footballeur professionnel et même du jeune footballeur en formation, inculquant les accélérations, la capacité à répéter des sprints ainsi que l'explosivité des membres inférieurs (Bradley et coll., 2009). Cela suppose que la force, la vitesse et l'endurance sont des qualités très importantes lors des actions d'attaque et de défense en football (Tomáš et

coll., 2014). A partir de là, l'entraînement de la force et de la puissance musculaire est considéré comme fondamentale pour le développement des qualités de force, de puissance, de vitesse et d'endurance ; ce qui est utilisé dans la plupart des sports de haut niveau tels que le football (Sander et al., 2013 ; Karsten et coll., 2016). Cependant, il est bien souligné que chaque programme ou prescription d'entraînement doit respecter la spécificité des modalités et les caractéristiques des joueurs, en vue d'optimiser les résultats de leur performance (Cormie et coll., 2010).

Parmi les aspects les plus pertinents dans les programmes d'entraînement destinés aux jeunes footballeurs le développement de la puissance musculaire, comme méthode de condition physique qui implique l'utilisation progressive d'une large gamme de charges résistives, inculquant le poids du corps ainsi qu'une variété de modalités d'entraînement (l'entraînement par machines, par poids du corps, pliométrie, l'entraînement complexe et l'entraînement fonctionnel) pour un bon développement de la capacité musculaire ainsi que la performance athlétique (Behm et coll., 2008 ; Granachar et coll., 2016 ; Barbalho et coll., 2018).

L'entraînement pliométrique basé sur le saut est une modalité d'entraînement commune qui incorpore le cycle étirement-raccourcissement des muscles pour améliorer nettement le taux de développement de la force, avec un objectif à long terme d'induire des adaptations neuro-musculaires (Markovic et Mikulic, 2010 ; Llyod et coll., 2014). Ce type d'entraînement possède des avantages supplémentaires : il ne nécessite pas d'équipement ou matériel coûteux ou bien un large espace et aussi il présente en parallèle un entraînement agréable et motivant (Ward et coll., 2007) et très efficace dans le cadre de l'entraînement des jeunes footballeurs (Bedoya et coll., 2015), induisant des améliorations de la performance physique tels que le saut, le sprint, la frappe du ballon, le changement de direction, qui représentent des clés de réussite en football (Barnes et coll., 2014). Ces actions pourraient précéder un grand nombre de buts marqués dans les matchs compétitifs (Faude et coll., 2012) et sont corrélées avec le succès de compétition en football (Arnason et coll., 2004). La répétition de ces actions

d'intensité maximale durant le match est très fréquente (Carling et coll., 2012), ces actions doivent être associées à l'endurance (Helgerud et coll., 2001) qui doit être aussi améliorée chez les jeunes footballeurs (Ramirez-Campillo et coll., 2014). Sur cette base, les programmes d'entraînement pliométrique ont reçu une attention particulière de la part des chercheurs dans ces années récentes (Ramirez-Campillo et coll., 2018b).

Ainsi, l'entraînement des sauts pliométriques est largement et fréquemment utilisé en football pour améliorer la condition physique des footballeurs (Sedano Campo et coll., 2009 ; Ozbar et coll., 2014 ; Ramirez-Campillo et coll., 2016b). En générale, ce procédé d'entraînement nécessite la réalisation de mouvements rapides et explosifs tels que les sauts, les courses, frappes, ... ces mouvements sont caractérisés par des phases excentriques rapides, suivis immédiatement par des actions musculaires concentriques de très haute vitesse qui sont potentialisés à travers le réflex d'étirement (Taube et coll., 2012). Les effets bénéfiques de ce type d'entraînement sont observés beaucoup plus dans les qualités de puissance des muscles des membres inférieurs ainsi que la vitesse (sprint linéaire), l'habileté de changement de direction (COD), vitesse et distance des frappes du ballon, la performance dans la répétition des sprints, l'endurance aérobie et la composition corporelle (Sedano Campo et coll., 2009 ; Ozbar et coll., 2014 ; Ramirez-Campillo et coll., 2016b ; Ramirez-Campillo et coll., 2016a). A noter aussi, ces processus adaptatifs constituent une caractéristique clé dans le domaine de la condition physique, en plus des qualités techniques et tactiques, ce qui contribue à la performance des footballeurs (Arnason et coll., 2004 ; Spencer et coll., 2005 ; Datson et coll., 2014). En relation avec les adaptations physiologiques, ce type d'entraînement pliométrique implique en premier lieu la participation du système nerveux périphérique et central (Markovic et Mikulic, 2010 ; Alvarez et coll., 2012). De plus, d'autres adaptations d'ordre somatiques et musculo-squelettiques sont évidentes (Sedano Campo et coll., 2009 ; Markovic et Mikulic, 2010 ; Alvarez et coll., 2012).

Nombreuses études ont démontré qu'un programme d'entraînement pliométrique basé sur la variété de sauts conduit à l'amélioration des qualités explosives des

jeunes footballeurs. Dans ce cadre, Ramirez-Campillo et coll. (2018a) ont pu constater qu'un programme pliométrique de saut à raison de 7 semaines a permis d'améliorer la performance en saut, vitesse maximale, vitesse lors de changement de direction, l'endurance et la distance de frappe du ballon chez des jeunes footballeurs âgés entre 11 et 16 ans, ces mêmes auteurs ont indiqué que ce type de programme d'entraînement représente une méthode très efficace pour assurer une bonne forme compétitive chez les jeunes footballeurs. En effet, ce constat a devenu une évidence dans le domaine de l'entraînement des footballeurs de façon générale et des jeunes footballeurs de façon spécifique. Dans ce sens, Ramirez-Campillo et coll. (2015) ont évalué les effets de différents types de programmes d'entraînement pliométriques à base de sauts (groupe de détente verticale, groupe de détente horizontale, groupe de combinaison détente verticale-détente horizontale, groupe de contrôle) sur différentes qualités physiques chez des jeunes footballeurs de 10-14 ans, seule le travail combiné de détente a pu provoquer des améliorations significatives dans les tests de détente (verticale, horizontale, drop-jump), le test des 5 bondissements, le sprint, la vitesse de frappe du ballon, l'habileté de changement de direction ainsi que l'endurance aérobie intermittente par rapport aux autres types de programmes. Par ailleurs, en plus des programmes d'entraînement basé sur la méthode pliométrique par le saut, d'autres aspects de la performance en football ont pris une attention particulière par de nombreux chercheurs tels que l'équilibre et l'agilité. Dans ce sens, Makhoul et coll. (2018) ont démontré que l'entraînement combiné « pliométrie-équilibre » et « pliométrie-agilité » a permis d'améliorer de façon similaire les qualités explosives à travers les tests de saut vertical, les tests de force isométrique maximale, les tests d'agilité, les tests d'équilibre et de vitesse chez des jeunes footballeurs de 11-12 ans. A travers les études analysées par Asadi et coll. (2017) et celles menées par Hammami et coll. (2016) et Chaouachi et coll. (2017), il peut être postulé que l'inclusion de l'agilité dans les programmes d'entraînement des jeunes athlètes peut résulter des effets supplémentaires d'amélioration des performances en comparaison avec les programmes d'entraînement basé sur le couplage « équilibre

statique-pliométrie ». Il est bien établie d'autre part que l'entraînement pliométrique (entraînement de puissance musculaire) et l'entraînement de pliométrie-sprint sont des outils bien sécurisés et appropriés pour l'amélioration de la forme physique chez des jeunes sédentaires de 11-12 ans (Ingle et coll., 2006) ou bien chez des jeunes footballeurs de 10 à 15 ans (Diallo et coll., 2001 ; de Villarreal et coll., 2015). Sur la base de ces données, nous avons pensé à concevoir un programme d'entraînement basé sur l'entraînement pliométrique qui contient des exercices de différents types de sauts, associés avec quelques exercices d'agilité et de vitesse chez des jeunes footballeurs algériens de la catégorie des U15. Cette étude répond à une question générale formulé comme suit : est-ce qu'un programme d'entraînement basé sur l'entraînement pliométrique à base de sauts peut améliorer quelques qualités physiques (détente, vitesse maximale, agilité et habileté de changement de direction) chez des jeunes footballeurs algériens de la catégorie des U15 ? en se référant sur les données de la bibliographie internationale dans ce domaine, nous supposons qu'un programme d'entraînement pliométrique améliore quelques qualités physiques (détente, vitesse maximale, agilité et habileté de changement de direction) chez des jeunes footballeurs algériens âgés de moins de 15 ans.

Enfin, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'influence d'un programme d'entraînement pliométrique à base de sauts sur l'amélioration de quelques qualités physiques chez des jeunes footballeurs algériens de la catégorie des U15.

## **2. Méthode**

### **2.1. Echantillon**

L'échantillon de cette étude est composé de 30 jeunes footballeurs de la catégorie des U15, répartis comme suit : 15 footballeurs présentant le groupe expérimental (âge moyen :  $14,67 \pm 0,49$  ans ; poids moyen :  $47,67 \pm 6,25$  kg et taille moyenne :  $1,59 \pm 0,09$  mètres) et 15 autres footballeurs représentant le groupe témoin (âge moyen :  $14,53 \pm 0,50$  ans ; poids moyen :  $44,60 \pm 4,30$  kg et taille moyenne :  $1,57 \pm 0,07$  mètres). Tous ces joueurs possèdent en générale 4 à 5 années d'expérience dans la pratique du football dans

un niveau amateur.

### **2.2. Tests appliqués**

Les tests réalisés lors de cette étude sont caractérisés par leur large utilisation dans le domaine de l'évaluation physique en football notamment chez les jeunes footballeurs de part de leur facilité d'utilisation ainsi que leur fiabilité, ces tests sont largement utilisés dans les études de la bibliographie internationale. Les tests appliqués sont les suivants : le test de vitesse maximale sur 30 mètres pour l'évaluation de la vitesse maximale ou le sprint, le test du saut vertical (sargent test) qui vise l'évaluation de l'explosivité des muscles des membres inférieurs, le T test d'agilité qui a pour objectif la mesure de l'agilité du joueur en se déplaçant d'un point à un autre le plus rapidement possible avec des courses variées (avant, latéral, arrière) et enfin le test d'Akramov sans ballon qui évalue la vitesse et l'agilité avec un changement de direction du joueur.

### **2.3. Programme d'entraînement**

Le programme d'entraînement proposé s'est basé sur des exercices de pliométrie simple et moyenne sous forme de différentes formes de sauts (saut vertical, saut horizontal, saut cyclique, saut acyclique, saut unilatéral, saut bilatéral, ...), couplés avec des exercices de vitesse sur de courtes distances (de 5 à 30 mètres), d'agilité et de changement de direction. La durée de ce programme était de 8 semaines à base de 2 séances par semaine pour le groupe expérimental. Ce groupe s'entraîne 3 fois par semaines de façon régulière et pendant cette période expérimentale, 2 séances ont été destinées au programme proposé tandis que l'autre séance est destinée à développer la coordination motrice, l'endurance ainsi que les aspects techniques et tactiques en conformité avec les exigences de cette catégorie d'âge. Pour le groupe témoin, les joueurs ont suivi leur programme d'entraînement ordinaire avec 3 séances par semaine où tous les aspects de la performance en football sont touchés.

### **2.4. Protocol expérimental**

Pour les 2 groupes d'étude (expérimental et témoin) et avant les 8 semaines d'entraînement pliométrique pour le groupe expérimental et d'entraînement

ordinaire de football pour le groupe témoin, les pré-tests ont été réalisés pour les deux groupes ainsi que les mesures anthropométriques (poids et taille). Après l'application des programmes d'entraînement pour chaque groupe, la semaine qui a suivi la dernière semaine d'entraînement a été consacrée au post-tests (tableau 1). Les tests ont été réalisés dans les mêmes journées, aux mêmes horaires, dans le même terrain, avec le même matériel de mesure et avec le même personnel.

**Tableau 1. Le protocole expérimental de l'étude.**

<b>Gr Exp</b>	Semaine pré-Tests	08 semaines d'entraînement pliométrique (02 séances par semaine pliométrique + une séance ordinaire)	Semaine post-Tests
<b>Gr Tém</b>	Semaine pré-Tests	08 semaines d'entraînement ordinaire de football (03 séances par semaine)	Semaine post-Tests

**Gr Exp:** groupe expérimental, **Gr Tém :** groupe témoin.

## 2.5 Méthode statistique

Les résultats de cette étude sont présentés en moyenne arithmétique  $\pm$  écart type. La comparaison entre les pré-tests et les post-tests pour un même groupe de joueurs a été effectuée en utilisant le t test de Student pour échantillon appariés avec vérification des conditions statistiques d'utilisation de ce test paramétrique, si ces conditions ne sont pas réunies, nous aurons recours au test Wilcoxon non paramétrique. Dans un autre côté, la comparaison des résultats entre le groupe expérimental et le groupe témoin a été effectuée par l'utilisation du t test de Student pour échantillon non appariés avec le respect des conditions de son utilisation, sinon, le test non paramétrique de Mann-Whitney est utilisé. Tous ces calculs ont été réalisés avec le logiciel

statistique de Sigma stat version 4.0. Enfin, le seuil de signification statistique est fixé à  $P < 0,05$ .

## 3. Résultats

### 3.1. Caractéristiques de l'échantillon d'étude

Tableau 2. Statistique descriptive et analytique des caractéristiques des deux échantillons d'étude (âge, taille et poids).

		$X \pm Y$	Test statistique	P	Sign.
Age (ans)	Gr exp	14,67 $\pm$ 0,49	Mann-Whitney Rank Sum Test (T=247,500)	0,479	NS
	Gr tém	14,53 $\pm$ 0,52			
Taille (mètre)	Gr exp	1,59 $\pm$ 0,09	Mann-Whitney Rank Sum Test (T=243,500)	0,195	NS
	Gr tém	1,57 $\pm$ 0,08			
Poids (kg)	Gr exp	47,67 $\pm$ 6,25	Mann-Whitney Rank Sum Test (T=264,000)	0,663	NS
	Gr tém	44,60 $\pm$ 4,45			

$X \pm Y$  : moyenne  $\pm$  écart type, Sign. : signification statistique, Gr exp : groupe expérimental, Gtém : groupe témoin, NS : non significatif.

La comparaison statistique entre le groupe expérimental et le groupe témoin dans les tests pratiqués lors des pré-tests (avant le début du programme d'entraînement pour chaque groupe d'étude) n'a pas abouti à des différences significatives pour les quatre tests appliqués, ce qui indique un niveau similaire entre ces deux groupes au début de l'étude. Cela représente un atout très important dans la suite de l'étude de point de vue méthodologique.

### 3.2. Comparaison des performances physiques inter-groupes lors des pré-tests

**Tableau 3. Statistique descriptive et analytique des performances physiques du groupe expérimental et témoin lors des pré-tests.**

		X ± Y	Test statistique	P	Sig.
Vitesse 30 mètres (sec)	Gr exp	5,29±0,31	Student test (t calculé: 1,970; t tabulé: 2,048; ddl: 28)	0,059	NS
	Gr tém	5,49±0,23			
Sargent test (cm)	Gr exp	26,67±4,53	Student test (t calculé: 1,520; t tabulé: 2,048; ddl: 28)	0,140	NS
	Gr tém	24,07±4,83			
T test d'agilité (sec)	Gr exp	11,89±0,71	Mann-Whitney Rank Sum Test (T= 202,000)	0,212	NS
	Gr tém	12,64±1,73			
Test Akramov (sec)	Gr exp	16,57±0,49	Student test (t calculé: 0,174; t tabulé: 2,048; ddl: 28)	0,863	NS
	Gr tém	16,53±0,56			

X ± Y : moyenne± écart type, Sign. : signification statistique, Gr exp : groupe expérimental, Gtém : groupe témoin, NS : non significatif.

La comparaison statistique entre le groupe expérimental et le groupe témoin dans les tests pratiqués lors des pré-tests (avant le début du programme d'entraînement pour chaque groupe d'étude) n'a pas abouti à des différences significatives pour les quatre tests appliqués, ce qui indique un niveau similaire entre ces deux groupes au début de l'étude. Cela représente un atout très important dans la suite de l'étude de point de vue méthodologique.

### 3.3. Comparaison des performances physiques chez le groupe expérimental

**Tableau 4. Différences physiques entre les pré-tests et les post-tests chez le groupe expérimental.**

		X ± Y	Test statistique	P	Sign.
Vitesse 30 mètres (sec)	Pré-tests	5,29±0,31	Student test (t calculé: 3,420; t tabulé: 2,145; ddl: 14)	0,004	S
	Post-tests	5,22±0,27			
Sargent test (cm)	Pré-tests	26,67±4,53	Student test (t calculé: 7,246; t tabulé: 2,145; ddl: 14)	0,001	S
	Post-tests	28,67±4,12			
T test d'agilité (sec)	Pré-tests	11,89±0,71	Student test (t calculé: 5,145; t tabulé: 2,145; ddl: 14)	0,001	S
	Post-tests	11,67±0,70			
Test Akramov (sec)	Pré-tests	16,57±0,49	Wilcoxon Signed Rank Test (Z-Statistic: 2,841)	0,002	S
	Post-tests	16,40±0,58			

X ± Y : moyenne± écart type, Sign. : signification statistique, S : significatif.

La comparaison des performances physiques lors des tests appliqués entre les pré-tests et les post-tests chez le groupe expérimental révèle des différences statistiques significatives au profit des post-tests démontrant l'amélioration des qualités physiques évaluées. En détail, une amélioration significative de la qualité de vitesse maximale sur une distance de 30 mètres (P=0,004), de l'explosivité des membres inférieurs lors du saut vertical (P< 0,001), de l'agilité lors du T test (P< 0,001) et de la vitesse avec changement de direction lors du test d'Akramov (P= 0,002). Cela signifie que le programme d'entraînement pliométrique appliqué chez le groupe expérimental a apporté ces fruits dans les qualités visées.

**3.4. Comparaison des performances physiques chez le groupe Témoin**

**Tableau 5. Différences physiques entre les pré-tests et les post tests chez le groupe témoin.**

		X ± Y	Test statistique	P	Sign.
Vitesse 30 mètres (sec)	Pré-tests	5,49±0,23	Student test (t calculé: 1,163; t tabulé: 2,145; ddl: 14)	0,264	NS
	Post-tests	5,46±0,23			
Sargent test (cm)	Pré-tests	24,07±4,83	Student test (t calculé: 0,676; t tabulé: 2,145; ddl: 14)	0,510	NS
	Post-tests	24,27±4,45			
T test d'agilité (sec)	Pré-tests	12,64±1,73	Wilcoxon Signed Rank Test (Z-Statistic: 0,000)	0,975	NS
	Post-tests	12,64±1,60			
Test Akramov (sec)	Pré-tests	16,53±0,56	Wilcoxon Signed Rank Test (Z-Statistic: 0,342)	0,762	NS
	Post-tests	16,52±0,59			

X ± Y : moyenne± écart type, Sign. : signification statistique, NS : non significatif.

La comparaison des performances réalisées entre les pré-tests et les post-tests chez le groupe témoin n'a pas abouti à des différences significatives dans tous les tests appliqués (tableau 5). Cela signifie que le programme d'entraînement ordinaire de football destiné à ce groupe n'a pas permis d'améliorer les qualités physiques évaluées contrairement au groupe expérimental.

**3.5. Comparaison des performances physiques inter-groupes lors des post-tests**

**Tableau 6. Statistique descriptive et analytique des performances physiques du groupe expérimental et témoin lors des post-tests.**

		X ± Y	Test statistique	P	Sign.
Vitesse 30 mètres (sec)	Gr exp	5,22±0,27	Student test (t calculé : 2,648 ; t tabulé : 2,048 ; ddl : 28)	0,013	S
	Gr tém	5,46±0,23			
Sargent test (cm)	Gr exp	28,67±4,12	Student test (t calculé : 2,812 ; t tabulé : 2,048 ; ddl : 28)	0,009	S
	Gr tém	24,27±4,45			
T test d'agilité (sec)	Gr exp	11,67±0,70	Mann-Whitney Rank Sum Test (T= 179,000)	0,028	S
	Gr tém	12,64±1,60			
Test Akramov (sec)	Gr exp	16,40±0,58	Student test (t calculé : 0,559 ; t tabulé : 2,048 ; ddl : 28)	0,581	NS
	Gr tém	16,52±0,59			

X ± Y : moyenne± écart type, Sign. : signification statistique, Gr exp : groupe expérimental, Gtém : groupe témoin, S : significatif, NS : non significatif.

La comparaison des résultats obtenus lors des tests physiques appliqués entre le groupe expérimental et le groupe témoin dans les post-tests (après l'application des programmes destinés pour chaque groupe) démontre des différences significatives avec une supériorité du groupe expérimental dans le test de vitesse dur 30 mètres (P= 0,013), le test du saut vertical (P= 0,009), le T test d'agilité (P= 0,028) à l'exception du test d'Akramov où la différence entre les deux groupes d'étude n'est pas significative (P= 0,581).

**4. Discussion**

Les résultats de cette présente étude démontrent les effets positifs du programme d'entraînement que nous avons proposé d'une durée de 8 semaines consécutives avec 2 séances par semaine consacrées au travail

pliométrique à base de différents types de saut couplés avec des exercices de vitesse sur courtes distances ainsi que quelques exercices d'agilité et de changement de direction sur l'amélioration significative des qualités de détente verticale (test de Sargent), de vitesse maximale (test de 30 mètres, départ arrêté), l'agilité (le T test d'agilité) et l'habileté de changement de direction (le test d'Akramov sans ballon) chez nos jeunes footballeurs du groupe expérimental de la catégorie des U15 par comparaison à leurs homologues du groupe témoin. Cette amélioration est appuyée aussi par la supériorité de nos jeunes footballeurs du groupe expérimental dans les tests appliqués par rapport aux joueurs du groupe témoin lors des post tests alors qu'ils étaient au même niveau lors des pré-tests avant l'application de ce type de programme d'entraînement à l'exception de l'habileté de changement de direction lors du test d'Akramov où les performances lors du post-test sont similaires. Ce constat est en conformité avec la plupart des études internationales qui ont démontré de façon globale que les programmes d'entraînement pliométriques à base de sauts sont bénéfiques et permettent d'améliorer la performance des footballeurs adultes, jeunes, masculins ou féminins dans nombreuses qualités physiques, essentiellement la détente, le sprint, l'agilité et le changement de direction.

A ce titre, une étude intéressante de Makhlof et coll. (2018) a permis de constater que deux programmes d'entraînement de 8 semaines à raison de 2 séances par semaine (combinaison du travail pliométrique avec l'agilité et la combinaison du travail pliométrique avec l'équilibre) ont pu améliorer la détente lors du test de CMJ, la force dynamométrique de la main, l'agilité, l'habileté de changement de direction, la vitesse de sprint sur 10 et 30 mètres ainsi que l'équilibre lors des différents tests d'équilibre chez des jeunes footballeurs tunisiens âgés entre 10 et 12 ans. Cela est dû selon les mêmes auteurs aux effets bénéfiques du travail pliométrique couplé avec des exercices d'agilité ou bien d'équilibre sur l'amélioration des qualités physiques des jeunes adolescents. Ainsi, Ramirez-Campillo et coll. (2018b) ont démontré que deux programmes d'entraînement pliométrique à base de sauts à raison d'une séance et de deux

séances par semaine d'une durée de 8 semaines ont pu provoquer des améliorations significatives dans les qualités de détente verticale (CMJ et Drop-Jump), de vitesse sur 15 mètres, de la vitesse de frappe du ballon, d'habileté de changement de direction ainsi que d'endurance aérobie chez des footballeurs féminins adultes. Une autre étude de Ramirez-Campillo et coll. (2018a) a constaté qu'un programme d'entraînement pliométrique à base de sauts d'une durée de 7 semaines avec 2 séances par semaine a conduit à une augmentation de la performance des jeunes footballeurs de 10-16 ans dans les qualités du saut vertical et la réactivité musculaire (test de CMJ et Drop-Jump), l'explosivité des membres inférieurs (test de 5 bondissements et distance du frappe du ballon), le sprint et l'habileté de changement de direction ainsi que la puissance aérobie (à travers le test de 2.4 km).

D'autres types de programmes d'entraînement qui consistent à combiner le travail pliométrique au travail d'agilité et d'équilibre (Makhlof et coll., 2018) ou bien au travail de résistance musculaire (Zghal et coll., 2019) ont pu avoir des effets similaires chez des jeunes footballeurs, ce qui est en conformité avec nos résultats.

#### **4.1. Détente et explosivité des membres inférieurs**

Dans le domaine de la détente et de l'explosivité des muscles des membres inférieures, nombreuses études ont démontré qu'un programme d'entraînement pliométrique à base de sauts (PJT : pliométric jump training) a permis d'améliorer l'explosivité des muscles des membres inférieurs à travers les tests de saut vertical chez des footballeuses féminins adultes (Ramirez-Campillo et coll., 2018b ; Ramirez-Campillo et coll., 2016a ; Ramirez-Campillo et coll., 2016b), cela est confirmée lors de plusieurs études et les méta-analyses qui indiquent les effets bénéfiques de ce type de programme d'entraînement dans la performance du saut vertical en football (Garcia-Ramos et coll., 2017). En plus des qualités techniques et tactiques en football, cette faculté du saut est aussi très importante dans la performance athlétique et compétitive en football (Arnason et coll, 2004). Ces améliorations observées dans cette faculté de saut sont causées par

des adaptations neuromusculaires variées, tels que des améliorations de la coordination intermusculaires, l'augmentation du taux d'activation des motoneurones alpha, l'amélioration des caractéristiques mécaniques du complexe muscle-tendon, l'amélioration de la taille du muscle, l'architecture et/ou les caractéristiques mécaniques des fibres musculaires (Markovic et Mikulic, 2010).

L'étude menée par Ramirez-Campillo et coll. (2018a) a conforté l'influence positive du programme pliométrique à base de sauts associé à l'entraînement ordinaire de football dans l'amélioration des qualités de la détente, vitesse, changement de direction, endurance ainsi que les habiletés techniques chez les jeunes footballeurs âgés de 10 à 16 ans. Cela doit être bien pris en considération dans les démarches futures de l'entraînement et de formation des jeunes footballeurs. Pour la performance de saut, les résultats de cette présente étude corroborent avec plusieurs études qui confirment l'efficacité de ce type de programme d'entraînement dans l'amélioration de cette qualité primordiale pour les footballeurs (Ramirez-Campillo et coll., 2018a ; Bedoya et coll., 2015). L'amélioration de la hauteur du saut signifiant une bonne capacité de détente verticale est parmi les objectifs essentiels de l'entraînement des footballeurs du moment que cette qualité est bien corrélée avec le meilleur classement dans le championnat (Arnason et coll., 2004), en plus de cela, l'intégration de ce type d'entraînement dans le programme régulier des jeunes footballeurs représente une méthode effective pour améliorer leur compétitivité. L'amélioration observée de la détente chez notre groupe expérimentale peut être expliquée selon Markovic et Mikulic (2010) par l'augmentation de la conduction neurale aux muscles agonistes, l'amélioration de la coordination intermusculaire, les changements dans les caractéristiques de raideur mécanique musculo-tendineuse, le changement dans la surface ou l'architecture musculaire ainsi que les changements dans la mécanique de la fibre musculaire.

Selon Radnor et coll. (2017) : dans les études antérieures et lors des différents programmes d'entraînement à base de puissance musculaire appliqués chez les jeunes footballeurs, seules les programmes pliométriques à base de sauts sont associés

à l'amélioration des qualités de détente sous toutes ses formes qui représentent des actions caractérisées par des cycles étirement-raccourcissement très réduits en matière de temps, cela représente selon Meylan et coll. (2014) une exigence fondamentale des qualités physiques requises pour la haute performance dans les matchs.

#### 4.2. Vitesse maximale et sprint

Dans le domaine de la performance en vitesse et lors de cette présente étude, nos jeunes footballeurs du groupe expérimentale ont démontré une grande performance dans le test de sprint sur 30 mètres que ceux du groupe de contrôle, ainsi, une amélioration significative a été notée après l'application du programme pliométrique proposé, cela est en conformité avec nombreuses études dans ce domaine mais avec des distances de sprint différentes, ces études ont confirmé de façon générale l'efficacité du programme pliométrique à base de sauts sur l'amélioration de la performance en sprint (de Villarreal et coll., 2012 ; Assunção et coll., 2017). Ainsi, Ramirez-Campillo et coll. (2018a) ont arrivé au même constat chez des jeunes footballeurs âgés entre 10-16 ans avec une amélioration du temps de sprint sur une distance de 20 mètres, mais l'analyse inter-individuelle a démontré que cette amélioration n'a pas touché la totalité du groupe par comparaison aux autres qualités testées, ces auteurs ont avancé que le programme pliométrique de saut doit tenir en compte la diversité des formes de sauts (vertical et horizontal) et doit être associé aux méthodes spécifiques de développement de la vitesse. Dans notre cas, nous avons pris en considération cette remarque de façon à varier les types et formes de sauts et aussi intégrer des exercices de sprint quelques fois après l'exécution de ce type de travail, ce qui tend peut-être à justifier les gains en sprint chez nos jeunes footballeurs du groupe expérimentale.

En effet, Les effets bénéfiques de l'entraînement pliométrique sur l'amélioration de la performance en temps de sprint sont bien établis chez les footballeurs (Ozbar et coll., 2014 ; Ramirez-Campillo et coll., 2016b ; Ramirez-Campillo et coll., 2016a). Compte tenu de la haute fréquence des sprints courts de très haute intensité lors des matchs de football, l'amélioration

de la faculté d'accélération est primordiale pour augmenter les chances des joueurs à gagner les duels (c'est-à-dire gagner la possession du ballon, se démarquer des adversaires) lors des situations de jeu réelles (Vigne et coll., 2010 ; Datson et coll., 2014). L'étude de Ramirez-Campello et coll. (2018b) a permis de démontrer qu'un programme pliométrique à base de sauts de 8 semaines à raison d'une séance par semaine ainsi qu'un programme de 2 séances par semaine a pu améliorer la qualité l'accélération chez des footballeurs féminins adultes sur une distance de 15 mètres. Cela est dû essentiellement à la nature des actions effectuées lors de l'entraînement pliométrique caractérisées par une diminution du temps de cycle étirement-raccourcissement (par les différents types de sauts) ce qui amène à améliorer la qualité d'accélération et par conséquent une diminution du temps en sprint court. Les mécanismes de ce phénomène physiologique spécifique sont de nature neuronaux et aussi musculaires (Behm et Sale, 1993 ; Markovic et Mikulic, 2010). Ainsi, en dehors du rôle potentiel du principe de l'entraînement de vitesse-spécificité pour expliquer les améliorations observées dans le sprint sur courtes distances, la direction d'application de la force musculaire peut aussi aider à expliquer cela (Ramirez-Campillo et coll., 2015). Dans ce sens, l'inclusion des exercices du saut horizontal peut contribuer à améliorer la vitesse de sprint sur des courtes distances, en considérant l'importance de la production de la force musculaire horizontale dans la performance en sprint (Morin et coll., 2012 ; Kawamori et coll., 2013).

En ce qui concerne le lien de la fréquence des séances pliométriques avec le gain de performance en sprint, il a été démontré clairement que les programmes d'entraînement basés sur 2 séances pliométriques par semaine ainsi que les programmes d'une seule séance par semaine pendant une durée de 8 semaines ont conduit à avoir des améliorations en temps de sprint court chez des footballeurs féminins adultes (Ramirez-Campillo et coll., 2018b), d'autres programmes sur 6 semaines avec la même fréquence ont pu avoir des améliorations aussi chez des footballeurs adultes de Futsal dans les qualités de sprint, de saut vertical et d'habileté de changement de direction (Yanci et

coll., 2017). Chez des jeunes footballeurs prépubères, après l'application d'un programme d'entraînement pliométrique basé sur les sauts à raison d'une ou 2 séances par semaine avec un volume d'entraînement totale égale pendant 8 semaines, une nette amélioration est observée dans le temps de sprint sur 5 mètres (Bouguezzi et coll., 2020). A partir de là, ces études ont constaté que la fréquence d'entraînement pliométrique d'une ou 2 séances par semaine induit des améliorations dans le temps de sprint court chez des footballeurs féminins et mêmes masculins adultes et jeunes.

#### 4.3. Agilité et changement de direction

Dans le domaine de l'agilité et l'habileté de changement de direction, nombreuses études ont confirmé l'amélioration de ces qualités lors des tests appliqués pour l'évaluation après l'application d'un programme pliométrique à base de sauts chez les jeunes de façon générale (Asadi et coll., 2017) et aussi chez des jeunes footballeurs (Ramirez-Campillo et coll., 2014 ; Beyoda et coll., 2015) ce qui est en conformité avec nos résultats où nos jeunes footballeurs du groupe expérimentale ont été plus performants lors du test d'Akramov et le Ttest d'agilité après l'application du programme proposé par comparaison aux pré-tests, ils étaient aussi significativement plus performants que ceux du groupe de contrôle. En effet, plusieurs facteurs peuvent expliquer cette amélioration tels que l'augmentation de la puissance musculaire ainsi que la force musculaire concentrique et excentrique dû aux effets bénéfiques des différents exercices de pliométrie à base de sauts (Young et coll., 2015). Selon Stolen et coll. (2005), l'intégration des exercices de sauts de façon régulière dans le programme spécifique de l'entraînement des jeunes footballeurs leur permet d'améliorer la performance lors les actions de changement de direction qui surviennent de façon très courante le match compétitif de football. De plus, cette habileté représente un facteur déterminant dans la haute performance au cours de la carrière du footballeur, et doit être développée en revanche dès le jeune âge (LeGall et coll., 2010). De plus, elle représente une qualité clé pour la performance athlétique en football (Reilly et coll., 2000 ; Datson et coll., 2014). L'amélioration de cette qualité essentielle en football

après un programme pliométrique à base de sauts a été reporté dans plusieurs études (Bedoya et coll., 2015 ; Asadi et coll., 2016). Cependant, des résultats récents indiquent qu'un programme pliométrique à base de sauts de 8 semaines avec une ou bien 2 séances par semaine provoquent des améliorations similaires chez footballeurs féminins adultes (Ramirez-Campello et coll., 2018b) ainsi que chez des footballeurs masculins adultes de Futsal (Yanci et coll., 2017), ces auteurs ont affirmé que le programme pliométrique proposé contient des exercices de changement de direction associés aux exercices pliométriques, ce qui amène à obtenir de telles améliorations. Partant de ce principe, nous avons pris ce détail en considération en intégrant des exercices de changement de direction dans notre programme d'entraînement pliométrique, ce qui peut expliquer les effets positifs dans la performance de nos jeunes footballeurs du groupe expérimentale dans cette qualité de changement de direction qui est très importante en sports collectifs de façon générale et en football de façon spécifique. Cependant, les résultats de Bouguezzi et coll. (2020) ont démontré que le programme d'entraînement pliométrique avec 2 séances par semaine et un autre programme d'une séance par semaine qui contient le même volume de travail pliométrique de 2 séances pendant 8 semaines avec l'absence des exercices de changement de direction ont amené aussi à des améliorations dans cette habileté chez les jeunes footballeurs. Cela indique que les caractéristiques du travail pliométrique telles que la capacité à générer l'aspect neuromusculaire de la force lors des exercices du saut vertical et du saut horizontal (Young et coll., 2015), ainsi que l'importance de la performance unilatérale durant les actions de changement de direction et plus spécialement en football (Datson et coll., 2014 ; Meylan et coll., 2014), l'incorporation des exercices du saut vertical et horizontal avec des exercices unilatéraux peuvent augmenter la chance d'améliorer l'habileté de changement de direction chez les footballeurs. L'entraînement pliométrique à base de sauts induit des adaptations neuromusculaires comme les fréquences des décharges neuronales ainsi que l'augmentation de la force réactive, ce qui peut expliquer l'amélioration de cette qualité (Young et coll., 2002 ; Ramirez-Campillo et coll., 2018b).

Dans un autre côté, les exercices d'agilité ont un impact positif sur l'entraînement de l'équilibre stationnaire mais aussi sur la vitesse maximale et les activités explosives qui représentent des paramètres spécifiques de l'entraînement du footballeur avec un lien direct avec les activités du match. Dans cadre, Hammami et coll. (2016) ont reporté des corrélations significatives de l'agilité avec la puissance musculaire (lors du saut en longueur en position debout et CMJ), le sprint (sur 10 et 30 mètres) ainsi la capacité d'équilibre (lors du test Y). Selon Makhoul et coll. (2018), l'agilité est considérée comme une progression de l'entraînement technique pliométrique qui intègre les qualités d'équilibre dynamique, de puissance et de vitesse. Tous ces paramètres peuvent témoigner l'importance du travail pliométrique associé au travail d'agilité et leurs effets bénéfiques sur un grand nombre de qualités primordiales des footballeurs notamment les qualités explosives telles que la détente, de vitesse et de changement de direction. Dans un autre côté, Barbalho et coll. (2018) ont constaté qu'un programme d'entraînement plus long (15 semaines) avec 3 séances par semaine à base de résistance musculaire avec une périodisation non linéaire a permis d'améliorer la puissance lors du saut vertical et horizontal ainsi que la force maximale lors des tests de 1RM chez des footballeurs de 18-20 ans contrairement à l'agilité et la vitesse qui n'ont pas connu d'améliorations significatives. Cela est en contradiction avec nombreuses études dans ce domaine, mais il faut signaler que ce programme n'a pas inclus la méthode pliométrique proprement dite et n'a pas combiné un travail de vitesse et d'agilité contrairement aux programmes d'entraînement cités auparavant.

## 5. Conclusion

En comparaison avec le programme ordinaire de football, le programme d'entraînement pliométrique à base de différents types de sauts couplés avec des exercices d'agilité et de sprint a provoqué des améliorations significatives des qualités de sprint, de détente, d'agilité et de changement de direction chez les jeunes footballeurs algériens de la catégorie des U15. Ce type d'entraînement représente une approche méthodique efficace pour augmenter la condition

physique des jeunes footballeurs pour avoir une forme compétitive optimale en lien avec les exigences du football moderne. enfin, en plus des aspects physiques, les études futures doivent prendre en considération les effets des programmes pliométriques sur les performances techniques en football.

### Conflit d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêts concernant la publication de ce manuscrit.

### Bibliographies

Alfredson H, Nordström P, and Lorentzon R. (1996). Total and regional bone mass in female soccer players. *Calcif Tissue Int.* 59 (6), 438–442. doi: 10.1007/BF00369207

Alvarez M, Sedano S, Cuadrado G, and Redondo JC. (2012). Effects of an 18-week strength training program on low-handicap golfers' performance. *J Strength Cond Res.* 26 (4), 1110–1121. doi: 10.1519/JSC.0b013e31822dfa7d

Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, and Bahr R. (2004). Physical fitness, injuries, and team performance in soccer. *Med Sci Sports Exerc.* 36 (2), 278–285. doi: 10.1249/01.MSS.0000113478.92945.CA

Asadi A, Arazi H, Ramirez-Campillo R, Moran J, and Izquierdo M. (2017). Influence of maturation stage on agility performance gains after plyometric training: a systematic review and meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 31 (9), 2609–2617. doi: 10.1519/JSC.0000000000001994

Asadi A, Arazi H, Young WB, and de Villarreal ES. (2016). The effects of plyometric training on change-of-direction ability: a meta-analysis. *Int J Sports Physiol Perform.* 11 (5), 563–573. doi: 10.1123/ijssp.2015-0694

Assuncao AR, Bottaro M, Cardoso E, Dantas da Silvas DP, Ferraz M, Vieira M, and Gentil P. (2017). Effects of a low-volume plyometric training in anaerobic performance of adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 58 (5), 570–575. doi: 10.23736/S0022-4707.17.07173-0

Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match play in the elite soccer player. *J Sports Sci.* 24 (7), 665–674.

Barbalho M, Gentil P, Raiol R, Del Vecchio FB, Ramirez-Campillo R, and Coswig V. (2018). Non-Linear Resistance Training Program Induced Power and Strength but Not Linear Sprint Velocity and Agility Gains in Young Soccer Players. *Sports.* 6 (2), 43; doi:10.3390/sports6020043

Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, and Bradley PS. (2014). The evolution of physical and technical performance parameters in the English premier league. *Int J Sports Med.* 35 (13), 1095–1100. doi: 10.1055/s-0034-1375695

Bedoya AA, Miltenberger MR, and Lopez RM. (2015). Plyometric training effects on athletic performance in youth soccer athletes: a systematic review. *J Strength Cond Res.* 29 (8), 2351–2360. doi: 10.1519/JSC.0000000000000877

Behm DG, and Sale DG. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Med.* 15 (6), 374–388. doi: 10.2165/00007256-199315060-00003

Behm DG, Faigenbaum AD, Falk B, and Klentrou P. (2008). Canadian society for exercise physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Appl Physiol Nutr Metab.* 33 (3), 547–561. doi: 10.1139/H08-020

Bouguazzi R, Chaabene H, Negra Y, Ramirez-Campillo R, Jlalía Z, Mkaouer B, and Hachana Y. (2020). Effects of different plyometric

training frequency on measures of athletic performance in prepubertal male soccer players. *J Strength Cond Res.* 34 (6), 1609–1617. doi: 10.1519/JSC.0000000000002486.

Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P. (2009). High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci.* 27 (2), 159–168.

Carling C, le Gall F, and Dupont G. (2012). Analysis of repeated high intensity running performance in professional soccer. *J Sports Sci.* 30 (4), 325–336. doi: 10.1080/02640414.2011.652655

Chaouachi M, Granacher U, Makhlof I, Hammami R, Behm DG, and Chaouachi A. (2017). Within session sequence of balance and plyometric exercises does not affect training adaptations with youth soccer athletes. *J Sports Sci Med.* 16 (1), 125–136.

Cormie P, Mcguigan MR, Newton RU. (2010). Adaptations in Athletic Performance after Ballistic Power versus Strength Training. *Med Sci Sports Exerc.* 42 (8), 1582–1599.

Datson N, Hultson AT, Andersson HA, Lewis T, Weston M, Drust B, and Gregson W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Med.* 44 (9), 1225–1240. doi: 10.1007/s40279-014-0199-1

de Villarreal ES, Suarez-Arrones L, Requena B, Haff GG, and Ferrete C. (2015). Effects of plyometric and sprint training on physical and technical skill performance in adolescent soccer players. *J Strength Cond Res.* 29 (7), 1894–1903. doi: 10.1519/JSC.0000000000000838

de Villarreal ES, Requena B, and Cronin JB. (2012). The effects of plyometric training on sprint performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res.* 26 (2), 575–584. doi: 10.1519/JSC.0b013e318220fd03

Diallo O, Dore E, Duche P, and Van Praagh E. (2001). Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *J Sports Med Phys Fit.* 41 (3), 342–348.

Faude O, Koch T, and Meyer T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci.* 30 (7), 625–631. doi: 10.1080/02640414.2012.665940

García-Ramos A, Haff G, Ferliche B, and Jaric S. (2017). Effects of different conditioning programmes on the performance of high-velocity soccer-related tasks: systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Int J Sports Sci Coach.* 13 (1), 129–151. doi: 10.1177/1747954117711096

Granacher U, Lesinski M, Busch D, Muehlbauer T, Prieske O, Puta C, Gollhofer A, and Behm DG. (2016). Effects of resistance training in youth athletes on muscular fitness and athletic performance: a conceptual model for long-term athlete development. *Front Physiol.* 7 : 164. doi : 10.3389/fphys.2016.00164

Hammami R, Granacher U, Makhlof I, Behm DG, Chaouachi A. (2016). Sequencing Effects of Balance and Plyometric Training on Physical Performance in Youth Soccer Athletes. *J Strength Cond Res.* 30 (12), 3278–3289. doi: 10.1519/JSC.0000000000001425

Helgerud J, Engen LC, Wisloff U, and Hoff J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc.* 33 (11), 1925–1931. doi: 10.1097/00005768-200111000-00019

Hojka V, Stastny P, Rehak T, Mostowik A, Zawart M, Musálek M. (2016). A Systematic Review of the Main Factors that Determine Agility in Sport Using Structural Equation Modeling. *J Hum Kinet.* 52, 115–123. doi: 10.1515/hukin-2015-0199

Hulse M, Morris J, Hawkins RD, Hodson A, Nevill A, and Nevill M. (2013). A field-test battery for elite, young soccer players. *Int J Sports Med.* 34 (4), 302–311. doi: 10.1055/s-0032-1312603

Ingle L, Sleaf M, and Tolfrey K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *J Sports Sci.* 24 (9), 987–997. doi:

10.1080/02640410500457117

- Karsten B, Larumbe-zabala E, Kandemir G, Hazir T, Klose A, and Naclerio F. (2016). The Effects of a 6-Week Strength Training on Critical Velocity, Anaerobic Running Distance, 30-M Sprint and Yo-Yo Intermittent Running Test Performances in Male Soccer Players. *PLoS ONE*. 11 (3), e0151448.
- Kawamori N, Nosaka K, and Newton RU. (2013). Relationships between ground reaction impulse and sprint acceleration performance in team sport athletes. *J Strength Cond Res*. 27 (3), 568–573. doi: 10.1519/JSC.0b013e318257805a
- Kotzamanidis C, Chatzopoulos D, Michailidis C, Papaikovou G, and Patikas D. (2005). The effect of a combined high-intensity strength and speed training program on the running and jumping ability of soccer players. *J Strength Cond Res*. 19 (2), 369–375.
- LeGall F, Carling C, Williams M, and Reilly T. (2010). Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *J Sci Med Sport*. 13, 90–95. doi: 10.1016/j.jsams.2008.07.004
- Lehnert M, Stastny P, Tufano JJ, and Stolfa P. (2017). Changes in Isokinetic Muscle Strength in Adolescent Soccer Players after 10 Weeks of Pre-Season Training. *Open Sport Sci J*. 10 (1), 27–36.
- Lloyd R, Faigenbaum A, Stone MH, Oliver J, Jeffreys I, Moody J, Brewer C, Pierce K, McCambridge TM, Howard R, Herrington L, Hainline B, Micheli LJ, Jaques R, Kraemer W, McBride MG, Best TM, Chu DA, Alvar BA, and Myer G. (2014). Position statement on youth resistance training: the 2014 international consensus. *Br J Sports Med*. 48 (7), 498–505. doi: 10.1136/bjsports-2013-092952
- Makhlouf I, Chaouachi A, Chaouachi M, Ben Othman A, Granacher U, and Behm DG. (2018). Combination of agility and plyometric training provides similar training benefits as combined balance and plyometric training in young soccer players. *Front Physiol*. 9: 1611. doi: 10.3389/fphys.2018.01611
- Markovic G, and Mikulic P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Med*. 40 (10), 859–895. doi: 10.2165/11318370-000000000-00000
- Meylan C, Cronin J, Oliver J, Hughes M, and Manson S. (2014). An evidence-based model of power development in youth soccer. *Int J Sports Sci Coach*. 9 (5), 1241–1264. doi: 10.1260/1747-9541.9.5.1241
- Morin JB., Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, and Lacour JR. (2012). Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl. Physiol*. 112 (11), 3921–3930. doi: 10.1007/s00421-012-2379-8
- Nobari H, Silva AF, Clemente FM, Siahkhouian M, Garcia-Gordillo MA, Aduar JC, Pères-Gomez J. (2021). Analysis of fitness status variations of under-16 soccer players over a season and their relationships with maturational status and training load. *Front Physiol*. 11: 597697. doi: 10.3389/fphys.2020.597697
- Ozbar N, Ates S, and Agopyan A. (2014). The effect of 8-week plyometric training on leg power, jump and sprint performance in female soccer players. *J Strength Cond Res*. 28 (10), 2888–2894. doi: 10.1519/JSC.0000000000000541
- Radnor JM, Lloyd RS, and Oliver JL. (2017). Individual response to different forms of resistance training in school-aged boys. *J Strength Cond Res*. 31 (3), 787–797. doi: 10.1519/JSC.0000000000001527
- Ramirez-Campillo R, Alvarez C, Gentil P, Moran J, Garcia-Pinillos F, Alonso-Martinez AM, and Izquierdo M. (2018a). Inter-individual variability in responses to 7 weeks of plyometric jump training in male youth soccer players. *Front Physiol*. 9: 1156. doi: 10.3389/fphys.2018.01156
- Ramirez-Campillo R, Garcia-Pinillos F, Garcia Ramos A, Yanci J, Gentil P, Chaabene H, Granacher U. (2018b). Effects of different plyometric training frequencies on components of physical fitness in amateur female soccer players. *Front Physiol*. 9: 934. doi: 10.3389/fphys.2018.00934
- Ramírez-Campillo R, Gallardo-Fuentes F, Henríquez-Olguín C, Meylan C, Martínez C, Álvarez C, Caniuqueo A, Cadore EL, and Izquierdo M. (2015). Effect of vertical, horizontal, and combined plyometric training on explosive, balance, and endurance performance of young soccer players. *J Strength Cond Res*. 29 (7), 1784–1795. doi: 10.1519/JSC.0000000000000827
- Ramírez-Campillo R, González-Jurado JA, Martínez C, Nakamura FY, Peñailillo L, Meylan C M, Caniuqueo A, Canas-Jamet R, Moran J, Alonso-Martinez AM, and Izquierdo M. (2016a). Effects of plyometric training and creatine supplementation on maximal-intensity exercise and endurance in female soccer players. *J Sci Med Sport*. 19 (8), 682–687. doi: 10.1016/j.jsams.2015.10.005
- Ramirez-Campillo R, Meylan CM, Alvarez C, Henríquez-Olguín C, Martínez C, Canas-Jamett R, Andrade DC, and Izquierdo M. (2014). Effects of in-season low-volume high-intensity plyometric training on explosive actions and endurance of young soccer players. *J Strength Cond Res*. 28 (5), 1335–1342. doi: 10.1519/JSC.0000000000000284
- Ramírez-Campillo R, Vergara-Pedrerros M, Henríquez-Olguín C, Martínez- Salazar C, Alvarez C, Nakamura FY, De La Fuente CI, Caniuqueo A, Alonso-Martinez AM, and Izquierdo M. (2016b). Effects of plyometric training on maximal-intensity exercise and endurance in male and female soccer players. *J Sports Sci*. 34 (8), 687–693. doi: 10.1080/02640414.2015.1068439
- Reilly T, Bangsbo J, and Franks A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *J Sports Sci*. 18 (9), 669–683. doi: 10.1080/02640410050120050
- Sander A, Keiner M, Wirth K, and Schmidtbleicher D. (2013). European Journal of Sport Science Influence of a 2-year strength training programme on power performance in elite youth soccer players. *Eur J Sport Sci*. 13 (5), 445–451.
- Sedano Campo S, Vaeyens R, Philippaerts RM, Redondo JC, De Benito AM, and Cuadrado G. (2009). Effects of lower-limb plyometric training on body composition, explosive strength, and kicking speed in female soccer players. *J Strength Cond Res*. 23 (6), 1714–1722. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181b3f537
- Spencer M, Bishop D, Dawson B, and Goodman C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: specific to field-based team sports. *Sports Med*. 35 (12), 1025–1044. doi: 10.2165/00007256-200535120-00003
- Stølen T, Chamari K, Castagna C, and Wisløff U. (2005). Physiology of Soccer: An Update. *Sport Med*. 35 (6), 501–536.
- Taube W, Leukel C, and Gollhofer A. (2012). How neurons make us jump: the neural control of stretch-shortening cycle movements. *Exerc Sport Sci Rev*. 40 (2), 106–115. doi: 10.1097/JES.0b013e31824138da
- Tomáš M, František Z, Lucia M, Jaroslav T. (2014). Profile, Correlation and Structure of Speed in Youth Elite Soccer Players. *J Hum Kinet*. 40, 149–159. doi: 10.2478/hukin-2014-0017
- Vigne, G, Gaudino C, Rogowski I, Alloatti G, and Hautier C. (2010). Activity profile in elite Italian soccer team. *Int J Sports Med*. 31 (5), 304–310. doi: 10.1055/s-0030-1248320
- Ward P, Hodges N, and Williams AM. (2007). The road excellence in soccer: deliberate practice and the development of expertise. *High Ability Stud*. 18 (2), 119–153. doi: 10.1080/13598130701709715
- Yanci J, Castillo D, Iturricastillo A, Ayarra R, and Nakamura FY. (2017). Effects of two different volume-equated weekly distributed short-term plyometric training programs on futsal players' physical performance. *J Strength Cond Res*. 31 (7), 1787–1794. doi: 10.1519/JSC.0000000000001644

Young WB, Dawson B, and Henry GJ. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: implications for training for agility in invasion sports. *Int J Sports Sci Coach*. 10, (1) 159–169. doi: 10.1260/1747-9541.10. 1.159

Young WB, James R, and Montgomery I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J Sports Med Phys Fitness*. 42 (3), 282–288.

---

### **Comment citer cet article selon la méthode APA:**

Mohamed Arafa, Mustepha Ali Hassani (2023), Effets d'un programme d'entraînement pliométrique à base de sauts sur le développement de quelques qualités physiques chez des jeunes footballeurs Algériens (U15), revue académique des études sociales et humaines, vol 15, numéro 02, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef, Algérie, pages: 670-683.