

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Alger 3



Institut d'éducation physique et sportive.
- DELLY BRAHIM-

Thèse De Doctorat troisième cycle LMD
En Préparation physique sportive

Thème :

Les déterminants et exigences de la formation dans le football féminin (16-18 ans).

-Approche systémique comparative entre les équipes Algériennes et Françaises-

Présenté par l'étudiant :
ATTAL Amina

Sous la direction :
Pr. HADJIDJ Mouloud

Année Universitaire : 2025/2026

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Alger 3



Institut d'éducation physique et sportive.

- DELLY BRAHIM-

Thèse De Doctorat troisième cycle LMD

En Préparation physique sportive

Thème :

Les déterminants et exigences de la formation dans le football féminin (16-18 ans).

-Approche systémique comparative entre les équipes Algériennes et Françaises-

Présenté par l'étudiant :
ATTAL Amina

Sous la direction :
Pr. HADJIDJ Mouloud

Année universitaire : 2025/2026

Dédicaces.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude à celles et ceux qui m'ont soutenue et accompagnée tout au long de la réalisation de ce travail.

Je remercie de tout cœur mes parents, pour leur amour, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible, ainsi que ma sœur, mon frère et ma belle-famille, qui ont toujours été à mes côtés dans les moments de doute comme dans les réussites.

J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur le Professeur Hadjidj Mouloud, qui a été bien plus qu'un encadreur. Son accompagnement constant, sa rigueur scientifique et sa vision inspirante ont profondément marqué mon parcours.

Son exemplarité, en tant que plus jeune professeur en Algérie, son ouverture d'esprit acquise à travers ses expériences internationales, et sa passion pour la recherche ont toujours été pour moi une source de motivation et d'admiration.

C'est grâce à sa confiance et à ses encouragements que j'ai osé élargir mes horizons scientifiques et changer de spécialité sportive, du basketball vers le football, pour relever de nouveaux défis.

Je lui témoigne toute ma reconnaissance et mon respect pour la qualité de son encadrement, son humilité et son engagement envers la réussite de ses étudiants.

Mes sincères remerciements vont également à Monsieur Belkadi, mon encadreur de toujours, pour sa confiance et son accompagnement bienveillant, ainsi qu'à Monsieur Sahnoun, Madame Mezghiche Imane et Monsieur Hafidi Mounib, pour leurs précieux conseils et leur disponibilité.

Je n'oublie pas mes collègues de l'ISTS et de l'OPOW d'Alger, pour leur soutien, leur collaboration et les échanges enrichissants que nous avons partagés, ainsi que mes camarades de promotion, avec qui cette aventure académique et humaine restera un souvenir inoubliable, empreint d'entraide, de solidarité et d'amitié sincère.

Remerciements

Ce travail représente l'aboutissement d'un long parcours académique et humain, marqué par de nombreuses rencontres, échanges et apprentissages.

Je rends avant tout grâce à Dieu Tout-Puissant, pour la force, la santé et la persévérance qu'Il m'a accordées afin de mener à bien cette recherche.

Je souhaite exprimer mes plus sincères remerciements à l'ensemble du corps enseignant et administratif de l'Institut d'Éducation Physique et Sportive, pour leur disponibilité, leur bienveillance et la qualité de leur encadrement tout au long de ma formation. Leur accompagnement et leur dévouement ont contribué à faire de ce parcours une expérience riche et formatrice.

Je tiens également à remercier les clubs sportifs et les joueuses qui ont participé à cette étude, pour leur engagement, leur confiance et leur collaboration précieuse. Leur implication a rendu possible la concrétisation de ce travail de recherche.

Je souhaite aussi exprimer ma gratitude à toutes les personnes, collègues, amis et collaborateurs, qui, de près ou de loin, ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire, par leur aide, leurs conseils, ou simplement par leur présence bienveillante.

À vous tous, merci du fond du cœur.

Résumé :

Cette étude avait pour objectif d'analyser et de comparer les caractéristiques anthropométriques et les performances physiques de jeunes footballeuses françaises et algériennes âgées de 16 à 18 ans, ainsi que d'évaluer leur évolution au cours d'une saison sportive. L'échantillon était composé de 90 joueuses (45 françaises et 45 algériennes) présentant un âge moyen de $18,1 \pm 1,2$ ans. Les évaluations ont été réalisées à deux périodes distinctes : en début de saison (T1) et en milieu de saison (T2). Les paramètres mesurés concernaient à la fois la morphologie (taille, poids, indice de masse corporelle, pourcentage de masse grasse, masse musculaire, masse osseuse, protéines) et les qualités physiques (sprint 20 m, Squat Jump, Countermovement Jump et Intermittent Fitness Test – 30-15 IFT).

Les résultats révèlent que les footballeuses françaises présentent, dans l'ensemble, des valeurs supérieures pour la majorité des variables mesurées, à la fois à T1 et à T2. Elles se distinguent par une meilleure vitesse de déplacement, une puissance musculaire plus élevée et une endurance intermittente significativement plus développée. Les joueuses algériennes ont également montré une progression entre les deux temps de mesure, mais celle-ci demeure moins marquée et ne comble pas l'écart initial.

L'analyse statistique, réalisée à l'aide d'une ANOVA à deux facteurs (Pays $\times$ Temps), de tests post hoc, de corrélations et du calcul des tailles d'effet, a mis en évidence des effets principaux significatifs du pays et du temps, sans interaction, traduisant des dynamiques d'évolution parallèles mais des niveaux de performance initialement distincts. Les corrélations observées confirment l'impact de la composition corporelle sur la performance : la masse musculaire est positivement associée aux qualités explosives et à l'endurance, tandis que la masse grasse influence négativement la vitesse et la détente verticale.

En conclusion, cette étude démontre que les joueuses françaises bénéficient d'un environnement d'entraînement plus structuré, d'un encadrement scientifique régulier et d'une planification individualisée, favorisant leur progression et leurs performances physiques. À l'inverse, les joueuses algériennes présentent un potentiel réel mais encore insuffisamment exploité, en raison de la faiblesse des infrastructures et du manque de suivi individualisé. Ces résultats soulignent la nécessité, pour le football féminin en Algérie, d'intensifier la structuration des filières de formation, de renforcer la préparation physique spécifique et de développer des outils d'évaluation standardisés afin d'optimiser la détection et le développement du talent féminin.

Mots clés : exigences, les caractéristiques morphologiques, les capacités physiques spécifiques d'une joueuse de football, les capacités physiologiques, entraînement scientifique, entraînement de haut niveau, performance de haut niveau, football moderne, approche systémique, approche physique, approche physiologique.

Abstract:

The purpose of this study was to analyze and compare the anthropometric characteristics and physical performances of young French and Algerian female football players aged 16 to 18 years, and to assess their evolution throughout a competitive season. The sample consisted of 90 players (45 French and 45 Algerian) with a mean age of 18.1 ± 1.2 years. The evaluations were conducted at two different periods: at the beginning of the season (T1) and mid-season (T2). The measured parameters included anthropometric variables (height, body mass, body mass index, body fat percentage, muscle mass, bone mass, and protein mass) and physical performance indicators (20 m sprint, Squat Jump, Countermovement Jump, and 30–15 Intermittent Fitness Test).

The results showed that French players exhibited higher values in most of the measured variables at both T1 and T2. They demonstrated greater sprinting ability, higher muscular power, and superior intermittent endurance. Although the Algerian players also improved between T1 and T2, their progress was less pronounced and did not bridge the initial gap.

Statistical analyses, including two-way ANOVA (Country $\times$ Time), post hoc tests, correlation analyses, and effect size calculations, revealed significant main effects for country and time, but no interaction, indicating parallel patterns of progression with higher baseline and improvement levels among French players. The observed correlations highlighted the influence of body composition on performance: muscle mass was positively associated with explosive and endurance capacities, whereas body fat percentage was negatively correlated with sprint and jump performance.

In conclusion, this study demonstrates that French players benefit from a more structured training environment, regular scientific monitoring, and individualized planning, which support their superior performance and seasonal progression. Conversely, Algerian players show real potential but remain underdeveloped due to limited infrastructure and insufficient individualized follow-up. These findings emphasize the need for enhanced structural development, scientific support, and systematic evaluation protocols in Algerian women's football to optimize player development and performance at the national and international levels.

Keywords: requirements; morphological characteristics; specific physical abilities of female football players; physiological capacities; scientific training; high-performance training; elite performance; modern football; systemic approach; physical approach; physiological approach.

ملخص

تهدف دراستنا إلى وصف ومتابعة نسق وتكوين لاعبات كرة القدم النسائية للفترة العمرية (16-18 سنة)، في ظل محددات ومتطلبات التكوين في النوادي الرياضية الجزائرية مقارنة بالنوادي الفرنسية، ضمن مقارنة نسقية مقارنة تهدف إلى دراسة وصفية لعدة متغيرات مبنية على أسس علمية وفق إجراء بعض القياسات والاختبارات البدنية والفيزيولوجية. وتشمل هذه القياسات كلاً من القياسات الأنثروبومترية (الطول، الوزن، الكتلة الجسمية، مؤشر كتلة الجسم، نسبة الدهون، الكتلة العضلية، الكتلة العظمية، وكتلة البروتين) والاختبارات البدنية والفيزيولوجية (اختبار السرعة على مسافة 20 متراً، اختبار القفز من وضعية القرفصاء *Squat Jump*، اختبار القفز العمودي بعد انثناء *Countermovement Jump*، واختبار اللياقة المتقطعة *Intermittent 15-30 Fitness Test*).

تكوّنت العينة من 90 لاعبة (45 فرنسية و45 جزائرية) بمتوسط عمر بلغ (18.1 ± 1.2) سنة). أُجريت التقييمات في فترتين زمنيتين مختلفتين: بداية الموسم (T1) ومنتصف الموسم (T2). أظهرت النتائج أن اللاعبات الفرنسيات سجّلن قيماً أعلى في معظم المتغيرات المقاسة في كلتا الفترتين (T1 وT2)، حيث تميّزن بسرعة أكبر، وقدرة عضلية أعلى، وتحمل متقطع أفضل. وعلى الرغم من أن اللاعبات الجزائريات أظهرن بدورهن تحسناً بين الفترتين، إلا أن هذا التحسن كان محدوداً ولم يُغ الفارق المبدئي بين المجموعتين.

أظهرت التحليلات الإحصائية، باستخدام تحليل التباين الثنائي (البلد $\times$ الزمن) واختبارات *Post Hoc* وتحليل الارتباط وحساب حجم الأثر، وجود فروق رئيسية دالة لصالح البلد والزمن، دون وجود تفاعل بينهما، مما يشير إلى أن نسق التطور كان متوازياً مع تفوق اللاعبات الفرنسيات في القيم الأساسية وفي مستوى التحسن. كما أبرزت الارتباطات الملحوظة تأثير تكوين الجسم على الأداء، إذ وُجدت علاقة طردية بين الكتلة العضلية وقدرات الانفجار والتحمل، في حين سجّلت علاقة عكسية بين نسبة الدهون وأداء السرعة والقفز.

ختاماً، تبين من خلال هذه الدراسة أن اللاعبات الفرنسيات يستفدن من بيئة تدريبية منظمة ومتابعة علمية منتظمة وتخطيط فردي مدروس، مما يدعم أداءهن المتفوق وتطورهن الموسمي. في المقابل، تُظهر اللاعبات الجزائريات إمكانيات حقيقية، لكنها تبقى غير مستثمرة بالشكل الأمثل بسبب محدودية البنى التحتية وضعف المتابعة الفردية. وتؤكد هذه النتائج ضرورة تطوير البنية التنظيمية والدعم العلمي، واعتماد بروتوكولات تقييم منهجية في كرة القدم النسائية الجزائرية، من أجل تحسين تكوين اللاعبات ورفع مستواهن على الصعيدين الوطني والدولي.

الكلمات الدالة:

محددات ومتطلبات التكوين، القياسات الأنثروبومترية، القدرات البدنية والفيزيولوجية، كرة القدم النسائية، التدريب المنهجي والعلمي، الأداء العالي، المستوى العالي، المقاربة النسقية، كرة القدم الحديثة.

Sommaire

Abstract :	7
ملخص	7
Liste des tableaux	11
Liste des figures	13
Liste des Abréviations	14
INTRODUCTION	15
CONTEXTE GENERAL : L E CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE.....	17
1. Le cadre général de la recherche.....	18
2. La problématique.	19
2.1 Problématique centrale.....	20
2.2 Problématiques secondaires.....	20
3. Les hypothèses.	22
3.1 L'Hypothèse Centrale :	22
3.2 Les Hypothèse Secondaires :	22
4. Les objectifs.....	23
5. Les tâches.....	23
9. Les Motifs du choix du thème.	24
9. L'intérêt scientifique de la recherche.	24
8. La définition des concepts.....	25
9. Les études antérieures.	33
1ERE PARTIE.	46
REVUE DE LA LITTERATURE	46
CHAPITRE I :.....	48
LE DEVELOPPEMENT DU FOOTBALL FEMININ.	48
Préambule	48
1.1. Historique mondiale et reconnaissance institutionnelles.	49
1.1.1Définition du football et spécifiées féminines.	50
1.1.2Naissance et émergence du football féminin.....	50
1.1.3Vers la reconnaissance et la professionnalisation internationale.	52
1.2. Le développement du football féminin en France.	54
1.2.1.Evolution institutionnelle et structuration fédérale.	55
1.1.4Pôle d'excellence, clubs formateurs, filières de détection.	56
1.2.3.Plan stratégique 2020-2025 de la FFF.	59
1.3. Le développement du football féminin en Algérie.	60
1.3.2Historique, dispositifs réglementaires et organisation.	60
1.3.2Contraintes structurelles et sociétales.	63
1.3.3.Perspectives de développement et enjeux à venir.	65
1.4 Comparaison France-Algérie : états des lieux et disparités.	66
1.4.1Organisation institutionnelle et structuration fédérale.	66
1.4.2Cadre compétitif et nombre de divisions.	67
1.4.3Nombre de licenciées et base pratiquante.	69
1.4.4Centre de formation et détection des talents.	69
1.4.5Encadrement technique et qualifications des entraîneurs.	70
1.4.6Médiatisation, reconnaissance et sponsoring.	72
1.4.7Performances internationales.....	73
1.5.1La stratégie mondiale de la FIFA pour le football féminin.	76

1.5.3La stratégie de l'UEFA pour le développement du football féminin.	78
1.5.3... La stratégie de la Confédération Africaine de Football (CAF) pour le développement du football féminin.	79
1.5.4Convergences, et limites des plans stratégiques.	82
CONCLUSION.....	85
CHAPITRE II :	86
LES EXIGENCES DU FOOTBALL FEMININ MODERNE.	86
Préambule	87
2.1 Les indicateurs de performance physiques.	88
2.1.1Les indicateurs externes.....	90
2.1.2Les indicateurs internes.	92
2.1.3Paramètres morphologiques et biométriques.	94
2.1.4Méthodes et outils d'évaluation.....	99
2.2 Les Facteurs physiques déterminants de la performance en match.	105
2.2.1Les qualités physiques.	105
2.2.2Les habiletés motrices.....	116
2.2.3L'aspects énergétique.	118
2.3 Les exigences techniques.....	121
2.4 Les exigences physiologiques.....	125
2.5 Les exigences tactiques.....	127
2.6 Les exigences psychologiques et mentales.....	128
2.7 Les contraintes environnementales et contextuelles.....	131
2.8 La performance sportive et le cycle menstruel.	133
Conclusion	144
CHAPITRE III :	145
PARTICULARITES DES JOEUSES DE FOOTBALL FEMININ (16-18ANS).	145
Préambule	146
3.1 Particularités de la tranche d'âge 16-18 ans.	147
3.1.1Croissance et maturation biologique.	147
3.1.2Développement des qualités motrices.....	151
3.1.3Impact de la maturité biologique sur la performance et le risque de blessure.....	155
3.2 Préparation physique chez les jeunes footballeuses.	158
3.2.1Objectifs de l'entraînement physique entre 16-18 ans.....	159
3.2.2Principes de périodisation et planification saisonnière.	165
3.Objectifs physiques par phase.	175
3.Planification de la charge et gestion de la fatigue.	178
3.2.3Individualisation selon le poste de jeu et la maturité biologique.....	182
3.3 Systèmes d'évaluation et de sélection en football féminin.....	185
3.3.1Tests anthropométriques et physiques utilisés dans la littérature.	188
3.3.2Les Critères de sélection en clubs, pôles espoirs et centre de formation.....	189
3.3.3Limites actuelles et perspectives d'amélioration.	192
3.4 Le suivi longitudinal de la performance sportive.	194
3.4.1Importance du monitoring au cours d'une saison sportive.....	196
3.4.2Etudes ayant comparé les performances en début, milieu et fin de saison.	200
3.4.3Apports du suivi longitudinal pour l'évaluation et la prévention des blessures.	202
Conclusion	205
2^{EME} PARTIE :	206

METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE.....	206
CHAPITRE IV :	207
PROCEDURES METHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE.	207
Préambule	208
4.1 Caractéristiques de l'échantillon.....	209
4.1.1 les critères d'inclusion.	210
4.1.2 Les critères de non-inclusion.	210
4.3 Les Moyens.....	211
4.3 Les critères d'un test de terrain.	211
4.5 Les Protocole des tests physiques.	212
4.6 Les Méthodes.....	222
4.6.1 Méthodes d'analyse bibliographique.....	223
4.6.2 Mesures anthropométriques.	223
4.6.3 Méthode de Tests.	225
Les tests appliqués sont les suivants :.....	225
4.6.4 Méthode statistique.	226
4.7 Organisation de la recherche.	227
4.7.1 Les démarches de la recherche.	227
4.7.2 Le déroulement de la recherche.....	229
4.8 Difficultés rencontrées.	230
Conclusion.....	232
CHAPITRE V :	233
PRESENTATION, INTERPRETATION ET DISCUSSION DES RESULTATS.	233
Préambule	235
5.1 Présentation, interprétation et discussion des résultats généraux.	236
5.2 Présentation des résultats des mesures anthropométriques.	244
6.1. Présentation des résultats des Tests physiques.	263
5.3 Présentation des résultats des corrélations.....	276
6.2. Mesure de la taille de l'effet.	278
Constatations.....	280
Discussions	282
Conclusions.....	293
Recommandations.....	296
Bibliographie.	299
Annexe	317

Liste des tableaux

Tableau 1: Organisation pyramidale du football féminin français	58
Tableau 2: Synthèse comparative du cadre compétitif	68
Tableau 3: Profil morphologique et composition corporelle moyenne des footballeuses par zone géographique .	97
Tableau 4: Caractéristiques anthropométriques chez les footballeuses internationales élites.....	98
Tableau 5: Comparaison des valeurs de composition corporelle	105
Tableau 6: Valeurs de référence physiologiques liées à l'endurance chez les footballeuses de haut niveau (16–30 ans).....	109
Tableau 7: Caractéristiques des principales filières énergétiques sollicitées en football féminin.....	120
Tableau 8: Influence du poste sur les techniques en football	124
Tableau 9: Phases du cycle menstruel..	137
Tableau 10: Questionnaire de dépistage de la triade de la femme sportive.....	141
Tableau 11: Classification de Tanner chez la fille.....	150
Tableau 12: Indices de puissance mécanique chez des jeunes filles entraînées	154
Tableau 13: Le Youth Physical Development (YPD) model pour les filles.....	162
Tableau 14: Youth Athlete Development Roadmap : transitions au cours de la croissance de l'athlète	163
Tableau 15 : Développement de la vitesse, de la force en fonction du statut de maturation.....	164
Tableau 16: Comparaison des modèles de périodisation et leur applicabilité au football féminin	169
Tableau 17: Exemple d'une planification en sport collectif, illustrant les objectifs physiques.	178
Tableau 18: Individualisation du travail physique en football féminin selon le poste	184
Tableau 19: Exemples de résultats permettant un repérage en football féminin.....	191
Tableau 20: mesures anthropométriques des sujets évalués.....	210
Tableau 21: Mesures anthropométriques des footballeuses Algériennes et Françaises à (T1).	210
Tableau 22: Répartition de l'âge par club (N).	211
Tableau 23: Variables mesurées pour le 20 m.	212
Tableau 24: Variables mesurées pour le test IFT	214
Tableau 25: Variables mesurées : Squat Jump (SJ).	217
Tableau 26: variable mesurée du test Countermovement Jump (CMJ).	220
Tableau 27: Présentation des résultats récapitulatifs de l'échantillon.	236
Tableau 28: Présentation des résultats récapitulatifs de chaque pays « T1 ».	238
Tableau 29: Présentation des résultats récapitulatifs de chaque pays « T2 ».	238
Tableau 30: Représente les résultats de mesure du Test de normalité « T1 ».	240
Tableau 31: Représente les résultats de mesure du Test de normalité « T2 ».	240
Tableau 32: Représente les résultats du test d'homogénéité de la variance « T1 ».	242
Tableau 33: représente les résultats du test d'homogénéité de la variance « T2 ».	242
Tableau 34 : Présentation des résultats récapitulatifs des mesures anthropométriques "T1".	244
Tableau 35: Présentation des résultats récapitulatifs des mesures anthropométriques "T2".	245
Tableau 36: Présentation des résultats des mesures anthropométriques par pays « T1 ».	246
Tableau 37: Présentation des résultats des mesures anthropométriques par pays « T2 ».	249
Tableau 38: Les résultats des mesures du poids : Descriptif synthétique.....	251
Tableau 39: Les résultats des comparaisons statistiques : Poids corporelles.	251
Tableau 40:: Les résultats des mesures de la taille : Descriptif synthétique.....	253
Tableau 41: Les résultats des comparaisons statistiques : Taille.....	253
Tableau 42: Les résultats de l'IMC : Descriptif synthétique.....	255
Tableau 43: Les résultats des comparaisons statistiques – IMC.....	255
Tableau 44: Les résultats des mesures du pourcentage de masse grasse : Descriptif synthétique	256
Tableau 45: Les résultats des comparaisons statistiques : Masse grasse.....	256
Tableau 46 : Pourcentage de masse musculaire squelettique (%), moyennes ± écart-type.....	258
Tableau 47: Résultats des comparaisons statistiques : Masse musculaire squelettique (%).	258
Tableau 48: Les résultats des mesures de la masse osseuse : Descriptif synthétique.....	260
Tableau 49: Résultats des comparaisons statistiques : Masse osseuse (kg).	260
Tableau 50: Les résultats des mesures du taux de protéines– Descriptif synthétique.	262
Tableau 51: Résultats des comparaisons statistiques : Pourcentage de protéines (%).	262
Tableau 52: Statistiques descriptives des tests physiques (T1).	263

Tableau 53:Statistiques descriptives des tests physiques (T2).	264
Tableau 54: Résultats récapitulatifs des tests physiques par pays (début de saison T1).	266
Tableau 55: Résultats récapitulatifs des tests physiques par pays (fin de saison T2).	266
Tableau 56:Les résultats des tests du sprint 20 mètres : Descriptif synthétique.	267
Tableau 57:Résultats des comparaisons statistiques – Sprint 20 mètres.	268
Tableau 58:Les résultats des tests de Squat Jump :Descriptif synthétique.....	270
Tableau 59:Les résultats des comparaisons statistiques : Squat Jump.	270
Tableau 60:Les résultats des tests de Countermovement Jump (CMJ) – Descriptif synthétique.....	272
Tableau 61:Les résultats des comparaisons statistiques – Countermovement Jump (CMJ).	272
Tableau 62:Les résultats des tests du 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT) : Descriptif synthétique.	274
Tableau 63:Les résultats des comparaisons statistiques – 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT).	274
Tableau 64:Résultats des tests post hoc (correction de Bonferroni)	275
Tableau 65:Corrélations de Spearman	277
Tableau 66:Corrélations de Spearman	277
Tableau 67:Effets appariés T2 vs T1 (Cohen’s dz).	279

Liste des figures

Figure 1: Première affiche officielle annonçant un match féminin de football.	52
Figure 2: Schéma du parcours d'une joueuse de football vers le haut niveau en France, source : auteur.....	58
Figure 3: Structure pyramidale des divisions de football féminin en Algérie	62
Figure 4: Modèle multifactoriel de la performance sportive	89
Figure 5: Évolution de la concentration sanguine en lactate	93
Figure 6: Exemple de méthode traditionnelle de prise de mesures anthropométriques	103
Figure 7: Classification des qualités physiques selon Letzelter	106
Figure 8: Corrélations entre les facteurs de qualités physiques (d'après J. Weineck, 1992).....	107
Figure 9: Représentation tridimensionnelle des qualités physiques selon Gundlach	107
Figure 10: Relation force-vitesse et puissance spécifique selon les types de fibres musculaires	111
Figure 11: Classification des différents types d'étirements.....	116
Figure 12: Conditions d'apprentissage.	118
Figure 13 : Représentation schématique des principales fonctions exécutive.....	131
Figure 14: Concentrations hormonales en fonction de la phase du cycle menstruel (CM)	135
Figure 16: Cycle menstruel et variations hormonales.	138
Figure 17: Mécanismes impliqués dans l'apparition de la triade de la femme athlète.....	140
Figure 18: Adaptation des charges d'entraînement en fonction des phases du cycle menstruel.....	142
Figure 19: Courbe de corpulence (IMC en fonction de l'âge).....	151
Figure 20: Modèle de l'ensemble des conditions intervenant dans le processus de préparation physique	174
Figure 21: Planification, programmation et périodisation de l'entraînement).	175
Figure 22: Processus de surcompensation et délais de récupération selon les filières énergétiques (adapté de Zatsiorsky & Kraemer, 2006 ; Mujika & Padilla, 2003).	182
Figure 23: Profilage biomédical et fonctionnel réalisé en pôles espoirs féminins, source : auteur.....	192
Figure 24: Schéma décisionnel des principaux modèles de quantification de la charge d'entraînement en fonction du matériel disponible (adapté de Sportifeo, 2023).....	200
Figure 25: Test du sprint sur 20 mètres.	213
Figure 26: Matériel utilisé pour le test du sprint sur 20 mètres.	213
Figure 27: Test d'IFT 30-15	216
Figure 28: Mesures pré-test de puissance des membres inférieurs (SJ, CMJ).	219
Figure 29: Déroulement du test CMJ sur l'application my jump2.....	221
Figure 30: Matériel utilisé pour les mesures anthropométrique	225
Figure 31: Comparaison du poids moyen ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.	251
Figure 32: Comparaison de la taille moyenne ($\pm$ ET) entre les joueuses	253
Figure 33: Comparaison d'IMC moyen ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2	255
Figure 34: Comparaison du taux de masse grasse ($\pm$ ET) entre les joueuses	257
Figure 35: Comparaison de la masse musculaire moyenne ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	259
Figure 36: Comparaison de la masse osseuse ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.	261
Figure 37: Comparaison du pourcentage de protéines ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	263
Figure 38: Comparaison des performances au sprint sur 20 mètres ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	268
Figure 39: Comparaison des tests de Squat jump ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	270
Figure 40: Comparaison des tests de CMJ ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	272
Figure 41: Comparaison des résultats du test d'IFT ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.....	274
Figure 42: Résultats post hoc (tests de Bonferroni) pour le Sprint 20 m (A), le Squat Jump (B), le Countermovement Jump (C) et l'Intermittent Fitness Test (D), chez les joueuses françaises (FR) et algériennes (DZ) aux deux temps de mesure (T1 et T2).	276
Figure 43: Corrélations de Spearman entre paramètres anthropométriques.....	278

Liste des Abréviations

IMC : Indice de Masse Corporelle
FC : Fréquence Cardiaque
FC_{max} : Fréquence Cardiaque Maximale
VO₂max : Consommation maximale d'oxygène
VMA : Vitesse Maximale Aérobie
PMA : Puissance Maximale Aérobie
SV₁ : Premier seuil ventilatoire
SV₂ : Second seuil ventilatoire
RPE : Rating of Perceived Exertion
sRPE : Session Rating of Perceived Exertion
TRIMP : Training Impulse
VIFT : Vitesse Intermittente Finale
IFT (30-15 IFT) : 30-15 Intermittent Fitness Test
YYIRT / YYIRT1 : Yo-Yo Intermittent Recovery Test (niveau 1)
SJ : Squat Jump
CMJ : Countermovement Jump
SSC : Stretch-Shortening Cycle (cycle étirement–raccourcissement)
ATP : Adénosine Triphosphate
PCr : Phosphocréatine
[La] : Lactatémie (concentration sanguine en lactate)
FR : Fréquence Respiratoire
M ± ET : Moyenne ± Écart-type
NS : Non Significatif
ANOVA : Analyse de la Variance
ACP : Analyse en Composantes Principales
ICC : Intraclass Correlation Coefficient
ACWR : Acute : Chronic Workload Ratio
GPS : Global Positioning System
LPS : Local Positioning System
FIFA : Fédération Internationale de Football Association
FFF : Fédération Française de Football
FAF : Fédération Algérienne de Football
LNFF : Ligue Nationale de Football Féminin
CNOSF : Comité National Olympique et Sportif Français
INSEP : Institut National du Sport de l'Expertise et de la Performance
PHV : Peak Height Velocity (pic de croissance staturale)
FMS : Functional Movement Screen
YPD : Youth Player Development
SSS : Somatotype Score System
MC : Masse Corporelle
T1 / T2 : Temps de mesure 1 (pré-saison) / Temps de mesure 2 (mi-saison)
DZ : Algérie
FR : France

Introduction

De nos jours, le football féminin exige de ses pratiquantes une préparation physique, technique et mentale de plus en plus exigeante pour espérer réussir au haut niveau. La seule maîtrise technico-tactique ne suffit plus à compenser un déficit physique, car la joueuse moderne tend à devenir plus rapide, plus forte et plus endurante afin d'atteindre les meilleures performances sportives (FIFA, *Women's Football Strategy*, 2023).

L'amélioration des résultats sportifs est depuis longtemps conditionnée par une rationalisation du processus d'entraînement, qui repose sur le développement multiforme de la sportive et sur la construction des habiletés spécifiques constituant la base de toute performance (Seners et coll., 1999). Les structures de formation en France, avec leurs pôles espoirs, centres de formation et dispositifs fédéraux, illustrent cette logique scientifique et méthodologique appliquée au football féminin.

En Algérie, la pratique du football féminin est encore marquée par une structuration fragile et incomplète. Si la Fédération algérienne recense plus de 350 000 licenciés toutes catégories confondues, les données spécifiques aux femmes sont rares, et seuls une trentaine de clubs participent au championnat national féminin (LNFF, 2023). La sélection et la formation reposent encore sur des démarches empiriques, influencées par le contexte socioculturel, loin des standards homogènes observés dans les pays où le football féminin est institutionnalisé.

Le football contemporain est un sport de performance qui mobilise des exigences physiques, physiologiques, techniques et psychologiques de plus en plus complexes. Les joueuses doivent non seulement disposer de qualités morphologiques et fonctionnelles adaptées (taille, poids, composition corporelle, $VO_2\text{max}$, VMA, PMA), mais également être capables de répondre aux sollicitations spécifiques du jeu moderne : intensité élevée, répétition d'efforts intermittents, vitesse d'exécution et prise de décision rapide (de Ste Croix, 2021 ; Hammami, 2023).

Le progrès du football féminin de haut niveau, marqué par l'accroissement de la densité athlétique et des exigences technico-tactiques, impose une révision constante des méthodes de préparation et de sélection. La mise en place de systèmes de détection et d'entraînement fondés sur des indicateurs objectifs et scientifiquement validés devient une nécessité pour optimiser la formation et assurer une performance durable.

En dépit de l'importance reconnue des caractéristiques physiques et anthropométriques dans la sélection et l'évaluation des joueuses (Zouhal, 2021 ; Cowley, 2021), il existe un manque de données comparatives entre les contextes européens et nord-africains. Cette lacune limite la possibilité d'adapter les critères de détection aux réalités spécifiques du football féminin algérien, où les joueuses ne bénéficient pas des mêmes conditions de préparation que leurs homologues françaises.

Les différentes composantes de la performance chez les footballeuses de haut niveau

Introduction

regroupent la condition physique générale (endurance, force, puissance, agilité, vitesse), les qualités physiologiques (capacité aérobie, puissance anaérobie, récupération), ainsi que des habiletés techniques et cognitives telles que la prise de décision et la vision du jeu. Ces paramètres doivent être optimisés afin de répondre aux exigences intermittentes et intenses des matchs de football moderne, qui sollicitent simultanément les filières anaérobie alactique, anaérobie lactique et aérobie (Cazorla, 2000 ; Rossi, 1999).

La recherche d'une optimisation de la performance est aujourd'hui une thématique centrale en football féminin. Tout semble orienté vers la joueuse pour la rendre plus complète, compétitive et résistante aux charges de l'entraînement et de la compétition. La maîtrise d'un bon état morpho-fonctionnel constitue une condition essentielle pour l'efficacité du rendement mécanique et pour la progression vers la haute performance (Gurtler, 1982).

Ainsi, la problématique de ce travail s'articule autour de la question suivante : les capacités physiologiques et physiques des footballeuses algériennes âgées de 16 à 20 ans présentent-elles des écarts significatifs par rapport aux standards internationaux observés chez les footballeuses françaises du même âge ?

Notre recherche s'inscrit dans cette perspective comparative et tentera de cerner les déterminants clés de la performance. Elle portera plus spécifiquement sur l'analyse des caractéristiques morphologiques, physiologiques et physiques, afin de proposer des éléments d'évaluation et de détection adaptés au football féminin en Algérie et en France.

Contexte Général : Le cadre général de la recherche.

1. Le cadre général de la recherche.

L'intérêt porté par de nombreux chercheurs aux qualités physiques et morphologiques des sportifs de haut niveau met en évidence le rôle déterminant de ces facteurs dans la performance athlétique (Tanner, 1964 ; Hirata, 1966 ; Reilly, 2000). Selon Platonov (1984), l'accès à la haute performance n'est possible que pour des individus réunissant des qualités morphologiques favorables, associées à un niveau élevé de développement fonctionnel, technique et mental.

Le football féminin connaît, depuis deux décennies, un essor considérable. Sa croissance est à la fois qualitative, avec l'élévation du niveau des compétitions nationales et internationales, et quantitative, avec une augmentation constante du nombre de licenciées. En 2023, la FIFA estimait à plus de 30 millions le nombre de pratiquantes dans le monde, ce qui fait du football le sport collectif féminin le plus pratiqué à l'échelle internationale (FIFA, 2023). En France, la Fédération Française de Football recensait en 2024 plus de 240 000 licenciées féminines, soit près de 10 % de l'ensemble des licenciés, et vise les 500 000 d'ici 2028 (FFF, Rapport d'activité, 2024). À l'inverse, en Algérie, la structuration reste embryonnaire : la Ligue nationale de football féminin (LNFF) recense environ 30 clubs féminins engagés dans les compétitions nationales, et les données scientifiques spécifiques aux pratiquantes demeurent limitées (LNFF, 2023).

Le développement rapide du football féminin de haut niveau légitime les préoccupations actuelles autour de l'optimisation des performances. La préparation physique est aujourd'hui reconnue comme un facteur incontournable de réussite, et les structures de formation en Europe l'ont pleinement intégré à leurs programmes (Faude et al., 2013). La charge de compétition accrue, le nombre croissant de matchs et l'intensité du jeu moderne imposent une préparation fondée sur des indicateurs fiables, permettant à la fois d'évaluer les qualités physiques et physiologiques des joueuses et de prévenir les risques de blessure (Andersson et al., 2010).

Le football est un sport collectif à efforts intermittents, caractérisé par des courses de haute intensité répétées, entrecoupées de phases de récupération active ou passive. Cette spécificité implique une sollicitation mixte des systèmes énergétiques, mobilisant simultanément les filières aérobie et anaérobie (Bangsbo, 1994 ; Krstrup et al., 2005). Les joueuses de haut niveau doivent ainsi posséder une capacité aérobie suffisante pour maintenir leur intensité sur la durée d'un match, tout en développant des qualités de force, de vitesse et de puissance pour répéter des actions explosives telles que les sprints, les sauts et les changements de direction (Vescovi, 2012).

La morphologie et la composition corporelle constituent également des déterminants majeurs de la performance. Plusieurs travaux ont montré que les footballeuses élite présentent un profil caractérisé par une stature moyenne, une masse corporelle adaptée et un pourcentage de masse grasse

relativement faible, permettant d'optimiser la vitesse et l'endurance (Mujika et al., 2009 ; Milanović et al., 2017). Ces paramètres peuvent varier en fonction de l'âge, du poste de jeu et du niveau de compétition. Chez les jeunes footballeuses de 16 à 18 ans, la période de maturation biologique influe particulièrement sur la force, la puissance et le développement des qualités aérobies et anaérobies (Philippaerts et al., 2006).

En Algérie, les conditions d'entraînement, souvent limitées par le manque d'infrastructures et de moyens, ne permettent pas toujours d'atteindre les standards observés en Europe. Cette disparité soulève la question de l'universalité des critères de sélection actuellement appliqués. La détection des talents repose fréquemment sur des observations empiriques et des critères subjectifs, alors que les contextes de haut niveau exigent une évaluation objective et scientifiquement validée des capacités des joueuses (Vaeyens et al., 2008).

En dépit de l'importance reconnue des facteurs morphologiques et physiologiques, il existe encore un manque de données comparatives entre différents contextes nationaux, notamment entre l'Europe et l'Afrique du Nord. Or, les différences culturelles, infrastructurelles et organisationnelles peuvent avoir un impact direct sur le développement des capacités physiques et sur la trajectoire des jeunes footballeuses (Zouhal et al., 2021 ; Cowley et al., 2021).

La présente recherche s'inscrit dans cette perspective comparative et propose d'analyser les caractéristiques anthropométriques et physiques de footballeuses âgées de 16 à 18 ans, évoluant en France et en Algérie. L'objectif est de déterminer si les footballeuses algériennes présentent des profils physiologiques et physiques différents de ceux de leurs homologues françaises, et d'évaluer dans quelle mesure ces différences influencent leur accès au haut niveau.

2. La problématique.

Notre étude s'intéresse aux qualités physiques et aux caractéristiques anthropométriques des footballeuses âgées de 16 à 18 ans, en particulier à leur rôle dans la performance sportive et leur pertinence pour la sélection et la formation. Il convient de souligner que les rares travaux consacrés à cette problématique, et plus encore ceux qui portent sur le football féminin en Algérie, se sont limités à analyser certains paramètres isolés, sans approfondir des questions essentielles, notamment celles relatives à la différenciation des profils selon l'âge, le poste occupé, ou encore l'influence des facteurs morphologiques et physiologiques sur le niveau réel des performances.

Le niveau actuel des équipes féminines algériennes, leurs objectifs de développement et les écarts constatés par rapport aux meilleures nations européennes, nous ont conduits à aborder ce thème afin de déterminer les caractéristiques physiques et physiologiques spécifiques de cette catégorie d'âge.

L'ambition est d'orienter le travail d'entraînement et d'optimiser la prise en charge athlétique, dans une perspective de réduction de l'écart avec les standards internationaux.

Le souci d'exploiter pleinement les qualités spécifiques des jeunes footballeuses est devenu une préoccupation majeure des entraîneurs, dans un contexte où la préparation physique occupe une place centrale dans la construction de la performance de haut niveau. En France, la structuration des pôles espoirs et des centres de formation s'appuie déjà sur des dispositifs méthodologiques et scientifiques standardisés. En Algérie, en revanche, la filière de détection et de formation reste marquée par des approches empiriques et un manque de données comparatives, ce qui limite l'efficacité de la préparation.

Le haut niveau exige une prise en charge planifiée et rigoureuse, avec des objectifs clairs et adaptés. Les exigences athlétiques doivent être déterminées et évaluées afin de permettre un investissement efficace et ciblé. La condition physique, entendue comme la somme des qualités physiologiques et morphologiques, constitue l'un des déterminants internes majeurs de la performance (Carl, 1989).

Compte tenu des différences structurelles entre la France et l'Algérie, il semble surprenant que les disparités de profils anthropométriques et physiques des jeunes footballeuses aient été rarement étudiées. En dépit de l'importance reconnue de ces paramètres dans la sélection sportive et l'évaluation du processus d'entraînement (Malina, 2004 ; Mujika, 2021), les données comparatives entre contextes européens et nord-africains demeurent rares, voire inexistantes.

Au vu de ces constats, il est loisible de se poser la question suivante :

2.1 Problématique centrale.

Existe-t-il une différence significative entre les footballeuses âgées de 16 à 18 ans évoluant en clubs algériens et françaises sur le plan anthropométrique, physiologique et physique, et dans quelle mesure ces différences influencent-elles leur formation et leur performance sportive ?

2.2 Problématiques secondaires.

- 1.1.1. Est-ce que les footballeuses algériennes âgées de 16 à 18 ans présentent des différences significatives par rapport à leurs homologues françaises en termes de vitesse aérobie maximale (VMA), de puissance anaérobie maximale (PMA) et de force musculaire des principaux groupes impliqués dans la performance footballistique ?
Ont-elles les prédispositions physiques requises pour répondre aux standards du haut niveau international ?

- 1.1.2. Les caractéristiques morphologiques et physiologiques des footballeuses algériennes concordent-elles avec leurs performances athlétiques individuelles (vitesse, détente, agilité, endurance) observées lors des compétitions nationales et internationales ?
- 1.1.3. Existe-t-il une corrélation entre les caractéristiques physiques et anthropométriques des footballeuses (taille, poids, composition corporelle, âge biologique) et leurs performances sportives spécifiques au poste de jeu (gardienne, défenseuse, milieu, attaquante) ?

Pour répondre à ces questions, nous nous sommes proposés de mener une étude dont l'objet est d'analyser les indices anthropométriques et physiques des jeunes footballeuses algériennes, en les comparant à ceux de leurs homologues françaises, afin d'évaluer leur aptitude à la compétition de haut niveau.

Le football féminin, en tant que discipline en pleine expansion, a connu ces dernières années une mutation considérable. On tend désormais à accorder une attention croissante aux exigences de la performance, en développant des méthodes d'entraînement et des dispositifs de détection adaptés, répondant de plus en plus aux standards du football moderne.

De nos jours, le football féminin exige de ses pratiquantes une préparation physique et physiologique élevée pour espérer réussir au plus haut niveau. La seule maîtrise technico-tactique ne peut plus compenser un déficit dans ce domaine, car la joueuse moderne tend à devenir plus rapide, plus forte et plus endurante afin d'atteindre les meilleures performances sportives (FIFA, 2023).

Ainsi, le football contemporain est de plus en plus exigeant sur le plan athlétique. Les réflexions autour du développement des qualités physiques et physiologiques sont plus que jamais d'actualité. La recherche de performance représente désormais un enjeu majeur et une problématique centrale pour l'ensemble des spécialistes, qu'il s'agisse des entraîneurs, des préparateurs physiques ou des chercheurs.

Pour répondre au problème posé, nous nous sommes fixés les hypothèses suivantes :

3. Les hypothèses.

Pour répondre à cette question nous proposons les hypothèses suivantes :

3.1 L'Hypothèse Centrale :

Les capacités physiologiques et physiques des footballeuses algériennes âgées de 16 à 18 ans sont significativement plus faibles que celles de leurs homologues françaises, ce qui limite leur compétitivité au haut niveau.

3.2 Les Hypothèse Secondaires :

1.1.4. Première hypothèse :

Les footballeuses algériennes âgées de 16 à 18 ans présentent des différences significatives par rapport à leurs homologues françaises en termes de vitesse aérobie maximale (VMA), de puissance anaérobie maximale (PMA) et de force musculaire des principaux groupes impliqués dans la performance footballistique, et ne disposent pas encore des prédispositions physiques requises pour atteindre le niveau de performance international.

1.1.5. Deuxième hypothèse :

Les caractéristiques morphologiques et physiologiques des footballeuses algériennes de 16 à 18 ans ne concordent pas pleinement avec leurs performances athlétiques individuelles observées en compétition (vitesse, détente, agilité, endurance), contrairement aux joueuses françaises du même âge.

1.1.6. Troisième hypothèse :

Il existe une corrélation significative entre les caractéristiques physiques et anthropométriques des joueuses (taille, poids, composition corporelle, âge biologique) et leurs performances spécifiques au poste de jeu, cette relation étant plus marquée chez les footballeuses

4. Les objectifs.

Cette étude revêt un intérêt pratique, tant pour les professionnels de l'entraînement sportif que pour les instances en charge de la détection et de la formation des jeunes footballeuses. Elle prend tout son sens dans le contexte du développement du sport féminin, notamment dans les pays émergents comme l'Algérie, où la structuration des filières de formation reste encore fragile.

L'objectif principal de cette recherche est de comparer certains paramètres physiques et anthropométriques de footballeuses âgées de 16 à 18 ans évoluant en clubs en France et en Algérie, afin de dégager des profils types en fonction du contexte sportif et des exigences du football moderne. L'enjeu est d'apporter des repères scientifiques utiles aux entraîneurs, préparateurs physiques et structures de formation dans l'optimisation des processus de sélection, de suivi et de préparation.

À partir de cette problématique, nous nous fixons les objectifs spécifiques suivants :

1. Étudier et comparer les caractéristiques physiques (vitesse, détente, agilité) des footballeuses françaises et algériennes.
2. Identifier les profils anthropométriques (taille, poids, IMC, composition corporelle) en fonction de l'origine géographique.
3. Déterminer si le profil physique et morphologique des footballeuses algériennes concorde avec leurs performances athlétiques observées en compétition.
4. Examiner si une corrélation existe entre les caractéristiques physiques et anthropométriques des joueuses et leurs performances spécifiques au poste de jeu.
5. Explorer l'influence de la composition corporelle sur les performances physiques mesurées.
6. Mieux comprendre l'impact de l'âge biologique par rapport à l'âge chronologique dans le développement des aptitudes physiques à cet âge de transition.
7. Fournir des repères scientifiques concrets pour améliorer les critères de détection, de sélection et d'orientation dans les filières d'excellence.

5. Les tâches.

Afin d'atteindre notre objectif et de vérifier les hypothèses de cette recherche, nous nous sommes fixés les tâches suivantes :

9. Analyse des sources bibliographiques récentes et pertinentes relatives aux caractéristiques physiques et anthropométriques des footballeuses de 16 à 18 ans.
9. Prise de contact et obtention de la collaboration des clubs féminins en France et en Algérie, en assurant la coordination logistique nécessaire à l'organisation des tests.

9. Détermination des paramètres à évaluer : taille, poids, IMC, composition corporelle, vitesse, détente verticale et latérale, agilité.
9. Réalisation des mesures anthropométriques et mise en œuvre des tests de terrain standardisés auprès de l'ensemble de l'échantillon.
9. Recueil, traitement et analyse des données à l'aide d'outils statistiques descriptifs et comparatifs.
9. Interprétation des résultats obtenus et confrontation avec les données issues de la littérature scientifique.
9. Formulation de recommandations pratiques destinées aux entraîneurs, préparateurs physiques et structures de formation pour l'amélioration des processus de détection et de sélection.

9. Les Motifs du choix du thème.

Les raisons qui nous ont poussés à traiter un tel sujet, sont nombreuses et de plusieurs ordres :

La première raison concerne l'intérêt porté au football féminin de façon générale, et à la performance de haut niveau en particulier. Le facteur physique et les caractéristiques anthropométriques constituent aujourd'hui des fondements incontournables de la performance sportive, et leur prise en compte devient une nécessité pour orienter la détection et la formation des jeunes joueuses.

La deuxième raison se rapporte à la réalité du terrain. En Algérie notamment, il existe un écart notable entre le discours institutionnel et la mise en œuvre effective sur le terrain. L'évaluation scientifique des joueuses représente alors une démarche indispensable pour tendre vers plus d'objectivité dans l'accompagnement des jeunes talents, et pour combler le retard constaté par rapport aux grandes nations du football féminin.

Il est inconcevable d'aborder le haut niveau sans un travail approfondi sur les qualités physiques et sans une évaluation régulière de celles-ci, et ce pour deux raisons principales :

Pour les joueuses en quête de performance, le retour objectif sur leurs résultats constitue à la fois une source de motivation et un levier de progression.

Pour les entraîneurs et préparateurs physiques, la connaissance des exigences spécifiques du football moderne et des particularités propres aux jeunes joueuses (16–18 ans) représente un outil précieux pour améliorer la qualité de la préparation et accroître l'efficacité des programmes d'entraînement.

9. L'intérêt scientifique de la recherche.

Notre recherche présente un double intérêt, à la fois scientifique et pratique, pour le développement du football féminin.

- **Intérêt scientifique :**

Cette étude contribue à enrichir la littérature sportive en Algérie et en France par un travail original portant sur les caractéristiques physiques et anthropométriques des footballeuses âgées de 16 à 18 ans. Elle met en lumière un domaine encore peu exploré dans le contexte nord-africain et permet d'apporter des éléments comparatifs utiles entre deux environnements de formation différents.

- **Intérêt pratique :**

Cette recherche attire l'attention des entraîneurs, préparateurs physiques et responsables de formation sur l'importance des facteurs morphologiques et physiologiques comme composantes essentielles de la performance sportive de haut niveau en football féminin. Elle vise également à déterminer les exigences spécifiques de cette catégorie d'âge afin de fournir des repères concrets pour la détection, la préparation et l'orientation des jeunes joueuses vers le haut niveau.

8. La définition des concepts.

8.1 Les exigences du football féminin moderne.

Le karaté Dans le champ des sciences du sport, le terme *exigences* renvoie à l'ensemble des conditions et sollicitations qu'une discipline impose à l'athlète pour qu'elle puisse atteindre un niveau de performance optimal. Ces exigences se déclinent sous différentes formes : morphologiques, physiologiques, physiques, techniques, tactiques et psychologiques. Elles constituent une sorte de « cahier des charges » implicite que toute joueuse doit remplir pour pouvoir rivaliser au haut niveau (Reilly et al., 2008).

À distinguer des *contraintes*, qui désignent plutôt les obstacles ou limitations imposés par l'environnement (terrain, climat, densité du jeu, règles, adversaire), les *exigences* correspondent davantage aux aptitudes minimales et optimales attendues chez l'athlète pour répondre efficacement à ces contraintes. Par exemple, la capacité à répéter des sprints à haute intensité est une exigence du football moderne, alors que l'espace réduit de jeu en phase défensive représente une contrainte qui accentue cette exigence (Bangsbo, Mohr & Krustup, 2006).

Dans le football féminin moderne, les exigences se traduisent notamment par la nécessité de soutenir un effort intermittent de haute intensité pendant 90 minutes, caractérisé par la répétition de sprints, de sauts, de changements de direction, de duels et de transitions rapides. Mohr, Krustup et Bangsbo (2008) ont montré que les joueuses de haut niveau effectuent plus de 150 actions de haute intensité par match, dont la majorité sont déterminantes dans les phases décisives (buts, interceptions, passes

clés).

Ainsi, définir les exigences revient à identifier les qualités minimales qu'une footballeuse doit développer pour affronter les contraintes spécifiques de son environnement compétitif. Ces exigences constituent la base de la préparation physique et physiologique, et servent de référence pour concevoir des programmes d'entraînement adaptés au niveau et à la catégorie d'âge.

8.2 Les caractéristiques morphologiques.

Les caractéristiques morphologiques désignent l'ensemble des dimensions corporelles observables et mesurables d'un individu, qui reflètent la forme et la composition du corps. Elles regroupent principalement la taille, le poids, l'indice de masse corporelle (IMC), la proportion entre la masse grasse et la masse maigre, ainsi que les rapports segmentaires (longueur des jambes, largeur des épaules, rapport tronc-membres). Ces éléments permettent de dresser un profil morphologique qui peut être mis en relation avec la performance sportive (Carter & Heath, 1990).

Il est important de distinguer le concept de *morphologie* de celui d'*anthropométrie*. L'anthropométrie se réfère aux méthodes de mesure (plis cutanés, périmètres, longueurs, masses), tandis que la morphologie correspond à l'interprétation de ces données pour caractériser la structure corporelle d'un individu ou d'un groupe. Ainsi, on peut dire que l'anthropométrie est l'outil, tandis que la morphologie est le résultat.

Dans le football féminin, les caractéristiques morphologiques jouent un rôle déterminant. Elles influencent directement la vitesse, la puissance, la capacité de saut et l'économie du mouvement. Milanese et al. (2010) ont montré que la masse maigre est positivement corrélée à la puissance et à la vitesse chez les jeunes joueuses, tandis qu'un excès de masse grasse peut limiter la performance et accroître le risque de blessures. Herrero-González et al. (2021) soulignent par ailleurs que certains postes requièrent des morphotypes particuliers : les gardiennes de but présentent en moyenne une stature plus élevée et une envergure plus importante, tandis que les attaquantes et les milieux excentrées tendent à afficher une composition corporelle plus légère et plus explosive.

Chez les footballeuses âgées de 16 à 18 ans, la morphologie est également influencée par la maturation biologique. Malina et al. (2004) rappellent que des différences significatives peuvent exister entre joueuses du même âge chronologique selon leur âge biologique, ce qui justifie l'importance de prendre en compte la croissance et le développement pubertaire dans l'analyse morphologique.

Ainsi, l'étude des caractéristiques morphologiques dans le football féminin constitue un outil fondamental non seulement pour la sélection et la détection des talents, mais aussi pour le suivi de

l'évolution des joueuses au cours de leur formation, en lien avec les exigences croissantes du football moderne.

8.3 Les capacités physiques spécifiques d'une footballeuse.

Les capacités physiques spécifiques désignent l'ensemble des qualités motrices nécessaires à la réalisation efficace des actions de jeu dans le football. Elles correspondent aux manifestations externes et mesurables de la performance athlétique, et conditionnent la réussite dans les différentes phases du match. Parmi ces capacités, on retrouve la force, la puissance, la vitesse, l'endurance, l'agilité et la détente, chacune jouant un rôle déterminant dans les exigences du football moderne (Bompa & Buzzichelli, 2019).

La force constitue le socle de la plupart des actions, car elle permet la résistance aux contacts, la protection du ballon et l'efficacité dans les duels. La puissance, qui associe la force à la vitesse d'exécution, est essentielle dans les tirs, les sauts et les changements de rythme. La vitesse est quant à elle décisive dans les phases offensives et défensives, en particulier pour les sprints répétés et les transitions rapides. L'endurance garantit la capacité de maintenir un rendement élevé durant toute la durée du match, malgré la répétition des efforts intenses. L'agilité et la détente complètent ce profil en permettant des changements de direction efficaces, des dribbles explosifs et une efficacité dans le jeu aérien (Turner & Stewart, 2014).

Dans le football féminin, plusieurs études ont montré l'importance de ces qualités pour la performance. Vescovi (2012) a souligné que la vitesse de sprint et la puissance de saut sont des déterminants majeurs du rendement chez les jeunes joueuses, notamment dans les catégories U16 à U20. De leur côté, Mujika et al. (2021) insistent sur le rôle de l'endurance intermittente, mesurée par des tests tels que le Yo-Yo Intermittent Recovery Test, qui reflète la capacité des footballeuses à répéter des efforts intenses avec une récupération incomplète, caractéristique des matchs de haut niveau.

Les capacités physiques spécifiques doivent être interprétées en lien avec le poste occupé. Par exemple, les défenseuses centrales nécessitent davantage de force et de puissance pour dominer dans le jeu aérien et les duels, tandis que les ailières doivent privilégier la vitesse et l'agilité pour multiplier les sprints et les débordements. Ce lien entre capacités physiques et exigences tactiques justifie l'importance de leur évaluation régulière afin d'orienter la préparation physique et d'individualiser les programmes d'entraînement (Reilly et al., 2008).

Ainsi, les capacités physiques spécifiques constituent l'un des piliers de la performance en football féminin, et leur développement ciblé représente un enjeu majeur pour préparer les jeunes joueuses de 16 à 18 ans aux exigences du haut niveau.

8.4 Les Capacités physiologiques.

Les capacités physiologiques correspondent aux fonctions internes qui soutiennent et permettent l'expression des qualités physiques dans le cadre d'une activité sportive. Elles englobent l'efficacité des systèmes cardio-respiratoire, neuromusculaire et métabolique, et déterminent la manière dont l'organisme produit, utilise et récupère l'énergie nécessaire à l'effort. Dans le football féminin, ces capacités sont essentielles car le jeu se caractérise par des efforts intermittents, alternant phases de haute intensité et périodes de récupération incomplète (Bangsbo, Mohr & Krstrup, 2006).

Parmi les indicateurs les plus utilisés figurent la consommation maximale d'oxygène (VO_2max), la vitesse maximale aérobie (VMA), la puissance anaérobie maximale (PMA), les seuils ventilatoires (SV1 et SV2), ainsi que la concentration sanguine en lactate. Ces paramètres permettent d'évaluer la capacité d'une joueuse à soutenir des efforts répétés et à retarder l'apparition de la fatigue. Krstrup et al. (2005) ont montré que les footballeuses internationales présentent un VO_2max moyen compris entre 55 et 60 $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, valeur qui constitue un prédicteur fiable de leur capacité à maintenir une intensité élevée sur la durée d'un match.

La capacité anaérobie, mesurée par des tests de sprint ou de puissance lactique, joue également un rôle crucial dans les phases explosives du jeu telles que les accélérations, les changements de direction ou les tirs. Rampinini et al. (2007) ont démontré que les joueuses capables de répéter efficacement ces actions de haute intensité contribuent davantage aux phases décisives d'un match. Par ailleurs, la puissance aérobie, estimée à travers des tests de terrain comme le Yo-Yo Intermittent Recovery Test, reflète directement l'aptitude des footballeuses à répéter des efforts intenses avec une récupération partielle, une qualité indispensable au football moderne (Mujika et al., 2021).

Chez les jeunes footballeuses de 16 à 18 ans, l'évaluation des capacités physiologiques doit également tenir compte de l'âge biologique et de la maturation. Malina et al. (2004) soulignent que deux joueuses du même âge chronologique peuvent présenter des niveaux de développement physiologique très différents, influençant leur endurance, leur force et leur récupération. Cette variabilité justifie l'importance d'une approche individualisée de l'entraînement.

Ainsi, les capacités physiologiques représentent un pilier central de la performance en football féminin. Leur optimisation, par un entraînement scientifique et planifié, conditionne la capacité des jeunes joueuses à répondre aux exigences croissantes du jeu moderne et à accéder au haut niveau.

8.5 Entraînement scientifique.

L'entraînement scientifique se définit comme une approche rationnelle et systématique de la préparation sportive, reposant sur des principes validés par la recherche et par l'expérience de terrain. Il s'oppose à l'approche empirique, en mettant l'accent sur la planification, l'individualisation et

l'évaluation continue des charges de travail. Les grands principes qui le fondent incluent la surcharge progressive, la spécificité, la périodisation, la réversibilité et la continuité (Issurin, 2010 ; Bompa & Buzzichelli, 2019).

Il intègre l'utilisation d'outils objectifs d'évaluation et de suivi, qu'ils soient physiologiques (VO_2max , fréquence cardiaque, lactatémie), biomécaniques (analyse des mouvements, mesure de la puissance), ou liés aux charges externes (GPS, accéléromètres, distances parcourues à différentes intensités). Ces données permettent d'adapter les contenus d'entraînement en fonction du niveau, des objectifs et des contraintes de la discipline (Akenhead & Nassis, 2016).

L'entraînement scientifique dépasse la simple préparation physique : il inclut les dimensions techniques, tactiques, psychologiques et cognitives, dans une logique intégrée. Il vise non seulement à développer les qualités athlétiques et les compétences spécifiques à la discipline, mais également à prévenir les blessures et à optimiser la récupération.

En résumé, l'entraînement scientifique constitue une démarche structurée et méthodique qui cherche à maximiser la performance sportive à travers l'application de principes éprouvés, l'analyse des réponses de l'athlète et l'ajustement permanent des contenus.

8.6 Entraînement de haut niveau.

L'entraînement sportif de haut niveau désigne un processus structuré et intensif de préparation, conçu pour permettre à l'athlète d'atteindre et de maintenir un rendement maximal dans un contexte de compétition nationale ou internationale. Il se distingue des formes d'entraînement de base par son volume, son intensité et sa spécialisation, et repose sur une organisation planifiée qui vise à optimiser les différentes dimensions de la performance.

Cet entraînement combine le développement des qualités physiques et physiologiques (force, endurance, vitesse, puissance, capacités aérobies et anaérobies) avec l'acquisition et le perfectionnement des habiletés techniques, tactiques et cognitives. Il s'appuie également sur un encadrement pluridisciplinaire incluant la préparation psychologique, le suivi médical et nutritionnel, ainsi que des stratégies de prévention et de récupération, afin de soutenir la progression tout en réduisant les risques de blessure.

L'entraînement de haut niveau repose sur une planification à long terme, organisée en cycles (macrocycles, mésocycles, microcycles), qui permet d'articuler la charge de travail, les périodes de récupération et les moments de compétition. Cette périodisation vise à provoquer des adaptations optimales et à faire coïncider le pic de forme de l'athlète avec les échéances majeures.

En somme, l'entraînement sportif de haut niveau constitue une démarche globale et exigeante, fondée sur la science de l'entraînement et sur l'expérience pratique, qui a pour finalité de préparer

l'athlète à répondre aux contraintes élevées de la compétition moderne et à s'inscrire durablement dans l'excellence sportive.

8.7 Performance de haut niveau.

La performance sportive de haut niveau peut être définie comme la capacité d'un athlète à produire un rendement optimal et répétitif dans un contexte compétitif exigeant, qu'il s'agisse de compétitions nationales ou internationales. Elle résulte d'une combinaison complexe de facteurs interdépendants incluant les dimensions physiques, physiologiques, techniques, tactiques, psychologiques et sociales. Reilly et al. (2008) soulignent que la performance en football, par exemple, ne peut être réduite à une seule composante mais doit être comprise comme une interaction entre plusieurs déterminants.

Du point de vue physiologique, la performance dépend de l'efficacité des systèmes énergétiques, de la capacité de récupération et de l'aptitude à répéter des efforts intenses. Au plan physique, elle s'exprime à travers des qualités telles que la vitesse, la force, la puissance, l'endurance ou l'agilité, qui conditionnent la réalisation des actions spécifiques à la discipline (Stølen et al., 2005). Les aspects techniques et tactiques permettent de transformer ces qualités en efficacité sur le terrain, tandis que les dimensions cognitives et psychologiques – telles que la concentration, la résilience et la prise de décision – constituent des atouts déterminants dans la réussite au plus haut niveau (Williams & Reilly, 2000).

La performance sportive de haut niveau s'inscrit également dans un cadre organisationnel et environnemental. Elle est influencée par la qualité de l'encadrement, l'accès aux infrastructures, les méthodes d'entraînement et les conditions de préparation. Comme l'a montré Mujika (2017), l'optimisation de la performance nécessite une planification intégrée qui associe préparation physique, suivi médical, récupération, nutrition et accompagnement psychologique.

En résumé, la performance de haut niveau est un phénomène multidimensionnel et systémique, qui ne se limite pas aux résultats obtenus mais repose sur un équilibre entre l'entraînement, la préparation globale de l'athlète et sa capacité à mobiliser ses ressources lors des moments décisifs.

8.8 Le football moderne.

Le terme football moderne désigne l'évolution contemporaine de la discipline vers une intensité et une complexité accrue, marquées par la professionnalisation, l'augmentation du rythme de jeu et l'exigence de polyvalence des joueuses et joueurs. Les analyses de performance montrent que le football moderne se caractérise par une augmentation significative des courses à haute intensité, des sprints répétés, des transitions rapides entre phases offensives et défensives, ainsi que

par une densité tactique plus importante (Faude et al., 2012).

Cette transformation résulte à la fois de l'évolution des règles, des progrès dans la préparation physique et des changements tactiques imposés par le jeu. Bangsbo et al. (2006) soulignent que les efforts réalisés en match sont de plus en plus intermittents, avec des phases explosives brèves mais déterminantes pour l'issue des rencontres. Le football moderne exige donc une préparation athlétique adaptée, centrée sur la capacité à répéter des efforts de haute intensité tout en conservant un haut niveau technique et décisionnel.

Dans le football féminin, cette évolution est particulièrement marquée au cours des deux dernières décennies. La FIFA (2023) rapporte une augmentation du nombre de sprints et de distances parcourues à haute intensité lors des compétitions internationales féminines, traduisant une convergence progressive avec les exigences du football masculin de haut niveau. Cette intensification va de pair avec une structuration accrue des compétitions, une professionnalisation des clubs et une montée en compétence des dispositifs de formation.

Ainsi, le football moderne ne se limite pas à une évolution du style de jeu, mais correspond à une transformation systémique qui englobe la préparation physique et physiologique, l'approche tactique, l'organisation des clubs et la reconnaissance institutionnelle de la discipline.

8.9 Approche systémique.

L'approche systémique, issue du terme grec « système » signifiant un ensemble organisé, est née de la convergence entre la biologie et l'électronique, donnant lieu à la cybernétique. Cette approche a marqué un tournant majeur dans la compréhension des phénomènes complexes, en s'opposant à la vision analytique classique, fondée sur la décomposition des éléments.

Pendant plusieurs siècles, la pensée scientifique a été dominée par le déterminisme mécanique et la logique cartésienne, privilégiant une analyse fragmentée des objets d'étude. Ainsi, chaque variable ou phénomène était observé séparément, sans prise en compte des interactions entre les parties du tout. L'approche systémique propose au contraire une vision globale, cherchant à comprendre les relations, les interconnexions et la dynamique des ensembles dans leur totalité (Philippe, 2016).

L'approche systémique trouve son origine dans la théorie générale des systèmes développée par Bertalanffy (1968). Elle repose sur l'idée que les phénomènes complexes doivent être compris comme des ensembles organisés, constitués de parties en interaction, et non comme une simple addition d'éléments indépendants. Contrairement à l'approche analytique, qui dissocie les éléments pour les étudier séparément, l'approche systémique met l'accent sur les relations, les interactions et la dynamique globale qui régissent un système. Cette perspective est largement utilisée dans différents champs scientifiques, de la biologie à la sociologie, en passant par l'économie et

l'éducation, pour expliquer des réalités multidimensionnelles.

Appliquée au domaine sportif, l'approche systémique considère l'athlète comme un système complexe dans lequel la performance résulte de l'interaction permanente entre plusieurs dimensions : morphologiques, physiologiques, physiques, techniques, tactiques, psychologiques et sociales. Cette vision implique que l'analyse et l'optimisation de la performance ne peuvent se réduire à l'étude isolée d'un seul facteur mais doivent prendre en compte l'ensemble des composantes et leurs interrelations. Comme le rappellent Balagué et Torrents (2011), la préparation sportive doit être envisagée dans une logique intégrée, où chaque paramètre contribue de façon dynamique à la performance globale. Morin et Samozino (2016) soulignent à ce titre que des qualités telles que la vitesse ou la puissance n'ont de sens que lorsqu'elles sont mises en relation avec la technique, la coordination, la tactique et l'état psychologique de l'athlète.

Ainsi, l'approche systémique appliquée au sport constitue un cadre conceptuel permettant de comprendre la performance comme le produit d'interactions complexes et dynamiques plutôt que comme la simple addition de qualités isolées.

8.10 Approche physique.

L'approche physique renvoie à l'étude et à l'évaluation des qualités motrices observables qui soutiennent la performance sportive. Elle se concentre sur les manifestations externes de l'effort, telles que la force, la puissance, la vitesse, l'endurance, l'agilité ou la détente. Ces paramètres, mesurés à travers des tests de terrain ou en laboratoire, constituent des indicateurs essentiels pour apprécier le niveau de préparation d'un athlète et pour orienter les programmes d'entraînement. Dans le football, par exemple, la capacité à répéter des sprints, à effectuer des sauts verticaux ou à maintenir une intensité élevée tout au long du match illustre l'importance de cette approche. Reilly et al. (2008) soulignent que la réussite en football dépend largement de l'expression de ces qualités physiques, qui conditionnent la réalisation des actions décisives telles que les accélérations, les duels ou les tirs. L'approche physique, en se focalisant sur ces dimensions mesurables, permet donc d'objectiver les exigences de la performance sportive et d'adapter l'entraînement aux besoins spécifiques de la discipline et du poste occupé.

8.11 Approche physiologique.

L'approche physiologique se centre sur les mécanismes internes qui permettent l'expression des qualités physiques et conditionnent la performance sportive. Elle s'intéresse aux réponses et adaptations des systèmes cardiorespiratoire, musculaire, énergétique et hormonal face aux sollicitations de l'entraînement et de la compétition. Les indicateurs les plus utilisés dans ce cadre incluent la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), la vitesse maximale aérobie (VMA), la puissance anaérobie maximale, les seuils ventilatoires et lactiques, ainsi que la variabilité de la

fréquence cardiaque. Dans le football, ces paramètres permettent d'évaluer la capacité des joueuses à soutenir un effort intermittent de haute intensité, à répéter des sprints et à récupérer entre les actions. Krustup et al. (2005) ont montré que le $VO_2\text{max}$ constitue un prédicteur fiable de la performance d'endurance chez les footballeuses de haut niveau, tandis que Rampinini et al. (2007) soulignent le rôle des qualités anaérobies dans les actions explosives telles que les accélérations et les changements de direction. En s'appuyant sur des mesures objectives, l'approche physiologique permet de comprendre les limites de l'organisme, de planifier les charges d'entraînement et de prévenir la fatigue ou le surmenage. Elle complète ainsi l'approche physique en apportant une vision plus fine et intégrée du fonctionnement interne de l'athlète.

9. Les études antérieures.

9.1 Etude N°1.

- **Auteur :** Jannatul Ferdous Rickta, Md. Yeasir Arafat, Fatima Tus Johora Mukta & Md. Rezaul Islam.
- **Type d'étude :** Article scientifique.
- **Année :** 2024.
- **Édition / Revue :** *International Journal of Kinanthropometry*, Vol. 4, n° 1.
- **Thème :** Anthropométrie et caractéristiques physiques des joueuses nationales bangladaises de football et de Kho-Kho : une comparaison croisée.
- **Objectif :** Comparer les caractéristiques anthropométriques et la composition corporelle de deux groupes de sportives (football et Kho-Kho) de niveau national au Bangladesh.
- **Méthodologie de recherche :** Étude descriptive comparative ; mesures anthropométriques standardisées (taille, poids, longueurs des membres, plis cutanés) selon protocoles établis.
- **Population et échantillon :** Quarante joueuses de football et quarante joueuses de Kho-Kho, âgées de 14 à 21 ans, avec 2 à 6 années de pratique sportive.
- **Résultats enregistrés :**
 - Longueur des jambes supérieure pour les joueuses de Kho-Kho ($89,14 \pm 4,44$ cm contre $86,92 \pm 8,91$ cm, $p = 0,04$).
 - Longueur de l'avant-bras plus élevée chez les joueuses de football ($39,97 \pm 1,27$ cm contre $38,82 \pm$

2,53 cm, $p = 0,01$).

- Aucune différence significative pour l'IMC, la masse grasse, la masse maigre ou la surface corporelle.
- **Constatations :** L'étude montre que, bien que les morphotypes diffèrent légèrement entre disciplines, la composition corporelle générale des deux groupes reste proche, ce qui reflète une adaptation spécifique aux exigences de chaque sport.
- **Conclusion :** Les joueuses de Kho-Kho présentent un profil morphologique plus favorable pour la longueur des jambes, tandis que les footballeuses se distinguent par une longueur d'avant-bras supérieure. Globalement, la composition corporelle est similaire entre les deux groupes, confirmant l'importance de considérer les spécificités morphologiques propres à chaque discipline dans la détection et la préparation des athlètes.

9.2. Etude N°2.

- **Auteur :** O. Sanchez-Abselam.
- **Type d'étude :** Article scientifique.
- **Année :** 2024.
- **Édition / Revue :** *Heliyon*.
- **Thème :** Effet du rôle, du poste de jeu et des caractéristiques corporelles sur la performance physique des footballeuses.
- **Objectif :** L'objectif de cette recherche était d'analyser l'influence du poste de jeu, du rôle offensif ou défensif et des caractéristiques corporelles sur les exigences physiques des footballeuses semi-professionnelles.
- **Méthodologie de recherche :** Il s'agit d'une étude observationnelle et corrélationnelle. Les données ont été collectées au cours de neuf matchs officiels grâce à des dispositifs GPS GPEXE® (18,8 Hz) et des ceintures cardio. Les variables analysées concernaient la distance totale parcourue, les accélérations et décélérations, les vitesses par zones (HIR, HSR et sprints), la puissance métabolique (MP) et l'Equivalent Distance Index (EDI). Les auteurs ont utilisé une ANCOVA avec le temps de jeu comme covariable ainsi que des régressions multiples pour explorer la relation entre caractéristiques corporelles et performance.

- **Population et échantillon :** L'étude a porté sur quarante-cinq footballeuses espagnoles, âgées de 18 à 32 ans, évoluant en deuxième division (Reto Iberdrola League).
- **Résultats enregistrés :** Les attaquantes et les milieux excentrés ont fourni les plus grandes charges physiques, notamment la distance parcourue par minute, la puissance métabolique, l'EDI, les accélérations et décélérations, les courses à haute intensité et les sprints. Un effet significatif du rôle offensif a été observé ($p < 0,01$). Les attaquantes ont parcouru en moyenne 101 m/min contre 86,8 m/min pour les défenseuses centrales. Par ailleurs, le poids corporel est négativement corrélé à la puissance métabolique, aux accélérations, aux décélérations et aux distances à haute intensité (coefficients β compris entre $-0,33$ et $-0,61$, $p < 0,05$) et positivement lié au temps passé en marche et en course lente.
- **Constatations :** L'étude met en évidence que les exigences physiques en compétition varient selon le poste et le rôle tactique. Les joueuses offensives, attaquantes et milieux excentrés, présentent des charges de travail nettement supérieures à celles des joueuses défensives. Le poids corporel apparaît comme un facteur influençant négativement certaines dimensions de la performance, en particulier les efforts de haute intensité.
- **Conclusion :** Les résultats soulignent que les charges physiques ne sont pas uniformes entre les postes et les rôles. Les joueuses offensives sont soumises à des exigences plus élevées tandis que le poids corporel se révèle être un déterminant limitant de la performance. Ces observations renforcent l'importance du suivi morphologique et de la prise en compte des caractéristiques individuelles dans la planification de l'entraînement et dans les stratégies de détection.

9.3. Etude N°3.

- **Auteur:** I. Can.
- **Type d'étude:** Article scientifique.
- **Année:** 2019.
- **Edition / Revue:** *Turkish Journal of Sport and Exercise*.
- **Theme:** Fitness profiling in women soccer: performance characteristics of elite Turkish women soccer players.

- **Objectif :** L'objectif de cette recherche était d'évaluer les caractéristiques physiologiques et physiques des footballeuses d'élite turques afin de dresser un profil de performance adapté aux exigences du haut niveau.
- **Méthodologie de recherche :** L'étude a été réalisée sur la base de tests de terrain (sprint, agilité, sauts) et de laboratoire ($VO_2\text{max}$, puissance anaérobie, force musculaire). Des mesures complémentaires ont été effectuées à l'aide de transducteurs iso-inertiels pour analyser la vitesse et la puissance musculaire.
- **Population et échantillon :** L'échantillon comprenait onze joueuses de première division turque, âgées en moyenne de $21,5 \pm 2,58$ ans, avec une taille moyenne de $160,8 \pm 5,17$ cm et un poids moyen de $55,8 \pm 7,23$ kg.
- **Résultats enregistrés :** Les performances obtenues sont inférieures à celles des footballeuses européennes de haut niveau. La distance moyenne parcourue au test Yo-Yo était de 676 m, bien en dessous des normes observées au Danemark (1379 m) ou dans la NCAA (1097 m). La $VO_2\text{max}$ estimée était de 42,08 ml/kg/min, avec une fréquence cardiaque maximale de 187,9 bpm. Les performances explosives mesurées au saut vertical (35,7 cm) et au saut en longueur sans élan (178,4 cm) sont restées modestes. Les temps de sprint étaient de 1,85 s sur 10 m et 4,96 s sur 30 m. L'agilité était mesurée à 17,6 s, tandis que la puissance anaérobie maximale (Wingate) atteignait 439,7 W avec un indice de fatigue de 55,7 %. La force de préhension manuelle atteignait 30,6 kg pour la main dominante et les forces du dos et des jambes étaient respectivement de 90,2 kg et 101,8 kg. Les tests iso-inertiels ont montré des puissances de 666,3 W (PP) et 353,6 W (MPP) pour le mouvement SJ Loaded, avec des vitesses de pointe de 2,04 m/s.
- **Constatations :** Les résultats démontrent un retard de développement des qualités physiques et physiologiques des footballeuses turques par rapport à leurs homologues européennes, ce qui limite leur compétitivité sur la scène internationale.
- **Conclusion :** Bien que le football féminin connaisse une expansion en Turquie, les performances physiques et physiologiques des joueuses étudiées restent inférieures aux standards internationaux. Un travail ciblé sur l'amélioration de la capacité aérobie, des qualités explosives et de la force musculaire apparaît indispensable pour élever leur niveau de performance.

9.4. Etude N°4.

- **Auteur :** N. Datson.
- **Type d'étude :** Article scientifique.

- **Année :** 2019.
- **Édition / Revue :** *Journal of Sports Sciences*.
- **Theme:** High-intensity endurance capacity assessment as a tool for talent identification in elite youth female soccer.
- **Objectif :** Cette recherche avait pour objectif d'évaluer l'utilité de la capacité d'endurance à haute intensité comme critère prédictif dans la détection des talents chez les jeunes footballeuses d'élite, en lien avec leur future sélection dans les équipes nationales U17 à U20.
- **Méthodologie de recherche :** L'étude repose sur une collecte de données effectuée entre 2011 et 2014 lors des Elite Performance Camps (EPC) organisés par la Fédération anglaise de football. Les participantes ont été soumises à une batterie de tests physiques comprenant sprint, contremouvement jump (CMJ) et Yo-Yo IR1, ainsi qu'à des mesures anthropométriques. Les résultats ont ensuite été analysés rétrospectivement en comparant deux groupes : les joueuses sélectionnées ultérieurement en équipe nationale U17-U20 et celles qui ne l'ont pas été.
- **Population et échantillon :** L'échantillon était composé de 228 jeunes footballeuses, âgées en moyenne de $13,9 \pm 0,6$ ans, ayant participé aux EPC. Parmi elles, 50 ont été sélectionnées par la suite en équipe nationale.
- **Résultats enregistrés :** Les joueuses sélectionnées ont montré de meilleures performances physiques, notamment au test Yo-Yo IR1 avec une moyenne de 1393 ± 365 m contre 1077 ± 353 m pour les non-sélectionnées. Elles présentaient également des temps plus rapides sur le sprint 10 m (1,805 s contre 1,841 s) et sur le sprint 30 m (4,623 s contre 4,724 s). La hauteur du saut vertical (CMJ) était légèrement supérieure chez les sélectionnées, bien que cette différence ne soit pas statistiquement significative. L'analyse statistique a mis en évidence une corrélation claire entre la performance au test Yo-Yo IR1 et la probabilité d'intégrer l'équipe nationale : une joueuse réalisant moins de 440 m avait 4,5 % de chances d'être sélectionnée, contre 64,7 % pour une distance de 2040 m. L'effet de la maturité biologique était jugé négligeable ($p > 0,66$).
- **Constatations :** La capacité d'endurance à haute intensité, mesurée par le test Yo-Yo IR1, constitue un indicateur pertinent pour distinguer les jeunes talents ayant le potentiel d'intégrer les sélections nationales. Cette variable semble être un facteur prédictif fiable, indépendamment du degré de maturation pubertaire.
- **Conclusion :** L'étude met en évidence la valeur prédictive du Yo-Yo IR1 dans les processus de

détection et de sélection précoce des jeunes footballeuses d'élite. Elle suggère que ce test peut constituer un outil efficace pour orienter la planification de la préparation physique et le suivi longitudinal au sein des structures fédérales.

9.5. Etude N°5.

- **Auteur :** R. K. Randell.
- **Type d'étude :** Revue narrative.
- **Année :** 2021.
- **Édition / Revue :** *Sports Medicine*.
- **Theme:** Physiological Characteristics of Female Soccer Players and Health and Performance Considerations: A Narrative Review.
- **Objectif :** Cette revue avait pour objectif de regrouper les connaissances scientifiques actuelles sur les footballeuses de haut niveau, en mettant l'accent sur six thématiques principales : les exigences physiques du jeu, l'identification des talents, la composition corporelle, les risques de blessure, la santé (y compris le cycle menstruel) et la nutrition adaptée.
- **Méthodologie de recherche :** Il s'agit d'une revue narrative fondée sur l'analyse des recherches publiées après 2014. Les études incluses concernaient des footballeuses issues de clubs et d'équipes nationales de haut niveau, notamment aux États-Unis, en Espagne, en Suède, en Angleterre, en Australie et en Serbie. L'échantillon global regroupait 552 participantes de 24 pays ayant disputé la Coupe du Monde féminine 2019.
- **Population et échantillon :** La population concernée par la synthèse regroupait des footballeuses âgées de 15 à 24 ans, évoluant au plus haut niveau de compétition internationale et nationale.
- **Résultats enregistrés :** Les joueuses parcourent en moyenne 10 km par match, dont 22 à 28 % à haute intensité, avec des vitesses maximales pouvant atteindre 25 km/h. Les distances sprintées varient de 98 à 850 m et les distances à haute intensité de 350 à 2917 m selon le poste et le niveau de jeu. Le coefficient de variation élevé traduit une variabilité importante liée au style de jeu, à la surface et au poste. La revue rapporte également les normes de sélection basées sur des tests tels que le contremouvement jump (CMJ), le Yo-Yo R1, le vertical jump (VJ), le sprint 20 m et les tests d'agilité. Sur le plan anthropométrique, les joueuses présentent une taille comprise entre 1,61 et 1,70 m, un poids entre 56,6 et 65,1 kg, une masse maigre entre 42,5 et 49,5 kg et une densité minérale osseuse allant de

1,26 à 1,30 g/cm². Le taux de blessures est estimé entre 6,1 et 7,1 pour 1000 heures de jeu, touchant principalement les membres inférieurs, en particulier le genou et la cheville, et survenant davantage lors des tournois. Enfin, la revue souligne que le cycle menstruel pourrait constituer un facteur influençant la performance, mais reste encore insuffisamment documenté.

- **Constatations :** L'analyse met en lumière l'intérêt croissant porté au suivi multidimensionnel des footballeuses de haut niveau, où la performance sportive ne peut être dissociée des aspects morphologiques, physiologiques, nutritionnels et de santé.
- **Conclusion :** Cette revue souligne la nécessité de développer des recherches spécifiques aux femmes, notamment sur le rôle du cycle menstruel et de la disponibilité énergétique, et insiste sur l'importance d'un suivi intégré des paramètres physiques, physiologiques et de santé afin d'optimiser la performance et de réduire le risque de blessures.

9.6. Etude N°6.

- **Auteur:** A. Harkness-Armstrong.
- **Type d'étude:** Article scientifique.
- **Année:** 2021.
- **Edition / Revue:** *Science and Medicine in Football*.
- **Theme:** Determining age-specific velocity thresholds for elite youth female soccer players.
- **Objectif :** L'objectif de cette recherche était d'établir des seuils de vitesse spécifiques à l'âge pour les footballeuses d'élite U14 et U16, afin de mieux quantifier leurs charges de match et d'adapter les évaluations physiques à leur développement.
- **Méthodologie de recherche :** L'étude a été menée sur deux saisons consécutives (2018-2019 et 2019-2020) au sein de la England Talent Pathway League. Les données de vitesse ont été recueillies lors de cinquante matchs officiels (26 en U14 et 24 en U16) à l'aide de GPS haute fréquence (10 Hz, Optimeye S5) et analysées avec les logiciels Openfield et RStudio.
- **Population et échantillon :** L'échantillon était constitué de 201 jeunes footballeuses d'élite issues de six centres régionaux de talents en Angleterre. Le groupe U14 comprenait 93 joueuses âgées de $12,9 \pm 0,7$ ans, mesurant $1,59 \pm 0,06$ m pour un poids moyen de $48,5 \pm 8,9$ kg. Le groupe U16 comptait 108 joueuses âgées de $15,0 \pm 0,6$ ans, avec une taille moyenne de $1,62 \pm 0,06$ m et un poids de $56,1 \pm 6,4$ kg.

- **Résultats enregistrés :** Les seuils de vitesse spécifiques à l'âge ont été définis comme suit : High Speed Running (HSR) $\geq 3,00$ m/s, Very High Speed Running (VHSR) $\geq 4,83$ m/s et Sprint (SPR) $\geq 5,76$ m/s. Les analyses ont montré que les joueuses parcouraient des distances significativement plus importantes dans ces zones de vitesse lorsqu'on appliquait ces seuils adaptés à l'âge plutôt que ceux utilisés pour les seniors ($p < 0,001$; taille d'effet moyenne à grande : $ES = 0,86$ à $1,97$). Les distances à haute intensité étaient comparables entre les groupes U14 et U16, mais variaient en fonction du poste occupé. Le fait de ne jouer qu'une seule mi-temps n'a pas eu d'effet significatif sur les résultats.
- **Constatations :** L'utilisation de seuils de vitesse spécifiques à l'âge permet une évaluation plus réaliste de l'intensité de jeu et révèle que les charges de match sont sous-estimées lorsque l'on applique les seuils adultes aux jeunes footballeuses.
- **Conclusion :** Cette étude propose des repères adaptés aux catégories U14 et U16 du football féminin d'élite, qui peuvent aider les entraîneurs à mieux calibrer les charges d'entraînement, à améliorer la détection des talents et à assurer un suivi du développement plus précis en fonction de l'âge et du poste.

9.7. Etude N°7.

- **Auteurs :** A. Hohmann & M. Siener.
- **Type d'étude :** Étude longitudinale universitaire.
- **Année :** 2021.
- **Institution / Édition :** Université de Bayreuth, Allemagne.
- **Thème :** Identification précoce des talents en football : pronostic des performances U17 à partir des qualités athlétiques générales en CE1.
- **Objectif :** L'objectif de cette recherche était d'évaluer l'efficacité du dépistage précoce des talents en football dès l'école primaire, en analysant la validité prédictive à moyen et long terme de tests moteurs réalisés chez des enfants âgés d'environ huit ans afin d'anticiper leur futur niveau de performance à l'adolescence.
- **Méthodologie de recherche :** Entre 2010 et 2014, une batterie de tests physiques et physiologiques (vitesse, coordination, équilibre, force, souplesse, endurance) a été appliquée à 2 661 garçons de CE1 ayant reçu une recommandation pour participer à des sélections en football. Le suivi longitudinal a permis d'évaluer leur progression en U13 puis en U17. Les analyses statistiques comprenaient des

ANOVA, des rapports de côtes et des régressions multiples afin d'examiner la capacité prédictive des tests.

- **Population et échantillon :** Les enfants testés avaient en moyenne 8,1 ans. Parmi eux, 502 jeunes ont poursuivi leur parcours sportif jusqu'à l'âge de 15 ans et au-delà, avec participation à des matchs officiels en compétitions fédérales.
- **Résultats enregistrés :** Certains tests réalisés dès l'âge de 8 ans, notamment ceux évaluant la vitesse, l'endurance et la coordination, se sont révélés avoir une valeur prédictive significative pour les performances des joueurs huit ans plus tard. En revanche, des tests comme l'équilibre ou le saut en longueur sans élan ont perdu leur pertinence prédictive avec le temps. L'analyse a montré que la combinaison de plusieurs tests améliorerait considérablement la fiabilité du pronostic.
- **Constatations :** Le suivi longitudinal démontre que des tests moteurs génériques appliqués dès le plus jeune âge peuvent fournir des indications solides sur le potentiel futur des joueurs, mais que certains indicateurs perdent de leur valeur prédictive avec l'avancée de l'âge.
- **Conclusion :** Cette étude met en évidence que le repérage précoce basé sur une combinaison de tests moteurs constitue un outil fiable et accessible pour orienter les jeunes talents vers des parcours d'excellence. Elle souligne l'importance de mettre en place des dispositifs d'évaluation régulière dès l'enfance afin d'optimiser la détection, le suivi et la formation des futurs joueurs de haut niveau.

9.8. Etude N°8.

- **Auteurs :** A. Romero-Caballero, D. Varela-Olalla, C. Loens-Gutiérrez.
- **Type d'étude :** Article scientifique.
- **Année :** 2020.
- **Édition / Revue :** *Science & Sports*.
- **Thème :** Évaluation de la condition physique chez de jeunes footballeurs amateurs : valeurs de référence pour le saut vertical et la capacité aérobie chez les hommes et les femmes.
- **Objectif :** Cette étude avait pour objectif de fournir des valeurs de référence fiables pour deux paramètres fondamentaux de la condition physique chez les jeunes footballeurs et footballeuses amateurs : la puissance des membres inférieurs, mesurée par le test de saut vertical (CMJ), et la capacité aérobie, évaluée par le test de Léger (test navette).

- **Méthodologie de recherche** : L'étude s'est appuyée sur l'évaluation standardisée de la condition physique des participants lors d'une même séance d'environ une heure, réalisée avant le début de la saison officielle. Les tests appliqués étaient le countermovement jump pour la puissance musculaire et le test navette de Léger pour l'endurance aérobie.
- **Population et échantillon** : L'échantillon était composé de 362 joueurs, hommes et femmes, répartis dans 19 équipes selon le sexe, la catégorie d'âge (U14, U16, U19, senior), le niveau compétitif (local, régional, national) et la position sur le terrain (gardien, défenseur central, arrière, milieu, ailier, attaquant).
- **Résultats enregistrés** : Les analyses révèlent des différences significatives entre les sexes et les catégories d'âge. Les joueuses présentent des performances nettement inférieures à celles des hommes, notamment en catégorie senior, avec un déficit de 41 % au test CMJ et de 47,6 % au test navette. Les performances féminines au CMJ sont cependant proches de celles des garçons U14, mais l'écart reste important pour la capacité aérobie. Les résultats varient également en fonction de la position : les milieux de terrain, arrières et ailiers obtiennent de meilleurs scores au test d'endurance que les gardiens, tandis qu'aucune différence significative entre postes n'a été observée pour le test de saut vertical. Enfin, le niveau de compétition influence certaines catégories, notamment U19 et U14, confirmant l'impact du contexte d'entraînement sur le développement des qualités physiques.
- **Constatations** : Les résultats mettent en évidence l'importance de considérer les différences liées au sexe, à l'âge, au poste et au niveau de compétition dans l'évaluation de la condition physique.
- **Conclusion** : L'étude souligne la nécessité de recourir à des valeurs de référence individualisées pour le suivi et l'évaluation de la progression physique des jeunes joueuses et joueurs de football non professionnels. Elle insiste sur l'adaptation des programmes d'entraînement aux spécificités de chaque groupe afin d'améliorer la pertinence des évaluations et l'efficacité de la préparation physique.

9.9. Etude N°9.

- **Auteur** : M. Ramirez-Muera.
- **Type d'étude** : Article scientifique.
- **Année** : 2023.
- **Édition / Revue** : *Nutrients* (PubMed).

- **Theme:** Relationship Between Anthropometric Profile, Body Composition, and Physical Performance in Spanish Professional Female Soccer Players at Pre-Season Onset.
- **Objectif :** Cette étude avait pour but d'analyser la relation entre la composition corporelle, incluant la masse grasse et la masse musculaire, et la performance physique chez des footballeuses professionnelles espagnoles en début de présaison.
- **Méthodologie de recherche :** L'évaluation a porté sur des mesures anthropométriques associées à une série de tests physiques comprenant un test de saut vertical (CMJ), un test anaérobie de Wingate (WAnT) et un test aérobie Yo-Yo IR1.
- **Population et échantillon :** L'échantillon était constitué de trente-quatre footballeuses professionnelles espagnoles, âgées en moyenne de 23 ans.
- **Résultats enregistrés :** Les analyses ont mis en évidence une corrélation très forte entre la masse corporelle totale et la puissance anaérobie mesurée par le CMJ et le Wingate, avec une corrélation quasi parfaite entre la masse et la puissance maximale au Wingate ($r = 0,904$; $p < 0,001$). À l'inverse, la masse grasse présentait une corrélation négative modérée avec la hauteur du saut vertical et la capacité aérobie mesurée par le Yo-Yo IR1. Les gardiennes ont obtenu des valeurs de puissance significativement plus élevées que les joueuses de champ.
- **Constatations :** Les résultats montrent que la composition corporelle influence directement la performance physique, la masse musculaire favorisant la puissance tandis que la masse grasse est associée à une diminution de l'endurance et des qualités explosives.
- **Conclusion :** Cette étude confirme l'importance du suivi de la composition corporelle en football féminin professionnel. Elle souligne que l'optimisation de la masse musculaire et le contrôle de la masse grasse sont des leviers essentiels pour améliorer la performance, que ce soit en puissance anaérobie, en endurance ou en explosivité.

9.10. Etude N°10.

- **Auteur :** J. Hernández-Martinez.
- **Type d'étude :** Article scientifique.
- **Année :** 2023.
- **Edition / Revue:** *Medicina* (PubMed).

- **Theme:** Body Composition and Physical Performance by Playing Position in Amateur Female Soccer Players.
- **Objectif :** L'objectif de cette recherche était d'analyser les différences de composition corporelle et de performance physique en fonction du poste de jeu chez des footballeuses amateurs.
- **Méthodologie de recherche :** Les joueuses ont été évaluées à travers des mesures de composition corporelle (pourcentage de masse grasse – BFP, masse maigre – FFM) et une série de tests physiques comprenant des sauts verticaux (squat jump, CMJ, drop jump), des sprints sur 10 m, 20 m et 30 m, ainsi que la vitesse de frappe de balle avec les deux pieds.
- **Population et échantillon :** L'étude a porté sur 160 joueuses amateurs âgées en moyenne de 27 ans, réparties en quatre groupes selon leur poste : gardiennes, défenseuses, milieux de terrain et attaquantes.
- **Résultats enregistrés :** Les analyses montrent que les milieux de terrain présentaient la plus faible masse grasse et la plus grande masse maigre, en plus de meilleures performances au drop jump (+25 % par rapport aux gardiennes). Les gardiennes affichaient les valeurs les plus faibles tant en composition corporelle qu'en performance physique.
- **Constatations :** Les différences observées entre postes mettent en évidence l'influence du rôle tactique sur les caractéristiques corporelles et les qualités physiques.
- **Conclusion :** L'étude conclut que le poste de jeu est un facteur déterminant de la composition corporelle et de la performance physique chez les footballeuses amateurs, les milieux de terrain étant globalement plus performantes que les autres postes.

9.11. Etude N°11.

- **Auteur :** A. N. Peart.
- **Type d'étude :** Article scientifique.
- **Année :** 2018.
- **Edition / Revue :** *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- **Thème :** Évaluation des changements saisonniers de la condition physique, de l'anthropométrie et de la composition corporelle chez les joueuses de football de la Division II NCAA.

- **Objectif** : L'objectif était d'analyser l'évolution des paramètres anthropométriques, de la composition corporelle et de la condition physique chez des footballeuses universitaires tout au long d'une année civile, afin de déterminer si les différentes phases de la saison influencent significativement ces variables.
- **Méthodologie de recherche** : Les joueuses ont été évaluées à cinq moments-clés : fin de saison 1 (ECS1), début d'intersaison (BOS), fin d'intersaison (EOS), présaison (PS) et fin de saison 2 (ECS2). Les tests comprenaient des mesures anthropométriques (taille, circonférence de hanche), de composition corporelle (masse grasse, masse maigre, % de masse grasse), ainsi que des tests physiques (CMJ, Wingate, VO₂ max).
- **Population et échantillon** : L'étude a été menée auprès de 18 joueuses universitaires de Division II NCAA, âgées en moyenne de $20 \pm 0,9$ ans.
- **Résultats enregistrés** :
 - Une diminution significative de la circonférence de la hanche entre EOS et PS (-4 cm ; $p < 0,001$).
 - Une réduction significative de la masse grasse et du pourcentage de masse grasse à ECS2 comparé aux périodes BOS, EOS et ECS1 ($p < 0,05$).
 - Une stabilité de la masse maigre sur toute la saison.
 - Aucune variation significative dans les performances physiques (CMJ, Wingate, VO₂ max).
- **Constatations** : Les variations saisonnières observées concernent principalement la composition corporelle, avec une réduction progressive de la masse grasse, tandis que les performances physiques restent stables.
- **Conclusion** : L'étude conclut que, même à un niveau universitaire (Division II), les joueuses présentent des adaptations comparables à celles observées en Division I ou chez les professionnelles. Ces données peuvent aider les entraîneurs à mieux planifier les charges d'entraînement et à anticiper les fluctuations morphologiques au cours d'une saison complète.

1ere Partie.
Revue de la littérature

CHAPITRE I :

Le développement du

football féminin.

Préambule

Le football féminin, longtemps marginalisé dans le paysage sportif mondial, connaît aujourd'hui une évolution significative, portée par une reconnaissance croissante des institutions, des fédérations et du public. Toutefois, cette évolution reste inégale selon les régions du monde, notamment entre l'Europe et le Maghreb.

Historiquement, les femmes ont rencontré de nombreux obstacles pour accéder à la pratique du football, à la fois en raison de stéréotypes de genre profondément ancrés, mais aussi de l'absence de politiques publiques claires en faveur du sport féminin. (Dumas, 2019)

Si l'Europe a amorcé depuis plusieurs décennies un processus de structuration et de professionnalisation du football féminin, notamment grâce à l'impulsion de l'UEFA et de la FIFA, les pays du Maghreb, dont l'Algérie, peinent encore à structurer durablement leur filière féminine. (FFF, Plan de développement du football féminin 2020–2025, 2020)

En Afrique du Nord, les fédérations font face à des défis multiples : manque d'infrastructures adaptées, formation insuffisante des encadrants, absence de compétitions régulières, faible médiatisation et pression socioculturelle. Ces freins limitent le développement des joueuses et leur accès à la haute performance. Pourtant, des plans stratégiques existent. La CAF a mis en place des obligations pour les fédérations (comme la création d'une ligue féminine et la mise en place de programmes de jeunes filles) pour favoriser l'émergence d'un vivier compétitif. (FIFA & CAF, Dispositions règlementaires relatives aux compétitions de football, 2021)

En France, la Fédération Française de Football (FFF) a développé depuis 2012 plusieurs dispositifs pour soutenir la croissance du football féminin, avec pour objectif d'atteindre 250 000 licenciées en 2024, notamment grâce à un maillage territorial des clubs, des pôles espoirs féminins et des filières universitaires et professionnelles.

Dans ce contexte, il apparaît fondamental de mieux comprendre comment ces dynamiques se traduisent sur le terrain, en s'appuyant notamment sur les paramètres anthropométriques et physiques des joueuses, qui reflètent leur niveau de préparation, l'impact de la formation, et leur capacité à performer au plus haut niveau. Ce chapitre s'attachera donc à présenter l'évolution du football féminin dans le monde, puis en Europe et en Afrique du Nord, avant de mettre en évidence les spécificités de la pratique en Algérie, afin de mieux situer notre problématique de recherche.

1.1. Historique mondiale et reconnaissance institutionnelles.

Le football est un sport collectif qui oppose deux équipes dont l'objectif est de marquer des buts dans le camp adverse, en utilisant essentiellement les pieds pour manipuler le ballon, à l'exception du gardien de but. Il requiert à la fois des qualités physiques, tactiques, techniques et mentales, dans un cadre dynamique et imprévisible. Selon Eric Mombaerts (1991), sa logique interne repose sur la coopération et l'opposition pour déséquilibrer l'adversaire dans un espace fluctuant. (Mombaerts, 1991)

Sport universel par excellence, le football compte aujourd'hui près de 265 millions de pratiquants dans le monde (FIFA, Big Count 2006: 265 million playing football, 2006), ce qui en fait la discipline la plus populaire à l'échelle mondiale.

Si le football est historiquement masculin, les femmes s'y sont pourtant intéressées très tôt.

Le premier match officiel entre deux équipes féminines a eu lieu en 1881 à Édimbourg, en Écosse. (Barette, 2022)

Ce match marque les débuts d'une longue lutte pour la reconnaissance du football féminin. En 1910, la pratique féminine s'implante en France, mais elle rencontre rapidement des résistances sociales : en 1921, la Football Association (FA) au Royaume-Uni interdit aux femmes de jouer sur les terrains affiliés, estimant que ce sport est inapproprié pour elles. (Gajewski, 2023)

Malgré cela, le football féminin persiste, souvent de manière clandestine ou amateur, jusqu'à ce qu'un renouveau s'amorce après la Seconde Guerre mondiale, notamment sous l'impulsion des mouvements féministes et de la redéfinition des rôles sociaux. Ce n'est qu'à partir des années 1960 qu'on observe une véritable féminisation des pratiques sportives, y compris dans le football.

En 1971, la FIFA lève son interdiction sur la pratique féminine, ouvrant la voie à la structuration de compétitions officielles. En France, le premier championnat national de football féminin voit le jour lors de la saison 1974-1975. À cette époque, la Fédération Française de Football (FFF) ne comptait que quelques milliers de licenciées, mais leur nombre a connu une progression fulgurante : 18 000 en 1992, puis près de 200 000 en 2022. Cette croissance est notamment liée au plan de féminisation lancé en 2012 par la FFF, visant à améliorer l'accès aux infrastructures, à la formation, et à la médiatisation du football féminin. (Barette, 2022)

La médiatisation accrue des compétitions féminines a également joué un rôle majeur. Par exemple, le match de Ligue des Champions féminine entre le FC Barcelone et Wolfsburg au Camp Nou en 2022 a rassemblé 91 648 spectateurs, établissant un record historique d'affluence pour une rencontre féminine. Ce succès témoigne de l'essor spectaculaire du football féminin, tant sur le plan sportif que sociétal.

Aujourd'hui, bien que la majorité des pratiquantes restent amatrices (99,5 % en France), les efforts

de professionnalisation et de structuration se poursuivent. Les performances athlétiques, les exigences techniques et les attentes tactiques envers les joueuses rejoignent peu à peu celles du football masculin de haut niveau.

1.1.1 Définition du football et spécifiées féminines.

Le football est un sport collectif codifié opposant deux équipes de onze joueurs ou joueuses, dont l'objectif est de marquer un but en faisant progresser un ballon à l'intérieur du camp adverse, principalement à l'aide des pieds. Sport universel par excellence, le football se distingue par son intensité intermittente, combinant des efforts brefs et répétés tels que des sprints, sauts, frappes, changements de direction, ainsi qu'un engagement aérobique et anaérobique soutenu tout au long du match. (Datson N D. B., 2019) (Stolen T, 2005)

Dans le contexte du football féminin, bien que les règles et principes du jeu soient identiques à ceux du football masculin, certaines spécificités liées à la morphologie, à la physiologie et aux facteurs hormonaux distinguent les joueuses. Par exemple, la fréquence de blessures aux genoux, notamment la rupture du ligament croisé antérieur, est environ dix fois plus élevée chez les femmes, en lien avec les fluctuations hormonales du cycle menstruel. (Mémain J, 2022)

Ces caractéristiques imposent une attention particulière aux stratégies de préparation physique, de récupération et de prévention.

Par ailleurs, la féminisation du football a connu une croissance remarquable ces dernières décennies. On dénombrait environ 29 millions de pratiquantes dans le monde en 2014, soit près de 10 % des effectifs globaux. Cette évolution s'est accompagnée d'une augmentation significative des compétitions internationales, des ligues professionnelles et amateurs, ainsi que d'un soutien accru de la part des instances comme la FIFA. Toutefois, les recherches scientifiques spécifiques aux femmes restent encore limitées en comparaison à celles concernant les hommes, notamment en ce qui concerne les caractéristiques physiques et les exigences du jeu. (Martinez-Lagunas V, 2014)

1.1.2 Naissance et émergence du football féminin.

Le football féminin, bien que longtemps marginalisé, a émergé progressivement à la fin du XIXe siècle, parallèlement à l'évolution de la société et aux premiers mouvements d'émancipation des femmes. Son apparition dans l'espace public remonte à 1881, en Écosse, où un match est disputé entre deux équipes féminines à Édimbourg, marquant un tournant symbolique. (Prudhomme-Poncet, 2003)

Quelques années plus tard, en 1894, Nelly Honeyball fonde le British Ladies' Football Club en Angleterre (figure 1), avec pour objectif de défendre l'égalité des sexes à travers le sport. (Breuil.X, 2007)

Malgré ces prémices prometteuses, la pratique féminine du football fut rapidement confrontée à

des oppositions sociales, médicales et institutionnelles. Des discours scientifiques de l'époque, comme ceux du docteur Mac Auliffe, affirmaient que le football était dangereux pour les femmes en raison de leur prétendue fragilité physiologique et de leur rôle supposé de future mère. (Prudhomme-Poncet, 2003)

Dans de nombreux pays européens, la pratique du football par les femmes fut freinée, voire interdite, notamment par la Football Association anglaise qui, en 1921, publia une directive décourageant les clubs à prêter leurs terrains à des équipes féminines. (FIFA. E. C., 2004)

Toutefois, la Première Guerre mondiale favorisa un essor momentané du football féminin. En l'absence des hommes mobilisés, de nombreuses femmes furent intégrées aux usines et constituèrent leurs propres équipes, comme en Angleterre avec les célèbres Dick Kerr Ladies. Ces dernières connurent un succès médiatique croissant, disputant des matchs devant des dizaines de milliers de spectateurs et effectuant des tournées à l'étranger, notamment en France, en Amérique du Nord ou en Espagne. (Breuil.X, 2007)

Ce développement contribua à structurer progressivement la pratique féminine en Europe.

Dans le reste du monde, l'essor du football féminin a suivi des temporalités et dynamiques diverses. En Amérique du Nord, les États-Unis se sont rapidement imposés comme une terre d'accueil favorable à cette discipline. Le vote du Title IX en 1972, interdisant toute discrimination fondée sur le sexe dans les programmes sportifs scolaires, a massivement favorisé la pratique féminine du soccer. Dès les années 1980, des milliers de jeunes filles s'initiaient au football dans les écoles et les universités. (Markovits A.S., 2003)

En Asie, la Chine fut pionnière dans le développement du football féminin, notamment à partir des années 1980, en misant sur des compétitions structurées et une politique de détection rigoureuse. L'équipe nationale chinoise s'est hissée au sommet lors de la Coupe du Monde féminine de 1999, atteignant la finale contre les États-Unis. (FIFA, Women's Football Strategy, 2019)

En Afrique, les débuts ont été plus tardifs et inégaux. En Afrique australe, notamment en Afrique du Sud, les femmes blanches de classe moyenne ont été autorisées à pratiquer le football dès les années 1960, dans un contexte encore fortement marqué par l'apartheid. (Pfister, 2001) Ce n'est qu'après la fin de l'apartheid, dans les années 1990, que la pratique s'est réellement démocratisée. En Afrique du Nord, les résistances culturelles et religieuses ont longtemps freiné la visibilité des femmes dans le sport, mais plusieurs pays ont fait des avancées significatives. Le Maroc, en particulier, a mis en place en 2020 une stratégie nationale ambitieuse visant à structurer le football féminin sur l'ensemble du territoire, avec des objectifs clairs en matière de formation, de compétitions et d'encadrement. (FMRF, 2020)

En France, la pratique féminine s'est développée au début du XXe siècle, notamment à travers les

clubs de la société parisienne Femina Sport. Un championnat national fut instauré dès 1919. Cependant, après une courte période de développement, la discipline fut largement mise à l'écart entre les deux guerres. Ce n'est qu'à partir des années 1970, avec la levée de certaines interdictions, que le football féminin français a pu reprendre son essor. La Fédération Française de Football (FFF) a progressivement structuré les compétitions et reconnu officiellement la pratique féminine, avec la création d'un championnat national en 1974. (Prudhomme-Poncet, 2003)

À l'échelle mondiale, la FIFA ne reconnaît officiellement le football féminin qu'en 1991, avec la première Coupe du Monde organisée en Chine. Cette reconnaissance tardive souligne la longue marginalisation du football féminin, mais marque aussi le début d'une dynamique institutionnelle forte. Depuis, la professionnalisation et la médiatisation du football féminin ne cessent de croître, en réponse aux mobilisations des joueuses et à la demande sociale pour plus d'équité dans le sport. (Martinez-Lagunas V, 2014)



Figure 1: Première affiche officielle annonçant un match féminin de football organisé par le British Ladies' Football Club, le 23 mars 1895 à Londres. Ce club pionnier, soutenu par Lady Florence Dixie, marque un tournant symbolique dans l'histoire du football féminin au Royaume-Uni.

Source : FIFA Museum Collection / British Library Archives.

1.1.3 Vers la reconnaissance et la professionnalisation internationale.

Depuis les années 2000, le football féminin connaît une transformation majeure vers la reconnaissance et la professionnalisation. Cette évolution s'appuie sur plusieurs dynamiques : l'essor des compétitions internationales, la médiatisation croissante, les politiques institutionnelles volontaristes, ainsi que l'émergence de figures emblématiques.

La FIFA a joué un rôle déterminant dans ce processus. En investissant massivement dans la Coupe

du Monde Féminine et en encourageant la création de ligues professionnelles, elle a contribué à hisser le football féminin au rang des disciplines sportives majeures. Le succès retentissant de la Coupe du Monde Féminine de la FIFA 2019 en France, avec des records d'audience et une couverture médiatique inédite, a confirmé cet engouement mondial. (Ventaja-Cruz J, 2024) Des matchs emblématiques comme la demi-finale de Ligue des Champions 2022 entre le FC Barcelone et Wolfsburg, disputée au Camp Nou devant 91 648 spectateurs, illustrent cette montée en puissance. (Ertheo., 2022)

Dans plusieurs pays européens, cette dynamique a conduit à une reconnaissance institutionnelle. En Espagne, la Primera Division féminine est officiellement devenue professionnelle le 15 juin 2022, bien que son attrait et son audience aient précédé cette officialisation. En France, l'Olympique Lyonnais et le Paris Saint-Germain ont hissé le championnat national au niveau des plus grandes compétitions européennes, en attirant des joueuses internationales de renom et en multipliant les titres continentaux.

La transition vers le professionnalisme a permis l'émergence de véritables icônes du football féminin, telles que Megan Rapinoe (Ballon d'Or 2019), militante engagée pour l'égalité des sexes et les droits LGBTQ+, ou encore Alexia Putellas, double Ballon d'Or (2021, 2022) et figure médiatique du FC Barcelone. Ces athlètes incarnent la modernité d'un football féminin désormais visible, valorisé et vecteur de modèles pour les nouvelles générations.

L'amélioration des conditions de formation, la création d'écoles de football pour filles et l'organisation de stages ou camps de perfectionnement exclusivement féminins accompagnent également cette dynamique. À travers le monde, les fédérations nationales investissent de plus en plus dans les structures dédiées aux jeunes footballeuses, favorisant l'éclosion de nouveaux talents et la structuration de véritables parcours vers le haut niveau.

La médiatisation et le soutien institutionnel ont été les leviers majeurs de cette transformation. La base existait déjà : la passion des femmes pour la pratique du football, l'engagement des supporters et une volonté de reconnaissance depuis des décennies. Toutefois, il a fallu offrir au football féminin une véritable visibilité, en déconstruisant les représentations genrées et en promouvant une image renouvelée du sport féminin. (Williams, 2011) (Dumas.E, 2019)

Sur le plan scientifique, cette évolution s'est accompagnée d'un essor des recherches dédiées à la physiologie, à la psychologie et à la performance dans le football féminin. L'analyse spécifique des besoins et contraintes propres aux femmes dans la pratique de ce sport a permis une meilleure compréhension des exigences du haut niveau, favorisant ainsi des adaptations méthodologiques dans l'entraînement, la prévention des blessures et la détection des talents. (Ventaja-Cruz J, 2024)

Finalement, le football féminin a franchi un tournant historique grâce aux efforts conjoints de

joueuses, d'entraîneurs, de dirigeants, de supporters et de militants. Leur mobilisation a permis d'ancrer cette discipline dans l'espace public comme une composante essentielle du sport mondial, avec des perspectives de croissance encore plus prometteuses dans les années à venir.

1.2. Le développement du football féminin en France.

Longtemps relégué au second plan, le football féminin en France a progressivement émergé comme une composante incontournable du paysage sportif national. Malgré des débuts marqués par une forte opposition sociale et institutionnelle, il bénéficie aujourd'hui d'un encadrement structuré, de performances de haut niveau et d'une médiatisation croissante.

L'histoire du football féminin français remonte au début du XXe siècle, avec la création du club Fémina Sport en 1912 à Paris. C'est ce club qui organisa, le 30 septembre 1917, le tout premier match officiel de football féminin en France, marquant le point de départ d'un processus de reconnaissance. Ce match, joué entre deux équipes internes au club, illustre la volonté de certaines femmes de briser les normes genrées de l'époque. (Williams.J, 2003)

L'entre-deux-guerres fut marqué par des événements d'envergure, notamment la rencontre internationale entre les Dick-Kerr's Ladies d'Angleterre et une sélection française, tenue le 29 avril 1920 à Deepdale devant plus de 25 000 spectateurs. Cette confrontation traduisait déjà un engouement populaire, bien que temporairement freiné par des interdictions institutionnelles dans les décennies suivantes.

Ce n'est qu'à partir des années 1970, sous l'impulsion de figures militantes et de la pression internationale, que la France entame une régularisation du football féminin. La Fédération Française de Football (FFF) reconnaît officiellement la pratique féminine en 1970, ouvrant la voie à la structuration d'un championnat national. Toutefois, il faudra attendre 1992 pour que la Division 1 Féminine (D1F) soit réellement instituée comme un championnat cohérent et attractif.

Le développement de cette discipline s'est accéléré à partir des années 2000, notamment grâce aux performances remarquables de clubs comme l'Olympique Lyonnais Féminin, qui domine la scène européenne avec huit titres de Ligue des Champions féminine. (UEFA, 2023)

Des joueuses emblématiques telles que Marinette Pichon, première professionnelle française à évoluer dans un championnat étranger, ont largement contribué à cette dynamique, tout comme Wendie Renard, Eugénie Le Sommer ou Amandine Henry plus récemment.

L'organisation de la Coupe du Monde féminine en 2019, accueillie par la France, a constitué un tournant décisif. L'événement a mobilisé un large public, avec des stades pleins, une médiatisation sans précédent, et une couverture télévisée sur des chaînes nationales. Cela a permis de changer durablement le regard porté sur les footballeuses et leur performance.

Par ailleurs, l'accession du football féminin au professionnalisme s'est officialisée à différents niveaux. En Espagne, la Primera Division a été reconnue professionnelle en 2022, tandis qu'en France, certaines structures clubistes offrent désormais des statuts professionnels à leurs joueuses, bien que de fortes disparités subsistent encore. L'Olympique Lyonnais, le Paris Saint-Germain, ou encore le Paris FC comptent aujourd'hui parmi les clubs les mieux dotés en moyens humains et financiers.

Enfin, la visibilité médiatique et le soutien institutionnel croissant (notamment à travers les actions de la FFF et du programme FIFA Women's Development) ont consolidé les bases de ce développement. De nombreuses compétitions sont désormais retransmises par des chaînes telles que Canal+, TF1, Eurosport ou DAZN, et la fréquentation des stades ainsi que la consommation numérique des matchs féminins ne cessent d'augmenter. (Ertheo, 2023) (FIFA., 2022)

Ainsi, le football féminin en France a franchi plusieurs étapes cruciales : de la tolérance marginale à une forme de reconnaissance institutionnelle, puis à une professionnalisation partielle, aujourd'hui soutenue par des politiques d'égalité et de promotion du sport féminin.

1.2.1. Evolution institutionnelle et structuration fédérale.

Le développement du football féminin en France s'est construit progressivement à travers des dynamiques institutionnelles, politiques et sportives menées par la Fédération Française de Football (FFF), notamment depuis le début des années 2010. L'objectif affiché est double : structurer la pratique à tous les niveaux et faire du football féminin un levier d'égalité et de mixité dans le sport.

La création du plan de féminisation en 2012 constitue une étape majeure. Ce plan visait à accroître le nombre de licenciées, développer des filières de formation spécifiques, renforcer la présence des femmes dans les instances dirigeantes et valoriser la pratique féminine dans l'espace médiatique. Les résultats sont probants : entre 2011 et 2023, le nombre de joueuses licenciées est passé de moins de 90 000 à plus de 220 000 (FFF, 2023). Cette augmentation s'est accompagnée d'un développement important du nombre d'éducatrices (+127 %), d'arbitres féminines (+49 %) et de dirigeantes (+25 %).

En 2022, la FFF a lancé un nouveau dispositif baptisé « Toutes Foot », destiné à poursuivre l'action entamée dix ans plus tôt. Ce programme fonctionne sur appel à projets et soutient les clubs, districts et ligues dans des initiatives structurantes. Il repose notamment sur le développement de la mixité, l'accompagnement à la prise de responsabilités des femmes dans le football et la professionnalisation des parcours. (FFF., 2022)

La volonté de parité s'est également traduite au sein des instances. Avec la loi sur la démocratisation du sport de 2022, les fédérations devront compter autant de femmes que d'hommes

dans leurs instances dirigeantes à partir du 1er janvier 2024, et ce principe sera étendu aux structures régionales dès 2028. La FFF s'est engagée à atteindre 25 % de femmes dans ses comités de direction dès juin 2024, en s'appuyant sur des actions de terrain (formations IR2F, cartographie des profils, réseau d'ambassadrices).

Un autre moment clé fut la Coupe du monde féminine 2019, organisée en France. Elle a généré un élan médiatique et populaire sans précédent et a été accompagnée du Plan Héritage 2019, doté de 16,3 millions d'euros. (FFF, Fédération Française de Football, 2020) Ce plan a permis de :

- Soutenir les projets d'infrastructures (7,9 M€),
- Renforcer la visibilité et la médiatisation (6,8 M€),
- Favoriser la formation des encadrantes et encadrants (1,6 M€).

Enfin, l'engagement de la FFF ne s'est pas limité aux jeunes générations. Le programme de rassemblement des anciennes internationales, initié en 2012, vise à intégrer ces figures emblématiques dans le plan de féminisation. Ces joueuses historiques deviennent ainsi ambassadrices de la pratique, contribuant à sa transmission et à son rayonnement.

Cette évolution institutionnelle s'inscrit dans une dynamique européenne et mondiale de reconnaissance du football féminin, dans laquelle la France cherche désormais à se positionner comme un acteur de premier plan.

1.1.4 Pôle d'excellence, clubs formateurs, filières de détection.

Le développement du football féminin en France repose sur un maillage structuré de dispositifs de formation, de détection et d'accompagnement des talents. À travers les pôles espoirs, les centres de formation agréés, les sections sportives scolaires (SSS) et l'INSEP, la Fédération Française de Football (FFF) propose une filière complète de haut niveau pour accompagner les jeunes filles vers l'élite.

Les 8 Pôles Espoirs Féminins, implantés à travers le territoire, permettent aux joueuses âgées de 13 à 15 ans d'accéder à un double projet sport-études de haut niveau. Ces structures offrent un encadrement technique quotidien, un suivi scolaire renforcé, un accompagnement médical complet et un environnement favorable à l'épanouissement personnel et sportif. En 2023, ces pôles accueillaient 168 jeunes filles, avec un taux de réussite au baccalauréat de 98 %, témoignant de l'excellence du dispositif. Près de 60 % des joueuses ayant participé à la Coupe du monde 2019 étaient issues de ces pôles.

L'intégration à un pôle espoirs s'effectue sur concours, à la suite d'opérations de détection organisées par les districts, ligues régionales et la FFF. Les critères d'évaluation portent sur les capacités physiques, techniques, tactiques, mais aussi sur la maturité mentale et le potentiel de

développement. Ces concours sont sélectifs et réservés aux jeunes licenciées présentant un projet de haut niveau.

À la suite des pôles, les centres de formation agréés prennent le relais pour la tranche d'âge 15–19 ans. Ces structures sont rattachées aux clubs professionnels féminins ou mixtes (masculins avec section féminine) comme l'Olympique Lyonnais, le Paris Saint-Germain, le Montpellier HSC ou encore le Stade de Reims. Les centres agréés par la FFF et le ministère des Sports dispensent une formation sportive de très haut niveau, intégrée à un parcours scolaire ou universitaire. Chaque joueuse y bénéficie d'un suivi individualisé, de l'évaluation des compétences à la gestion de carrière, en passant par la nutrition, la prévention des blessures et l'analyse vidéo.

Les joueuses les plus prometteuses peuvent ensuite intégrer l'INSEP (Institut National du Sport, de l'Expertise et de la Performance), situé à Paris. Ce centre d'excellence accueille les athlètes de niveau international dans diverses disciplines, dont le football féminin. L'INSEP propose un programme d'entraînement élite en parallèle d'une formation scolaire ou supérieure, avec un accès à des installations sportives, médicales et technologiques de pointe.

En parallèle, les clubs formateurs jouent un rôle majeur dans la structuration du football féminin. Certains clubs amateurs labellisés (Label Jeunes FFF Élite, Excellence ou Espoir) assurent une préformation de qualité. Ils participent aux championnats régionaux, interrégionaux ou nationaux, et bénéficient parfois de partenariats avec des pôles ou des clubs professionnels. L'entrée dans un club formateur se fait généralement sur dossier sportif ou par cooptation suite à une détection, souvent dès la catégorie U13 ou U15.

La filière de détection en France repose sur un maillage progressif :

Détection locale par les clubs, suivie de regroupements par les districts départementaux.

Sélections régionales organisées par les ligues.

Stages interligues ou nationaux organisés par la FFF, permettant d'intégrer les pôles ou d'être repérée par des clubs professionnels.

L'accès à la sélection nationale U16, U17, U19 puis senior se fait à travers cette chaîne progressive de détection.

Concernant les niveaux de compétition, le football féminin français est structuré comme suit :

Tableau 1: Organisation pyramidale du football féminin français. Source : auteur.

Division	Nom	Statut
1ère division	D1 Arkema	Professionnelle
2e division	D2 Féminine	Semi-professionnelle
3e niveau	Division 3 Féminine (depuis 2023)	Amateur structuré
Régional	R1 Féminine (puis R2, etc.)	Amateur

Chaque division permet une montée/descente par système de promotion-relégation, et alimente les compétitions nationales.

Le schéma ci-dessous illustre les différentes étapes du parcours d'une joueuse vers le haut niveau, depuis la pratique en club amateur jusqu'à l'intégration des structures d'excellence telles que les pôles espoirs, les centres de formation agréés, voire l'INSEP pour les profils les plus prometteurs. Ce système structuré permet d'identifier, former et accompagner les talents féminins tout au long de leur développement sportif et scolaire.

Le parcours d'une joueuse vers le haut niveau

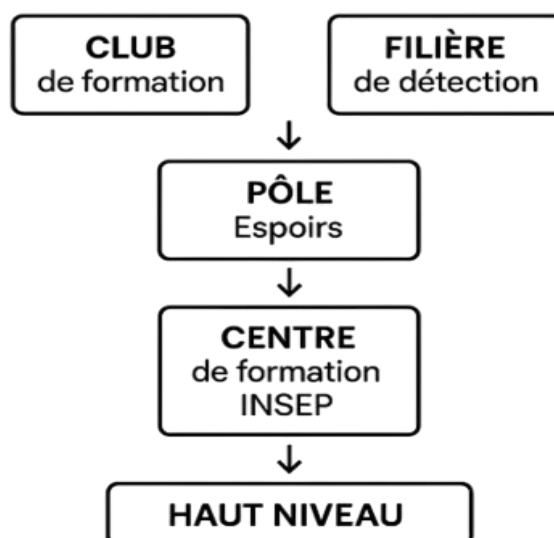


Figure 2: Schéma du parcours d'une joueuse de football vers le haut niveau en France, source : auteur.

1.2.3. Plan stratégique 2020-2025 de la FFF.

Dans un contexte de forte croissance de la pratique féminine en France, la Fédération Française de Football (FFF) a dévoilé en avril 2023 un plan stratégique ambitieux couvrant la période 2020 à 2025. Ce programme vise à consolider la structuration du football féminin de haut niveau, à accélérer sa professionnalisation et à garantir la pérennité de son développement. Il s'inscrit dans une trajectoire historique amorcée par l'augmentation de 140 % du nombre de licenciées au cours de la dernière décennie et la nécessité d'aligner les standards féminins sur ceux du football masculin. (FFF .. , 2023)

Le plan, présenté par Philippe Diallo et Jean-Michel Aulas, repose sur une réorganisation complète de l'écosystème fédéral. Il introduit une refonte de la pyramide des compétitions nationales. Le championnat de première division, la D1 Arkema, adopte un nouveau format avec l'instauration d'un système de play-offs en fin de saison pour désigner le club champion et les équipes qualifiées pour les compétitions européennes. La Division 2 abandonne son ancienne structure à deux poules pour devenir une poule unique composée de 12 équipes, tandis qu'une troisième division nationale est créée, divisée en deux groupes de 12 clubs. Cette dernière intégrera également les équipes issues des centres de formation féminins nouvellement agréés. (Stratégies, 2023)

Ces centres de formation, alignés sur les critères structurels des pôles masculins, sont réservés aux clubs de D1 Arkema et visent à encadrer les jeunes joueuses âgées de 15 à 19 ans autour d'un double projet, scolaire et sportif. Six clubs ont déjà candidaté à l'agrément dès juillet 2023 : l'Olympique Lyonnais, le Paris Saint-Germain, le Paris FC, le FC Fleury 91, le Montpellier HSC et les Girondins de Bordeaux. (FFF .. , 2023)

Parallèlement, la FFF a instauré une nouvelle hiérarchie des licences club structurée en trois niveaux : Élite, Excellence et Accession. Ce système permet aux clubs de bénéficier d'un accompagnement fédéral adapté à leur niveau d'organisation, tout en les incitant à s'aligner progressivement sur les exigences de la professionnalisation. La licence Élite impose notamment l'existence d'un effectif minimal de 11 contrats fédéraux ainsi qu'un encadrement technique, médical et administratif renforcé.

Pour soutenir cette dynamique, la FFF a également annoncé la création d'une ligue professionnelle féminine. Cette instance, opérationnelle à partir de juillet 2024, aura pour mission de gérer de manière autonome les droits audiovisuels, le développement économique des clubs, la recherche de sponsors et la valorisation médiatique du football féminin. L'objectif est de garantir une gouvernance spécifique capable de promouvoir la discipline dans un cadre durable et compétitif à l'échelle nationale et internationale.

Ce plan d'action est accompagné d'un soutien financier inédit. La FFF a annoncé une hausse de 20 à 25 % des dotations consacrées au football féminin, soit un apport supplémentaire de 4 à 5 millions d'euros. Une part de cet investissement est destinée à financer la médiatisation de la D1 Arkema. À cet effet, un appel d'offres a été lancé en avril 2023 pour les droits TV sur la période 2023–2027. Ce dispositif comprend un lot spécifique permettant la diffusion en clair d'au moins 10 matchs par saison, dans une logique de démocratisation et de visibilité accrue du championnat. (FFF .. , 2023)

La stratégie adoptée par la FFF répond également à une volonté de cohérence globale, en intégrant l'équipe de France féminine dans ce processus de professionnalisation. Un nouveau staff technique dirigé par Hervé Renard a été nommé en 2023 avec pour objectif de redynamiser la performance en compétition internationale, en synergie avec les clubs et les filières de formation. (Williams, 2011)

Ce plan s'inscrit dans une triple ambition : atteindre l'excellence mondiale avec l'équipe nationale, maintenir la compétitivité des clubs français en Europe, et renforcer l'attractivité et la légitimité du championnat national auprès du grand public et des acteurs économiques. (Prempeh A, 2025)

Il témoigne d'une évolution structurelle sans précédent dans l'histoire du football féminin français et constitue une réponse concrète aux exigences croissantes du sport de haut niveau.

1.3. Le développement du football féminin en Algérie.

Le développement du football féminin en Algérie est le fruit d'un long processus d'émancipation sportive, marqué par des avancées progressives, des résistances culturelles et des contraintes structurelles persistantes. Pendant plusieurs décennies, cette pratique est restée marginalisée dans un paysage footballistique national largement dominé par le masculin. Toutefois, à partir des années 2000, sous l'impulsion des instances internationales telles que la FIFA et grâce à la mobilisation de certains clubs pionniers, le football féminin algérien a commencé à sortir de l'ombre.

L'essor de la pratique féminine, bien que timide, s'est accompagné d'une série de réformes institutionnelles, d'efforts de structuration à travers la mise en place d'un championnat national, et de collaborations internationales visant à améliorer la formation des encadrants et l'encadrement des joueuses. Cependant, ce développement reste freiné par des inégalités profondes entre les sexes dans le traitement médiatique, l'accès aux infrastructures et la reconnaissance institutionnelle. Le chemin vers une professionnalisation effective demeure semé d'embûches, malgré les efforts d'acteurs engagés sur le terrain, comme les dirigeants de clubs, les anciennes joueuses et les militantes sportives.

1.3.2 Historique, dispositifs réglementaires et organisation.

Le développement du football féminin en Algérie s'inscrit dans un contexte historique complexe, marqué par des avancées tardives, mais significatives. Bien que des rencontres informelles de football

féminin aient été organisées dès les années 1920 à l'occasion d'événements tels que l'exposition d'Alger, ce n'est qu'à la fin des années 1990 que le sport commence à se structurer officiellement dans le pays. La Coupe d'Algérie féminine est instaurée lors de la saison 1998-1999, suivie de la création du championnat national, posant les premières pierres d'une filière de compétition dédiée aux femmes.

Le début des années 2000 marque l'apparition de clubs emblématiques tels que l'Afak Relizane, fondé en 1997, qui deviendra plus tard le club le plus titré du pays avec dix championnats nationaux et deux titres de champion du Maghreb. L'ASE Alger-Centre s'impose également comme une référence, remportant de nombreux titres nationaux et participant activement à la promotion du football féminin. Ces clubs ont joué un rôle crucial dans l'approvisionnement de l'équipe nationale en talents prometteurs, tout en contribuant à renforcer la visibilité du football féminin en Algérie.

Sur le plan réglementaire, la structuration officielle du football féminin reste longtemps timide. Ce n'est qu'en 2009 que la première édition du championnat national féminin est lancée. Il devient semi-professionnel à partir de 2012, bien que l'encadrement institutionnel reste insuffisant. Un tournant est amorcé sous la présidence de Kheireddine Zetchi à la Fédération Algérienne de football (FAF), avec une volonté affirmée de professionnaliser le secteur. L'introduction d'un cahier des charges par la Confédération africaine de football (CAF) conduit, en 2023, à l'obligation pour tous les clubs masculins de première division de créer une section féminine.

L'organisation actuelle du football féminin repose en partie sur la Ligue nationale de football féminin (LNFF), chargée de la gestion des compétitions régionales et nationales. Celle-ci supervise également la Coupe de la LNFF, qui vient compléter le dispositif compétitif. Dans une optique de modernisation, la FAF signe également un accord de coopération avec la Fédération norvégienne de football en août 2023, visant à former des techniciennes spécialisées pour renforcer l'encadrement féminin.

Par ailleurs, le développement du football féminin passe aussi par la formation des sélections nationales. Des efforts notables sont consacrés aux catégories U17 et U20, sous la houlette de figures emblématiques telles que Naïma Laouadi, ancienne joueuse internationale devenue sélectionneuse nationale. Des stages de préparation et des participations à des compétitions africaines et internationales se sont multipliés, comme la CAN 2018 au Ghana, perçue comme un moment charnière pour la visibilité de l'équipe féminine Algérienne sur la scène continentale.

Malgré ces avancées, le football féminin algérien continue de faire face à des obstacles structurels, culturels et financiers. La reconnaissance institutionnelle, bien que croissante, demeure fragile et dépendante des dynamiques politiques et du volontarisme fédéral. Le soutien des collectivités locales, des sponsors et des médias reste inégal, compromettant la pérennité des progrès réalisés. (ElWatan,

2023) (Maghreb, 2024)

Le championnat national féminin algérien, officiellement lancé en 1998 sous statut amateur, a connu une réorganisation en 2009 avec la création du Championnat National Élite réunissant les meilleures équipes du pays. Il constitue l'échelon supérieur d'une pyramide de compétitions encore incomplète, avec peu de niveaux de relégation structurés à l'échelle nationale. En parallèle, des championnats jeunes féminins ont été mis en place progressivement à partir de la saison 2021-2022 pour les catégories U15, U17 et U20, témoignant d'une volonté de développement de la filière féminine dès les bases.

Ce championnat regroupe en moyenne une douzaine de clubs seniors répartis sur tout le territoire, bien que la majorité des formations les plus compétitives soient concentrées dans les régions du Centre et de l'Ouest (Alger, Relizane, Béjaïa, Akbou). Depuis sa création, le club Afak Relizane s'est imposé comme la référence du football féminin algérien, avec un total record de 11 titres de championne nationale entre 2010 et 2023. Il devance l'ASE Alger-Centre, autre club historique, qui totalise 8 titres. Ces deux équipes dominent également les compétitions jeunes, notamment les championnats U15, U17 et U20, avec des confrontations récurrentes en finale.

Sur la scène internationale, l'équipe nationale algérienne féminine affiche une progression encore timide. Elle a participé à six éditions de la Coupe d'Afrique des Nations féminine (2004, 2006, 2010, 2014, 2018 et 2024) mais n'avait jamais dépassé le premier tour jusqu'à la CAN 2025, où elle a accédé pour la première fois aux quarts de finale en se classant deuxième de son groupe. Cette performance constitue une avancée historique et met en lumière le potentiel inexploité de la sélection, malgré des conditions de préparation encore loin des standards internationaux. (FAF., 2023)



Figure 3: Structure pyramidale des divisions de football féminin en Algérie (Source : Élaboration personnelle à partir des données de la FAF, 2025).

1.3.2 Contraintes structurelles et sociétales.

Le développement du football féminin en Algérie se heurte à un ensemble de contraintes structurelles et sociétales persistantes, qui limitent l'accès des filles à la pratique du sport et leur progression vers le haut niveau.

Sur le plan structurel, l'insuffisance des infrastructures adaptées au football féminin demeure un obstacle majeur. La majorité des stades et terrains sont partagés avec les sections masculines, souvent prioritaires, ce qui réduit les créneaux disponibles pour les équipes féminines. De plus, de nombreuses wilayas sont faiblement dotées en installations sportives de qualité, en particulier dans les zones rurales ou sahariennes, accentuant les inégalités territoriales. (Boukerzaza H, 2006)

Cette pénurie s'accompagne d'un manque de moyens financiers alloués au football féminin, notamment en termes de budgets de fonctionnement, de matériel, de transport et de rémunération des encadrants. (FAF, Plan de développement du football féminin 2020-2025, 2020)

En parallèle, les structures fédérales dédiées au développement du football féminin, bien que présentes, peinent à exercer une gouvernance efficace, en raison de ressources humaines limitées et d'un manque de formation spécifique à l'encadrement féminin. (Kharoum, 2023)

Les contraintes sociétales constituent une autre barrière significative. Malgré les évolutions récentes, les représentations sociales restent marquées par une vision genrée du sport, dans laquelle le football est encore perçu comme une discipline masculine. Ce stéréotype est renforcé par une faible médiatisation du football féminin, un manque de modèles féminins visibles, et parfois des résistances familiales ou communautaires à l'engagement des jeunes filles dans la pratique compétitive. Dans certaines régions, des facteurs culturels et religieux peuvent également restreindre la participation féminine, notamment lorsque les équipements ne permettent pas de s'entraîner à l'abri des regards ou que les encadrants masculins ne sont pas remplacés par des femmes, limitant l'inscription des familles. (Abbassi, 2015)

Enfin, les parcours scolaires et universitaires des filles sont rarement articulés avec la pratique sportive de haut niveau, ce qui rend difficile la conciliation entre études et carrière sportive. L'absence de structures de type sport-études pour les filles, à l'image des pôles espoirs ou centres de formation développés en France, constitue un facteur supplémentaire de décrochage ou d'abandon.

Ainsi, le développement du football féminin en Algérie reste contraint par un enchevêtrement de freins matériels, institutionnels et culturels, appelant à des réformes globales et coordonnées pour lever ces blocages et garantir une pratique équitable et inclusive.

En dépit d'une évolution progressive de la structuration du football féminin en Algérie, de nombreux freins persistent, liés à des contraintes structurelles et sociétales bien ancrées. Le manque d'infrastructures adaptées, la faiblesse du financement, la rareté des cadres qualifiés et le déficit de médiatisation constituent des obstacles majeurs à une professionnalisation effective. Ces facteurs limitent non seulement le développement des clubs, mais également les trajectoires individuelles des joueuses, souvent confrontées à des conditions d'entraînement précaires, à une faible reconnaissance sociale, et à l'absence de perspectives de carrière stables. (Khelfaoui, 2022)

L'organisation de la pratique reste largement tributaire de la volonté individuelle de certains dirigeants ou bénévoles, avec des disparités importantes entre les régions. Si des pôles dynamiques comme Alger, Oran ou Béjaïa parviennent à maintenir une certaine activité compétitive, d'autres zones souffrent d'un encadrement insuffisant, d'un manque d'infrastructures sportives, et de préjugés sociétaux persistants vis-à-vis de la pratique féminine du football. (Khalfi, 2017)

Ces résistances sont renforcées par des représentations culturelles qui associent encore majoritairement le football à un sport masculin, ce qui engendre une faible adhésion sociale, voire un rejet dans certaines sphères traditionnelles. (Amara, 2012)

Par ailleurs, l'inégalité d'accès aux moyens de récupération, au suivi médical ou à la préparation physique spécialisée reste flagrante entre les sections masculines et féminines, même dans les clubs de l'élite. Ce manque de considération institutionnelle se traduit également dans la répartition des subventions publiques, souvent orientées vers les clubs masculins. (FAF., 2023)

Malgré ce contexte peu favorable, l'équipe nationale féminine a signé un tournant historique en juillet 2025 en atteignant, pour la première fois de son histoire, les quarts de finale de la Coupe d'Afrique des Nations. Classées deuxièmes de leur groupe avec cinq points, les Algériennes ont obtenu un nul prometteur face aux Nigérianes (0-0), tenantes du titre, et une victoire contre le Botswana (1-0). Ce parcours inédit a été marqué par la performance remarquable de la défenseuse Ghazlane Khazami, élue meilleure joueuse du match contre le Nigeria pour sa solidité défensive et son leadership sur le terrain. (ElMaouid, 2025)

Cette qualification illustre le potentiel de la sélection, mais aussi les écarts structurels qui empêchent encore sa pleine expression. Elle rappelle la nécessité de renforcer l'accompagnement institutionnel et sociétal pour permettre une émergence durable du football féminin à l'échelle nationale et continentale.

1.3.3. Perspectives de développement et enjeux à venir.

La Fédération algérienne de football (FAF) a entrepris, ces dernières années, un processus de restructuration ambitieux visant à renforcer l'organisation du football féminin et à assurer son développement à long terme. Cette dynamique s'est notamment traduite par l'adoption d'un Plan stratégique 2020-2025, intitulé « *De la massification à l'élite* », porté par la Commission nationale du football féminin. Ce plan décline plusieurs objectifs prioritaires : l'augmentation du nombre de licenciées et de clubs, la professionnalisation des structures, le développement des compétences techniques (encadrement, arbitrage, médecine sportive), ainsi que l'intégration du football féminin aux grands rendez-vous internationaux (CAN, Coupe du Monde, Jeux olympiques). (FAF., 2020)

Parmi les mesures concrètes entreprises, la FAF a officialisé en août 2024 une réorganisation du championnat national féminin, avec l'introduction d'un format à 12 clubs pour la Division 1, afin d'augmenter le volume de jeu et la compétitivité des joueuses. La Division 2, quant à elle, est désormais structurée en quatre groupes régionaux, facilitant la participation des clubs éloignés et promouvant une meilleure représentativité territoriale.

Un cahier des charges spécifique est en cours d'élaboration pour encadrer cette restructuration, en consultation avec les clubs, les ligues régionales et les instances fédérales. Le financement du football féminin devrait également faire l'objet d'une refonte « plus objective », avec une prise en charge partielle des frais logistiques (déplacements, matériel, etc.) pour les clubs évoluant en D1 et D2.

La stratégie de développement repose également sur le renforcement des pôles d'excellence, l'implémentation d'un label qualité FAF/Clubs, et la valorisation des catégories jeunes (U14, U17, U19), notamment par l'organisation de festivals nationaux, de concours tels que « *la jeune footballeuse* », et de compétitions scolaires (CAF scolaire U15). Le football féminin est désormais intégré dans le programme FIFA Talent Development Scheme (TDS), avec un accent mis sur la détection, la formation et l'accompagnement des talents dès le plus jeune âge.

Enfin, une coopération avec la Fédération algérienne du sport universitaire (FASU) est en cours de développement afin de faciliter la double réussite scolaire et sportive des jeunes footballeuses. Des formations continues pour les entraîneurs (CAF C, B, A, préparation physique, entraîneur gardien), les arbitres féminines, ainsi que la promotion de la médiatisation (web, TV, événements) font également partie intégrante de cette vision stratégique.

Ces réformes ambitieuses visent à créer un écosystème plus professionnel, inclusif et durable autour du football féminin en Algérie, tout en contribuant à sa reconnaissance continentale. La performance historique des « *Guerrières du désert* » lors de la CAN 2024, où elles ont atteint pour la première fois les quarts de finale, constitue un signal fort de cette progression, marquant une étape

1.4 Comparaison France-Algérie : états des lieux et disparités.

Si le football féminin connaît une dynamique de développement sur plusieurs continents, les écarts restent marqués entre pays disposant de structures institutionnelles solides et ceux où la discipline peine à s'implanter durablement. En ce sens, la comparaison entre la France et l'Algérie, deux pays historiquement liés mais évoluant dans des contextes socioculturels, économiques et sportifs distincts, permet de mettre en lumière les facteurs déterminants du haut niveau. Tandis que la France figure parmi les nations les plus structurées d'Europe, avec une base pratiquante dense, des centres de formation agréés et une ligue professionnelle, l'Algérie demeure confrontée à des obstacles structurels, réglementaires et sociétaux. Cette section met en perspective les principales différences entre les deux systèmes, en s'appuyant sur des critères tels que l'organisation institutionnelle, la pyramide des compétitions, la formation, l'encadrement, la médiatisation, et les résultats des sélections nationales.

1.4.1 Organisation institutionnelle et structuration fédérale.

En France, la Fédération Française de Football (FFF) coordonne l'ensemble du système de compétition féminin à travers une structuration pyramidale allant du niveau amateur aux divisions professionnelles. Cette organisation repose sur une articulation claire entre la FFF, les ligues régionales, les districts départementaux, et la Ligue Féminine de Football Professionnel (LFFP), récemment instituée pour gérer le haut niveau. La FFF ne se limite pas à la régulation des compétitions : elle assure également la labellisation des clubs formateurs (Labels Espoir, Excellence et Élite), la formation continue des encadrants, ainsi qu'un développement stratégique différencié entre pratique élite et pratique de masse. (FFF, 2020)

Le système compétitif s'étend sur cinq niveaux :

La Division 1 Arkema, regroupant les clubs professionnels et semi-professionnels, représente l'élite nationale et donne accès aux compétitions européennes.

La Division 2 Féminine, niveau de transition vers le professionnalisme, favorise la montée en D1.

La Division 3 Féminine et le Régional 1 Féminin, encadrés par les ligues régionales, constituent des tremplins vers les niveaux supérieurs.

Enfin, les compétitions de district accueillent les formations locales de niveaux inférieurs.

Ce maillage organisationnel permet une structuration verticale cohérente, adossée à une stratégie de développement ambitieuse portée par la FFF, en partenariat avec l'État et les collectivités territoriales. (Sports, 2023)

En Algérie, la Fédération Algérienne de Football (FAF) supervise le développement du football féminin à travers un dispositif fédéral encore en phase de consolidation. La Ligue Nationale de Football Féminin (LNFF) constitue l'organe de gestion central des compétitions féminines, sous la tutelle directe de la FAF. Des commissions spécialisées, telles que la Commission du football féminin (dont la composition doit inclure au moins trois femmes), ont pour mission de piloter les politiques de développement, la structuration des compétitions, et l'intégration des jeunes catégories. (FAF., 2023)

Depuis la réforme engagée en 2023, la FAF a instauré un plan de réorganisation prévoyant :

Une réduction du format de la Division 1 à 12 clubs pour accroître le niveau de compétitivité.

Une restructuration de la Division 2 en quatre groupes régionaux, facilitant l'accessibilité géographique.

L'élaboration d'un cahier des charges fédéral, destiné à encadrer l'engagement des clubs en matière de formation, d'encadrement médical et d'infrastructures.

La FAF soutient également les clubs féminins par des aides financières, notamment pour la prise en charge des dossiers médicaux des jeunes catégories, et favorise la baisse des frais de formation pour les entraîneurs et arbitres féminines. Par ailleurs, les clubs engagés doivent participer obligatoirement à la Coupe d'Algérie féminine dans les catégories U15, U17, U20 et seniors, renforçant ainsi le maillage compétitif à l'échelle nationale.

En somme, si la FFF déploie une architecture mature appuyée sur des outils de labellisation, de formation et de professionnalisation, la FAF semble amorcer une phase de transition avec des mesures correctives pour structurer durablement le football féminin, malgré des contraintes institutionnelles et sociétales persistantes.

1.4.2 Cadre compétitif et nombre de divisions.

Le cadre compétitif du football féminin diffère considérablement entre la France et l'Algérie, tant par la densité du maillage des compétitions que par le degré de professionnalisation des structures. En France, la pyramide sportive est solidement organisée autour de plusieurs niveaux progressifs allant de la Division 1 Arkema, qui constitue l'élite avec 12 clubs professionnels ou semi-professionnels, jusqu'aux compétitions de district. La D1 ouvre l'accès à la Ligue des Champions de l'UEFA, tandis que la Division 2, divisée en deux groupes géographiques, représente l'antichambre de l'élite. En 2023, la Fédération Française de Football (FFF) a instauré une Division 3 nationale pour renforcer la structuration intermédiaire entre les niveaux régionaux et nationaux. Le Régional 1, géré par les ligues régionales, ainsi que les divisions de district assurent une large base de pratique et un

vivier de formation continue. En Algérie, la Fédération Algérienne de Football (FAF) a récemment réformé son championnat pour en améliorer la compétitivité. La Division 1 regroupe désormais 12 clubs, dans une logique de concentration des meilleures formations et d'élévation du niveau de jeu. La Division 2, quant à elle, a été restructurée en quatre groupes régionaux afin de répondre aux contraintes géographiques et logistiques du pays. En parallèle, la Coupe d'Algérie féminine est obligatoire pour les catégories seniors, U20, U17 et U15, participant ainsi à la diversification de l'offre compétitive. Malgré cette dynamique, le système algérien reste moins dense, avec l'absence de divisions intermédiaires équivalentes à la D3 ou au Régional 1 français. En termes de palmarès, l'Olympique Lyonnais domine historiquement le football féminin français avec 16 titres de D1, tandis qu'en Algérie, l'Afak Relizane reste le club le plus titré avec 10 sacres nationaux. Ces contrastes témoignent des écarts structurels et historiques entre les deux fédérations, bien que des réformes récentes de la FAF comme la régionalisation de la D2 et la volonté d'allonger la durée des compétitions traduisent une ambition de réduction progressive de ces disparités.

Tableau 2: Synthèse comparative du cadre compétitif et de la structuration des divisions dans le football féminin en France et en Algérie, source : auteur.

Critère	France	Algérie
Division 1	D1 Arkema – 12 clubs professionnels	D1 – 12 clubs depuis 2023
Division 2	D2 – 2 groupes	D2 – 4 groupes régionaux
Division 3 / Régional	D3 Nationale + R1 (ligues régionales) + district	Pas de niveau structuré officiellement en dessous de la D2
Coupe nationale	Coupe de France féminine (toutes catégories)	Coupe d'Algérie (seniors, U20, U17, U15)
Club le plus titré	Olympique Lyonnais (16 titres de D1)	Afak Relizane (10 titres de D1)
Réforme récente	Création D3, professionnalisation accrue (2023)	Réduction D1, régionalisation D2 (2023)

1.4.3 Nombre de licenciées et base pratiquante.

La base pratiquante du football féminin révèle un écart significatif entre la France et l'Algérie. En France, selon les données de la Fédération Française de Football (FFF), on comptait plus de 206 000 licenciées en 2023, dont environ 60 000 joueuses en compétition. Ce chiffre résulte d'un travail structuré de promotion, de détection, de formation, et de développement, soutenu par des campagnes institutionnelles et l'intégration du football féminin dans les établissements scolaires, les clubs labellisés et les pôles d'excellence. À l'inverse, en Algérie, le nombre de licenciées reste très limité : les chiffres oscillent autour de 1 500 à 2 000 pratiquantes, en grande majorité concentrées dans quelques wilayas comme Alger, Béjaïa, Tizi Ouzou et Oran. Cette faible base pratiquante reflète des freins multiples, d'ordre socioculturel, infrastructurel et organisationnel, bien que des mesures récentes visent à élargir cette assise à travers la relance des catégories jeunes et la mise en œuvre d'un plan stratégique 2020-2025 de la FAF pour encourager la féminisation du football.

1.4.4 Centre de formation et détection des talents.

La détection et la formation des talents constituent un maillon essentiel du développement du football féminin, tant en France qu'en Algérie, bien que les dispositifs en place diffèrent largement en termes de structuration, de moyens et d'efficacité.

En Algérie, la Fédération Algérienne de Football (FAF) a entrepris la mise en place de structures de formation visant à développer la pratique féminine. Toutefois, le dispositif reste embryonnaire. Les centres de formation agréés spécifiquement pour les filles sont encore peu nombreux et la majorité des initiatives en matière de détection s'opèrent à travers les clubs professionnels ou semi-professionnels disposant d'une section féminine, comme l'Afak Relizane ou le FC Akbou. Des structures privées ou associatives telles que l'Académie Seconde Chance ou certains projets régionaux soutenus par des directions de la jeunesse et des sports (DJS) permettent ponctuellement à des joueuses d'être identifiées lors de stages ou de journées de détection. Par ailleurs, la FAF a collaboré avec la FIFA à travers des ateliers à Alger destinés à améliorer les dispositifs de repérage et d'accompagnement des jeunes talents féminins, mais ces initiatives restent encore marginales au niveau national.

En France, la Fédération Française de Football (FFF) a instauré une politique structurée de formation des jeunes footballeuses, appuyée par un réseau national de Pôles Espoirs Féminins et de centres de formation agréés. Ces structures sont rattachées aux clubs professionnels, notamment ceux évoluant en Division 1 Arkema, tels que l'Olympique Lyonnais, le Paris Saint-Germain, le

Paris FC, Montpellier ou encore Fleury. Ces centres assurent un encadrement intensif, alliant formation sportive de haut niveau, suivi médical, accompagnement psychologique, et continuité scolaire. L'entrée dans ces pôles se fait sur concours, après un processus rigoureux de détection organisé par les districts et les ligues régionales. Actuellement, six clubs disposent d'un centre de formation féminin officiellement agréé par la FFF. En parallèle, des journées de détection sont régulièrement organisées à l'échelle locale et nationale afin d'identifier de nouveaux profils prometteurs. La FFF a également instauré des partenariats avec les établissements scolaires (sections sportives) et les collectivités territoriales afin d'élargir la base de détection.

La différence de structuration entre les deux pays est notable : tandis que la France bénéficie d'une politique institutionnelle cohérente, fondée sur des critères de performance et d'encadrement rigoureux, l'Algérie reste confrontée à une faible couverture territoriale en matière de détection, à l'absence de pôles fédéraux spécialisés, et à un déficit en infrastructures et en encadrement qualifié. Cette disparité structurelle limite l'émergence de talents à haut potentiel et restreint les possibilités d'atteindre le haut niveau de manière homogène et équitable sur le territoire national.

1.4.5 Encadrement technique et qualifications des entraîneurs.

En Algérie, l'encadrement technique dans le football féminin repose sur un dispositif fédéral structuré. La Fédération Algérienne de Football (FAF), par l'intermédiaire de la Direction Technique Nationale (DTN), encadre les formations d'entraîneurs selon des exigences précises. Les diplômes CAF (Confédération Africaine de Football) notamment les licences CAF C, B et A sont requis selon le niveau de compétition. Pour accéder à la licence CAF A, les entraîneurs doivent justifier d'un diplôme CAF B ou UEFA A, ainsi que d'une expérience d'au moins trois années dans l'encadrement technique. Ce diplôme est obligatoire pour encadrer des équipes féminines de première division ou les sélections nationales.

Les entraîneurs des catégories U21 à U13 doivent posséder un diplôme correspondant, du troisième au premier degré fédéral (DFE 3, DFE 2 ou DFE 1), selon leur ligue d'affiliation (LFP1, LN2, DNA, LRF, etc.)

De plus, la FAF délivre des diplômes spécifiques pour les préparateurs physiques (PPH) et les entraîneurs de gardiennes de but (GB), afin de garantir un encadrement multidisciplinaire.

L'équipe nationale féminine A est encadrée par une sélectionneuse diplômée CAF A, assistée d'un staff technique complet, comprenant notamment un préparateur physique, un entraîneur des gardiennes, un kinésithérapeute et un médecin fédéral. Lors des derniers regroupements, notamment en vue des qualifications à la CAN, plusieurs joueuses évoluant à l'étranger ont été convoquées, soulignant l'ouverture croissante de la sélection à la diaspora. Chaque équipe nationale de jeunes

(U20, U17, U15) dispose également d'un encadrement spécifique, avec un ou deux entraîneurs qualifiés, assistés par un staff réduit.

Dans les clubs algériens, la qualification des entraîneurs varie fortement. Si certains clubs de D1 comme l'AS Sûreté Nationale ou Afak Relizane disposent d'entraîneurs certifiés CAF A ou B, d'autres, évoluant dans des divisions inférieures, confient leurs équipes à des techniciens disposant de diplômes FAF 1 ou FAF 2. L'accès aux formations reste encore limité pour les femmes, bien que la FAF promeuve leur intégration dans les formations fédérales.

En France, le système de formation des entraîneurs est piloté par la Fédération Française de Football (FFF) via l'Institut de Formation du Football (IFF). Le parcours classique commence par le Brevet de Moniteur de Football (BMF), suivi du Brevet d'Entraîneur de Football (BEF), du Brevet d'Entraîneur Formateur de Football (BEFF), jusqu'au Diplôme d'Entraîneur Professionnel de Football (DEPF). Pour les entraîneurs du football féminin, un certificat spécifique le CEFF (Certificat Entraîneur Football Féminin) a été créé afin de renforcer les compétences liées à l'encadrement des joueuses de D1 Arkema et D2.

Le staff des sélections françaises est également très structuré. À titre d'exemple, l'équipe de France U23 est dirigée par Frédéric Biancalani, diplômé du BEPF, accompagné d'un adjoint, d'un préparateur physique, d'un analyste vidéo, d'un kinésithérapeute et d'un médecin. Ces équipes s'entraînent au Centre National du Football de Clairefontaine, véritable pôle d'excellence pour la formation et la préparation des sélections nationales.

Les clubs professionnels français (Lyon, Paris FC, PSG, Bordeaux...) disposent également de centres de formation agréés, intégrant des techniciens qualifiés, souvent titulaires de diplômes UEFA A ou Pro. Les exigences fédérales imposent que toute équipe évoluant en D1 féminine soit encadrée par un entraîneur diplômé au minimum du BEF.

Enfin, la FFF veille à la mise à jour continue des compétences via des formations continues obligatoires, des modules spécifiques sur le football féminin, et des évaluations régulières. L'accès des femmes aux formations diplômantes est soutenu par des plans d'égalité des chances et des bourses dédiées.

Concernant l'encadrement médico-sportif, les sélections nationales féminines d'Algérie bénéficient d'un suivi assuré par un médecin fédéral, un ou deux kinésithérapeutes, ainsi qu'un préparateur physique diplômé. Lors des derniers stages de l'équipe A féminine au Centre Technique National (CTN) de Sidi Moussa, le staff comprenait notamment le préparateur physique Mohamed Benaïssa, titulaire d'un master en préparation physique, ainsi que le médecin fédéral Dr. Samia Aït-Ali, spécialisée en médecine du sport. La sélection dispose également d'un entraîneur spécifique pour les gardiennes de but. Ces professionnels accompagnent les joueuses lors des matches, stages et

compétitions internationales (CAN, tournois FIFA/TDS...).

Les sélections jeunes (U20, U17, U15) bénéficient de moyens plus réduits : souvent un seul kinésithérapeute pour plusieurs catégories, et un préparateur physique mutualisé. En club, notamment en D1 algérienne, certaines structures comme Afak Relizane ou l'AS Sûreté Nationale ont intégré un préparateur physique à temps partiel, généralement diplômé FAF/INFS ou formé localement. Toutefois, la majorité des clubs de divisions inférieures ne disposent pas d'un encadrement médical permanent, ce qui limite la prévention des blessures et le suivi individualisé.

En France, la structuration médico-physique est bien plus développée. Les sélections nationales disposent d'un staff complet : médecin référent, kinésithérapeutes, préparateur physique, nutritionniste, et parfois un psychologue du sport. L'équipe de France féminine A, par exemple, est encadrée par le docteur Fabrice Bryand, médecin en chef, et Ludovic Leroy comme préparateur physique principal. Le suivi des joueuses inclut des bilans biomécaniques, des évaluations de charge, et des programmes individualisés de prévention.

Les centres de formation et clubs professionnels féminins (OL, PSG, Paris FC...) disposent aussi d'un staff santé permanent. Ces clubs emploient des préparateurs physiques diplômés du DEPP (Diplôme d'État de Préparateur Physique), travaillent avec des équipes pluridisciplinaires comprenant podologues, ostéopathes et data analysts, et utilisent des outils technologiques de pointe (GPS, force plates, systèmes de monitoring HRV, etc.).

Cette différence structurelle souligne l'un des écarts majeurs entre les deux pays en matière de performance, de récupération, et de prévention des blessures, éléments centraux dans l'optimisation du football féminin de haut niveau.

1.4.6 Médiatisation, reconnaissance et sponsoring.

La médiatisation du football féminin connaît un développement inégal entre la France et l'Algérie, reflétant des écarts significatifs en matière de visibilité, de reconnaissance sociale et de soutien économique.

En France, la visibilité du football féminin s'est considérablement accrue au cours de la dernière décennie, en particulier depuis la Coupe du monde féminine organisée en 2019. Des compétitions comme la Division 1 Arkema sont désormais diffusées sur des chaînes nationales ou spécialisées (Canal+, FFF TV, DAZN), et les joueuses internationales comme Wendie Renard ou Eugénie Le Sommer jouissent d'une notoriété médiatique importante. La Fédération Française de Football (FFF) mène régulièrement des campagnes de communication pour promouvoir la pratique féminine, notamment à travers des partenariats avec les médias et des campagnes comme « Le foot, c'est pour toutes ».

Le sponsoring a également connu un essor significatif. Des marques comme Arkema, Crédit Agricole, Orange ou Nike soutiennent les clubs féminins ou les compétitions, et plusieurs clubs professionnels disposent de budgets marketing spécifiques pour leur section féminine. La professionnalisation progressive du secteur s'est accompagnée d'une meilleure reconnaissance des joueuses, avec des contrats professionnels, des primes, et des dispositifs de reconversion soutenus par les syndicats (UNFP).

À l'inverse, en Algérie, la couverture médiatique du football féminin reste marginale et irrégulière. Hormis des événements exceptionnels (comme la qualification historique pour les quarts de finale de la CAN 2024), les compétitions nationales féminines ne bénéficient d'aucune retransmission télévisée régulière, ni d'un suivi structuré dans la presse sportive. La présence sur les réseaux sociaux reste faible et repose souvent sur des initiatives individuelles des clubs ou des joueuses elles-mêmes.

Cette faible visibilité limite la reconnaissance publique des performances et freine l'émergence de modèles pour les jeunes filles. Malgré quelques efforts de la FAF pour relayer les activités des sélections féminines via son site officiel et les réseaux sociaux, le déficit d'image reste important. Cela a un impact direct sur le sponsoring : très peu d'entreprises soutiennent activement le football féminin. Les rares partenariats observés proviennent d'institutions publiques ou d'accords ponctuels avec des sponsors techniques (équipements ou transport). À l'échelle des clubs, la plupart des équipes de D1 et D2 féminines peinent à attirer des financements stables, ce qui freine leur développement structurel.

Enfin, la reconnaissance institutionnelle en Algérie reste également limitée. Malgré quelques avancées, comme l'intégration du football féminin au programme FIFA/TDS ou l'obligation pour les clubs de participer à la Coupe d'Algérie dans les catégories jeunes, le football féminin ne bénéficie pas encore d'une place équivalente dans les politiques sportives nationales.

En résumé, la France bénéficie d'un écosystème favorable à la médiatisation et au financement du football féminin, tandis que l'Algérie doit encore surmonter de nombreux freins structurels, culturels et économiques pour renforcer la visibilité, la reconnaissance sociale et l'attractivité financière de sa pratique féminine.

1.4.7 Performances internationales.

Les performances des sélections nationales féminines de France et d'Algérie sur la scène internationale illustrent l'écart structurel et historique entre les deux nations en matière de développement du football féminin.

La France figure aujourd'hui parmi les grandes nations du football féminin mondial. Depuis sa

première participation à une phase finale de Coupe du Monde en 2003, l'équipe de France féminine a régulièrement accédé aux quarts de finale, voire aux demi-finales. Elle a atteint le dernier carré lors du Mondial 2011 en Allemagne (4^e place) et lors des Jeux Olympiques de Londres en 2012. Plus récemment, elle s'est hissée en demi-finale de la Coupe du Monde 2023, confirmant la solidité de son projet sportif.

Sur le plan continental, les Bleues figurent régulièrement dans le top 5 européen et participent activement à la Ligue des Nations féminine de l'UEFA. La Fédération Française de Football (FFF) a également structuré un système de sélections nationales par âge (U16 à U23), avec des résultats probants dans les compétitions de jeunes (ex : victoire à l'Euro U19 en 2016, 2019). La France accueillera également les Jeux Olympiques de Paris 2024, où l'équipe féminine figure parmi les favorites.

En revanche, l'Algérie reste une nation émergente du football féminin en Afrique. Son parcours est marqué par une participation irrégulière aux compétitions continentales. La sélection algérienne féminine a pris part à six phases finales de la Coupe d'Afrique des Nations Féminine (CAN) : 2004, 2006, 2010, 2014, 2018 et 2024. Jusqu'à récemment, elle n'avait jamais franchi le premier tour.

La CAN 2024, organisée au Maroc, a marqué un tournant historique. L'Algérie a terminé deuxième de son groupe derrière le Nigeria (7 pts), avec un bilan de deux matchs nuls et une victoire contre le Botswana (1-0). Elle s'est qualifiée pour la première fois en quarts de finale, un exploit salué comme une avancée majeure pour la reconnaissance du football féminin national. La défenseure Ghazlane Khazami a été désignée meilleure joueuse du match face au Nigeria, illustrant l'émergence de nouveaux talents à haut potentiel.

Cependant, l'Algérie reste absente des phases finales de Coupe du Monde Féminine FIFA et n'a jamais participé aux Jeux Olympiques. Le classement FIFA de l'équipe nationale féminine algérienne reflète cette situation : elle figure actuellement autour de la 100^e place mondiale, tandis que la France évolue régulièrement dans le Top 5.

Au niveau des catégories jeunes, la FAF dispose de sélections U20 et U17, mais leur présence dans les compétitions continentales reste limitée et sans podium à ce jour. En 2023, l'Algérie a été désignée hôte du tournoi U20 de l'UNAF (Union Nord-Africaine de Football), dans le but de relancer la dynamique de compétition des jeunes.

En somme, la France dispose d'une tradition et d'une infrastructure qui soutiennent des performances de haut niveau, aussi bien chez les seniors que dans les équipes de jeunes. L'Algérie, de son côté, affiche une progression encourageante mais reste en phase de construction, tant sur le plan technique que structurel.

1.5 Les déterminants institutionnels et stratégiques du développement du football féminin : les plans stratégiques internationaux.

Le développement du football féminin ne relève pas uniquement de dynamiques sportives et sociales, mais dépend fortement des orientations stratégiques adoptées par les instances internationales et les fédérations nationales. Plusieurs travaux ont montré que la structuration institutionnelle constitue un levier déterminant pour l'expansion de la pratique féminine et la réduction des inégalités persistantes. Selon Williams (2013), la reconnaissance officielle du football féminin par les fédérations internationales et la FIFA a marqué une rupture fondamentale, permettant une visibilité accrue et une légitimation progressive de la discipline. Plus récemment, Evans et Pfister (2021) ont souligné que les politiques globales, lorsqu'elles sont accompagnées de financements ciblés, influencent directement la croissance du nombre de licenciées et la qualité des compétitions nationales.

La FIFA a adopté en 2018 une stratégie mondiale dédiée au football féminin, articulée autour de la participation, de la compétitivité et de la gouvernance inclusive (FIFA, 2018). Cette démarche s'inscrit dans un mouvement plus large de gouvernance sportive internationale où les plans stratégiques sont considérés comme des instruments d'égalisation des opportunités, à l'image de ce que décrit Hylton (2023) dans ses travaux sur les politiques sportives et l'inclusion. L'introduction de programmes comme le *FIFA Forward* a permis, dans de nombreux pays, la création d'académies féminines et la professionnalisation progressive des championnats (Valenti & Fardilha, 2021).

Au niveau continental, l'UEFA a publié en 2019 son plan « Time for Action », qui vise notamment à doubler le nombre de joueuses en Europe et à renforcer la place des femmes dans la gouvernance du football (UEFA, 2019). Les travaux de Scraton, Caudwell et Holland (2018) ont montré que de tels programmes contribuent non seulement à élargir la base de pratiquantes, mais également à transformer la perception culturelle et médiatique du football féminin. De manière complémentaire, la Confédération africaine de football (CAF) a adopté en 2020 une stratégie spécifique au développement du football féminin, dont l'un des objectifs majeurs était la création de la Ligue des champions féminine africaine. Selon Akinyi et Mwisukha (2022), cette initiative représente un pas important vers la professionnalisation sur le continent, bien que la mise en œuvre reste inégale en raison des contraintes économiques et socioculturelles.

Plus globalement, la littérature scientifique s'accorde à considérer que les stratégies institutionnelles ne se limitent pas à la création de compétitions, mais participent à l'élaboration de modèles de gouvernance plus inclusifs et durables. De Bosscher et al. (2006), dans leurs travaux sur les politiques sportives comparées, insistent sur la nécessité d'intégrer des indicateurs de participation, de financement et de formation dans l'évaluation des politiques de développement

sportif. Cette perspective est reprise par Saavedra (2009), qui montre que le sport féminin, et en particulier le football, ne peut se développer de manière équitable sans une volonté politique explicite et des mécanismes de suivi rigoureux.

Ainsi, l'étude des plans stratégiques internationaux constitue un cadre essentiel pour comprendre comment les institutions sportives cherchent à structurer la croissance du football féminin, réduire les disparités entre pays et répondre aux enjeux de professionnalisation et de durabilité.

1.5.1 La stratégie mondiale de la FIFA pour le football féminin.

Pendant longtemps, le développement du football féminin a été freiné par des obstacles institutionnels, socioculturels et économiques qui ont contribué à creuser l'écart avec le football masculin. Dans de nombreux pays, ce sport a été marginalisé, parfois même interdit, comme ce fut le cas en Angleterre entre 1921 et 1971 où les clubs féminins n'avaient pas accès aux stades de la Fédération anglaise (Williams, 2019). Ce retard historique explique pourquoi, dès le début des années 2000, plusieurs voix se sont élevées pour demander à la FIFA d'assumer une responsabilité spécifique dans la structuration du football féminin. Pourtant, ce n'est qu'en 2018 que l'instance mondiale a adopté une stratégie globale consacrée exclusivement à ce secteur, connue sous le nom de FIFA Women's Football Strategy (FIFA, 2018).

Cette stratégie constitue une véritable feuille de route autour de trois axes majeurs : augmenter la participation des femmes à travers le monde, améliorer la compétitivité des compétitions et renforcer la gouvernance en promouvant la place des femmes dans les structures décisionnelles. La FIFA s'était fixée pour objectif d'atteindre 60 millions de joueuses licenciées d'ici 2026, en s'appuyant sur des programmes tels que FIFA Forward et sur l'accompagnement financier des fédérations membres. Entre 2019 et 2022, la FIFA a ainsi consacré plus d'un milliard de dollars au développement du football féminin, dont 500 millions spécifiquement affectés à l'organisation de compétitions et à la formation (FIFA, 2020). Ces investissements ont porté leurs fruits : en 2022, 80 % des associations membres déclaraient avoir mis en place une stratégie féminine nationale, contre seulement 33 % en 2018 (FIFA, 2022).

Sur le plan des compétitions, la Coupe du Monde féminine 2019 en France a marqué un tournant. Suivie par plus d'un milliard de téléspectateurs cumulés, elle a permis de démontrer le potentiel médiatique et commercial du football féminin (Miller et al., 2020). Les retombées ont été particulièrement significatives en termes de sponsoring, de diffusion télévisée et d'intérêt des clubs professionnels. Cet élan a également contribué à une augmentation des effectifs féminins en Europe et en Amérique du Nord, où certaines fédérations comme l'Angleterre ont vu doubler le nombre de licenciées U16 en l'espace de trois ans grâce au programme Gameplan for Growth (Rudkin et al., 2021).

Toutefois, comme le rappellent Abouna et Bourgeois (2021), ces dynamiques doivent être analysées dans un cadre plus large. Leur étude sur la mondialisation et la féminisation du football montre que les politiques globales, comme celles de la FIFA, interagissent avec des configurations nationales très contrastées. Ils mobilisent le concept de « glocalisation » pour désigner cette tension permanente entre les dynamiques globales et les réalités locales. Ainsi, l'impact de la stratégie FIFA est très variable : tandis que des pays comme la France, l'Allemagne ou les États-Unis bénéficient de contextes favorables (fort soutien institutionnel, structures professionnelles solides, acceptabilité sociale de la pratique féminine), d'autres nations, notamment en Afrique du Nord ou en Asie, peinent à traduire ces orientations en politiques effectives.

Afin de mieux mesurer ces disparités, Abouna et Bourgeois (2021) proposent une typologie fondée sur l'Indice de Différenciation du Classement entre Hommes et Femmes (IDCHF). Cet indicateur compare la position des sélections masculines et féminines dans le classement FIFA et met en évidence les écarts structurels. Les pays ayant un IDCHF faible témoignent d'un investissement relativement équilibré dans les deux sexes. C'est le cas de la France, dont la sélection féminine se classe parmi les dix meilleures nations mondiales, alors que l'équipe masculine figure régulièrement dans le top 5. À l'inverse, les pays avec un IDCHF élevé, comme l'Algérie (84e au classement féminin FIFA en 2024, contre 30e au masculin), illustrent une focalisation quasi exclusive sur le football masculin, traduisant l'absence d'infrastructures et de politiques cohérentes pour les femmes. Cet outil met ainsi en évidence que la stratégie mondiale de la FIFA, bien qu'ambitieuse, ne produit pas les mêmes effets selon les contextes nationaux et demeure conditionnée par des inégalités historiques.

Cette lecture critique est confirmée par d'autres travaux. Schoch et al. (2022) ont montré que, malgré les efforts de la FIFA, la représentation des femmes dans les organes de gouvernance reste limitée, avec seulement 7 % de présence dans les comités exécutifs des fédérations internationales. De même, Birkner et Næss (2021) soulignent que les écarts de financement entre continents persistent : alors que l'Europe concentre près de 60 % des investissements destinés au football féminin, l'Afrique subsaharienne et l'Asie du Sud en reçoivent moins de 10 %. Ces déséquilibres renforcent les écarts de compétitivité et expliquent en partie pourquoi certaines sélections nationales peinent à s'imposer sur la scène internationale malgré la stratégie FIFA.

Enfin, la littérature scientifique récente met en lumière un autre effet indirect de cette stratégie : la croissance exponentielle des recherches consacrées au football féminin. Ventaja-Cruz et al. (2024) ont montré qu'entre 2019 et 2023, le volume de publications académiques sur ce thème a augmenté de plus de 250 %, couvrant des champs variés allant de la physiologie de l'effort à la gouvernance sportive. Cette dynamique traduit l'intérêt croissant du monde académique pour une discipline longtemps négligée, et renforce l'idée que les politiques internationales peuvent agir comme leviers

La stratégie mondiale de la FIFA pour le football féminin doit donc être comprise comme un jalon essentiel dans le processus de reconnaissance et de professionnalisation de la discipline. Toutefois, son efficacité réelle reste conditionnée par les dynamiques locales, la volonté politique nationale et le niveau d'intégration des principes d'égalité dans les systèmes sportifs. L'IDCHF apparaît alors comme un indicateur précieux pour mesurer les progrès réalisés et identifier les zones où le football féminin demeure structurellement marginalisé.

1.5.2 La stratégie de l'UEFA pour le développement du football féminin.

Depuis la fin des années 2010, l'UEFA a placé le développement du football féminin au cœur de son action institutionnelle, en l'intégrant progressivement dans une vision stratégique globale et pluriannuelle. Le premier cadre structuré fut le plan *Time for Action* (2019-2024), qui fixait quatre objectifs principaux : doubler le nombre de licenciées en Europe, renforcer la visibilité médiatique, améliorer la qualité et la compétitivité des compétitions féminines, et accroître la représentation des femmes dans les instances décisionnelles. Ce programme a marqué une rupture avec les approches ponctuelles antérieures, en proposant pour la première fois un projet cohérent visant à aligner le football féminin sur les standards organisationnels et commerciaux du football masculin.

En 2022, l'UEFA a présenté un prolongement opérationnel avec la stratégie *Unstoppable* (2022-2028), destinée à consolider les acquis du plan précédent. Ce document de référence, élaboré sur une durée de six ans, a mis l'accent sur la création d'un écosystème durable autour du football féminin européen, en intégrant des priorités telles que la professionnalisation des championnats nationaux, la structuration de la filière de formation, le soutien à la reconversion des joueuses, ainsi que la diversification des sources de financement. L'UEFA a ainsi cherché à dépasser le simple objectif de croissance quantitative pour inscrire le football féminin dans une logique de stabilité institutionnelle et économique, en cohérence avec les transformations sociales et médiatiques contemporaines.

La nouvelle stratégie *Unis pour réussir* (2024-2030), approuvée en février 2024, constitue une étape supplémentaire dans cette évolution. Elle s'inscrit dans une vision globale pour le football européen, en articulant sept priorités stratégiques, parmi lesquelles figure explicitement la maximisation du potentiel du football féminin. Le texte insiste sur la nécessité de renforcer la compétitivité des compétitions, de garantir une gouvernance inclusive, et de créer des perspectives professionnelles pérennes pour les femmes, tant sur le terrain que dans les instances dirigeantes. L'accent est également mis sur l'accessibilité et la diversité, afin d'assurer que le développement du football féminin s'accompagne d'une ouverture sociale et culturelle, et qu'il bénéficie à toutes les

catégories de pratiquantes.

L'analyse comparée de ces trois plans stratégiques successifs montre une continuité, mais aussi un approfondissement dans la conception institutionnelle du football féminin en Europe. D'un objectif initial d'expansion et de visibilité, l'UEFA est progressivement passée à une logique d'intégration systémique, où le football féminin est pensé comme une composante indispensable de l'écosystème global du football européen. Cette évolution illustre non seulement la reconnaissance croissante des spécificités et des besoins du sport féminin, mais aussi la volonté d'inscrire son développement dans une perspective de durabilité et de compétitivité internationale, en cohérence avec les grandes tendances observées par les instances internationales du sport (Horky, 2021 ; UEFA, 2024).

1.5.3 La stratégie de la Confédération Africaine de Football (CAF) pour le développement du football féminin.

Le développement du football féminin en Afrique s'est imposé depuis une décennie comme un enjeu stratégique majeur, au croisement des ambitions sportives, sociales et institutionnelles du continent. Longtemps marginalisé, ce secteur connaît aujourd'hui une dynamique soutenue grâce à l'action coordonnée de la Confédération Africaine de Football (CAF), qui a entrepris une refondation complète de ses politiques en faveur des femmes dans le sport. Le lancement officiel, au Caire en 2020, du plan stratégique quadriennal de la CAF pour le développement du football féminin marque une rupture historique. Ce programme vise à bâtir une base solide de pratiquantes, à structurer des compétitions durables et à garantir une professionnalisation du secteur, tout en favorisant la gouvernance, la visibilité médiatique et la parité dans les instances décisionnelles (CAF, 2020).

L'objectif affiché par la CAF est ambitieux : doubler le nombre de joueuses licenciées sur le continent d'ici 2026, renforcer les championnats nationaux féminins dans la majorité des fédérations, développer des filières de formation cohérentes et promouvoir une intégration réelle des femmes dans les fonctions techniques, arbitrales et administratives (FIFA, 2023). Cette politique s'inscrit dans la continuité des orientations de la FIFA, qui appelle à une féminisation du football mondial à travers la création de compétitions attractives, la formation des cadres et la professionnalisation des joueuses.

L'un des leviers les plus visibles de cette stratégie réside dans la création de compétitions spécifiques et régulières. L'inauguration, en 2021, de la Ligue des Champions féminine de la CAF a constitué un tournant décisif pour le football africain (CAF, 2021). Cette compétition continentale, réservée aux clubs féminins, a permis d'offrir une plateforme inédite à la fois sportive et médiatique. Elle a stimulé les fédérations nationales à créer ou renforcer leurs championnats féminins, à formaliser les statuts des joueuses et à aligner leurs calendriers sur les standards internationaux. Parallèlement, la Coupe d'Afrique des Nations féminine a vu son format et son attractivité évoluer de manière spectaculaire. L'édition organisée en 2022 au Maroc a enregistré des affluences record, dépassant les quarante-cinq mille spectateurs en demi-finale et atteignant près de cinquante mille en finale, des

chiffres jamais atteints auparavant dans le football féminin africain (BBC Sport Africa, 2022). Ces indicateurs traduisent l'émergence d'un public nouveau, d'un intérêt économique croissant et d'une reconnaissance sociale du sport féminin comme spectacle de haut niveau.

La stratégie africaine s'appuie également sur le développement de la pratique de masse et la formation à la base. Consciente que le renforcement de l'élite dépend de la densité du vivier, la CAF a lancé un vaste programme de promotion du football scolaire et universitaire. Le Championnat panafricain scolaire, soutenu par la Fondation Motsepe, représente une innovation majeure. Financé à hauteur de deux cents millions de rands, soit environ dix millions de dollars, ce projet a pour ambition d'intégrer durablement le football dans les programmes éducatifs, d'encourager la pratique féminine dès le plus jeune âge et de créer un lien structuré entre l'école, le club et la fédération (Motsepe Foundation, 2025). Ces initiatives contribuent à démocratiser l'accès des jeunes filles au football dans un environnement encore marqué par des contraintes culturelles, sociales et économiques.

Parallèlement, la formation des cadres techniques, médicaux et administratifs constitue un pilier essentiel de la stratégie africaine. La CAF a généralisé les cycles de formation continentaux harmonisés avec les licences CAF (D, C, B, A et Pro) et a encouragé la féminisation de ces cursus (CAF, 2021). Ces formations visent à améliorer les compétences des entraîneurs et entraîneuses, à professionnaliser la préparation physique, la prévention médicale et l'arbitrage, et à garantir une meilleure qualité d'encadrement dans les clubs et sélections. Dans cette dynamique, plusieurs fédérations africaines ont élaboré des plans nationaux en parfaite cohérence avec la stratégie continentale, traduisant l'ambition de la CAF en politiques concrètes.

L'Algérie constitue un exemple particulièrement structuré de cette déclinaison nationale. Dès 2019, la Fédération Algérienne de Football a adopté un plan de développement du football féminin intitulé De la massification à l'élite, couvrant la période 2020–2025 (FAF, 2020). Ce plan a posé les bases d'une pyramide complète : un championnat national de première division réunissant douze clubs, une deuxième division organisée en quatre groupes régionaux, des compétitions de jeunes (U17 et U19) et des sélections régionales et nationales U15 destinées à repérer les talents émergents. Le plan prévoit également la création d'un fichier national recensant les joueuses, entraîneuses, arbitres, médecins et dirigeantes, permettant un suivi administratif et statistique du développement du football féminin. L'accent est mis sur la formation, avec des cursus de diplômes fédéraux et des stages spécifiques pour préparateurs physiques, entraîneuses et formatrices, organisés sous l'égide de la Direction Technique Nationale. Ce dispositif s'accompagne d'un volet médical complet, incluant la prévention des blessures, la surveillance physiologique et l'information sur le dopage. L'ambition est de structurer progressivement un modèle professionnel autour de la joueuse, en assurant un

encadrement de qualité et une meilleure visibilité des compétitions nationales.

La stratégie marocaine s'inscrit dans la même logique de structuration et de professionnalisation. En août 2020, la Fédération Royale Marocaine de Football a lancé un plan de développement ambitieux pour le football féminin, couvrant la période 2020–2024 (FRMF, 2021). Ce plan visait à créer une ligue professionnelle féminine durable, à garantir la rémunération des joueuses et à assurer la formation de dix mille techniciennes. L'objectif de quatre-vingt-dix mille licenciées à l'horizon 2024–2025 a été accompagné d'un soutien financier conséquent : prise en charge des frais de déplacement et d'équipement, subventions annuelles aux clubs, et salaires mensuels fixés à trois mille cinq cents dirhams pour la première division et deux mille cinq cents pour la deuxième. Cette politique d'investissement fédéral et de gouvernance par la performance a rapidement produit des effets tangibles. La victoire de l'AS FAR en Ligue des Champions féminine de la CAF, la qualification historique de l'équipe nationale à la Coupe du Monde 2023 et les records d'affluence lors de la CAN féminine ont illustré le succès de cette politique intégrée (Onu et Ani, 2025).

Le Rwanda illustre quant à lui la pertinence de la stratégie africaine sous un angle sociologique et éducatif. Une étude scientifique récente menée auprès de deux cents participantes issues des ligues féminines et des établissements scolaires a montré que les principaux déterminants de la participation des jeunes filles sont le plaisir de la pratique, la motivation compétitive et le soutien psychologique, tandis que les obstacles restent liés aux stéréotypes de genre, au manque d'infrastructures et aux contraintes financières (Kabanyana et al., 2025). Ces résultats confirment que la réussite du football féminin africain ne dépend pas uniquement des structures sportives, mais également de la transformation culturelle et éducative des sociétés. Le Rwanda a mis en place des programmes de détection des talents et des académies régionales, intégrant le football féminin aux programmes scolaires et soutenant les orientations de la CAF en matière de formation à la base.

L'ensemble de ces initiatives illustre la cohérence de la stratégie continentale. En associant développement à la base, compétitions continentales, formation des cadres et mécanismes de financement, la CAF a créé un cadre structuré favorisant la durabilité et l'équité. Les financements mobilisés par la FIFA et la CAF, estimés à plus d'un milliard de dollars pour la période 2019–2023, ont permis d'appuyer cette transformation (FIFA, 2023). L'enjeu demeure la continuité de ces investissements et leur bonne redistribution au niveau local, afin que les progrès observés se traduisent par une amélioration des conditions de pratique et une réduction des écarts entre les nations.

La gouvernance et la représentation féminine au sein des instances sportives africaines sont également des indicateurs positifs. La CAF compte aujourd'hui plusieurs femmes au sein de son Comité exécutif et encourage la parité dans les organes techniques et administratifs (CAF, 2022). La médiatisation croissante, soutenue par les partenariats audiovisuels et les plateformes numériques, a

également contribué à redéfinir l'image de la femme sportive, favorisant la reconnaissance et la valorisation du football féminin à l'échelle internationale.

En définitive, la stratégie africaine de la CAF pour le développement du football féminin repose sur une vision systémique intégrant des volets éducatifs, techniques, institutionnels et économiques. Elle a permis de fédérer les fédérations autour d'un projet commun, de professionnaliser les structures existantes et d'élever le niveau compétitif des sélections et des clubs. L'Algérie, le Maroc et le Rwanda illustrent chacun, à travers des approches adaptées à leurs contextes, la concrétisation des orientations continentales. Ces progrès traduisent la capacité du continent africain à faire émerger un football féminin autonome, structuré et reconnu, porteur de valeurs d'égalité, de performance et de modernité.

1.5.4 Convergences, et limites des plans stratégiques.

Le classement FIFA actualisé de 2025 place le Nigeria au sommet du football féminin africain, suivi de l'Afrique du Sud, du Maroc et de l'Algérie, respectivement aux première, deuxième, troisième et quatrième positions continentales (FIFA, 2025). Sur le plan mondial, ces nations occupent des positions intermédiaires : le Nigeria est 36^e, l'Afrique du Sud 54^e, le Maroc 60^e et l'Algérie 82^e. Cette hiérarchie traduit à la fois les avancées notables de certaines fédérations et les inégalités persistantes en matière d'investissement, d'organisation et de gouvernance.

Le Nigeria, dix fois champion d'Afrique et vainqueur de la dernière Coupe d'Afrique des Nations féminine 2025, demeure la référence continentale (CAF, 2025). Ses Super Falcons, présentes à toutes les Coupes du Monde depuis 1991, bénéficient d'une expérience historique et d'un vivier de talents richement alimenté. Le championnat féminin nigérian, instauré dès 1990, regroupe une quinzaine de clubs actifs. Le budget fédéral dédié au football féminin est estimé à environ 1,5 million de dollars par an, majoritairement alloué à la sélection nationale et aux déplacements continentaux. Bien que le financement reste insuffisant, la constance de la performance nigériane s'explique par la profondeur de son vivier, l'exportation de joueuses vers l'Europe, et une identité footballistique forte.

L'Afrique du Sud, deuxième du classement africain, a fondé son développement sur la stabilité institutionnelle. Depuis la création de la SAFA Women's League en 2009, la South African Football Association (SAFA) investit régulièrement dans la professionnalisation du championnat féminin et la formation des cadres (SAFA, 2024). Le pays consacre environ 5 % de son budget global au football féminin, soit près de 3,5 millions de dollars par an, avec un accent sur les infrastructures régionales et la détection des jeunes talents. Les Banyana Banyana ont remporté la CAN féminine 2022 et figurent parmi les équipes africaines les plus constantes sur la scène internationale. Toutefois, le manque d'infrastructures spécialisées, la faible rentabilité économique des clubs et la dépendance aux subventions publiques limitent encore leur développement.

Le Maroc, troisième nation africaine, s'impose comme un modèle de croissance rapide et planifiée. Depuis 2020, la Fédération Royale Marocaine de Football (FRMF) a lancé une réforme ambitieuse reposant sur la création d'une ligue professionnelle, la rémunération obligatoire des joueuses (3 500 dirhams mensuels en première division), la formation de plus de 10 000 techniciennes et la modernisation des infrastructures (FRMF, 2024). L'investissement fédéral global est évalué à 65 millions de dirhams sur quatre ans ($\approx$ 6 millions d'euros), soutenu par l'État et plusieurs partenaires privés. Ces efforts ont propulsé le Maroc sur le podium africain et permis à la sélection nationale d'atteindre les huitièmes de finale de la Coupe du Monde 2023, devenant ainsi la première équipe arabe à réaliser cet exploit.

L'Algérie, quatrième du classement africain, amorce une progression plus lente mais structurée. Le plan De la massification à l'élite (2020–2025) vise à renforcer la pyramide du football féminin à travers la relance des compétitions régionales, la création de championnats jeunes et la formation de cadres techniques (FAF, 2020). La Fédération Algérienne de Football consacre environ 1 % de son budget global à la filière féminine, soit moins de 500 000 dollars par an. Le manque de sponsors, la faible médiatisation et la pénurie d'infrastructures spécialisées freinent l'essor de la discipline. Néanmoins, la structuration progressive du championnat national, la multiplication des formations et la relance de la sélection nationale féminine témoignent d'une dynamique encourageante à moyen terme.

Ces performances africaines, bien qu'en progrès, restent éloignées des standards internationaux. Au niveau mondial, les dix premières nations féminines sont les États-Unis, l'Allemagne, la Suède, l'Angleterre, l'Espagne, la France, le Japon, le Brésil, le Canada et l'Australie (FIFA, 2025). Ces pays disposent de ligues professionnelles puissantes, d'un encadrement scientifique complet et d'un environnement institutionnel propice à la performance. Les investissements y sont considérables : la National Women's Soccer League (États-Unis) dépasse 200 millions de dollars de budget annuel, tandis que les fédérations d'Angleterre et d'Allemagne consacrent chacune entre 80 et 100 millions d'euros à la filière féminine (UEFA, 2023).

Les écarts avec l'Afrique tiennent autant au volume d'investissement qu'à l'ancienneté du développement. Le football féminin s'est institutionnalisé dès les années 1970 aux États-Unis, dans les années 1980 en Europe, alors que la majorité des ligues africaines ont vu le jour après 2000. Cette différence de temporalité se traduit par un déficit de culture sportive féminine, une base de pratiquantes encore restreinte et une faible autonomie des clubs.

À titre d'exemple, la France, classée sixième au monde en 2025, illustre la maturité structurelle et organisationnelle d'un modèle abouti. Le football féminin y compte plus de 250 000 licences (toutes catégories confondues), soit environ 10,5 % du total des licences enregistrées à la Fédération

Française de Football (FFF, 2025). Parmi elles, plus de 200 000 sont des pratiquantes actives. La FFF consacre environ 20 millions d'euros par an au développement du football féminin, soit près de 8 % de son budget global (FFF, 2025). En parallèle, la création de la Ligue Féminine de Football Professionnel (LFFP) en 2024 a marqué un tournant institutionnel : cette structure supervise désormais les divisions 1 et 2 professionnelles, impose des critères d'infrastructure, de ressources humaines et de gouvernance, et favorise la viabilité économique des clubs (UEFA, 2025).

Le championnat français compte 48 clubs féminins au total : 12 en D1, 12 en D2 et 24 en D3. Les clubs d'élite disposent désormais de centres d'entraînement modernisés, de staff médical spécialisés et de structures de suivi scientifique. L'Olympique Lyonnais, club phare du football féminin européen, possède à lui seul 8 titres de Ligue des Champions et 18 championnats nationaux, confirmant l'excellence française sur la scène mondiale (UEFA, 2025). En matière d'infrastructures, la France compte une dizaine de centres de performance dédiés aux femmes, dont le Centre National de Clairefontaine, qui accueille régulièrement les équipes nationales féminines pour des stages et des séquences de préparation (FFF, 2025).

La France se distingue aussi par la densité de son réseau formatif : sections sportives scolaires, pôles espoirs, filières universitaires STAPS spécialisées et programmes d'excellence fédéraux. Ce modèle global, fondé sur la cohérence entre formation, professionnalisation et gouvernance, explique sa position parmi les meilleures nations du monde. Il met également en évidence l'ampleur du fossé structurel et financier entre les puissances européennes et les pays africains, où les investissements cumulés dans le football féminin représentent parfois moins de 5 % de ceux alloués par une seule fédération européenne.

En somme, le classement africain de 2025 reflète une évolution positive du football féminin sur le continent, marquée par la montée en puissance du Nigeria, de l'Afrique du Sud, du Maroc et l'émergence de l'Algérie. Cependant, les écarts de moyens, de structuration et d'expérience restent considérables face aux puissances mondiales. L'exemple français illustre les leviers de réussite à long terme : investissements continus, formation intégrée, gouvernance autonome et infrastructures adaptées. Pour que les plans stratégiques africains atteignent leur plein potentiel, ils devront s'inspirer de ces modèles tout en les adaptant à leurs contextes économiques et socioculturels.

Conclusion

Ce premier chapitre a mis en lumière la progression historique, institutionnelle et stratégique du football féminin à l'échelle mondiale, européenne et africaine. L'analyse a montré que son essor résulte d'une convergence d'efforts entre les instances internationales et les fédérations nationales, chacune agissant selon ses contextes économiques et socioculturels.

Au niveau mondial, la FIFA a joué un rôle moteur en inscrivant la féminisation du football dans ses priorités, par la mise en œuvre de programmes de développement, d'un encadrement professionnel et de financements inédits. En Europe, l'UEFA a renforcé cette dynamique à travers un modèle fondé sur la structuration, la médiatisation et la professionnalisation. La France, par son réseau de clubs, ses 250 000 licenciées et ses investissements annuels d'environ 20 millions d'euros, illustre une réussite exemplaire où gouvernance, formation et compétitivité se conjuguent pour créer un écosystème durable.

En Afrique, la CAF a engagé depuis 2020 une transformation profonde, visant à promouvoir la pratique féminine, à professionnaliser les structures et à instaurer une gouvernance inclusive. Les progrès du Nigeria, de l'Afrique du Sud, du Maroc et de l'Algérie traduisent une dynamique réelle mais contrastée. Le Nigeria domine historiquement le continent grâce à sa longévité et à son expérience internationale, l'Afrique du Sud se distingue par sa stabilité institutionnelle, le Maroc par sa stratégie de professionnalisation accélérée, tandis que l'Algérie amorce une structuration encore fragile mais prometteuse.

Toutefois, les écarts demeurent marqués entre les pays africains et les puissances mondiales, en raison d'un retard structurel, d'investissements limités et d'infrastructures encore inégales. Ces différences soulignent que la performance ne dépend pas seulement du talent, mais aussi de la cohérence entre financement, encadrement et continuité politique.

En définitive, le développement du football féminin apparaît comme un reflet du degré d'organisation et de modernisation des systèmes sportifs. Les stratégies de la FIFA, de l'UEFA et de la CAF convergent autour d'un même objectif : faire du football féminin un levier d'égalité, d'émancipation et de performance. Néanmoins, leur réussite dépendra de la capacité des fédérations, notamment africaines, à consolider leurs structures, à garantir la pérennité des investissements et à instaurer une véritable culture sportive féminine.

Ce chapitre pose ainsi les fondations institutionnelles et stratégiques nécessaires à la compréhension du cadre comparatif du football féminin.

CHAPITRE II :

Les exigences du football féminin moderne.

Préambule

Dans le football moderne, l'analyse de la performance repose sur une approche multidimensionnelle, intégrant des indicateurs techniques (passes réussies, tirs cadrés, dribbles), tactiques (placement, couverture, transitions), cognitifs (prise de décision, anticipation) et morphologiques (taille, poids, composition corporelle). Ces dimensions s'appliquent pleinement au football féminin, dont les exigences athlétiques ont considérablement évolué ces dernières années, notamment avec la professionnalisation croissante des championnats européens et l'intensification du calendrier international.

Parmi ces indicateurs, les paramètres physiques occupent une place centrale dans l'évaluation de la performance en match comme à l'entraînement. Ils permettent de quantifier la charge de travail, de planifier la préparation physique, de surveiller la fatigue, et d'adapter les exigences en fonction du poste ou du niveau de jeu. Ces données, souvent collectées via des outils technologiques tels que les GPS ou les plateformes de force, comprennent les indicateurs externes (distances parcourues, sprints, accélérations, efforts à haute intensité) et internes (fréquence cardiaque, VO₂ max, lactatémie, charge perçue).

Dans cette section, nous nous concentrerons exclusivement sur les indicateurs de performance physique et morphologique qui permettent d'objectiver les capacités motrices des joueuses, leur implication dans les actions de haute intensité, et leur adaptation aux exigences du jeu. Cette approche repose sur les recommandations de la littérature scientifique récente (Oliveira R, 2022) (UEFA, 2021) (Rico-González M, 2021), qui souligne l'importance d'une surveillance régulière de ces paramètres dans le football féminin afin d'optimiser la performance et de prévenir les blessures.

2.1 Les indicateurs de performance physiques.

Définition de la performance sportive : La performance sportive peut être définie comme « le résultat mesurable d'une action motrice dans un contexte compétitif ou d'entraînement, reflétant la capacité d'un(e) athlète à mobiliser ses ressources physiques, techniques, tactiques et psychologiques pour atteindre un objectif ». Elle est multidimensionnelle et résulte de l'interaction entre des facteurs internes (physiologiques, biomécaniques, cognitifs) et externes (conditions environnementales, exigences de la discipline), ainsi que des variables contextuelles comme le niveau de compétition et la stratégie adoptée. (Issurin, 2017)

Historique des modèles de performance sportive : L'analyse de la performance sportive a considérablement évolué au fil des décennies, passant d'approches empiriques à des modèles intégratifs fondés sur des données scientifiques. Les premiers modèles, apparus dans les années 1960-1970, se concentraient principalement sur des paramètres physiologiques mesurables en laboratoire, tels que la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), la fréquence cardiaque maximale (FC_{max}) ou la puissance aérobie maximale (PMA), considérés comme les principaux prédictors de la performance. (Åstrand, 1970)

Dans les années 1980, des chercheurs comme Banister et coll. (1982) ont proposé des modèles plus dynamiques, intégrant les effets cumulatifs de la charge d'entraînement sur la forme physique et la fatigue, connus sous le nom de modèles de réponse à l'entraînement (*training impulse models*). Ces approches ont permis de quantifier l'impact de la charge externe et interne sur la performance, ouvrant la voie à la planification individualisée. (Banister E. W., 1982)

Les années 1990 ont vu l'émergence de modèles multifactoriels, reconnaissant que la performance ne dépend pas uniquement des capacités physiologiques, mais aussi de composantes biomécaniques, techniques, tactiques et psychologiques. (Reilly, 2000)

Dans le football et d'autres sports collectifs, cette période marque l'intégration de la notion de spécificité des exigences liées au poste et au style de jeu, avec des mesures en situation réelle grâce aux premiers systèmes de suivi GPS et d'analyse vidéo.

Depuis les années 2010, l'approche dominante est celle des modèles intégratifs et écologiques, inspirés des sciences de la performance et de l'approche systémique. (Bishop D. B., 2021)

Ces modèles considèrent la performance comme le résultat d'interactions complexes entre facteurs physiques, cognitifs, environnementaux et contextuels, et utilisent des technologies avancées (capteurs inertiels, systèmes optoélectroniques, analyses big data) pour relier directement les indicateurs de terrain à la performance en compétition.

Enfin, les modèles contemporains adoptent une vision holistique, intégrant non seulement les facteurs de performance sportive, mais aussi la prévention des blessures, la récupération, et les

dimensions socio-émotionnelles. Dans ce cadre, la performance n'est plus envisagée comme une simple optimisation des capacités physiques, mais comme la capacité à reproduire un haut niveau de rendement dans un environnement compétitif changeant, sur des périodes prolongées.

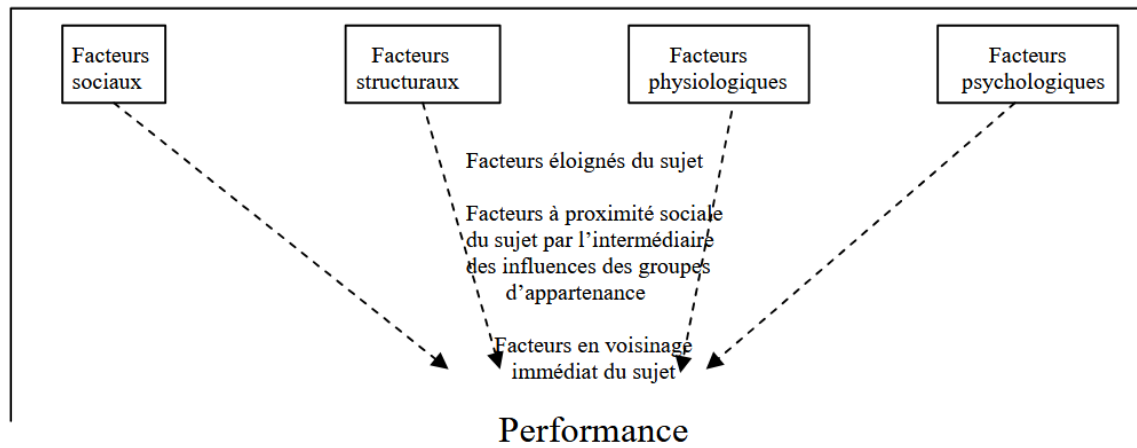


Figure 4:Modèle multifactoriel de la performance sportive : Modèle de Cratty (1967) repris par Carron (1980), adapté de Thomas (1989)

Afin d'illustrer cette approche multidimensionnelle, le modèle de Cratty (1967), repris et développé par Carron (1980), propose de regrouper les déterminants de la performance sportive en quatre grandes catégories : les facteurs sociaux, structurels, physiologiques et psychologiques. Selon Thomas (1989), ces facteurs peuvent intervenir à différents niveaux de proximité avec l'athlète : dans son entourage immédiat (ex. encadrement technique, conditions matérielles), à proximité sociale (ex. groupe d'entraînement, environnement familial) ou dans un contexte plus éloigné (ex. structures sportives nationales, culture sportive). (Zerzouri, 2006)

Ce modèle, représenté dans la figure ci-dessus (figure 4), met en évidence que la performance sportive résulte d'une interaction complexe entre ces différents éléments, chacun pouvant influencer directement ou indirectement le rendement de l'athlète.

Le football moderne, tant masculin que féminin, s'est profondément transformé au cours des dernières décennies, imposant des standards physiques, techniques, tactiques et cognitifs toujours plus élevés aux joueuses de haut niveau. Selon Cazorla et Ferhi , le profil du joueur ou de la joueuse de haut niveau est désormais bien défini : il ou elle doit faire preuve d'une grande vitesse de déplacement et d'exécution, d'une puissance musculaire élevée, mais surtout d'une excellente capacité de récupération entre des efforts courts, intenses et fréquemment répétés. (Cazorla, 1998)

Les données issues des analyses de match illustrent la complexité et l'intensité du football actuel : jusqu'à 109 accélérations, plus de 70 changements de direction, une action intense toutes les 43 secondes, avec une fréquence cardiaque moyenne proche de 85 à 90 % de la FCmax chez les joueuses élite. (Stølen, 2005) (Dellal, 2013)

Le football est ainsi devenu un sport d'intermittence à haute intensité, où les exigences physiologiques et mécaniques imposées aux athlètes sont considérables. Ces exigences concernent non seulement la répétition d'efforts explosifs, mais aussi la gestion stratégique du rythme, l'engagement dans les duels et l'adaptation rapide aux phases de transition.

Si la technique demeure un facteur déterminant de la performance, elle ne peut s'exprimer pleinement sans une base physique solide. À ce titre, la vitesse, l'agilité, la force et l'endurance spécifique sont devenues des attributs incontournables du football féminin moderne. (Mombaerts, 1991)

Par ailleurs, le jeu s'est complexifié, exigeant une forte capacité d'analyse et de prise de décision, soulignant le rôle croissant des facteurs cognitifs et tactiques dans la performance.

L'entraînement moderne s'oriente désormais vers une logique de performance intégrée, qui articule les différentes dimensions du jeu : technique, tactique, mentale, cognitive et physique. Toutefois, dans le cadre de ce chapitre, nous nous concentrerons spécifiquement sur les exigences physiques et morphologiques du football féminin de haut niveau. Il s'agira d'analyser les indicateurs de performance physique, qu'ils soient externes (comme les distances parcourues, les accélérations ou les efforts explosifs mesurés via GPS) ou internes (tels que la fréquence cardiaque, la lactatémie ou la VO_2 max), sans négliger les caractéristiques morphologiques et biométriques (masse grasse, taille, poids) qui influencent fortement la capacité à performer.

Ces éléments seront mobilisés à travers une revue des dernières données scientifiques, notamment issues des travaux de Oliveira et al, Kniubaite et al, et des rapports techniques récents de la FIFA et de l'UEFA sur les compétitions féminines internationales. (Oliveira R, 2022) (Kniubaite A, 2023)

Ce choix vise à objectiver les spécificités du football féminin en matière de charge de travail, de sollicitations physiologiques et de profils anthropométriques, dans un contexte où l'optimisation de la préparation physique demeure une condition sine qua non de la performance élite.

2.1.1 Les indicateurs externes.

Dans le contexte du football féminin moderne, l'analyse des indicateurs externes constitue un pilier fondamental pour évaluer les sollicitations physiques imposées aux joueuses pendant les matchs et les séances d'entraînement. Ces indicateurs mesurent les actions mécaniques observables et quantifiables à l'aide de capteurs embarqués, principalement les systèmes de positionnement global (GPS), les accéléromètres, les gyroscopes, et parfois les systèmes de vision automatique. Ils permettent de recueillir des données précises sur les distances totales parcourues, les vitesses atteintes, les changements de direction, ainsi que la fréquence et l'intensité des efforts explosifs tels que les sprints, les accélérations et les décélérations.

Les distances couvertes par les joueuses varient selon le poste, le niveau de compétition et le style de jeu. À l'échelle européenne, les footballeuses évoluant en première division parcourent en moyenne entre 9 et 11 kilomètres par match, avec des différences notables selon les postes : les milieux de terrain sont les plus sollicités avec des charges allant jusqu'à 11 km, contre environ 8,5 km pour les défenseuses centrales. Par comparaison, chez les hommes, les distances moyennes s'élèvent généralement entre 10 et 13 km selon les études (Dellal A. C., 2011), avec une intensité plus élevée sur les courses à haute vitesse.

Dans la FIFA Women's World Cup 2023, le rapport de performance physique indique que les joueuses ont réalisé en moyenne 850 à 1050 mètres de courses à haute intensité (supérieures à 16 km/h), avec un pic de 230 à 300 mètres parcourus à très haute intensité (supérieure à 21 km/h) pour les profils offensifs. (FIFA, 2023)

Concernant les accélérations, Oliveira et al. (2022) rapportent une moyenne de 125 à 180 accélérations ($>1.5 \text{ m/s}^2$) et 70 à 130 décélérations ($<-1.5 \text{ m/s}^2$) par match dans les ligues professionnelles féminines. Ces efforts explosifs se concentrent généralement sur des distances courtes, de 5 à 20 mètres, et représentent les actions les plus déterminantes du match, notamment les sprints, les démarquages, les contre-attaques ou les phases de pressing. (Oliveira, 2022)

Les données sur les footballeuses nord-africaines sont encore limitées. Toutefois, dans une étude récente menée sur des clubs algériens de D1 féminine, les distances parcourues pendant les matchs oscillent entre 6,5 et 8,5 km, avec une prédominance de courses à intensité moyenne, et une plus faible fréquence d'efforts explosifs par rapport à leurs homologues européennes. (Khellil, 2023)

Ces écarts peuvent s'expliquer par des différences d'intensité de jeu, de préparation physique, de niveau d'opposition, ou encore de conditions environnementales.

Enfin, une analyse comparative menée par Mohr et Krstrup (2015) souligne que bien que les volumes de course soient globalement comparables entre sexes à intensité modérée, les hommes présentent des valeurs significativement plus élevées pour les sprints, les accélérations maximales et les distances parcourues à très haute intensité, ce qui reflète en partie les différences de masse musculaire et de force absolue entre les sexes. (Mohr, 2015)

Ainsi, les indicateurs externes mettent en évidence la nature intermittente et exigeante du football féminin de compétition, où la répétition d'efforts explosifs sur de courtes distances, en lien avec le profil du poste, constitue une variable déterminante à surveiller dans l'optimisation de la performance et la prévention des blessures.

2.1.2 Les indicateurs internes.

L'évaluation des indicateurs internes constitue une approche essentielle pour quantifier la sollicitation physiologique subie par les joueuses lors de la compétition ou de l'entraînement. Contrairement aux indicateurs externes (distances, accélérations, etc.), ces données rendent compte de la réponse individuelle de l'organisme à la charge imposée. Parmi les plus utilisés figurent la fréquence cardiaque (FC), la consommation maximale d'oxygène (VO_2max), la lactatémie, les seuils ventilatoires, la puissance maximale aérobie (PMA), la vitesse maximale aérobie (VMA), le test VIFT, le TRIMP, ainsi que l'indice de l'effort perçu (RPE).

1. Fréquence cardiaque (FC) et TRIMP

La fréquence cardiaque est un indicateur central pour évaluer en temps réel l'intensité relative de l'effort. Elle permet de catégoriser les intensités selon des zones spécifiques (% FCmax), allant de la récupération (<60 % FCmax) à l'effort maximal (>90 % FCmax). Chez les footballeuses, des FCmax comprises entre 190 et 205 bpm sont fréquemment observées, avec une moyenne d'environ 198 bpm. (Oliveira, 2022) En match, les valeurs moyennes de FC tournent autour de 85–90 % de la FCmax, ce qui témoigne d'un engagement cardiovasculaire intense et durable. (Stølen, 2005) (Krustrup P, 2005)

Le TRIMP (Training Impulse), proposé par Banister (1991), quantifie la charge interne en combinant la durée de l'effort, son intensité (%FCmax) et une pondération par zones. Il est particulièrement utile pour objectiver les charges cumulées hebdomadaires, en période de compétition ou de préparation. Des études montrent que les TRIMP hebdomadaires varient entre 300 et 800 u.a. chez les joueuses de haut niveau selon la période du microcycle. (Banister, 1991)

(Martín-García A, 2018)

2. VO_2max et seuils ventilatoires (SV1 et SV2)

La consommation maximale d'oxygène (VO_2max) est le principal marqueur de la capacité aérobie maximale. Elle se situe en moyenne entre 47 et 55 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ chez les joueuses de football professionnelles, avec des valeurs proches de 54,6 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ chez les internationales européennes. (Petek BJ, 2021) Les milieux de terrain présentent en général les VO_2max les plus élevées, en lien avec leurs déplacements répétés à haute intensité. Chez les footballeuses algériennes amateurs, les valeurs se situent en moyenne entre 42 et 47 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, illustrant un déficit d'endurance aérobie. (Barette, 2022)

Les seuils ventilatoires permettent d'affiner l'analyse de la filière aérobie. Le premier seuil ventilatoire (SV1), dit aussi seuil aérobie, correspond à l'intensité à laquelle la ventilation commence à croître de manière disproportionnée par rapport au VO_2 , et coïncide avec une lactatémie d'environ 2 mmol/L. Il marque la limite de l'effort durablement soutenable.

À l'inverse, le second seuil ventilatoire (SV2), ou seuil anaérobie, reflète l'intensité au-delà de

laquelle le lactate sanguin dépasse 4 mmol/L et s'accumule rapidement, avec un accroissement brutal de la ventilation. Le SV2 est un prédicteur clé de la capacité à soutenir les efforts intermittents à haute intensité caractéristiques du football.

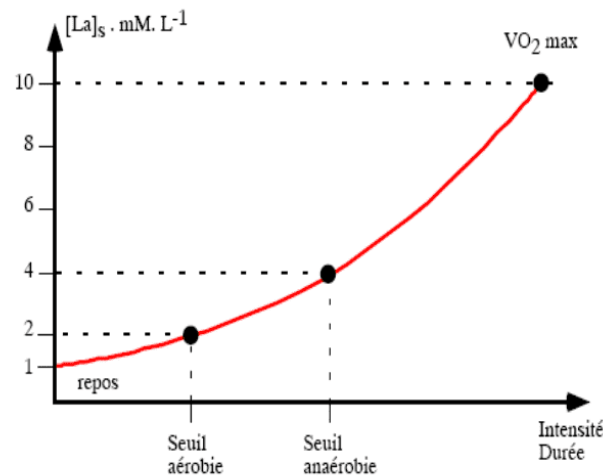


Figure 5: Évolution de la concentration sanguine en lactate ($[La]_s$) en fonction de l'intensité de l'effort. Les seuils aérobique et anaérobie (également appelés premier et second seuil ventilatoire) sont identifiés à $\sim 2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $\sim 4 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, respectives

Ce schéma illustre la cinétique de la lactatémie au cours d'un effort progressif. Le seuil aérobique (SV1) correspond à l'intensité au-delà de laquelle la production de lactate commence à excéder son élimination. Le seuil anaérobie (SV2) est identifié lorsque le lactate s'accumule de manière exponentielle dans le sang, marquant une dépendance accrue aux filières glycolytiques. Ces seuils sont essentiels pour prescrire des zones d'intensité d'entraînement en fonction des profils physiologiques des joueuses.

3. Lactatémie et dynamique métabolique

La concentration en lactate dans le sang ($[lactate]_s$) est un excellent marqueur de la mobilisation des filières anaérobies. Lors d'efforts intermittents intenses, la lactatémie peut atteindre des valeurs allant de 6 à 10 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ chez les joueuses élite après une mi-temps. (Krustrup P, 2005) En plus des seuils fixes classiques (2 et 4 mmol/L), la littérature récente insiste sur l'importance de la cinétique : la vitesse d'apparition du lactate (Ra) et sa disparition (Rd). Un déséquilibre entre Ra et Rd entraîne l'élévation de $[lactate]_s$, renforçant l'acidose métabolique et la fatigue.

4. VMA, PMA et VIFT

La Vitesse Maximale Aérobie (VMA) est la plus faible vitesse à laquelle une athlète atteint son $VO_2 \text{ max}$. Chez les footballeuses professionnelles, la VMA varie généralement entre 14 et 17 km/h. (Casamichana D, 2019)

Les milieux et latérales ont les VMA les plus élevées. En Algérie, les tests VAMEVAL montrent des VMA comprises entre 11,8 et 13,2 km/h chez les U20 féminines (Barette, 2022), ce qui traduit une capacité oxydative inférieure.

La Puissance Maximale Aérobie (PMA), exprimée en watts, est son équivalent énergétique, notamment utilisée pour les tests en laboratoire (cycloergomètre). Elle reflète la charge maximale que peut supporter l'athlète en condition aérobie maximale. Elle est très utilisée en réathlétisation et pour les profils puissants.

Le VIFT (Vitesse Intermittente obtenue lors du 30-15 Intermittent Fitness Test) est particulièrement adapté aux efforts de type football. Il intègre des accélérations, changements de direction et récupérations incomplètes. Les joueuses de niveau élite atteignent en moyenne des VIFT entre 16 et 19 km/h. (Mujika I S. J., 2017)

Il permet une meilleure individualisation des séances intermittentes, en modulant les efforts à 100-120 % de VIFT selon les objectifs. (Bernal, 2023.)

5. Indice de l'effort perçu (RPE)

Le RPE (Rating of Perceived Exertion), basé sur l'échelle de Borg (CR-10 ou CR-100), permet de quantifier de manière subjective mais valide la pénibilité ressentie d'une séance. Cet outil est utile lorsque les données de fréquence cardiaque sont absentes ou difficilement interprétables, notamment lors de séances techniques ou tactiques. Un RPE élevé (>7/10) est souvent associé à une charge interne importante, en lien avec l'engagement musculaire, thermique et cognitif. Son intérêt principal réside dans sa simplicité d'administration, sa reproductibilité, et sa forte corrélation avec des mesures objectives. (Impellizzeri FM, 2004)

Il est souvent utilisé dans le calcul de la charge aiguë/chronique (ACWR), combiné à la durée de l'effort.

L'analyse conjointe de ces différents indicateurs – FC, VO₂max, lactatémie, TRIMP, VMA, VIFT, PMA et RPE – offre une vision holistique de la charge physiologique. Le suivi longitudinal de ces paramètres permet non seulement d'individualiser les contenus d'entraînement, mais aussi de détecter précocement les signes de surmenage ou de sous-entraînement. L'intégration des seuils ventilatoires (SV1 et SV2) et de la dynamique métabolique (Ra, Rd) renforce la précision de l'analyse, en particulier pour le football féminin, où les profils physiologiques peuvent varier fortement selon le poste, le niveau, et le contexte culturel ou infrastructurel.

2.1.3 Paramètres morphologiques et biométriques.

L'analyse des caractéristiques morphologiques et anthropométriques joue un rôle central dans la compréhension des performances sportives, en particulier dans des disciplines telles que le football

féminin où les qualités physiques influencent directement les exigences technico-tactiques du poste, la tolérance aux charges d'entraînement et la prévention des blessures. L'approche biométrique, qui regroupe les mesures objectives de la taille, du poids, des longueurs segmentaires, ou encore des diamètres et périmètres corporels, constitue une base précieuse pour l'évaluation fonctionnelle des athlètes. Quant à l'anthropométrie, elle offre un cadre normé et rigoureux pour décrire la composition corporelle, identifier les déséquilibres musculo-squelettiques, suivre l'évolution physique dans le temps, et ajuster les contenus de la préparation physique. (ISAK, 2020)

La morphologie, quant à elle, permet de caractériser le profil corporel global d'une joueuse : sa répartition segmentaire, ses proportions, sa silhouette, son ossature, et son type musculaire dominant. L'une des approches les plus utilisées repose sur le modèle du somatotype (ou morphotype), qui distingue trois grandes composantes : l'endomorphie (propension à l'accumulation adipeuse), la mésomorphie (développement musculaire), et l'ectomorphie (allure longiligne, faible masse musculaire). La notation repose sur une échelle à trois chiffres (ex. : 2-4-3), représentant respectivement l'endomorphie, la mésomorphie et l'ectomorphie. Cette classification permet d'identifier des morphotypes dominants chez les sportives, tels que les ectomorphes musculaires (1-4-3), les mésomorphes pures (2-5-2), ou encore les endo-mésomorphes (3-5-1), fréquemment observés dans les disciplines collectives.

En football féminin, les études récentes montrent que le profil mésomorphe équilibré (score élevé en mésomorphie, modéré en endomorphie, faible en ectomorphie) est le plus fréquemment observé dans les sélections nationales européennes et nord-américaines. (Campa F, 2024) (Mora-Fernández J, 2024) (Petri C, 2025)

Ce profil combine une masse musculaire suffisante pour les efforts explosifs (sprint, frappe, duel), une faible masse grasse favorable à la vitesse et à l'endurance, et une structure osseuse stable. À l'inverse, les profils endo-mésomorphes, davantage répandus chez les joueuses africaines et sud-américaines selon plusieurs études (Gharbi Z, 2023); (Mensah K, 2023) , bien qu'avantageux pour la robustesse posturale et la force isométrique, présentent une moindre efficacité métabolique et un risque accru de surcharge pondérale si l'encadrement nutritionnel est insuffisant. Ce concept de morphotype permet ainsi de mieux comprendre les prédispositions physiques et les exigences propres à chaque poste, et doit être intégré comme un critère complémentaire d'évaluation et d'orientation dans les structures de détection et de haut niveau.

Parmi les paramètres déterminants identifiés dans la littérature, la taille corporelle (ou stature) occupe une place importante. Elle confère un avantage biomécanique dans les duels aériens, la

couverture spatiale, ou encore la protection du but chez les gardiennes. Un gabarit supérieur à 165 cm est souvent observé dans les postes défensifs centraux, tandis que des morphologies plus compactes sont fréquentes chez les joueuses évoluant dans l'animation offensive ou sur les côtés. Le poids corporel doit être interprété conjointement à la taille, à la masse grasse et à la masse musculaire : un excès pondéral lié à une masse grasse élevée peut altérer la vitesse et la capacité de répétition d'efforts, alors qu'un poids élevé associé à une forte masse musculaire constitue un avantage en termes de puissance et de stabilité.

L'indice de masse corporelle (IMC), bien qu'imprécis pour estimer la composition corporelle réelle, peut servir d'outil de dépistage préliminaire. Néanmoins, l'analyse du pourcentage de masse grasse (%MG), obtenue via les plis cutanés ou des méthodes plus avancées (DEXA, impédancemétrie multifréquence), offre une précision bien plus grande. Le % de masse grasse représente la proportion de tissus adipeux par rapport à la masse totale du corps. Chez les footballeuses de haut niveau, il se situe généralement entre 16 % et 20 %. (Campa F, 2024) À l'inverse, la masse maigre (%MM) correspond à l'ensemble des tissus non adipeux : muscles, os, organes, liquides. Sa part oscille entre 78 % et 84 % dans les effectifs professionnels, ce qui reflète un bon état d'entraînement. La masse musculaire, sous-composante active de la masse maigre, est directement impliquée dans la production de force, de vitesse et de puissance. Selon Petri et al. (Petri C, 2025), elle constitue environ 43 % à 50 % de la masse corporelle chez les footballeuses élites, avec des variations selon le poste. Enfin, la masse osseuse, indicatrice de solidité structurelle et de résistance aux chocs, représente environ 12 % à 15 % du poids corporel total chez les sportives de haut niveau. (Mora-Fernández J, 2024)

Une bonne densité osseuse contribue à la prévention des fractures de stress et constitue un marqueur de maturité physiologique important dans les catégories jeunes.

Les circonférences musculaires (cuisses, bras, mollets) et les diamètres osseux (épiphyses, crête iliaque, biacromial) complètent ce tableau, en renseignant sur le volume musculaire actif, la stabilité articulaire et la robustesse osseuse, facteurs tous essentiels dans un sport de contact intermittent comme le football.

Les comparaisons internationales entre joueuses africaines et européennes confirment des disparités notables de profil. Le tableau ci-dessous synthétise quelques données issues d'études récentes :

Tableau 3: Profil morphologique et composition corporelle moyenne des footballeuses par zone géographique

Zone géographique	Taille moyenne (cm)	Poids moyen (kg)	% Masse grasse	Somatotype dominant
Europe	169 ± 5	61 ± 4	17-19 %	Mésomorphe équilibré
Afrique du Nord	165 ± 4	63 ± 5	21-23 %	Endo- mésomorphe
Afrique subsaharienne	167 ± 6	65 ± 6	22-25 %	Endo- mésomorphe
Amérique Latine	164 ± 5	62 ± 5	20-22 %	Mésomorphe mixte
Norme internationale (FIFA Elite 2025)	168-172	58-62	16-19 %	Mésomorphe

Ces données confirment que les joueuses évoluant dans les championnats européens et nord-américains se rapprochent le plus des standards établis par la FIFA pour le haut niveau : un profil mésomorphe, une masse grasse inférieure à 20 %, et une taille supérieure à 168 cm. En revanche, les profils observés en Afrique du Nord et en Afrique subsaharienne tendent vers une masse grasse plus élevée et une variabilité plus marquée, notamment dans les catégories jeunes, reflet d'une spécialisation plus tardive, d'un accompagnement médical irrégulier, ou encore d'un accès limité à une nutrition adaptée.

En termes de déterminants morphologiques directement liés à la performance footballistique, plusieurs paramètres présentent un intérêt fonctionnel avéré :

- Longueur des segments (fémur, tibia, tronc) : un ratio tronc/jambes favorable améliore la longueur de foulée et l'efficacité du sprint.
- Largeur bi-iliaque et biacromiale : un bassin plus étroit associé à une bonne largeur scapulaire renforce la stabilité posturale et la transmission des forces.
- Surface corporelle (BSA) : influençant les échanges thermiques, elle impacte la tolérance à l'effort en contexte climatique chaud.

- Rapport jambe/cuisse : un segment jambier plus long facilite les leviers biomécaniques pour les frappes et les impulsions.

Ces observations permettent de mieux cibler les critères pertinents de la détection féminine, en les adaptant aux réalités culturelles, géographiques et structurelles des pays concernés.

Afin d'illustrer de manière plus fine les différences de profils morphologiques observées dans le football féminin de haut niveau à l'échelle internationale, nous nous appuyons sur les données synthétisées par Milanovic et al. (2021). Ces auteurs ont comparé les caractéristiques anthropométriques de footballeuses professionnelles issues de plusieurs pays, permettant de mettre en évidence des tendances générales selon la zone géographique, le niveau de compétition, ou encore la culture d'entraînement. Le tableau ci-dessous présente les résultats les plus significatifs en termes d'âge moyen, de taille, de poids et de pourcentage de masse grasse. Ces paramètres sont essentiels pour interpréter le potentiel physiologique, la structure corporelle, ainsi que l'aptitude à répondre aux exigences du football moderne, notamment en termes de répétition d'efforts intenses, de vitesse de déplacement, et de robustesse physique dans les duels.

Tableau 4:Caractéristiques anthropométriques chez les footballeuses internationales élites (extrait de Milanović et al., 2021).

Références	Pays	Âge (ans)	Taille (cm)	Poids (kg)	Masse grasse (%)
Dillern et al.	Norvège	17.4 ± 2.4	164.4 ± 0.1	56.0 ± 6.3	-
Gomez Lopez et al.	Espagne	16.6 ± 1.2	160.0 ± 0.1	57.7 ± 9.6	16.8 ± 7.4
Haugen et al. (2020)	Norvège	17.5 ± 1.7	168.0 ± 7.1	62.7 ± 8.3	-
Haugen et al. (2021)	Norvège	18.1 ± 2.9	-	61.7 ± 5.9	-
Portela Sarazola	Allemagne	15.2 ± 1.1	165.4 ± 7.0	57.7 ± 8.1	-
Sporic et al.	Croatie	18.1 ± 0.9	165.6 ± 5.8	58.6 ± 9.0	13.6 ± 4.2
Vescovi et al. (2021)	USA	19.8 ± 1.2	168.4 ± 5.9	64.8 ± 5.9	-
Vescovi & McGuigan	USA	15.1 ± 1.6	163.0 ± 0.07	54.6 ± 7.9	-
Wells & Reilly	Angleterre	19.0 ± 3.4	164.0 ± 0.09	60.7 ± 5.0	20.8 ± 1.4
Withers et al.	Australie	22.1 ± 4.1	164.9 ± 5.6	61.2 ± 8.6	21.0 ± 6.8
Mujika et al.	Espagne	U19	164.0 ± 5.0	-	-
Manson et al.	Nouvelle-Zélande	U17	164.0 ± 5.2	-	-
Can F et al.	Turquie	20.73 ± 2.09	162.4 ± 5.8	56.63 ± 5.03	19.75 ± 0.69
Ozbar et al.	Turquie	19.3 ± 1.6	161.3 ± 5.4	56.6 ± 6.1	-
Andersen et al. (U17)	Suède / Danemark	U17	168.2 ± 1.5	-	-
Andersen et al. (2020)	Norvège	U17	170.0 ± 0.02	-	-
Sedano et al.	Espagne	22.1 ± 1.1	161.0 ± 0.06	57.7 ± 7.5	20.1 ± 5.5

Ces données confirment que la majorité des footballeuses élites affichent une taille située entre 160 et 170 cm, avec une masse corporelle variant de 54 à 65 kg selon le contexte. Les joueuses issues des pays scandinaves et nord-américains présentent des gabarits supérieurs à la moyenne, ce qui peut s'expliquer par une génétique spécifique, une spécialisation précoce, ou encore un encadrement nutritionnel et structurel plus poussé. À l'inverse, les valeurs relevées en Espagne, en Turquie ou en

Croatie indiquent une tendance à des morphotypes plus compacts, avec une masse grasse légèrement plus élevée (autour de 19–21 %) dans les pays du sud. Ces différences peuvent influencer les profils de jeu, les exigences posturales, et les stratégies d'entraînement individualisé. Il est ainsi primordial d'intégrer ces données anthropométriques dans les protocoles de détection, de planification physique et de prévention des blessures, en tenant compte non seulement des moyennes globales, mais aussi des spécificités géographiques et culturelles.

2.1.4 Méthodes et outils d'évaluation.

A-Méthodes pour les indicateurs externes (GPS, vidéo-analyse, accéléromètres, etc.).

L'évaluation des indicateurs externes de performance repose sur un ensemble d'outils permettant de quantifier les contraintes mécaniques, la charge de travail et la production de puissance chez les athlètes. Historiquement, les mesures étaient obtenues à l'aide de chronomètres manuels ou d'analyses vidéo image par image, deux méthodes limitées par la subjectivité de l'opérateur et la faible précision temporelle ($\approx 0,1$ s). (Cronin JB, 2008)

L'évolution technologique a permis l'émergence de systèmes plus fiables et automatisés, offrant une meilleure validité et reproductibilité.

Les cellules photoélectriques constituent aujourd'hui une référence pour la mesure du temps de sprint ou d'agilité. Elles fonctionnent grâce à une barrière infrarouge interrompue lors du passage de l'athlète, déclenchant ou arrêtant le chronométrage. Elles présentent une précision élevée (erreur typique $< 0,01$ s) et une excellente fiabilité inter-séances, mais nécessitent un espace dégagé et une installation fixe. (Haugen T, 2016)

Les unités de mesure transdirectionnelles et les accéléromètres ont élargi l'analyse aux déplacements multidirectionnels et aux changements de direction. Ces capteurs, intégrés dans des dispositifs portés par l'athlète, mesurent l'accélération linéaire sur trois axes (x, y, z), parfois couplée à un gyroscope et à un magnétomètre, permettant de caractériser les accélérations, décélérations, sauts et rotations. (Akenhead R, 2016)

Des systèmes comme le Flex (avec ou sans câble) mesurent la vitesse et la puissance lors de mouvements de force (squat, développé couché), fournissant des données en temps réel pour ajuster la charge d'entraînement. Les modèles filaires assurent une transmission continue et fiable, tandis que les versions sans fil offrent plus de liberté mais peuvent présenter une latence selon l'environnement. (Banyard HG, 2017)

Les systèmes de positionnement global (GPS) et les systèmes de positionnement local (LPS) sont devenus incontournables dans les sports collectifs pour quantifier la distance parcourue, la vitesse maximale, le nombre et l'intensité des sprints, ainsi que le volume d'accélérations/décélérations.

Les GPS récents (10–18 Hz), combinés à des accéléromètres, permettent aussi d'identifier automatiquement les changements de direction avec une grande précision. (Malone JJ, 2017)

Toutefois, leur coût et les contraintes techniques (couverture satellite, impossibilité en espaces clos) peuvent limiter leur utilisation.

Les applications mobiles validées scientifiquement offrent une alternative économique et portable. My Jump 2 utilise la caméra d'un smartphone pour mesurer la hauteur de saut vertical via le temps de vol, avec une validité comparable aux plateformes de force (erreur < 0,005 s). (Balsalobre-Fernández C, 2015)

My Sprint permet d'analyser la vitesse et l'accélération sur différentes distances à partir de repères visuels et d'enregistrements vidéo au ralenti. (Romero-Franco N, 2017)

Ces outils, bien que moins sophistiqués que les systèmes GPS ou LPS, offrent un excellent compromis entre coût, accessibilité et fiabilité, notamment lorsque les clubs disposent de moyens matériels hétérogènes.

Ainsi, l'évolution des méthodes, depuis les chronomètres manuels jusqu'aux systèmes multi-capteurs et applications validées, illustre le passage d'une approche artisanale à une quantification fine et objective des performances. Dans le cadre d'études nécessitant une harmonisation des mesures entre contextes géographiques, l'utilisation d'outils portables et validés comme My Jump 2 et My Sprint constitue une option pertinente, alliant reproductibilité, facilité d'exploitation des données et adaptabilité aux contraintes logistiques.

B-Méthodes pour les indicateurs internes (analyseur de gaz, cardiofréquencemètre, lactatémie).

Les indicateurs internes correspondent à l'ensemble des paramètres physiologiques et perceptifs mesurés pendant ou après l'effort, traduisant la réponse de l'organisme à une charge imposée. Contrairement aux indicateurs externes, qui décrivent la quantité de travail mécanique effectuée, les indicateurs internes permettent d'évaluer le stress physiologique et la tolérance à l'entraînement, fournissant ainsi des informations essentielles pour optimiser la performance et prévenir la surcharge. Parmi les plus couramment utilisés figurent la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), la fréquence cardiaque (FC), la puissance maximale aérobie (PMA), les seuils ventilatoires (SV_1 et SV_2), la concentration sanguine en lactate, la perception subjective de l'effort (RPE), et les charges internes calculées via des méthodes intégratives comme le Training Impulse (TRIMP).

Le Yo-Yo Intermittent Recovery Test (YYIRT) est l'un des tests de terrain les plus répandus dans le football, notamment dans sa version Level 1 (YYIRT1). Il consiste en des courses intermittentes de 2×20 m à vitesse croissante, séparées par 10 secondes de récupération passive.

Ce protocole sollicite simultanément les filières aérobie et anaérobie, permettant d'estimer la VO_2max , la vitesse maximale aérobie (VMA) et la capacité à répéter des efforts intenses. Sa fiabilité est bien établie, avec des coefficients de corrélation intra-classes supérieurs à 0,87 et une excellente reproductibilité chez les jeunes footballeurs. (Kusuma KCA, 2025)

Le 30-15 Intermittent Fitness Test (30-15 IFT), développé par Buchheit (2008), est également un outil de référence pour évaluer la puissance aérobie maximale dans des conditions spécifiques aux sports collectifs. Ce test alterne 30 secondes de course et 15 secondes de marche sur des allers-retours de 40 m, avec une vitesse initiale de $8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ augmentant par paliers de $0,5 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ jusqu'à épuisement. Il permet de déterminer la vitesse maximale atteinte (VIFT), fortement corrélée à la VO_2max , tout en intégrant les contraintes neuromusculaires et les changements de direction propres au football. Le 30-15 IFT est particulièrement utile pour individualiser les intensités d'entraînement intermittent à partir de pourcentages de VIFT. Sa fiabilité est élevée ($\text{ICC} > 0,90$) et il est sensible aux variations de forme physique. (Buchheit M, 2008)

La fréquence cardiaque reste l'un des indicateurs les plus utilisés pour quantifier la charge interne. Elle peut être mesurée via des cardiofréquencemètres ou capteurs intégrés (Polar, Garmin, Firstbeat) permettant un suivi en temps réel. Les valeurs de FC maximale (FCmax), moyenne ou de récupération post-effort permettent d'identifier des zones d'intensité et de suivre l'adaptation à l'entraînement.

La lactatémie, mesurée par prélèvement capillaire (goutte de sang au doigt ou au lobe de l'oreille), renseigne sur l'activation de la filière anaérobie glycolytique. Les analyseurs portables tels que Lactate Pro ou Lactate Scout offrent des mesures rapides et fiables sur le terrain, permettant de déterminer les seuils lactiques et d'adapter les intensités d'effort. (Billat VL, 2023)

L'évaluation de la perception de l'effort (RPE), généralement via l'échelle de Borg CR10 ou CR20, fournit une donnée subjective mais validée scientifiquement pour estimer la charge interne. Combinée à la durée de la séance, elle permet de calculer la charge de type session-RPE, largement utilisée dans les sports collectifs. (Impellizzeri FM R. E., 2004)

Le Training Impulse (TRIMP), introduit par Banister, intègre la durée et l'intensité de l'exercice (pondérée par la FC) pour fournir une mesure globale de la charge interne. Des variantes, comme le TRIMP exponentiel ou basé sur zones, offrent une analyse plus fine et individualisée.

En complément, l'oxymètre de pouls constitue un outil simple et non invasif permettant de mesurer la saturation en oxygène du sang (SpO_2) et la fréquence cardiaque, à l'aide d'un capteur placé généralement au doigt ou au lobe de l'oreille. Dans le cadre du football de haut niveau, son usage est plus fréquent lors de suivis médicaux, de phases de récupération active ou après des séances en hypoxie simulée, afin de détecter d'éventuelles désaturations ou de surveiller

l'adaptation à l'effort. (Shimizu K, 2023)

L'ergocyclemètre (ou vélo ergométrique) est quant à lui utilisé principalement en laboratoire ou dans des protocoles standardisés pour mesurer la puissance aérobie maximale (PMA), la $VO_2\text{max}$ et les seuils ventilatoires à partir de protocoles incrémentaux. Couplé à un analyseur de gaz, il permet d'obtenir des mesures précises de la consommation d'oxygène, de la ventilation minute et du quotient respiratoire, tout en offrant un contrôle rigoureux de la charge mécanique appliquée. (Bentley DJ, 2007)

Bien que moins spécifique aux mouvements du football que les tests de terrain, il constitue une référence pour la mesure standardisée des capacités aérobie et anaérobie en contexte scientifique.

Enfin, la mesure de la $VO_2\text{max}$ et de la PMA par analyse directe des échanges gazeux (ergospirométrie) reste la méthode de référence absolue, mais son coût et ses contraintes limitent son usage en contexte de club, d'où l'intérêt de tests de terrain prédictifs comme le YYIRT, le Vameval ou le 30-15 IFT.

Ainsi, le choix des méthodes et outils pour évaluer les indicateurs internes dépend des objectifs, du contexte (terrain vs laboratoire) et des moyens disponibles. Dans notre étude, afin de garantir une comparabilité interclubs et une mise en œuvre pratique, nous avons privilégié des tests de terrain validés scientifiquement, en particulier le 30-15 IFT, associé au suivi de la fréquence cardiaque et à l'évaluation de la perception de l'effort. Cette combinaison permet d'obtenir un profil précis de la capacité aérobie et de la tolérance à l'effort, tout en restant adaptée aux contraintes opérationnelles des structures sportives.

C-Méthodes pour les paramètres anthropométriques (InBody, DXA, plis cutanés, mesures au ruban, etc.).

L'évaluation de la composition corporelle constitue une étape incontournable dans l'analyse des profils morphologiques, biométriques et anthropométriques des sportives de haut niveau. Ces mesures permettent de caractériser des variables essentielles telles que la masse grasse, la masse maigre, la masse osseuse, ou encore les proportions segmentaires du corps. Les méthodes d'évaluation se répartissent globalement en deux catégories : les outils dits classiques, longtemps utilisés dans les contextes cliniques et sportifs, et les dispositifs plus modernes, issus des avancées technologiques récentes.

Historiquement, les mesures anthropométriques ont été réalisées à l'aide de pinces à plis cutanés (calipers), permettant d'estimer l'épaisseur du tissu adipeux sous-cutané à des sites corporels standardisés. Chez les femmes, les sites les plus fréquemment utilisés incluent le triceps, le sous-scapulaire, le supra-iliaque et la cuisse. Ces mesures sont ensuite insérées dans des formules de prédiction validées scientifiquement pour estimer la densité corporelle, puis le pourcentage de masse

grasse (%MG).

Parmi les formules les plus reconnues figure celle de Durnin et Womersley (1974), utilisée pour les femmes âgées de 20 à 29 ans, fondée sur la somme logarithmique de quatre plis cutanés (Durnin JVGA, 1974):

$$\text{Densité corporelle} = 1.1599 - 0.0717 \times \log_{10}(\text{Somme des 4 plis}).$$

La densité corporelle ainsi obtenue permet de calculer le pourcentage de masse grasse via l'équation de Siri (1961) :

$$\text{MG \%} = ((495 / \text{densité corporelle}) - 450).$$

Une autre formule, couramment utilisée chez les adolescentes et jeunes femmes, est celle de Slaughter et al. (1988).

Elle repose sur la somme des plis tricipital et sous-scapulaire :

$$\text{Si la somme} \leq 35 \text{ mm : MG \%} = (0.546 \times \text{Somme}) + 9.7.$$

$$\text{Si la somme} > 35 \text{ mm : MG \%} = (1.33 \times \text{Somme}) - (0.013 \times \text{Somme}^2) - 2.4.$$

Ces formules présentent l'avantage d'une application simple, économique et reproductible sur le terrain, à condition que l'opérateur soit correctement formé. Toutefois, plusieurs études ont souligné la variabilité inter- et intra-évaluateur dans la mesure des plis, ainsi que la sensibilité aux variations techniques (site, angle, force de préhension), pouvant affecter la fiabilité des résultats. (Lewandowski Z et al, 2022)



Figure 6: Exemple de méthode traditionnelle de prise de mesures anthropométriques à l'aide d'un ruban métrique, illustrant les principaux points anatomiques (taille, hanches, cuisses, biceps, poitrine, mollet, épaules).

Avec les avancées technologiques, des outils plus récents ont émergé pour compléter, voire remplacer, les méthodes traditionnelles. C'est le cas notamment de l'impédancemétrie bioélectrique

multifréquence (BIA), utilisée via des dispositifs comme InBody ou Tanita. Cette méthode repose sur le passage d'un courant électrique à faible intensité à travers les tissus corporels afin d'estimer la résistance et la réactance, permettant le calcul de la masse grasse, de la masse maigre et de l'eau corporelle. L'analyse peut être mono-fréquence ou multi-fréquence, et segmentaire ou globale.

Dans le cadre de la présente étude, l'analyse de la composition corporelle a été réalisée à l'aide du dispositif InBody, reconnu pour sa précision accrue. Cet appareil utilise plusieurs fréquences (5, 50, 250, 500 kHz et 1 MHz) ainsi qu'un système à huit électrodes de contact, ce qui permet une évaluation distincte des compartiments intra- et extracellulaires pour chaque segment corporel (membres et tronc).

Un des atouts majeurs de l'InBody réside dans la standardisation internationale de sa méthodologie, qui reste identique quel que soit le pays d'utilisation. Cela permet une comparabilité directe des résultats entre joueuses françaises et algériennes, renforçant la validité des analyses transnationales. De plus, l'appareil génère des rapports clairs, complets et immédiatement exploitables, ce qui facilite leur interprétation par les préparateurs physiques et les professionnels de santé. Sa praticité et sa rapidité d'utilisation en font un outil particulièrement adapté aux structures sportives et aux contextes de terrain.

Cependant, malgré ces avantages, l'InBody présente certaines limites. Plusieurs études (Tornero-Aguilera JF, 2022); (Jagim AR et al, 2023) ont mis en évidence une tendance à sous-estimer le pourcentage de masse grasse, notamment chez les athlètes à faible taux adipeux, en comparaison avec les mesures obtenues via DEXA, considérée comme la méthode de référence. Cette sous-estimation peut être influencée par plusieurs facteurs, notamment le niveau d'hydratation, l'activité physique récente, la température ambiante et l'état nutritionnel. Afin de minimiser ces biais, les mesures dans cette étude ont été effectuées dans des conditions standardisées : à jeun, au repos, sans effort physique préalable et à heure fixe.

Enfin, dans l'étude de Tornero-Aguilera et al. (2022) menée auprès de 146 joueurs et joueuses de football professionnelles, les résultats ont montré une différence significative entre les méthodes. Chez les femmes, le pourcentage de masse grasse mesuré était en moyenne de 29,2 % par DEXA, contre 17,8 % par plis cutanés et 14,9 % par BIA. Ces écarts soulignent l'importance de bien comprendre les spécificités de chaque méthode au moment d'interpréter les résultats. (Tornero-Aguilera JF, 2022)

En somme, l'utilisation du système InBody dans cette recherche représente un compromis méthodologique pertinent, combinant précision relative, rapidité, reproductibilité internationale et accessibilité des données, répondant aux exigences des environnements sportifs de haut niveau.

De plus, la validité scientifique de l'InBody est largement documentée, avec plus de 3 200 études

cliniques et de nombreuses comparaisons au DEXA montrant des corrélations très élevées. Par exemple, une étude comparant l'InBody 720 au DEXA a rapporté des coefficients de corrélation allant de $r = 0,82$ à $r = 0,95$ selon les paramètres mesurés, confirmant la fiabilité de cet outil dans l'évaluation de la composition corporelle. (InBody France, 2025)

Tableau 5: Comparaison des valeurs de composition corporelle entre l'InBody 720 et le DEXA (n = 45). Les coefficients de corrélation (r) varient de 0,82 à 0,95 selon les paramètres mesurés, indiquant une forte concordance entre les deux méthodes. Adapté de InBody

Value	Mean $\pm$ SD	p	Cohen's d	r	R ²	SEE	TE	Limits of agreement			
								CE $\pm$ 1.96 SD	Upper	Lower	Trend
DXA BF%	25.87 $\pm$ 5.56	<0.001	0.63	0.94	0.88	2.88	4.37	-3.33 $\pm$ 5.62	2.29	-8.95	0.10
InBody 720 BF%	22.54 $\pm$ 5.07										
DXA FFM	46.08 $\pm$ 5.91	<0.001	0.35	0.95	0.91	1.80	2.83	2.12 $\pm$ 3.73	5.85	-1.61	-0.07
InBody 720 FFM	48.20 $\pm$ 6.30										
DXA ARMS _{LST}	4.66 $\pm$ 0.82	0.371	0.06	0.89	0.79	0.38	0.40	0.05 $\pm$ 0.79	0.84	-0.74	-0.08
InBody 720 ARMS _{LST}	4.71 $\pm$ 0.88										
DXA LEGS _{LST}	14.88 $\pm$ 2.35	0.049	0.18	0.83	0.68	1.34	1.38	-0.41 $\pm$ 2.62	2.21	-3.03	0.11
InBody 720 LEGS _{LST}	14.47 $\pm$ 2.13										
DXA TRUNK _{LST}	20.53 $\pm$ 2.58	0.567	0.05	0.82	0.66	1.51	1.61	0.14 $\pm$ 3.18	3.32	-3.04	-0.06
InBody 720 TRUNK _{LST}	20.67 $\pm$ 2.73										
DXA TOTAL _{LST}	40.07 $\pm$ 5.28	0.520	0.04	0.92	0.85	2.06	2.14	-0.21 $\pm$ 4.23	4.02	-4.44	-0.06
InBody 720 TOTAL _{LST}	39.86 $\pm$ 5.57										

*BF% = body fat percentage; FFM = fat-free mass; ARMS_{LST} = lean soft tissue of both arms; LEGS_{LST} = lean soft tissue of both legs; TRUNK_{LST} = lean soft tissue of the trunk; TOTAL_{LST} = total segmental lean soft tissue (i.e., TOTAL_{LST} = ARMS_{LST} + LEGS_{LST} + TRUNK_{LST}); SEE = standard error of estimate; TE = total error; CE = constant error, significant = $p < 0.0084$.

2.2 Les Facteurs physiques déterminants de la performance en match.

2.2.1 Les qualités physiques.

La performance en football, et plus particulièrement en football féminin de haut niveau, repose sur un ensemble de qualités physiques interdépendantes qui déterminent la capacité d'une joueuse à répondre aux exigences variées et imprévisibles du jeu. Ces qualités incluent l'endurance, la force, la puissance, la vitesse, l'agilité, la coordination et la souplesse, chacune jouant un rôle spécifique dans la réussite individuelle et collective sur le terrain. Selon Mujika et al. (2024), leur développement harmonieux constitue un pilier essentiel de la préparation physique, car le football est une discipline à efforts intermittents, alternant phases d'intensité élevée et périodes de récupération active ou passive. (Mujika I C. C., 2024)

L'optimisation de ces qualités ne se limite pas à une simple amélioration des performances motrices ; elle s'inscrit dans une approche intégrée visant également à réduire le risque de blessure et à prolonger la carrière sportive. Les contraintes physiologiques d'un match impliquent en moyenne plus de 10 km parcourus par les joueuses, ponctués de centaines de changements de rythme et de direction, de sprints répétés, de duels physiques et d'actions techniques exigeant une coordination fine. (Bradley PS, 2023)

Chaque qualité physique est influencée par des facteurs intrinsèques (âge, sexe, profil morphologique, composition musculaire, antécédents d'entraînement) et extrinsèques (conditions environnementales, surface de jeu, niveau de compétition). Par exemple, la vitesse de sprint est

fortement corrélée à la puissance musculaire et à la coordination intermusculaire, tandis que l'endurance est conditionnée par la VO_{2max} , l'efficacité du système cardiovasculaire et la capacité de récupération entre les efforts. (Krustrup P M. M., 2022)

Ainsi, l'analyse et le développement ciblé des qualités physiques permettent de répondre à des besoins spécifiques selon le poste, le style de jeu de l'équipe et le niveau de compétition. Les sections suivantes détailleront chacune de ces qualités, leurs fondements physiologiques, leurs modalités d'évaluation, ainsi que leur importance dans la performance en match.

Parmi les différentes classifications présentées Letzelter, Gundlach et Aubert et Blancon , le modèle de Letzelter apparaît comme le plus pertinent pour le contexte du football féminin de haut niveau. Sa structure hiérarchisée permet de relier directement les qualités physiques fondamentales (force, vitesse, endurance, coordination) à leurs sous-catégories spécifiques, telles que la force maximale, la force-vitesse, la vitesse de réaction, ou encore l'endurance au sprint. Ce découpage précis facilite l'identification des qualités déterminantes selon les exigences du poste de jeu et du profil de la joueuse.

De plus, cette classification est largement utilisée dans la littérature scientifique et dans la formation des entraîneurs, ce qui en fait un outil de référence pour l'analyse et la planification de l'entraînement. Elle offre également l'avantage d'intégrer simultanément des composantes énergétiques, neuromusculaires et de coordination, rendant son application particulièrement adaptée à un sport complexe et intermittent comme le football féminin, où les performances reposent sur l'interaction dynamique de plusieurs qualités physiques.

Ce choix permettra donc, dans les sections suivantes, d'analyser chaque qualité physique en lien avec les spécificités du football féminin et de relier les données recueillies à un cadre théorique clair et validé scientifiquement.

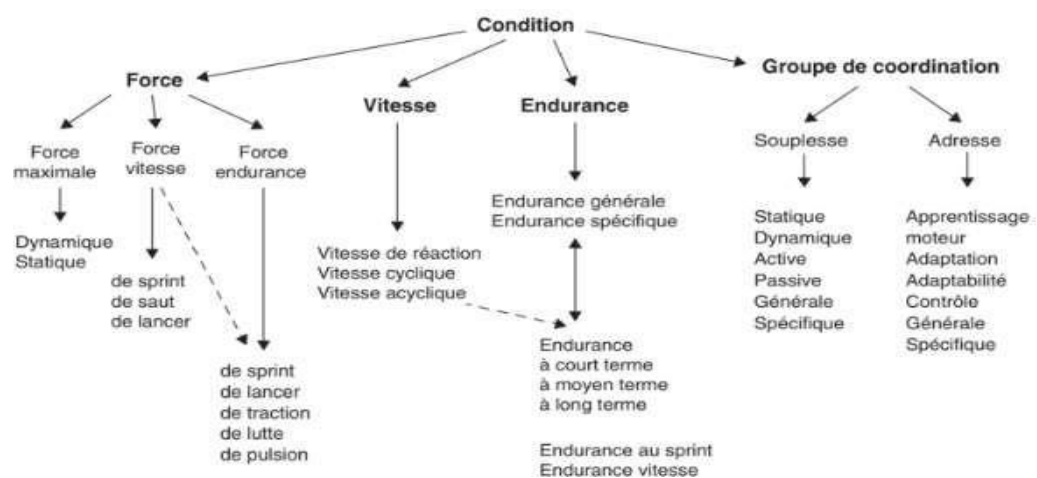


Figure 7: Classification des qualités physiques selon Letzelter

Ce graphique illustre la répartition et l'interrelation des différentes qualités physiques selon la classification de Letzelter. Il met en évidence la subdivision des qualités de force, vitesse, endurance, souplesse et adresse en sous-catégories spécifiques (par exemple, force maximale, force-vitesse, endurance spécifique, vitesse de réaction). Cette organisation permet d'appréhender la performance physique comme le résultat d'un ensemble intégré de capacités motrices, interagissant de manière dynamique en fonction des exigences de l'activité sportive.

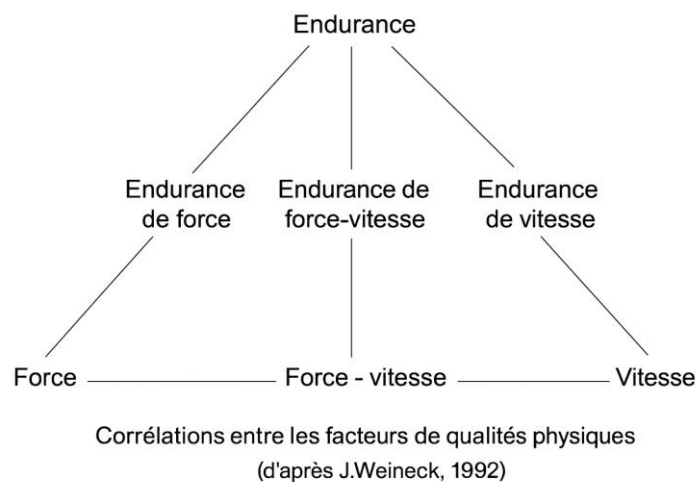


Figure 8:Corrélations entre les facteurs de qualités physiques (d'après J. Weineck, 1992)

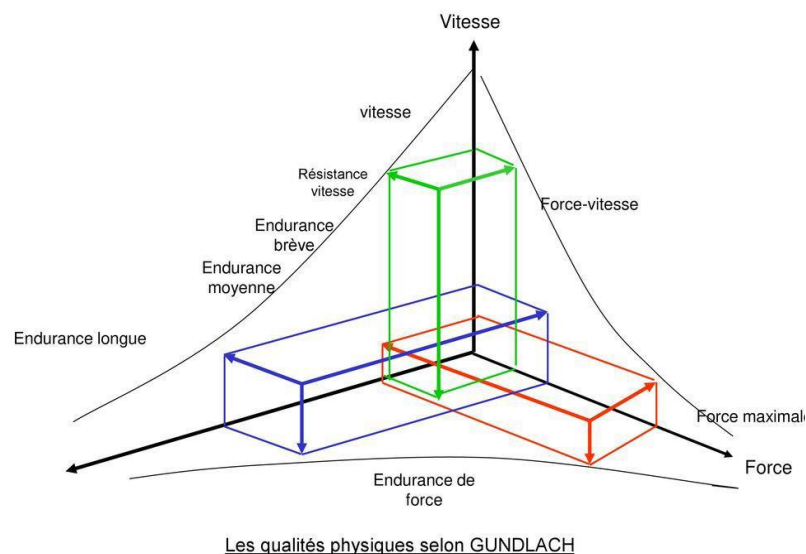


Figure 9:Représentation tridimensionnelle des qualités physiques selon Gundlach

Ces trois représentations graphiques illustrent la complexité et l'interdépendance des qualités physiques dans la performance sportive. Le premier schéma (figure6) met en évidence les liens directs entre endurance, force et vitesse, et leurs combinaisons (endurance de force, endurance de vitesse, force-vitesse). Le second (figure7) approfondit cette interaction en proposant une vision tridimensionnelle selon Gundlach, montrant comment ces composantes se situent sur un continuum allant des efforts de longue durée à ceux de courte durée et haute intensité. Enfin, la dernière(figure8)

représentation permet de visualiser les différents profils de performance et leur répartition dans l'espace des qualités physiques.

Ces modèles conceptuels, bien que schématiques, offrent un cadre de lecture utile pour analyser la contribution respective de chaque qualité physique au rendement en match. Ils servent ainsi de base à la présentation détaillée des principales qualités physiques sollicitées dans le football féminin de haut niveau, à commencer par l'endurance.

A. L'endurance.

L'endurance, définie comme la capacité à maintenir un effort prolongé à une intensité donnée tout en retardant l'apparition de la fatigue, constitue un déterminant essentiel de la performance en football féminin de haut niveau (Mujika & Storen, 2023 ; Leyhr, 2025). En raison de la nature intermittente du football, les joueuses alternent constamment entre des phases d'efforts intenses sprints, changements de direction, duels et des périodes de récupération active ou passive, mobilisant simultanément les filières aérobie et anaérobie (Krustrup & Mohr, 2022). Cette alternance sollicite fortement la capacité d'endurance, qui conditionne la répétition des actions explosives tout au long du match.

La consommation maximale d'oxygène (VO_2max) constitue l'un des indicateurs les plus utilisés pour évaluer cette capacité. Elle reflète l'efficacité du système cardiovasculaire, respiratoire et musculaire à capter, transporter et utiliser l'oxygène (Eniseler, 2024). Chez les footballeuses d'élite, les valeurs de VO_2max se situent généralement entre 50 et 60 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, avec des variations selon le poste, l'âge et le niveau de compétition (Dupont, 2023). Un VO_2max élevé permet de maintenir un haut niveau d'intensité tout au long de la rencontre et favorise une récupération plus rapide entre les phases d'efforts intenses (Andersson, 2023).

La performance en endurance dépend également de la composition musculaire. Les fibres de type I, dites oxydatives lentes, sont particulièrement adaptées aux efforts prolongés grâce à leur forte densité mitochondriale, leur vascularisation élevée et leur aptitude à oxyder les lipides (Datson et al., 2024). Les fibres de type IIa, à la fois rapides et résistantes, assurent une transition efficace entre efforts modérés et intenses, participant ainsi à la tolérance à la fatigue (Bradley, 2023).

Sur le plan énergétique, le glycogène musculaire et hépatique constitue la principale source d'énergie durant un match, complétée par l'oxydation des acides gras lorsque l'intensité diminue (Mujika & Coll, 2024). Les enzymes oxydatives telles que la citrate synthase et la succinate déshydrogénase jouent un rôle déterminant dans la production d'ATP par voie aérobie (Bangsbo, 2022). Une disponibilité optimale en glycogène est donc essentielle pour maintenir la performance, ce qui souligne l'importance d'une stratégie nutritionnelle adaptée avant, pendant et après l'effort.

La régulation hormonale influence également la performance en endurance. L'augmentation de

l'adrénaline et du cortisol durant l'effort favorise la mobilisation des substrats énergétiques nécessaires à la production d'énergie (Bendiksen, 2025). Chez la femme, les fluctuations des concentrations d'œstrogènes et de progestérone au cours du cycle menstruel peuvent modifier la thermorégulation, la perception de la fatigue et la disponibilité énergétique (Mohr, 2023), soulignant la nécessité d'une approche individualisée dans la planification de l'entraînement.

L'endurance repose sur l'intégration coordonnée de plusieurs systèmes physiologiques. Le système cardiovasculaire assure un débit cardiaque suffisant pour répondre aux besoins métaboliques, le système respiratoire optimise les échanges gazeux, tandis que le système musculaire maintient la capacité à répéter les contractions avec un coût énergétique minimal (Randers, 2023). Cette synergie physiologique est la base de la performance durable en football féminin.

Plusieurs facteurs influencent l'endurance chez les joueuses. L'âge est déterminant : les jeunes athlètes présentent généralement une meilleure capacité de récupération mais un VO_2max encore en développement (Oliver, 2024). Le sexe biologique constitue également une variable importante, les femmes ayant en moyenne une masse musculaire relative et une concentration en hémoglobine inférieures à celles des hommes, ce qui peut limiter légèrement la capacité aérobie (Krustrup & Mohr, 2022). Enfin, les conditions environnementales, notamment la chaleur et l'humidité, augmentent la contrainte thermique et accélèrent la déshydratation, rendant nécessaires des stratégies de refroidissement et d'hydratation adaptées (Iaia, 2023).

Dans le contexte du football féminin, une endurance développée permet de maintenir l'intensité des courses tout au long de la rencontre, de répéter les sprints en fin de match et de préserver la précision technique malgré la fatigue (Nassis, 2024). L'entraînement doit ainsi intégrer des formes variées de travail intermittent à haute intensité, des séances visant le développement de la puissance aérobie et l'optimisation des mécanismes de récupération. La prise en compte des particularités physiologiques, hormonales et environnementales propres à chaque joueuse constitue un enjeu majeur pour la performance durable et la prévention de la fatigue excessive (Castagna, 2022).

Tableau 6: Valeurs de référence physiologiques liées à l'endurance chez les footballeuses de haut niveau (16–30 ans)

Paramètre	Valeurs moyennes	Intervalle observé	Références
VO_2max ($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	54–58	50–62	Mujika et al., 2023 ; Leyhr et al., 2025
FCmax (bpm)	192–196	188–200	Krustrup et al., 2022
Lactatémie post-effort ($\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$)	7–9	6–11	Krustrup et al., 2022 ; Eniseler et al., 2024
Puissance aérobie maximale (PMA) ($\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$)	4,8–5,2	4,5–5,5	Helgerud et al., 2023
Seuil ventilatoire 2 (SV_2) (% VO_2max)	80–85	78–88	Dupont et al., 2023
Capacité de récupération (ΔVO_2 post-)	-35 à -40	-30 à -45	Krustrup et al., 2022

B. La vitesse.

La force musculaire se définit comme la capacité du système neuromusculaire à générer une tension suffisante pour vaincre ou s'opposer à une résistance externe, qu'elle soit statique ou dynamique (Kinetics, 1995). Elle constitue une qualité physique fondamentale dans la majorité des disciplines sportives, et revêt une importance particulière en football, où elle conditionne le développement et l'expression d'autres qualités telles que la vitesse, l'agilité, la puissance de frappe et la résistance à la fatigue musculaire (Suchomel, 2016). Dans le football féminin, la force occupe une place centrale en raison des exigences du jeu : rivaliser dans les duels, maintenir la stabilité corporelle face aux contacts, ou encore produire des accélérations explosives sur de courtes distances (Datson et al., 2019).

Sur le plan fonctionnel, la littérature distingue plusieurs formes d'expression de la force musculaire selon la charge, la vitesse d'exécution et le mode de contraction (Cormie, 2011 ; Zatsiorsky, 1995). La force maximale correspond à la capacité du muscle à générer la plus grande tension possible lors d'une contraction volontaire, indépendamment de la vitesse d'exécution. Elle conditionne la capacité à gagner des duels, à protéger le ballon et à maintenir la stabilité posturale, en particulier dans les phases de jeu impliquant des oppositions directes. Lorsque la charge appliquée est sous-maximale, la contraction peut être prolongée jusqu'à la fatigue pour développer l'endurance de force, ou exécutée à vitesse élevée pour cibler la force-vitesse et la puissance musculaire. Cette dernière, également appelée puissance mécanique, représente la faculté de produire un niveau élevé de force dans un temps très court et se révèle déterminante dans les phases d'accélération, de saut ou de frappe puissante (Loturco, 2018). Quant à l'endurance de force, elle traduit la capacité à maintenir un niveau de contraction musculaire modéré sur une période prolongée, qualité indispensable pour répéter les efforts intenses – sprints, changements de direction, actions défensives – tout au long des 90 minutes de jeu (McGuigan, 2020).

Les contractions musculaires sollicitées en football féminin sont multiples et dépendent du type d'action réalisée. Les contractions concentriques se caractérisent par un raccourcissement du muscle lors de la production de force, comme l'extension du genou lors d'une frappe. Les contractions excentriques, à l'inverse, impliquent un allongement musculaire sous tension, jouant un rôle majeur dans les freinages, les réceptions de saut ou les changements de direction, où elles permettent d'absorber les contraintes mécaniques élevées (Opar et al., 2012). Les contractions pliométriques, qui alternent rapidement une phase excentrique puis concentrique, sont essentielles pour les actions explosives telles que les sauts verticaux ou les frappes puissantes (Markovic, 2010). Enfin, les

contractions isométriques, durant lesquelles la longueur du muscle reste constante, interviennent notamment lors de la protection du ballon ou dans la stabilisation posturale pendant les duels physiques.

Ainsi, la force musculaire en football féminin représente un déterminant multifactoriel de la performance, impliquant des composantes mécaniques, neuromusculaires et métaboliques étroitement interconnectées. Son développement doit reposer sur une planification rigoureuse intégrant les différentes formes de contraction et d'expression de la force, afin d'optimiser la performance tout en limitant le risque de blessure et la fatigue musculaire cumulative.

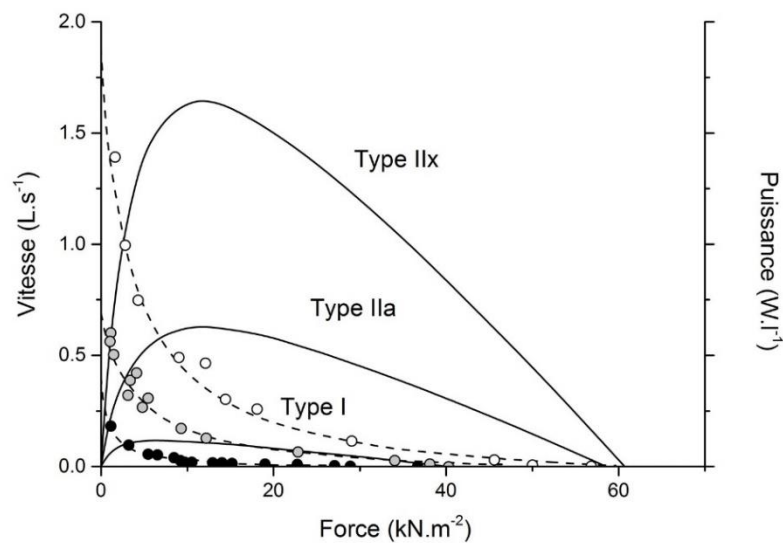


Figure 10: Relation force-vitesse et puissance spécifique selon les types de fibres musculaires (adapté de Bottinelli et al., 1999)

La relation entre la vitesse de contraction et la production de force musculaire illustre que les fibres rapides de type IIx génèrent des vitesses et des puissances maximales supérieures à celles des fibres de type IIa, elles-mêmes plus performantes que les fibres lentes de type I. Cette hiérarchie fonctionnelle revêt une importance particulière dans les sports collectifs tels que le football, où les actions explosives sprints, sauts ou changements de direction sollicitent préférentiellement les fibres rapides, tandis que les phases prolongées d'effort, de maintien de l'intensité ou de récupération active reposent davantage sur les fibres lentes à dominante oxydative.

La production de force musculaire résulte d'un ensemble de déterminants physiologiques et structurels étroitement interdépendants. La composition musculaire constitue un facteur clé, une proportion élevée de fibres rapides de type II étant associée à une meilleure expression de la force-vitesse et de la puissance musculaire (Methenitis, 2016). Les facteurs nerveux jouent également un rôle déterminant : la coordination intramusculaire, le recrutement synchronisé des unités motrices et la fréquence de décharge des potentiels d'action conditionnent directement la capacité à générer un

haut niveau de tension musculaire (Enoka, 2017). À ces mécanismes s'ajoutent les composantes métaboliques et enzymatiques : la filière anaérobie alactique (ATP-CP) est prépondérante lors des actions explosives répétées, tandis que la contribution glycolytique et oxydative devient dominante au cours des séquences de jeu plus prolongées. Les caractéristiques structurelles du système musculo-tendineux, telles que la section transversale du muscle, la rigidité tendineuse et l'architecture des fibres, influencent également la performance en force et puissance, notamment par leur impact sur l'efficacité mécanique du mouvement (Blazevich, 2019).

Dans le football féminin, le profil d'effort sollicite simultanément plusieurs formes de force selon la nature des actions. La force-vitesse intervient dans les accélérations, les frappes et les sauts, tandis que la force excentrique est particulièrement mobilisée lors des freinages et des changements de direction rapides, contribuant à la prévention des lésions musculaires, notamment au niveau des ischio-jambiers. La force isométrique est essentielle pour la stabilité posturale et le maintien des appuis dans les duels, alors que l'endurance de force permet de préserver l'intensité des efforts répétés tout au long du match. Des travaux récents ont montré que les footballeuses évoluant à haut niveau présentent des niveaux supérieurs de force relative c'est-à-dire rapportée au poids corporel par rapport aux joueuses de divisions inférieures, cette caractéristique étant positivement corrélée à la performance dans les tests de sprint et de saut (Silva, 2022).

Les différences interindividuelles en matière de force musculaire dépendent également du sexe, de l'âge et du niveau d'entraînement. Les joueuses présentent en moyenne des niveaux absolus de force inférieurs à ceux observés chez les hommes, en raison d'une masse musculaire moindre et de différences hormonales, notamment dans les concentrations circulantes de testostérone (Miller, 1993). Toutefois, lorsqu'elle est rapportée au poids corporel, la force relative des femmes se rapproche de celle des hommes, et les adaptations neuromusculaires induites par un entraînement spécifique peuvent réduire significativement cet écart. L'âge constitue un autre facteur modulant : les jeunes athlètes, encore en phase de maturation neuromusculaire, voient leur capacité de production de force progresser avec l'expérience et la densité d'entraînement, tandis que les joueuses plus expérimentées compensent une éventuelle diminution de masse musculaire par une meilleure coordination et une efficacité mécanique accrue.

Sur le plan de la performance en situation réelle, la force musculaire influence directement la capacité à produire des accélérations rapides, à frapper le ballon avec puissance, à résister aux charges physiques adverses et à limiter la fatigue musculaire au fil du match. Les programmes d'entraînement combinant le développement de la force maximale, le travail pliométrique et la force spécifique au football ont démontré leur efficacité pour améliorer la vitesse, la hauteur de saut et la stabilité corporelle, tout en réduisant le risque de blessure (Rønnestad, 2011). L'intégration

raisonnée de ces composantes dans la planification de l'entraînement permet ainsi d'optimiser la performance globale des footballeuses, tout en favorisant la prévention des déséquilibres musculaires et la durabilité des adaptations neuromusculaires.

C. La vitesse.

En sciences du sport, la vitesse est définie comme la capacité à exécuter un mouvement ou à parcourir une distance en un temps minimale, impliquant une mobilisation rapide du système neuromusculaire et une coordination optimale des segments corporels (Ross, 2001). Dans le football féminin, cette qualité ne se limite pas à la course linéaire mais englobe également la rapidité d'exécution technique, la vitesse de réaction face à un stimulus visuel, auditif ou proprioceptif, ainsi que la capacité à répéter des actions à haute intensité caractéristiques du jeu intermittent. La vitesse influence directement les phases offensives et défensives puisqu'elle permet d'accélérer pour se démarquer, de rattraper une adversaire ou d'effectuer un pressing rapide. Bien que les sprints ne représentent qu'environ 1 à 4 % de la distance totale parcourue en match, ils surviennent généralement dans des moments décisifs et à intensité maximale (Haugen, 2022).

Les différentes formes de vitesse observées en football féminin témoignent de la complexité de cette qualité motrice. Elles incluent la vitesse de réaction, correspondant au temps nécessaire pour initier un mouvement après un stimulus, la vitesse d'accélération qui exprime la capacité à atteindre rapidement une vitesse élevée sur une courte distance (5 à 10 m), la vitesse maximale atteinte sur des distances de 20 à 40 m, la vitesse gestuelle liée à la rapidité d'exécution technique et enfin la vitesse répétée ou *Repeated Sprint Ability* (RSA), qui traduit la faculté à reproduire des sprints de haute intensité avec un temps de récupération limité, reflet direct des exigences intermittentes du football (Draper, 2021).

Sur le plan physiologique, la vitesse repose principalement sur le recrutement préférentiel des fibres musculaires à contraction rapide de type IIa et IIx, caractérisées par une forte activité myosine-ATPase et une capacité glycolytique élevée (Trappe, 2015). Les joueuses les plus rapides présentent généralement une proportion plus importante de fibres de type IIa, optimisant la production de puissance à court terme. D'un point de vue biochimique, la vitesse dépend de la capacité à mobiliser rapidement les réserves d'ATP et de phosphocréatine via le système anaérobie alactique ou filière phosphagène, dans laquelle les enzymes clés telles que la créatine kinase et la myokinase assurent la régénération rapide de l'ATP nécessaire à la contraction musculaire (Bishop, 2019).

Les déterminants neuromusculaires de la vitesse incluent une fréquence de décharge motoneuronale élevée, une coordination intermusculaire efficace, une synchronisation optimale des unités motrices et un temps de latence neuromusculaire réduit (Morin, 2016). Par ailleurs, les paramètres biomécaniques influencent fortement la performance de course. La longueur et la

fréquence de foulée, l'angle d'attaque du pied au sol, la rigidité musculo-tendineuse ainsi que la puissance développée au niveau des articulations de la hanche et du genou sont des facteurs déterminants dans la maximisation de la vitesse (Nagahara, 2021).

Les données issues des systèmes GPS et de suivi cinématique confirment que les footballeuses élites atteignent des vitesses maximales comprises entre 26 et 31 km/h, avec une moyenne de 150 à 250 accélérations supérieures à 2 m/s² par match (Vescovi, 2021). Les sprints décisifs se situent généralement entre 10 et 30 mètres, rarement au-delà de 40 mètres en conditions réelles de jeu. La vitesse est fortement corrélée à la capacité à créer ou à bloquer des occasions de but. Les joueuses occupant des postes offensifs, notamment les ailières et attaquantes, présentent des vitesses de pointe supérieures à celles des défenseuses centrales, du fait de sollicitations tactiques plus dynamiques (Gabbett, 2020).

Les différences de performance en vitesse sont influencées par l'âge, le sexe et les conditions environnementales. Les vitesses maximales atteignent généralement leur pic entre 20 et 23 ans avant de décliner progressivement après 28 ans en l'absence de travail spécifique (Haugen, 2019). Les femmes présentent en moyenne des vitesses maximales inférieures de 8 à 12 % à celles des hommes, principalement en raison d'une masse musculaire moindre, d'une section transversale réduite des fibres rapides et de niveaux de testostérone plus faibles (Sandbakk, 2018). Les conditions climatiques jouent également un rôle : la chaleur réduit la capacité à répéter les sprints en augmentant la fatigue neuromusculaire et cardiovasculaire, tandis qu'un sol humide diminue la traction et compromet l'accélération initiale (Bishop, 2021).

Les exigences en matière de vitesse varient selon le poste occupé sur le terrain. Les gardiennes sollicitent principalement la vitesse de réaction et la vitesse gestuelle pour les arrêts ou les relances rapides. Les défenseuses centrales privilégient la vitesse d'accélération sur courtes distances et la vitesse maximale pour intercepter ou contrer une attaque. Les latérales combinent la vitesse répétée et la vitesse de pointe lors de courses le long des couloirs, tandis que les milieux de terrain mobilisent davantage la vitesse gestuelle et la capacité à reproduire de nombreux efforts courts. Enfin, les attaquantes exploitent la vitesse d'accélération et la vitesse maximale pour créer des décalages, se démarquer et conclure les actions offensives.

Ainsi, la vitesse en football féminin apparaît comme une qualité multidimensionnelle résultant d'interactions complexes entre les composantes neuromusculaires, métaboliques et biomécaniques, et dont la maîtrise conditionne directement la performance en match.

D. La souplesse.

La souplesse se définit comme la capacité à exécuter des mouvements articulaires avec l'amplitude maximale possible, sans gêne ni risque de blessure, en mobilisant l'ensemble des structures musculo-

tendineuses et articulaires (Weineck, 2018). Elle dépend à la fois de la mobilité articulaire, déterminée par des facteurs anatomiques et capsulo-ligamentaires, et de l'élasticité musculaire, influencée par des composantes neuromusculaires. Dans le cadre du football, cette qualité conditionne la fluidité du geste, l'efficacité technique et joue un rôle essentiel dans la prévention des blessures (McHugh, 2010).

Plusieurs facteurs influencent directement le niveau de souplesse. Les éléments anatomiques tels que la longueur et l'élasticité des fibres musculaires, la composition des tissus conjonctifs et l'architecture articulaire déterminent en grande partie l'amplitude articulaire. Les facteurs physiologiques, notamment le tonus musculaire, l'activité réflexe et la température musculaire, influencent la capacité de relâchement et de mobilité. L'environnement intervient également : la température ambiante, le moment de la journée et l'état de fatigue peuvent modifier la disponibilité articulaire. Par ailleurs, l'âge et le sexe sont des variables déterminantes ; les femmes présentent généralement une souplesse supérieure à celle des hommes, en raison d'une plus grande laxité ligamentaire et d'une proportion plus importante de fibres musculaires de type I (Bishop et al., 2017).

La souplesse peut s'exprimer sous différentes formes, selon la nature de l'effort et le mode de sollicitation. La souplesse statique correspond à l'amplitude maximale atteinte dans une position donnée, sans mouvement, tandis que la souplesse dynamique se manifeste lors de l'exécution d'un geste, mobilisant à la fois la coordination et le contrôle neuromusculaire. La souplesse active résulte d'une contraction volontaire des muscles agonistes, alors que la souplesse passive est obtenue grâce à une force externe, qu'il s'agisse d'un partenaire, de la gravité ou d'un dispositif élastique.

En football, la souplesse occupe une place centrale dans la performance comme dans la prévention. Elle améliore l'amplitude des mouvements lors des frappes, des passes et des changements de direction (Small, 2009), augmente la longueur de foulée et l'efficacité biomécanique en course (Nedelec, 2014), et facilite l'exécution des gestes techniques complexes tels que les contrôles orientés, les reprises de volée ou les tacles, tout en réduisant les tensions musculaires. Sur le plan préventif, plusieurs études ont montré que des programmes d'étirements ciblés peuvent diminuer l'incidence des lésions musculaires, en particulier au niveau des ischio-jambiers et des quadriceps, fréquemment touchés en football féminin (Higashihara, 2022). Toutefois, une souplesse excessive, lorsqu'elle n'est pas accompagnée d'un travail de renforcement musculaire approprié, peut entraîner une instabilité articulaire et accroître le risque d'entorses (Behm, 2011). L'entraînement de la souplesse doit ainsi être intégré de manière raisonnée, en complémentarité avec le travail de force et de stabilité posturale.

L'évaluation de la souplesse repose sur différents outils permettant d'identifier les limitations spécifiques. Le test du sit and reach est l'un des plus utilisés pour mesurer la souplesse de la chaîne postérieure, tandis que le test de flexion de hanche permet d'évaluer la mobilité des ischio-jambiers.

L'utilisation d'un goniomètre offre quant à elle une mesure précise des amplitudes articulaires pour différents segments corporels.

Les méthodes de développement de la souplesse reposent sur des approches variées, adaptées aux besoins de la discipline. Les étirements statiques consistent à maintenir une position d'allongement musculaire pendant une durée de 15 à 30 secondes, favorisant la détente et l'allongement des fibres. Les étirements dynamiques, réalisés sous forme de mouvements contrôlés et progressifs, sont particulièrement recommandés lors des échauffements. Les techniques proprioceptives de type PNF (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation), combinant contraction et relâchement musculaire, permettent d'augmenter efficacement l'amplitude articulaire. Enfin, le travail intégré, qui associe des mouvements à grande amplitude aux exercices techniques spécifiques au football, constitue une méthode efficace pour transférer les gains de souplesse à la performance gestuelle et fonctionnelle.

Ainsi, la souplesse représente une qualité motrice indispensable à la performance du football féminin, contribuant à la fois à la précision technique, à la prévention des blessures et à la durabilité du geste sportif.

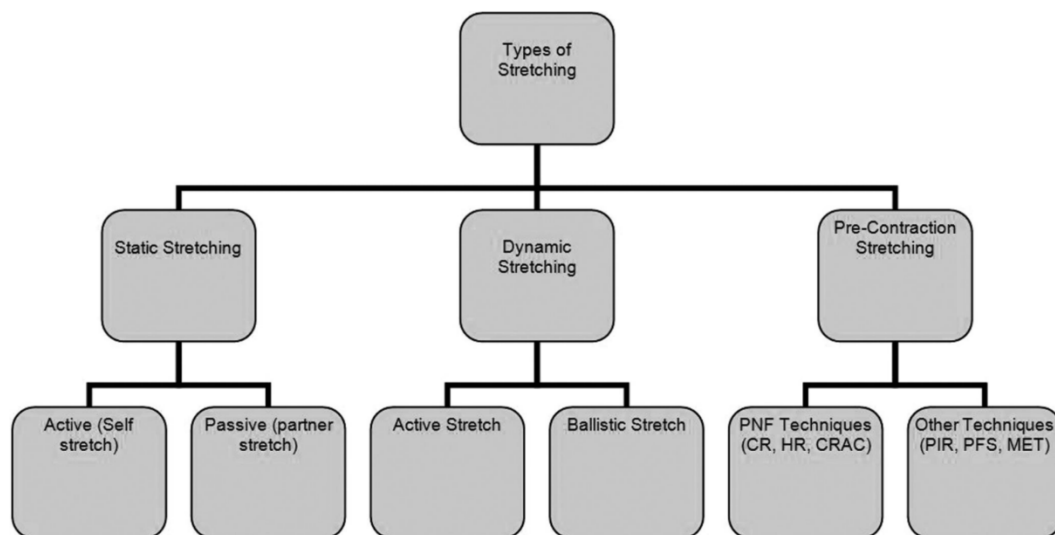


Figure 11: Classification des différents types d'étirements. (Page, 2012)

2.2.2 Les habiletés motrices.

Les habiletés motrices désignent l'ensemble des capacités acquises par l'individu lui permettant de réaliser des mouvements coordonnés, précis et adaptés aux exigences d'une tâche ou d'une situation donnée (Schmidt, 2019). Elles reposent sur l'intégration progressive et l'automatisation de schémas moteurs élaborés à travers la pratique, l'expérience et l'apprentissage, impliquant une interaction constante entre les systèmes neuromusculaire, sensoriel et cognitif (Magill, 2021). Dans le contexte du football féminin, ces habiletés représentent des déterminants majeurs de la performance, car elles influencent directement la qualité d'exécution des gestes techniques, la

réactivité face à des stimuli complexes et la prise de décision dans un environnement dynamique soumis à une forte contrainte temporelle (Williams et Ford, 2012).

L'agilité constitue l'une des habiletés motrices les plus déterminantes dans le football moderne. Elle correspond à la capacité de modifier rapidement et efficacement la direction du corps tout en conservant stabilité et contrôle, en réponse à une situation de jeu changeante. Cette qualité dépend à la fois de facteurs physiques, tels que la force, la vitesse et la coordination, et de facteurs perceptivo-cognitifs liés à la lecture du jeu et à l'anticipation des mouvements adverses (Sheppard, 2006). Une agilité développée permet aux joueuses d'adapter instantanément leur posture et leur trajectoire lors des transitions rapides ou des changements de direction imposés par le ballon.

L'équilibre, quant à lui, se définit comme la capacité à maintenir ou à rétablir une position stable, que ce soit en situation statique ou dynamique. Il est essentiel pour exécuter des gestes techniques précis sous pression, résister aux contacts physiques, et stabiliser le corps lors des réceptions après un saut ou des changements brusques d'appui (Paillard, 2015).

La coordination constitue un autre pilier fondamental de la performance motrice. Elle se définit comme la capacité à organiser et à synchroniser les actions musculaires dans le temps et dans l'espace afin de produire des mouvements fluides et précis (Roth, 2018). Elle comprend à la fois la coordination intra-membre, au sein d'un même segment, et inter-membres, entre les bras et les jambes, indispensable à la conduite de balle, aux passes, aux dribbles et aux tirs. La coordination résulte de l'intégration sensorielle multimodale impliquant la vision, la proprioception et le système vestibulaire, qui assurent le guidage du mouvement, le contrôle postural et la stabilité. Elle dépend également du timing, de la synchronisation des segments corporels, de la formation de synergies motrices et de la gestion de la variabilité fonctionnelle, autant d'éléments qui permettent d'adapter continuellement le geste à la situation de jeu. Par ailleurs, les processus perceptivo-cognitifs tels que la prise d'information, l'anticipation et la vitesse de traitement déterminent la rapidité et la pertinence des réponses motrices (Shumway-Cook, 2017). Enfin, les qualités neuromusculaires de base, incluant la force, la raideur fonctionnelle et l'efficacité du cycle étirement-raccourcissement, soutiennent la fluidité et la précision de l'exécution (Paillard, 2012).

La maîtrise du corps, qui englobe la conscience corporelle, le contrôle postural et la précision gestuelle, constitue une compétence motrice globale. Elle permet d'optimiser l'efficacité des mouvements et de limiter le risque de blessure, notamment lors des phases de duel, des changements de rythme ou des impulsions répétées.

Le développement des habiletés motrices dans la formation des footballeuses requiert un entraînement spécifique et progressif, intégrant simultanément les aspects techniques, perceptivo-cognitifs et décisionnels. L'entraînement doit inclure des situations de jeu contextualisées et des

exercices proches des contraintes réelles de compétition, favorisant ainsi l'adaptation motrice et la transférabilité des apprentissages. Une progression structurée et individualisée contribue non seulement à l'amélioration de la performance mais aussi à la prévention des blessures et à la longévité sportive (Impellizzeri et Rampinini, 2008).

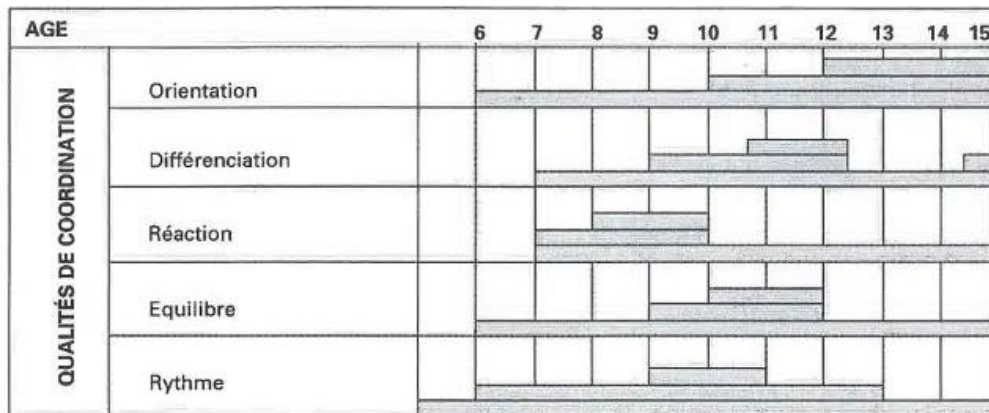


Figure 12: Conditions d'apprentissage, modèle des phases sensibles du développement des capacités de coordination chez l'enfant et l'adolescent (d'après Martin Dietrich, 1982).

Ce schéma (figure 13) illustre les périodes dites « phases sensibles » pendant lesquelles chaque capacité de coordination atteint un potentiel de développement optimal. Ces périodes, variables selon l'âge, représentent des moments privilégiés pour orienter l'entraînement et maximiser les gains en performance motrice.

Ces données soulignent l'importance de planifier le développement des habiletés motrices en tenant compte de l'âge biologique et de la maturité neuromusculaire, afin d'optimiser l'apprentissage technique et la performance sportive à long terme.

2.2.3 L'aspects énergétique.

La performance en football féminin repose sur la capacité de l'organisme à fournir de l'énergie sous forme d'adénosine triphosphate (ATP), unique molécule directement utilisable par les fibres musculaires pour produire un travail mécanique. Les réserves intramusculaires d'ATP étant très limitées (environ 5 à 6 mmol·kg⁻¹ de muscle humide), elles ne permettent de soutenir qu'une à deux secondes d'effort maximal sans resynthèse (Hultman, 1981). Le maintien de l'activité musculaire nécessite donc l'activation coordonnée de trois voies métaboliques interconnectées : la filière anaérobie alactique, la filière anaérobie lactique et la filière aérobie.

La filière anaérobie alactique, ou système ATP-PCr, constitue la source d'énergie la plus puissante mais la moins durable. Elle repose sur la dégradation de la phosphocréatine musculaire, catalysée par la créatine kinase, permettant une resynthèse rapide de l'ATP sans recours à l'oxygène ni production de lactate. Ce système soutient des efforts explosifs d'une durée de 6 à 8 secondes, tels que les sprints, les duels ou les frappes puissantes (Bogdanis, 1995). Son développement repose sur un entraînement

spécifique incluant des sprints répétés, des exercices plyométriques et un travail de force maximale visant à accroître la puissance instantanée.

La filière anaérobie lactique, ou glycolyse anaérobie, assure la production d'ATP à partir du glycogène musculaire en absence d'oxygène. Ce processus engendre l'accumulation de lactate et d'ions hydrogène (H^+), responsables d'une acidification du milieu musculaire et d'une diminution de l'efficacité enzymatique (Bangsbo et al., 2006). Sa contribution est déterminante lors des efforts intenses de 20 secondes à 1 minute 30, comme les pressings prolongés, les courses répétées ou les séquences défensives rapprochées. Les méthodes d'entraînement à haute intensité intermittente (HIIT) et les jeux réduits à forte intensité permettent d'améliorer la tolérance au lactate et la capacité de répétition d'efforts.

La filière aérobie, ou oxydative, repose sur l'utilisation de l'oxygène pour la production d'ATP à partir des glucides et des lipides par l'intermédiaire de la glycolyse aérobie, du cycle de Krebs et de la chaîne respiratoire mitochondriale (Holloszy, 1970). Bien que sa puissance énergétique soit inférieure à celle des filières anaérobies, sa capacité est nettement supérieure, ce qui en fait la principale source d'énergie pour soutenir les efforts prolongés et faciliter la récupération entre les phases d'intensité élevée. Chez les footballeuses élites, elle permet de maintenir un volume de course élevé sur l'ensemble du match, atteignant en moyenne 9 à 11 km chez les milieux de terrain (Mohr et al., 2003). Le développement de cette filière repose sur un entraînement ciblé de la Vitesse Maximale Aérobie (VMA), des intervalles longs et des situations de jeu contrôlées reproduisant les exigences physiologiques du match.

La compréhension du fonctionnement de ces systèmes énergétiques repose sur deux concepts complémentaires : la puissance énergétique, qui désigne la vitesse maximale de production d'ATP, et la capacité énergétique, correspondant à la quantité totale d'ATP qu'une filière peut générer avant épuisement de ses ressources (Péronnet, 2001). En football féminin, la performance dépend d'une sollicitation simultanée et modulée des trois filières métaboliques, chacune intervenant en fonction de l'intensité, de la durée et de la fréquence des actions de jeu. La filière anaérobie alactique prédomine lors des sprints et des efforts explosifs, la filière anaérobie lactique soutient les séquences répétées d'effort intense, tandis que la filière aérobie assure le maintien du volume de course et la récupération entre ces phases.

Cette interaction dynamique des filières énergétiques reflète la complexité physiologique du football féminin, où l'activité alterne en permanence entre des phases d'effort maximal, de transitions intermédiaires et de récupération active. **Le tableau 7** présente une synthèse des principales caractéristiques de ces trois filières, incluant leur mode de production d'ATP, leur puissance et capacité énergétiques, leurs contextes d'activation en match et les adaptations recherchées à

Tableau 7: Caractéristiques des principales filières énergétiques sollicitées en football féminin (source : auteur)

Filière	Puissance	Capacité
Alactique	Très élevée	Très faible
Lactique	Moyenne	Intermédiaire
Aérobie	Faible	Très élevée

Ces paramètres déterminent le profil d'effort soutenable et constituent des repères essentiels pour la planification de l'entraînement selon le poste, le niveau de compétition et les exigences physiologiques du match.

La consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}) représente l'indicateur physiologique de référence de la puissance aérobie. Elle exprime la capacité intégrée des systèmes cardio-respiratoire et musculaire à capter, transporter et utiliser l'oxygène pour produire de l'énergie lors d'efforts soutenus (Bassett, 2000). Chez les footballeuses de haut niveau, les valeurs moyennes se situent généralement entre 50 et 60 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$, témoignant d'une aptitude élevée à soutenir un volume important de course et à répéter des actions intenses tout au long de la rencontre (Krustrup et Mohr, 2005). La VO_{2max} peut être estimée par des tests de terrain, tels que le test Vameval, ou calculée à partir de l'équation de Fick, qui relie le débit cardiaque ($FC \times VES$) et la différence artérioveineuse en oxygène ($CaO_2 - CvO_2$). Cette équation traduit la combinaison entre la capacité du système cardiovasculaire à délivrer l'oxygène et celle des muscles à l'extraire et à l'utiliser efficacement, offrant ainsi une évaluation complète de la puissance aérobie.

Étroitement liée à la VO_{2max} , la Vitesse Maximale Aérobie (VMA) correspond à la plus faible vitesse de course à laquelle un individu atteint sa consommation maximale d'oxygène (Léger, 1988). Elle constitue un repère fondamental pour calibrer la charge d'entraînement aérobie, car elle détermine l'intensité à partir de laquelle l'organisme fonctionne à son potentiel oxydatif maximal. En pratique, la VMA sert de base à la programmation des séances d'endurance, d'intervalles et de travail intermittent, permettant d'ajuster la durée, la récupération et l'intensité des efforts de manière à solliciter efficacement les capacités aérobies tout en maîtrisant la fatigue.

La fréquence respiratoire (FR), bien que considérée comme un indicateur secondaire par rapport à la VO_{2max} ou à la VMA, apporte des informations complémentaires sur l'efficacité ventilatoire et la capacité de récupération (Billat, 1999). Le nombre de cycles respiratoires par minute reflète l'adaptation du système ventilatoire aux contraintes métaboliques de l'effort. Une stabilisation rapide de la FR après une phase intense indique une bonne régulation respiratoire et une condition physique optimisée, deux facteurs favorisant la répétition des actions à haute intensité.

La spécificité du football féminin réside dans la nature intermittente de l'effort, caractérisée par une alternance rapide entre phases de haute intensité et périodes de récupération active ou passive. Cette dynamique sollicite simultanément les trois filières énergétiques, dont la contribution varie selon le poste et la situation de jeu. Les attaquantes mobilisent principalement la filière anaérobie alactique pour exécuter des actions explosives sur de courtes durées, les milieux de terrain s'appuient davantage sur la filière aérobie pour maintenir un volume de course élevé, tandis que les défenseuses alternent entre la filière anaérobie lactique et la filière aérobie selon les séquences défensives et offensives.

Dans ce contexte, un programme d'entraînement optimal doit viser à développer conjointement la puissance anaérobie, afin d'améliorer la capacité à répéter des actions explosives, et la capacité aérobie, pour soutenir l'endurance et la récupération. Cette approche intégrée, fondée sur une compréhension fine des déterminants énergétiques et positionnels du football féminin, permet d'optimiser la performance globale tout en réduisant la fatigue cumulative et le risque de blessure.

2.3 Les exigences techniques.

La performance en football féminin ne dépend pas uniquement des qualités physiques et anthropométriques, mais repose également sur la maîtrise d'un ensemble d'habiletés techniques spécifiques qui constituent le socle de l'efficacité en match. Ces compétences, individuelles ou collectives, s'acquièrent par un apprentissage progressif, se perfectionnent par la répétition et doivent être entretenues par une préparation régulière et ciblée (Balyi, 2013). Selon la Fédération Internationale de Football Association (FIFA, 2023), les gestes techniques essentiels incluent la conduite de balle, le dribble, le contrôle, la passe, le tir, le jeu de tête et l'interception. Leur exécution exige précision, adaptation et rapidité dans un environnement caractérisé par l'espace réduit, la pression défensive et la variabilité des situations (Williams, 2020). Ces exigences sont accentuées par la nature « ouverte » du football, où les actions se déroulent dans des contextes changeants et imprévisibles nécessitant une adaptation motrice et décisionnelle immédiate (Araujo, 2019).

Dans le football féminin de haut niveau, certaines spécificités anthropométriques et physiologiques influencent directement la dimension technique. La vitesse d'exécution, bien que légèrement inférieure à celle observée chez les hommes, peut être optimisée par un entraînement axé sur la rapidité des enchaînements et la réactivité gestuelle. La précision technique tend à diminuer sous l'effet de la fatigue, notamment lors des efforts intermittents répétés, soulignant le lien étroit entre la préparation physique et la performance technique (Andersson, 2010). De même, la puissance développée lors des frappes et des passes longues dépend de la force musculaire des membres inférieurs et de la coordination intersegmentaire, ce qui justifie l'intégration d'exercices techniques couplés à un renforcement musculaire spécifique (Lees, 2010).

Les études récentes mettent en évidence l'importance de gestes tels que le contrôle orienté, qui favorise la fluidité du jeu et la création d'occasions offensives. Gonzalez-Rodenas et al. (2021) ont montré que plus de 70 % des occasions franches lors de matchs de première division féminine espagnole résultaient d'un premier contrôle orienté vers l'espace libre. De même, Sakamoto et al. (2020) ont démontré que la réussite d'un dribble en un contre un augmentait de près de 50 % la probabilité d'accéder à une situation de tir. Le développement de la performance technique nécessite ainsi des séances reproduisant fidèlement les contraintes spatio-temporelles et décisionnelles du jeu, tout en tenant compte des exigences propres à chaque poste : relances longues et précises pour les défenseuses centrales, finitions rapides pour les attaquantes, ou passes en une touche pour les milieux de terrain.

La performance technique résulte d'une interaction constante entre les qualités physiques, les aptitudes cognitives et la capacité à reproduire des gestes précis sous pression ou en état de fatigue. Elle représente un déterminant essentiel de la performance globale et doit occuper une place centrale dans tout modèle d'évaluation ou de préparation des footballeuses (Ali, 2011 ; UEFA, 2020). L'exigence technique, croissante dans le football féminin de haut niveau, se manifeste par la réduction du temps de décision et la complexité tactique des matchs (Bradley, 2014). Le contrôle du ballon, par exemple, consiste à recevoir et maîtriser la balle pour préparer l'action suivante. Le contrôle orienté permet d'orienter le ballon vers la zone de jeu souhaitée, tandis que l'amorti absorbe sa vitesse pour faciliter la transition technique (Williams & Hodges, 2005). Chez les footballeuses élites, un contrôle efficace réduit de 30 à 40 % les risques de perte de balle dans les zones sous pression (Andersson, 2010).

La passe est le geste le plus fréquent en match, permettant de conserver la possession et de progresser vers le but. Elle peut être courte, longue, lobée ou dans l'espace, et sa réussite dépend de la précision, du dosage et de la lecture du jeu. Lors de la Coupe du Monde Féminine 2023, les équipes demi-finalistes affichaient un taux moyen de 78 % de passes réussies sous pression, illustrant l'importance de la maîtrise gestuelle et de la prise d'information rapide (FIFA, 2023). La conduite et le dribble requièrent quant à eux une gestion fine des appuis et une coordination œil-pied optimale (Ali, 2011). Dans les situations offensives à haute intensité, la capacité à alterner entre conduite rapide et dribble est positivement associée à la création d'occasions (Lago-Penas, 2020).

La frappe constitue un autre élément décisif, mobilisant puissance, coordination intersegmentaire et transfert de poids. Les joueuses internationales atteignent des vitesses de frappe supérieures à 80 km/h, avec une précision moyenne de 62 % sur la cible (Lees, 1998). Le jeu de tête, bien que moins fréquent dans le football féminin, reste déterminant dans les phases arrêtées : il requiert un timing optimal et une impulsion explosive. Selon l'UEFA (2022), environ 14 % des buts inscrits en

compétitions féminines proviennent d'actions aériennes, ce qui en souligne l'importance stratégique.

La performance technique ne peut être dissociée des qualités physiques qui la soutiennent. Chaque geste sollicite des composantes physiologiques spécifiques : la passe longue mobilise la force musculaire du tronc et des membres inférieurs, la vitesse d'exécution du dribble dépend de l'agilité et de la coordination, et la précision du tir est influencée par la stabilité dynamique (Lees, 1998 ; Reilly, 2013). La fatigue altère ces mécanismes. Rampinini et al. (2009) ont montré que, chez des joueuses professionnelles de Serie A italienne, la précision des passes et l'efficacité des contrôles diminuaient significativement en seconde période, parallèlement à la baisse de la puissance de sprint et de la capacité de répétition d'efforts. Ce constat rejoint les observations de Mohr, Krustup et Bangsbo (2003), qui ont démontré qu'en fin de match, la réduction de la vitesse de course maximale et du nombre de sprints s'accompagnait d'une baisse de l'efficacité dans les gestes décisifs.

Les habiletés techniques telles que le tir, le tackle ou le contrôle orienté nécessitent également un haut niveau de coordination, de proprioception et de réactivité. Ces capacités, bien qu'appartenant au domaine moteur, dépendent étroitement des qualités physiques comme la vitesse, la force explosive et la stabilité posturale (Helsen, 2000). L'entraînement intégré, associant préparation physique et travail technique dans des contextes de jeu à haute intensité, améliore simultanément les qualités neuromusculaires et la précision gestuelle (Owen, 2014). Cette interaction bidirectionnelle confirme qu'une bonne condition physique soutient la performance technique, tandis que la répétition technique à haute intensité renforce certaines qualités physiologiques spécifiques.

Les caractéristiques morphologiques et anthropométriques influencent également l'efficacité technique. La taille, la masse corporelle, la composition et la répartition segmentaire affectent directement la performance dans les frappes, dribbles ou duels aériens. Les joueuses de grande taille et à forte envergure disposent d'un avantage dans les duels et la couverture défensive, tandis qu'un centre de gravité plus bas améliore la stabilité et la rapidité de changement de direction (Datson et al., 2019 ; Sedano, 2009). Les profils morphologiques varient selon les postes : les défenseuses centrales présentent souvent une stature et une masse musculaire plus importantes, tandis que les attaquantes et ailières, plus légères, privilégient la vitesse et la réactivité (Milanović, 2012 ; Mujika, 2024). Un équilibre optimal de la composition corporelle est essentiel : un excès de masse grasse limite la vitesse et la précision technique, tandis qu'une masse musculaire bien répartie améliore la puissance et la stabilité. Ces paramètres sont particulièrement déterminants chez les jeunes joueuses en phase de maturation, où le suivi morphologique permet d'adapter la formation et la prévention.

Enfin, le poste occupé module fortement les exigences techniques et physiques. Les défenseuses centrales privilégient les tackles, les interceptions et les relances longues, tandis que les latérales associent ces qualités à des capacités offensives comme les centres et les débordements (Sarmiento,

2024 ; Petkovic, 2025). Les milieux de terrain, plus sollicités sur le plan énergétique, combinent création et récupération avec un volume de course supérieur à 10 000 m par match. Leur répertoire technique inclut les passes courtes rapides, les changements d'orientation et les dribbles en espace réduit (Sanpasitt, 2025). Les attaquantes concentrent leur activité sur la création et la finition, avec un nombre élevé d'accélération et de sprints supérieurs à 25 km/h (Sarmiento, 2024). La précision technique à haute vitesse y est primordiale, notamment dans les dribbles et les frappes, où la coordination bilatérale constitue un avantage significatif (Camata, 2025). Les gardiennes, quant à elles, développent un registre spécifique intégrant arrêts réflexes, prises aériennes et relances précises, avec une envergure moyenne supérieure à celle des joueuses de champ (Petkovic, 2025).

La morphologie influe directement sur la sélection et l'efficacité des gestes techniques. Allison et Emmanuel (2025) ont observé chez de jeunes joueuses nigérianes une corrélation positive entre la longueur des membres inférieurs et la vitesse sur 40 m, tandis que Rios-Limas et al. (2025) ont démontré qu'un pourcentage de masse grasse plus faible améliorerait significativement la vitesse de sprint. **Le tableau 8** ci-dessous synthétise, pour chaque poste, les techniques prioritaires, les exigences physiques dominantes et les résultats chiffrés issus de la littérature scientifique. Il illustre comment le rôle sur le terrain influence simultanément le répertoire technique, les sollicitations énergétiques et les effets des caractéristiques anthropométriques sur l'efficacité en match. Cette approche intégrée constitue un fondement essentiel pour orienter l'individualisation de l'entraînement et optimiser le développement des compétences spécifiques à chaque poste.

Tableau 8: Influence du poste sur les techniques en football (source : auteur)

Poste	Techniques prioritaires	Exigences physiques dominantes	Résultats chiffrés et références
Défenseur central	Tacles, interceptions, jeu de tête, passes longues	Puissance dans les duels, couverture défensive, force dans les appuis	Taille moyenne $183,6 \pm 5,2$ cm (Petkovic et al., 2025) ; plus grand nombre de passes longues (12–16/match) vs attaquants (<8) (Sarmiento et al., 2024)
Défenseur latéral	Centres, débordements, dribbles sur couloir, pressing	Haute intensité intermittente, vitesse sur couloir, endurance aérobie	Distance moyenne 10 200–10 800 m/match, dont ~1 000 m en haute intensité (>19,8 km/h) (Sarmiento et al., 2024)
Milieu central	Passes courtes, changements d'orientation, récupération de balle	Endurance aérobie élevée, transitions rapides	Distance >11 000 m/match, avec 1 100–1 300 m haute intensité (Sarmiento et al., 2024) ; masse musculaire corrélée à la précision des passes longues ($r = 0,418$, $p < 0,01$) (Sanpasitt et al., 2025)
Milieu excentré	Dribble rapides, centres, un-contre-	Sprints répétés, changements de direction	Volume de sprint > 350 m/match (Sarmiento et al., 2024) ;

(Ailier)	un offensif		performance en dribble liée à l'utilisation des deux pieds et à la vitesse ($p < 0,001$) (Camata et al., 2025)
Attaquant	Frappe en première intention, appels en profondeur, dribbles courts	Puissance anaérobie, accélérations explosives	35–45 accélérations/match (Sarmiento et al., 2024) ; % masse grasse bas = vitesse accrue ($B = -0,74$ m/s, $p < 0,001$) (Rios-Limas et al., 2025)
Gardien	Arrêts réflexes, prises aériennes, relances au pied et à la main	Explosivité, réflexes, coordination	Taille moyenne $188,5 \pm 4,8$ cm (Petkovic et al., 2025) ; précision relances courtes >80 % en matchs internationaux (Sarmiento et al., 2024)

En résumé, les exigences techniques par poste sont le résultat d'une synergie entre contraintes tactiques, qualités physiques et morphologie. L'individualisation de l'entraînement technique doit donc intégrer ces facteurs afin d'optimiser la performance en contexte compétitif.

2.4 Les exigences physiologiques.

Le football féminin moderne se caractérise par une intensité de jeu croissante, marquée par l'augmentation du rythme, de la vitesse d'exécution et de la fréquence des actions à haute intensité. Cette évolution impose aux joueuses de posséder un profil physiologique complet, intégrant des qualités aérobies et anaérobies élevées, une force musculaire adaptée aux exigences du poste, ainsi qu'une capacité de récupération optimisée. Les études récentes mettent en évidence que, bien que les volumes totaux de course soient proches entre les équipes féminines et masculines d'élite, les joueuses effectuent généralement moins de sprints maximaux, mais doivent maintenir un engagement constant sur l'ensemble du match, ce qui sollicite fortement le système aérobie et la tolérance à la fatigue neuromusculaire. (Datson N D. B., 2017) (Laia FM, 2015)

La capacité aérobie, souvent évaluée par la consommation maximale d'oxygène (VO_{2max}), constitue un facteur déterminant de la performance, car elle conditionne la faculté des joueuses à soutenir un volume élevé d'efforts répétés. Chez les footballeuses de haut niveau, les valeurs de VO_{2max} se situent en moyenne entre 45 et $55 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, avec des variations selon le poste, les attaquantes et milieux ayant tendance à présenter des valeurs plus élevées que les défenseuses centrales. (Krustrup P M. M., 2005) (Andersson H e. a., 2010)

Cette capacité est essentielle non seulement pour maintenir l'intensité de course sur 90 minutes, mais aussi pour accélérer la récupération entre les phases de jeu intenses. Les données de

biomarqueurs recueillies lors de matchs officiels indiquent d'ailleurs une élévation significative des concentrations de lactate et d'ammoniaque, témoignant d'une implication conjointe des filières énergétique aérobie et anaérobie. (Trecroci A, 2025)

La dimension anaérobie est tout aussi cruciale, car le football implique des accélérations, sprints répétés, changements de direction et sauts explosifs sollicitant fortement la puissance maximale anaérobie et la capacité à tamponner les acides produits par la glycolyse. Les concentrations de lactate sanguin post-match dépassent régulièrement 6 à 8 mmol·L⁻¹, ce qui traduit l'importance des sollicitations de haute intensité. (Andersson H e. a., 2010)

Par ailleurs, les tests spécifiques comme le Yo-Yo Intermittent Recovery Test (IR2) ou le VAMEVAL, utilisés pour évaluer la puissance aérobie maximale (PAM) et la vitesse maximale aérobie (VMA), montrent que les joueuses internationales obtiennent des vitesses supérieures à 16 km·h⁻¹ au seuil d'épuisement, avec des écarts marqués entre joueuses de différents niveaux. (Boccia G, 2024)

La force musculaire, en particulier au niveau des membres inférieurs, joue un rôle majeur dans la performance, notamment pour les duels, les frappes puissantes et la stabilité lors des changements de direction. Des niveaux élevés de force excentrique des ischio-jambiers sont également essentiels pour la prévention des blessures, en particulier des lésions musculaires et ligamentaires, qui restent fréquentes dans le football féminin. (Hägglund M, 2013) Les mesures de saut vertical (contremouvement jump) révèlent que les joueuses élite présentent des hauteurs moyennes de 30 à 40 cm, indicatives d'une capacité explosive développée (Boccia G, 2024).

L'exigence physiologique varie aussi selon le poste. Les milieux de terrain couvrent en moyenne les distances les plus importantes (jusqu'à 11 km par match), avec un volume significatif d'actions à intensité modérée à élever, tandis que les attaquantes réalisent davantage de sprints courts mais explosifs, souvent décisifs. Les défenseuses centrales, en revanche, effectuent un nombre moindre de courses à haute intensité, mais doivent maintenir un engagement physique important dans les duels et le jeu aérien (Trecroci A e. a., 2025). Cette variabilité souligne la nécessité d'une préparation physique individualisée, tenant compte du profil énergétique et biomécanique spécifique à chaque rôle sur le terrain.

Enfin, la récupération et la gestion de la charge sont des aspects fondamentaux dans le football féminin moderne. Les analyses de biomarqueurs post-match, tels que la créatine kinase (CK) ou l'IL-6, révèlent des niveaux élevés de stress musculaire et inflammatoire, nécessitant une planification adaptée des séances d'entraînement et des périodes de repos. Le suivi de la charge interne, à travers la fréquence cardiaque et la perception de l'effort (RPE), combiné aux mesures de charge externe (GPS, distances parcourues, nombre de sprints), permet d'optimiser la performance tout en réduisant

le risque de surentraînement et de blessure. (Impellizzeri FM e. a., 2019)

Ainsi, le football féminin moderne impose un équilibre entre développement des qualités aérobies et anaérobies, optimisation de la force et de la puissance musculaire, et stratégies de récupération individualisées. La combinaison de ces paramètres, soutenue par une planification rigoureuse et des évaluations régulières, représente la clé pour atteindre et maintenir un haut niveau de performance dans un contexte où le jeu devient de plus en plus exigeant sur le plan physique.

2.5 Les exigences tactiques.

Le football féminin moderne se caractérise par une intensification progressive des exigences tactiques, reflétant l'évolution du jeu vers une approche plus structurée, rapide et collective. La performance ne dépend plus uniquement des qualités physiques et techniques individuelles, mais repose sur la capacité des joueuses à interpréter les situations de jeu, à s'adapter aux transitions et à appliquer des stratégies collectives coordonnées. Cette dimension tactique constitue un facteur déterminant de la réussite au plus haut niveau, car elle conditionne directement l'efficacité des ressources physiques et techniques.

Plusieurs travaux récents soulignent que les schémas tactiques en football féminin tendent à se rapprocher de ceux observés dans le football masculin, bien que des différences subsistent dans le volume de course, l'intensité des sprints et les comportements collectifs. Par exemple, l'analyse de Perea et al. (2023) montre que la distribution des charges de match diffère selon les systèmes de jeu adoptés, avec une influence directe sur la densité des courses à haute intensité et sur la répartition spatiale des joueuses. (Perea, 2023)

Dans le même sens, Martinez-Lopez et al. (2024) ont observé que la mise en place de stratégies de pressing défensif collectif conditionne non seulement la récupération du ballon, mais aussi la qualité des phases offensives suivantes. Leurs résultats indiquent que les équipes féminines d'élite capables de maintenir une pression coordonnée dans le tiers supérieur du terrain créent un plus grand nombre d'occasions franches, confirmant l'importance des interactions collectives dans la construction du jeu. (Martinez-Lopez, 2024)

L'étude de Reina-Gomez et Hernandez-Mendo (2023) va dans la même direction en insistant sur l'analyse des configurations tactiques à travers des méthodes d'analyse de réseaux appliquée au jeu collectif appelé « network analysis » appliquées aux passes. Ils montrent que les joueuses occupant des rôles centraux dans le graphe de passes (playmakers ou milieux centraux) déterminent la fluidité offensive et la résilience défensive d'une équipe. Cette approche objective et mathématisée des comportements collectifs illustre comment la tactique peut être quantifiée et reliée directement à la performance. (Reina-Gomez, 2023)

Par ailleurs, la recherche récente met en évidence l'importance croissante des transitions rapides,

tant défensives qu'offensives, dans le football féminin moderne.

Dans leur travail comparatif, Sarmento et al. (2021) ont montré que les buts dans les compétitions féminines de haut niveau proviennent majoritairement de situations de transition offensive rapide après récupération de balle, plutôt que d'attaques placées. Cette observation confirme que l'efficacité tactique réside aujourd'hui dans la capacité d'une équipe à basculer collectivement d'un mode défensif à un mode offensif dans des laps de temps très courts, optimisant ainsi l'effet des qualités physiques des joueuses. (Sarmento, 2021)

Les exigences tactiques se manifestent également au niveau positionnel. Les analyses GPS menées par Bradley et al. (2014) ont mis en évidence que les défenseuses centrales parcourent moins de distance à haute intensité que les milieux de terrain, mais présentent une implication tactique majeure dans l'organisation défensive et la première relance. Inversement, les ailières et attaquantes sont soumises à des contraintes tactiques de profondeur et de déséquilibre, nécessitant une lecture constante des espaces libres et une coordination étroite avec leurs partenaires. (Bradley, 2014)

Enfin, l'évaluation des comportements tactiques à l'aide de capteurs portables et d'outils d'intelligence artificielle, comme le souligne l'étude de Gamez-Calvo et al. (2024), permet d'objectiver la densité des pressings, l'efficacité des couvertures défensives et la variabilité des configurations collectives en match. (Gamez-Calvo, 2024)

Ces approches technologiques apportent un regard inédit sur la spécificité des exigences tactiques en football féminin, en offrant la possibilité de relier les micro-comportements individuels (prise de décision, couverture, pressing) aux macro-comportements collectifs (système de jeu, transitions).

Dans ce contexte, il apparaît que la performance tactique des équipes féminines de haut niveau repose sur un équilibre subtil entre discipline collective, adaptabilité situationnelle et intelligence de jeu. Les études convergent pour souligner que la tactique constitue aujourd'hui un facteur discriminant essentiel, capable de compenser certaines différences de gabarit ou de puissance physique par une organisation collective plus efficace. En d'autres termes, le football féminin moderne valorise particulièrement les joueuses dotées d'une capacité de lecture tactique fine et d'une intégration rapide aux dynamiques collectives, ce qui explique l'importance accordée à l'entraînement cognitif et aux mises en situation de jeu dans les programmes de préparation.

2.6 Les exigences psychologiques et mentales.

Les facteurs psychologiques et cognitifs jouent un rôle déterminant dans la performance des footballeuses de haut niveau. Au-delà des qualités physiques et techniques, la capacité à mobiliser efficacement ses ressources mentales dans un environnement complexe, dynamique et imprévisible conditionne largement la réussite sur le terrain. (Pettersen SD, 2022) Parmi ces déterminants, les fonctions exécutives (figure 14) occupent une place centrale. Ces fonctions cognitives supérieures –

comprenant l'inhibition, la flexibilité mentale, la mémoire de travail, la planification et la prise de décision – permettent de réguler le comportement, d'anticiper et d'adapter les actions aux contraintes du jeu (Diamond A, 2013).

L'inhibition constitue un exemple particulièrement pertinent dans le sport. Elle se définit comme la capacité à contrôler ou à supprimer des réponses automatiques ou inadaptées afin de favoriser des choix stratégiques optimaux. Dans le football, elle se manifeste par la faculté d'éviter une passe précipitée face à la pression adverse ou de résister à l'impulsion de tirer dans une position défavorable. Les études en psychologie du sport ont montré que les joueuses présentant de meilleures capacités d'inhibition prennent des décisions plus rapides et plus efficaces dans des environnements complexes et incertains. (Vestberg T, 2012)

De même, la mémoire de travail permet de maintenir et de manipuler l'information tactique – par exemple, retenir la position des coéquipières et adversaires – afin de choisir l'action la plus appropriée. La flexibilité cognitive, quant à elle, est essentielle pour ajuster instantanément son comportement lorsque les conditions du jeu changent, comme lors d'une contre-attaque soudaine. (Huijgen BC, 2015)

Ces capacités cognitives conditionnent donc directement la prise de décision tactique, élément central de la performance en football moderne.

À ces fonctions exécutives s'ajoute l'importance de l'attention et de la concentration. Le football exige une attention soutenue et sélective, permettant de filtrer les informations pertinentes (mouvement du ballon, déplacements adverses) tout en inhibant les distractions internes ou externes. (Voss MW, 2010)

La concentration soutenue influence la rapidité d'analyse et la qualité de la prise de décision. Un déficit attentionnel, même transitoire, peut conduire à des erreurs coûteuses en match. Par ailleurs, la capacité à diviser son attention entre plusieurs stimuli simultanés par exemple, surveiller le ballon tout en suivant les appels de coéquipières constitue un facteur clé de performance. (Olmedilla A)

L'aspect psychologique des joueuses ne peut cependant être dissocié de leur état physiologique, notamment en lien avec le cycle menstruel. Les fluctuations hormonales qui surviennent au cours des phases folliculaire et lutéale influencent non seulement la performance physique, mais également les dimensions cognitives et émotionnelles. Plusieurs études montrent que les joueuses peuvent éprouver, selon les phases, une altération de la concentration, une baisse de la motivation ou une augmentation de la fatigue psychologique. (Armour M, 2021) (Findlay RJ, 2023)

La période prémenstruelle est fréquemment associée à une irritabilité accrue, à des troubles de l'attention et à une moindre tolérance au stress, ce qui peut impacter la prise de décision et la gestion émotionnelle en match. De plus, l'utilisation de contraceptifs hormonaux, en régulant les fluctuations

endocriniennes, peut stabiliser l'humeur et réduire la variabilité des performances cognitives, bien que les effets soient hétérogènes selon les individus. (Elliott-Sale KJ, 2020)

Cette interaction entre cycle menstruel, contraception et santé mentale souligne l'importance d'une approche individualisée dans la préparation psychologique des footballeuses.

Au-delà des dimensions purement cognitives, les facteurs motivationnels et émotionnels représentent un socle essentiel de la performance psychologique. La motivation intrinsèque, définie comme le plaisir et la satisfaction liés à la pratique et au progrès personnel, favorise un engagement durable et une meilleure résilience face aux difficultés. (Ryan RM, 2000)

Les joueuses motivées par la recherche d'excellence et l'amélioration de leurs compétences montrent une persévérance accrue et une tolérance plus élevée à l'effort, comparées à celles dont la motivation repose principalement sur des récompenses externes. (Deci EL, 2017)

La fixation d'objectifs spécifiques, réalistes et progressifs constitue par ailleurs un puissant levier motivationnel, permettant d'orienter l'attention, de réguler l'effort et de renforcer le sentiment d'accomplissement. (Weinberg RS, 2019)

La confiance en soi est un autre déterminant fondamental. Elle repose sur la croyance dans ses propres capacités et sur l'auto-efficacité perçue. Une joueuse confiante prend davantage d'initiatives, assume des responsabilités sur le terrain et adopte une attitude proactive face à l'adversité. Cette confiance se construit à travers des expériences positives et des réussites antérieures, mais peut être fragilisée par des échecs répétés ou un environnement compétitif négatif. (Feltz DL, 2008)

La gestion des émotions est tout aussi cruciale. Le football de haut niveau confronte les athlètes à des niveaux élevés de stress et de pression. La capacité à réguler ses émotions qu'il s'agisse d'anxiété précompétitive, de frustration face à une erreur ou de tension liée à un enjeu décisif détermine la stabilité mentale et la lucidité en match. (Wiley, 2012.) Les techniques de récupération émotionnelle, comme la respiration contrôlée, la restructuration cognitive ou l'imagerie, permettent de maintenir un état optimal de performance malgré les fluctuations émotionnelles.

La résilience mentale, qui englobe l'adaptabilité, la persévérance et la force psychologique, constitue également une compétence déterminante. Les joueuses capables de rebondir après une défaite, de transformer l'échec en opportunité d'apprentissage et de maintenir un haut niveau d'investissement dans la durée, démontrent une meilleure trajectoire de progression (Fletcher & Sarkar, 2012). Cette capacité est particulièrement importante dans un sport collectif où les imprévus, les blessures ou les décisions arbitrales peuvent bouleverser le cours d'un match.

D'autres outils psychologiques contribuent à l'optimisation de la performance. L'imagerie mentale, en permettant de visualiser des actions réussies ou des situations de match, améliore la préparation cognitive et réduit l'incertitude. (Cumming J, 2012) Le dialogue interne, positif et orienté

vers la tâche, renforce la concentration et la confiance en soi. Enfin, la cohésion d'équipe et la coopération sont des facteurs clés dans un sport collectif comme le football, où la performance individuelle est indissociable du rendement collectif. Un climat d'entraide et de confiance mutuelle favorise la communication, la solidarité et l'engagement partagé vers un objectif commun.

Ainsi, la performance en football féminin ne repose pas uniquement sur les qualités physiques ou techniques, mais sur un ensemble intégré de compétences cognitives, motivationnelles et émotionnelles. Les fonctions exécutives (inhibition, mémoire de travail, flexibilité), la gestion de l'attention et de la concentration, la prise en compte des fluctuations hormonales, la motivation intrinsèque, la confiance en soi, la régulation émotionnelle et la résilience forment un tout indissociable. Leur développement, à travers un entraînement spécifique et une prise en charge psychologique adaptée, apparaît aujourd'hui comme un axe stratégique majeur pour optimiser la performance des joueuses de haut niveau.

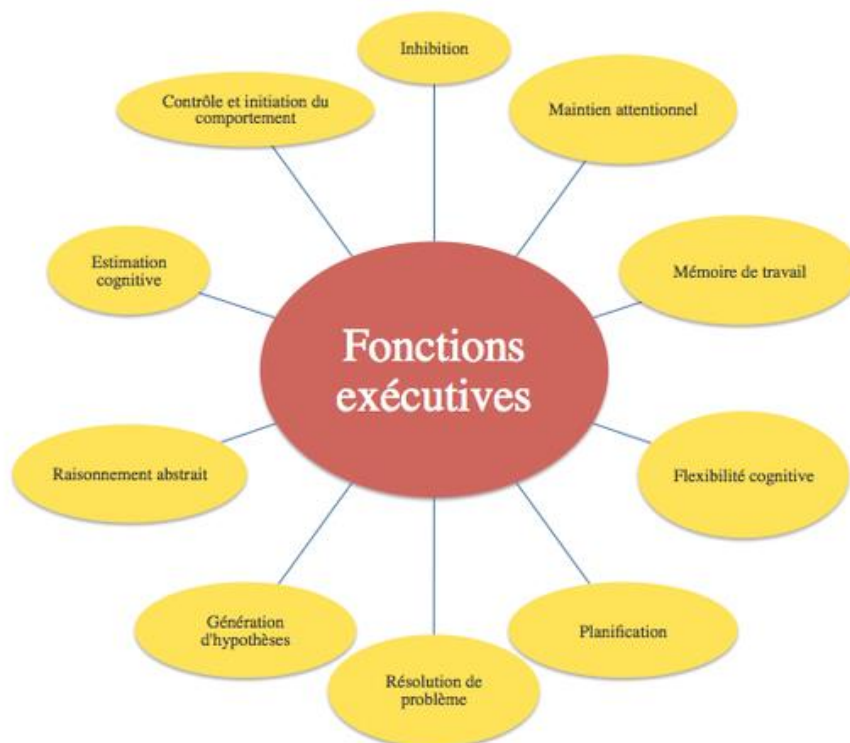


Figure 13 : Représentation schématique des principales fonctions exécutives impliquées dans la régulation cognitive et comportementale de l'athlète (adapté de Diamond, 2013).

2.7 Les contraintes environnementales et contextuelles.

Le développement du football féminin à l'échelle internationale reste largement conditionné par les contraintes environnementales et contextuelles qui influencent l'accès à la pratique, la qualité de l'entraînement et les perspectives de carrière. Ces contraintes se manifestent principalement à travers les inégalités d'accès aux infrastructures, les disparités de financement, la couverture médiatique limitée et la persistance de normes socioculturelles défavorables.

L'accès aux infrastructures demeure l'un des obstacles majeurs. Alors que certains pays européens disposent d'un maillage dense de terrains et de centres de formation spécifiques au football féminin, cette réalité reste loin d'être généralisée. En France, par exemple, la Fédération Française de Football (FFF) a soutenu la création de pôles espoirs féminins et de centres de formation agréés depuis la réforme stratégique 2020-2025, mais le nombre d'équipements adaptés reste encore inférieur à la demande croissante des licenciées. À l'échelle mondiale, la FIFA estimait en 2021 que moins de 40 % des associations membres possédaient des infrastructures sportives adaptées au football féminin, et que dans certaines régions, comme l'Afrique subsaharienne ou l'Asie du Sud, la pratique restait fortement contrainte par le manque de terrains homologués et accessibles (FIFA, 2021). En Algérie, les joueuses font encore face à une disponibilité réduite des stades et terrains réservés, souvent partagés avec des équipes masculines, ce qui limite les créneaux d'entraînement et la régularité des compétitions. (Kharoum, 2023)

À ces limites matérielles s'ajoutent de fortes disparités de financement. En Europe, des progrès notables ont été enregistrés, notamment avec l'UEFA qui a investi plus de 50 millions d'euros entre 2019 et 2023 dans le développement du football féminin à travers le programme UEFA Women's Football Strategy : Time for Action. (UEFA., 2023)

Des clubs professionnels comme l'Olympique Lyonnais Féminin, soutenus par des budgets dépassant les 10 millions d'euros annuels, offrent aux joueuses des conditions quasi équivalentes à celles de leurs homologues masculins. Toutefois, ces exemples demeurent exceptionnels : dans la majorité des pays européens, les budgets des clubs féminins restent très inférieurs, souvent limités à moins d'1 million d'euros par saison dans les championnats de seconde division.

En Afrique, et particulièrement en Algérie, les écarts sont encore plus marqués. Les subventions étatiques consacrées au football féminin sont très réduites : en 2022, le budget annuel dédié par la Fédération Algérienne de Football (FAF) au développement du football féminin représentait moins de 1 % du budget total de la fédération, soit environ 200 000 euros, contre plusieurs dizaines de millions pour le football masculin. (FAF, 2022)

Le manque de sponsors privés accentue ce déséquilibre : contrairement à l'Europe où les grandes marques commencent à investir dans le football féminin (Nike, Adidas, Barclays en Angleterre), les clubs algériens reposent encore principalement sur des financements publics limités.

La visibilité médiatique constitue une autre contrainte majeure. En France, malgré les progrès liés à la médiatisation de la Coupe du Monde féminine 2019 et des compétitions européennes, le temps d'antenne consacré au football féminin reste inférieur à 10 % de celui attribué au football masculin dans les grands médias sportifs. (Prempeh KO, 2025)

En Algérie et dans de nombreux pays africains, la retransmission des matchs féminins est quasi

inexistante, renforçant l'invisibilité des joueuses et limitant leur attractivité pour les sponsors.

Enfin, les résistances socioculturelles contribuent à freiner l'essor de la discipline. Dans plusieurs contextes, la pratique féminine continue d'être perçue comme secondaire ou non prioritaire, parfois même incompatible avec les représentations sociales de la féminité. Ces perceptions créent des freins au recrutement, découragent certaines familles à inscrire leurs filles et fragilisent la légitimité des joueuses dans l'espace public.

Ainsi, les contraintes environnementales et contextuelles constituent un ensemble de facteurs structurels et culturels qui freinent le développement harmonieux du football féminin. Bien que des progrès significatifs aient été accomplis, notamment en Europe occidentale, les inégalités en matière d'infrastructures, de financements et de reconnaissance sociale demeurent criantes, en particulier en Afrique du Nord et subsaharienne. Réduire ces écarts suppose une politique volontariste, combinant investissements publics et privés, soutien institutionnel accru, et une action ciblée pour favoriser la médiatisation et l'acceptation sociale de la pratique.

2.8 La performance sportive et le cycle menstruel.

Le cycle menstruel constitue une composante essentielle de la physiologie féminine et fait désormais l'objet d'un intérêt croissant dans le domaine de la performance sportive. Plusieurs travaux ont mis en évidence l'influence potentielle des fluctuations hormonales sur les capacités physiques, cognitives et psychologiques des athlètes féminines (Elliott-Sale, 2021 ; McNulty, 2020). Toutefois, les résultats restent hétérogènes : certaines études rapportent des variations significatives de la force, de l'endurance ou de la tolérance à la fatigue selon les phases du cycle, tandis que d'autres soulignent une variabilité interindividuelle trop marquée pour établir des conclusions universelles (Bruinvels, 2022).

Dans le cadre de la présente étude, le cycle menstruel n'a pas été inclus comme variable principale d'analyse. Toutes les participantes présentaient un cycle régulier, sans aménorrhée ni trouble associé, limitant ainsi l'influence de facteurs pathologiques tels que la triade de la sportive ou le syndrome de déficit énergétique relatif (RED-S). La section suivante vise donc à exposer les fondements endocriniens et physiologiques du cycle menstruel, ainsi que leurs interactions possibles avec la performance sportive.

Le cycle menstruel repose sur l'intégration fonctionnelle de l'axe hypothalamo-hypophyso-ovarien et des organes cibles, notamment les ovaires et l'utérus. Ce système régule la production cyclique des hormones sexuelles féminines, dont les effets dépassent largement la sphère reproductive, touchant la thermorégulation, le métabolisme énergétique, la fonction immunitaire et la cognition (Pereira Da Cruz, 2022). La GnRH sécrétée par l'hypothalamus stimule l'hypophyse

antérieure à libérer la FSH et la LH, qui orchestrent la croissance folliculaire, l'ovulation et la formation du corps jaune. En retour, les ovaires produisent l'estradiol et la progestérone, responsables du contrôle rétroactif sur l'axe central et des adaptations physiologiques systémiques (Arnauld-Des-Lions, 2023).

Classiquement, le cycle est divisé en quatre phases : menstruelle, folliculaire, ovulatoire et lutéale. La phase menstruelle, d'une durée moyenne de trois à sept jours, correspond à la desquamation de l'endomètre consécutive à la chute des concentrations d'estradiol et de progestérone. Cette déstabilisation hormonale déclenche un processus inflammatoire local souvent associé à une fatigue accrue et à des douleurs pelviennes (Pêlé, 2022). Durant la phase folliculaire, stimulée par la FSH, la production d'estradiol augmente, favorisant la prolifération endométriale et améliorant la sensibilité à l'insuline et l'oxydation lipidique. Cette période se caractérise par une meilleure tolérance à l'effort et une récupération optimisée, ce qui peut constituer un moment favorable pour l'entraînement intensif (Tucker, 2024).

L'ovulation, généralement observée autour du quatorzième jour, est déclenchée par un pic brutal de LH. Elle s'accompagne d'une élévation transitoire de la température corporelle et de variations hormonales rapides qui influencent la thermorégulation et la coordination neuromusculaire (Martínez-Fortuny, 2023). Enfin, la phase lutéale, dominée par la progestérone, induit une transformation sécrétoire de l'endomètre et une élévation de la température basale d'environ 0,3 à 0,5 °C. Cette hormone agit également sur la ventilation, la rétention hydrique et la modulation immunitaire, mais peut s'accompagner d'une perception accrue de la fatigue et d'une moindre tolérance à l'effort anaérobie. En l'absence de fécondation, la régression du corps jaune provoque la chute des taux hormonaux et le retour des menstruations.

Les effets du cycle menstruel dépassent le cadre reproductif. L'estradiol exerce une action protectrice sur la fonction cardiovasculaire en stimulant la vasodilatation endothélium-dépendante et en réduisant le risque d'athérosclérose, tout en participant à la régulation de la mémoire, de la concentration et de la coordination motrice. La progestérone, quant à elle, influence la thermorégulation, la ventilation et la disponibilité des substrats énergétiques. Ces interactions expliquent les variations observées dans la performance, la perception de la fatigue et la susceptibilité aux blessures selon la phase du cycle. Des études récentes ont notamment rapporté un risque accru de rupture du ligament croisé antérieur en phase ovulatoire, en lien avec l'augmentation de la laxité ligamentaire induite par le pic d'estradiol (Martínez-Fortuny, 2023). Par ailleurs, la dépense énergétique semble plus élevée durant la phase lutéale, avec un surplus moyen de 150 à 200 kcal/jour, reflétant les effets combinés de l'estradiol et de la progestérone sur la balance énergétique (Tucker, 2024).

Ainsi, le cycle menstruel ne peut être envisagé comme un simple phénomène reproductif, mais comme un système endocrinien intégré, modulant de manière fine les fonctions métaboliques, neuromusculaires et cognitives de l'athlète féminine. Sa compréhension approfondie constitue un enjeu majeur pour la recherche et la planification de l'entraînement, en vue de concevoir des stratégies individualisées optimisant la santé, la récupération et la performance des sportives de haut niveau.

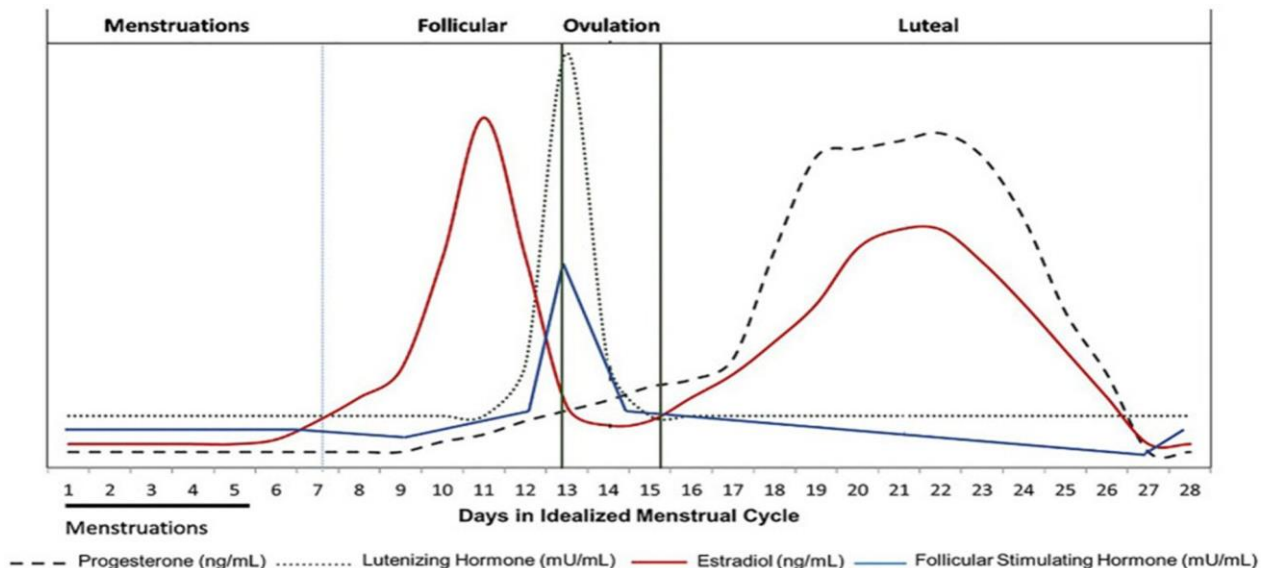


Figure 14: Concentrations hormonales en fonction de la phase du cycle menstruel (CM)
Source : adapté de Pereira Da Cruz (2022)

Comme illustré dans la Figure 14, les concentrations hormonales évoluent de manière cyclique au cours du cycle menstruel. La phase folliculaire se caractérise par une élévation progressive de l'estradiol, suivie d'un pic brutal de LH déclenchant l'ovulation, tandis que la phase lutéale est dominée par la progestérone, dont la chute en fin de cycle provoque l'apparition des menstruations.

Le cycle menstruel induit une série d'adaptations physiologiques et métaboliques susceptibles d'influencer la performance sportive féminine, selon une intensité et une variabilité interindividuelle importantes. Ces adaptations découlent principalement des fluctuations d'estradiol et de progestérone, qui modulent l'équilibre énergétique, la thermorégulation, la fonction neuromusculaire, ainsi que la perception de l'effort. La littérature récente s'accorde sur le fait que, bien que leurs effets soient souvent modestes, ils peuvent devenir significatifs dans des contextes d'entraînement ou de compétition à haute intensité.

Durant la phase folliculaire, caractérisée par une élévation de l'estradiol et de faibles taux de progestérone, les performances d'endurance tendent à être optimisées. L'estradiol favorise l'oxydation lipidique et épargne les réserves de glycogène, retardant ainsi l'apparition de la fatigue lors d'efforts prolongés (Hackney, 2020). Cette phase est également associée à une meilleure tolérance à la charge d'entraînement et à une récupération plus rapide. Romero-Parra et al. (2020) ont

notamment observé chez des coureuses de fond une amélioration significative de la performance sur 5 km en phase folliculaire précoce, comparativement à la phase lutéale.

À l'inverse, la phase lutéale, marquée par une prédominance de progestérone, s'accompagne d'une élévation de la température corporelle basale de 0,3 à 0,5 °C, d'une ventilation accrue et d'une utilisation préférentielle des glucides comme substrat énergétique. Ces mécanismes entraînent une dépense énergétique plus élevée et une fatigabilité accrue, notamment lors d'exercices intermittents de haute intensité (Tucker, 2024). Constantini et al. (2021) ont également montré que la sudation retardée observée en phase lutéale réduisait la tolérance à l'effort en ambiance chaude, augmentant le risque de déshydratation, un facteur particulièrement critique dans les sports collectifs où les contraintes thermiques et tactiques s'additionnent.

Sur le plan neuromusculaire, les fluctuations hormonales modulent la force, la coordination et la stabilité articulaire. Le pic d'estradiol observé au moment de l'ovulation améliore la transmission neuromusculaire et la coordination motrice, mais s'accompagne d'une augmentation de la laxité ligamentaire. Une méta-analyse de Herzberg et al. (2022), portant sur plus de 25 études, a mis en évidence un risque accru de rupture du ligament croisé antérieur (LCA) chez les footballeuses et basketteuses en phase ovulatoire. Ces données ont conduit plusieurs clubs professionnels à renforcer les protocoles proprioceptifs et de prévention neuromusculaire durant cette période à risque.

Les effets du cycle s'étendent également aux fonctions respiratoires et cardiovasculaires. Durant la phase folliculaire, une amélioration du VO_2max et une meilleure tolérance à l'effort intense ont été observées, tandis que la phase lutéale, sous l'effet de la progestérone, se traduit par une hyperventilation au repos comme à l'effort, pouvant majorer la perception de la fatigue. Une méta-analyse de McNulty et al. (2020), regroupant plus de 70 études, conclut que l'impact global du cycle sur la performance est modeste, mais potentiellement significatif dans des contextes compétitifs de haut niveau.

Au-delà des dimensions physiologiques, les variations hormonales influencent également la sphère cognitive et émotionnelle. L'estradiol exerce un rôle neuroprotecteur et optimise les fonctions exécutives, favorisant la concentration, la mémoire de travail et la prise de décision rapide durant la phase folliculaire. À l'inverse, la phase lutéale est souvent associée à une irritabilité accrue, une baisse de motivation et une perception plus marquée de la fatigue (Elliott-Sale, 2021). Ces fluctuations psychocognitives sont particulièrement importantes dans les sports collectifs, où la prise de décision tactique et la lucidité technique déterminent directement la performance.

Dans les structures professionnelles contemporaines, ces connaissances sont progressivement intégrées dans le suivi des athlètes. De nombreuses équipes utilisent aujourd'hui des outils numériques pour monitorer le cycle menstruel : applications de suivi comme *FittrWoman* (employée

par l'équipe nationale anglaise), questionnaires quotidiens ou dispositifs de mesure de la température basale par capteurs connectés (Bruinvels, 2022). Ces technologies permettent d'adapter les charges d'entraînement aux fluctuations hormonales et d'anticiper les périodes de vulnérabilité physiologique. Des initiatives menées au FC Barcelone et à Chelsea FC Women ont montré que ce suivi individualisé contribuait à réduire l'incidence des blessures musculosquelettiques et à optimiser la disponibilité et la performance des joueuses. La centralisation de ces données sur des plateformes sécurisées favorise par ailleurs une communication cohérente entre préparateurs physiques, médecins et athlètes, garantissant une approche intégrée et personnalisée de la performance féminine.

Tableau 9: Phases du cycle menstruel. Source : clue, 2024. Disponibles sur : <https://helloc clue.com/fr/articles/cycle-menstrual/regles-et-cycle-quelle-est-la-difference>.

Phases du cycle menstruel

Cycle	Pré-ovulation		 Ovulation	Post-ovulation
Cycle ovarien	Phase folliculaire			Phase lutéale
Cycle de l'utérus	Règles	Phase proliférative		Phase sécrétoire

Ce tableau met en évidence la complémentarité entre le cycle ovarien et le cycle utérin, illustrant la succession harmonieuse des différentes phases et leurs interactions fonctionnelles. Dans la première moitié du cycle, dite pré-ovulatoire, la phase folliculaire observée au niveau ovarien correspond aux menstruations et à la phase proliférative de l'endomètre. Cette période débute par des concentrations hormonales faibles, puis se caractérise par une élévation progressive des œstrogènes, stimulant la régénération de la muqueuse utérine et la maturation folliculaire. L'ovulation, survenant généralement autour du quatorzième jour d'un cycle de 28 jours, marque le point de transition : le pic de l'hormone lutéinisante (LH) déclenche la libération de l'ovocyte et prépare la phase suivante.

La seconde moitié, dite post-ovulatoire ou lutéale, est dominée par la sécrétion de progestérone par le corps jaune. Cette hormone transforme l'endomètre prolifératif en un tissu sécrétoire, richement vascularisé, apte à accueillir une éventuelle implantation embryonnaire. En l'absence de fécondation, la dégénérescence du corps jaune provoque la chute des taux d'œstrogènes et de progestérone, entraînant la desquamation de l'endomètre et le retour des menstruations, ouvrant ainsi un nouveau cycle.

L'intérêt de cette représentation réside dans la mise en parallèle des deux dynamiques, ovarienne et utérine, qui sont souvent étudiées séparément mais fonctionnent de manière étroitement synchronisée. Elle complète la figure précédente sur les variations hormonales en soulignant les

conséquences anatomiques et physiologiques de ces fluctuations sur l'organisme féminin.

Afin de mieux comprendre les interactions entre ces variations hormonales et leurs effets sur la performance, la figure suivante propose une synthèse visuelle des principales phases du cycle menstruel, associant l'évolution des taux hormonaux aux modifications de la muqueuse utérine.

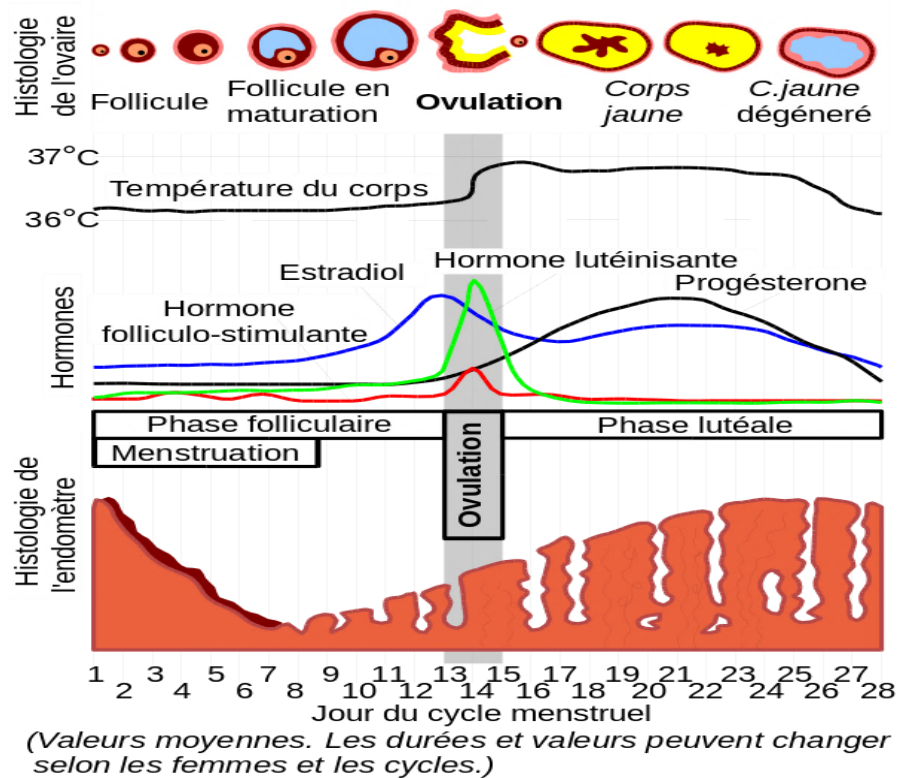


Figure 15: Cycle menstruel et variations hormonales. Source : Hannahpad (2019), Comprendre mon cycle menstruel. Disponible sur : hannahpad.fr

La **figure 16** illustre les principales phases du cycle menstruel menstruation, phase folliculaire, ovulation et phase lutéale en parallèle des fluctuations hormonales associées. La phase menstruelle (jours 1 à 5) correspond à l'élimination de l'endomètre, avec de faibles taux d'œstrogènes et de progestérone souvent liés à une fatigue accrue. La phase folliculaire (jusqu'au 14^e jour) se caractérise par une hausse progressive de l'estradiol, améliorant la régénération endométriale, la disponibilité énergétique et le ressenti de vitalité. L'ovulation, déclenchée par le pic de LH et de FSH, s'accompagne d'une légère élévation de la température corporelle. La phase lutéale (jours 15 à 28), dominée par la progestérone, induit une hausse de la température basale, une rétention hydrique et une possible diminution de la tolérance à l'effort. Ce schéma met en évidence le dialogue hormonal cyclique influençant plusieurs fonctions physiologiques et métaboliques, avec des implications potentielles pour la performance.

L'influence du cycle sur la performance sportive demeure un sujet débattu. Les variations hormonales peuvent moduler la force, l'endurance, la coordination et la perception de la fatigue, mais les résultats sont hétérogènes. Juillard et al. (2024) n'ont pas observé de différences significatives aux

tests d'agilité entre phases, bien que 67 % des joueuses aient signalé une baisse subjective de performance liée aux douleurs et troubles du sommeil. À l'inverse, Matykowski (2023) rapporte que la phase folliculaire tardive, riche en œstrogènes, favorise la force et l'endurance, tandis que la phase lutéale, dominée par la progestérone, est associée à une plus grande fatigabilité.

Selon Igonin (2023), les performances de sprint et de changement de direction restent stables, mais les inconforts physiques en période menstruelle altèrent parfois la précision technique. Rosinska-Lewandoska et al. (2025) confirment que les fluctuations hormonales affectent davantage la perception et la disponibilité que la performance brute, et recommandent un suivi individualisé combinant mesures physiologiques et questionnaires subjectifs.

Ainsi, plus que la performance physique, ce sont la disponibilité, la récupération et la qualité technique qui semblent influencées par les phases du cycle. Leur prise en compte, à travers un suivi hormonal et perceptif personnalisé, constitue un levier pertinent d'individualisation de l'entraînement et de prévention des blessures chez les sportives de haut niveau.

Le cycle menstruel influence non seulement la physiologie, mais aussi les fonctions cognitives, émotionnelles et psychologiques, éléments essentiels de la performance sportive féminine. Les fluctuations hormonales, notamment celles de l'estradiol et de la progestérone, modulent l'activité cérébrale, la neurotransmission et la régulation émotionnelle, entraînant des variations de concentration, de prise de décision et de gestion du stress. (Sundström-Poromaa I, 2021)

Les études en neuroimagerie ont montré que la phase folliculaire et l'ovulation, marquées par une élévation de l'estradiol, favorisent l'activation du cortex préfrontal et du cortex cingulaire antérieur, améliorant la mémoire de travail, la flexibilité cognitive et la rapidité décisionnelle. (Derntl B, 2008) À l'inverse, la phase lutéale, dominée par la progestérone, s'accompagne d'une hyperactivité de l'amygdale et d'une moindre activation préfrontale, favorisant une réactivité émotionnelle accrue, une attention plus fluctuante et une anxiété plus marquée. (Sundström-Poromaa I, 2023)

Les performances cognitives semblent globalement optimales en phase folliculaire et ovulatoire, et plus variables en phase lutéale, où la fatigue, l'irritabilité et les troubles du sommeil peuvent altérer la concentration et la motivation. (Erickson KI, 2020; Beltz AM, 2015) Cette période peut également s'accompagner d'une baisse de la confiance en soi et d'une perception accrue de l'effort, influençant les choix tactiques et la réactivité en match. (Crewther BT, 2022)

Les variations hormonales modulent aussi la motivation et l'humeur. Les phases riches en œstrogènes sont associées à une meilleure énergie et une plus grande assurance, tandis que la phase lutéale se caractérise par une diminution du dynamisme et une fatigue mentale plus prononcée. (Brinton RD, 2017) Les perturbations du sommeil observées durant cette période – sommeil plus fragmenté et endormissement plus long – amplifient la fatigue cognitive et limitent la récupération

psychique. (Baker FC, 2021)

Grâce aux outils de suivi modernes tels que **FitrWoman** ou **Clue**, il est désormais possible de cartographier les fluctuations hormonales et d'ajuster la préparation physique et mentale en conséquence. (Elliott-Sale KJ, 2021)

Ainsi, le cycle menstruel exerce une influence mesurable sur la concentration, la mémoire, la motivation et la régulation émotionnelle. Les phases folliculaire et ovulatoire sont généralement propices à la performance cognitive, tandis que la phase lutéale représente une période de plus grande variabilité psychologique. L'intégration d'un suivi individualisé de ces fluctuations permet d'optimiser la préparation mentale, de prévenir la surcharge émotionnelle et d'assurer une performance durable chez les athlètes féminines.

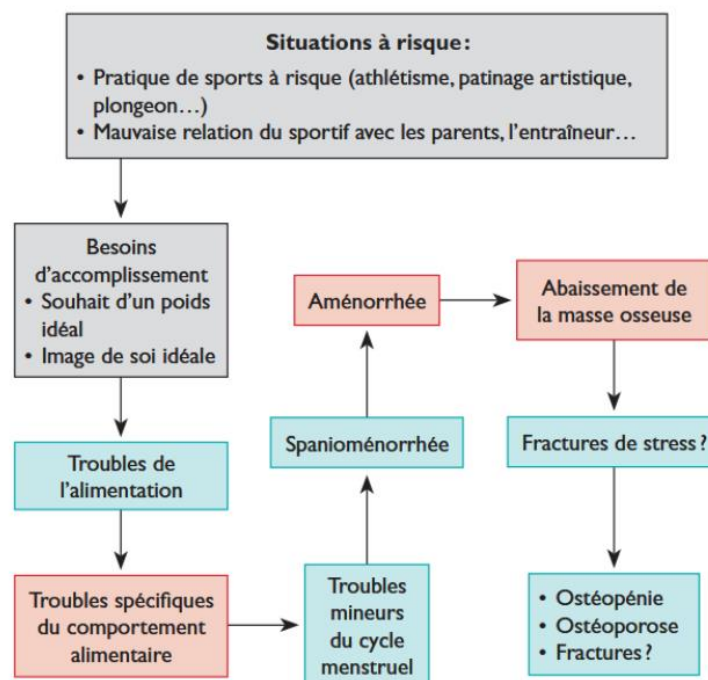


Figure 16: Mécanismes impliqués dans l'apparition de la triade de la femme athlète. (Adapté de Portman L, Giusti V. Triade de la femme sportive. Rev Med Suisse. 2009 ;5 :1555-1559. Actualisé dans le cadre du concept de Relative Energy Déficience in Sport – RED-S

Les effets de la triade de la femme sportive varient selon les disciplines. Les sports valorisant la minceur et l'esthétique, tels que la gymnastique, la danse ou le patinage artistique, présentent les taux les plus élevés de troubles alimentaires et d'aménorrhée. En gymnastique rythmique, plus de 60 % des athlètes présentent des cycles irréguliers. (Mountjoy M, 2014)

Dans les sports d'endurance, comme la course de fond ou le triathlon, le volume d'entraînement élevé favorise un déficit énergétique chronique, principal facteur de risque du RED-S. À l'inverse, dans les sports collectifs comme le football ou le basketball, les troubles menstruels sont moins fréquents, mais les fractures de fatigue liées à l'hypoestrogénie sont régulièrement observées. (De Souza MJ,

2014)

La prévention repose sur trois axes essentiels : le dépistage précoce, l'éducation nutritionnelle et le suivi pluridisciplinaire. Selon l'Académie nationale de médecine (Maître, 2025), il est recommandé d'intégrer systématiquement des questionnaires ciblés lors des bilans médicaux annuels afin d'évaluer la régularité du cycle, les habitudes alimentaires et les antécédents de fractures. Des outils validés, tels que le LEAF-Q (Low Energy Availability in Females Questionnaire), permettent d'identifier les athlètes à risque avant l'apparition de complications.

La prise en charge doit être individualisée et associer un rééquilibrage nutritionnel, une adaptation de la charge d'entraînement et un accompagnement psychologique lorsque des troubles alimentaires sont présents. La sensibilisation des entraîneurs joue un rôle clé pour prévenir les comportements restrictifs et promouvoir une culture de performance durable et respectueuse de la santé. Enfin, le questionnaire de dépistage de la triade de la femme sportive (Tableau 8) constitue un outil clinique simple et efficace pour repérer précocement les sportives à risque, en évaluant la perception corporelle, les comportements alimentaires, la régularité menstruelle et la survenue de fractures de stress.

Tableau 10: Questionnaire de dépistage de la triade de la femme sportive. Adapté de Women in Sport Encyclopedia of Sports Medicine (Drinkwater BL, Oxford: Blackwell Science; 2000)

	Jamais	Rarement	Parfois	Souvent
Etes-vous préoccupée par votre poids ou composition corporelle?				
Limitez-vous ou contrôlez-vous la nourriture que vous mangez?				
Essayez-vous de perdre du poids vu votre activité sportive?				
Votre poids actuel joue-t-il un rôle dans votre bien-être ou votre estime?				
Etes-vous préoccupée par la quantité d'aliments consommés?				
Pour perdre du poids, avez-vous utilisé des diurétiques, des laxatifs ou vomi?				
Avez-vous eu ou avez-vous des troubles du comportement alimentaire?				
Mangez-vous en cachette?				
Age des premières menstruations				
Avez-vous des menstruations régulièrement?				
Combien de menstruations avez-vous eu cette dernière année?				
Avez-vous eu une ou des fractures de stress?				
Avez-vous été traitée pour une anémie?				
Avez-vous des questions quant aux bons moyens de contrôler votre poids?				
Ce questionnaire peut être utilisé soit comme dépistage avant une période de compétition, soit pour étayer une suspicion de triade, en présence d'éléments suggestifs.				

Le dépistage de la triade repose sur l'auto-évaluation de l'athlète à partir de critères simples (alimentation, cycle, santé osseuse). Plusieurs réponses positives doivent alerter le staff médical et conduire à un suivi approfondi. Le concept élargi de RED-S (Mountjoy, 2018) intègre également les dimensions immunitaires, cardiovasculaires et psychologiques.

L'entraînement féminin doit désormais être individualisé selon le cycle menstruel. Durant la phase

folliculaire, l'augmentation des œstrogènes favorise la force, la puissance et l'anabolisme période idéale pour les charges élevées. À l'inverse, la phase lutéale, marquée par la progestérone, s'accompagne d'une fatigue et d'une récupération plus lentes, nécessitant une réduction des charges et un accent sur la technique ou la récupération active (Lebrun, 2023).

Les études récentes (Recacha-Ponce, 2023) montrent que les performances cardio-respiratoires varient selon les phases du cycle, alors qu'elles demeurent plus stables sous contraception hormonale. En pratique, la planification doit intégrer ces fluctuations : charges légères pendant les menstruations, travail intensif en phase folliculaire-ovulatoire, et entraînements modérés ou techniques en phase lutéale et prémenstruelle, afin d'optimiser la performance et limiter le risque de blessure.

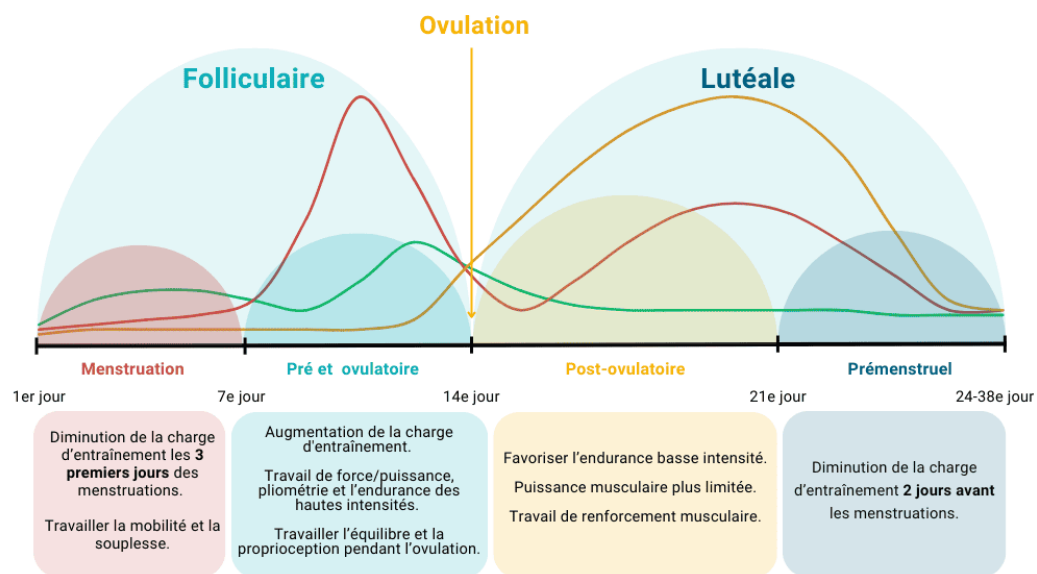


Figure 17: Adaptation des charges d'entraînement en fonction des phases du cycle menstruel. (Source : La Sportive Outdoor, 2023. Disponible en ligne : <https://www.lasportiveoutdoor.com/en/training/physical-training/adapting-sports-training-to-the-female-menstrual-cycle/>)

L'individualisation de l'entraînement féminin va au-delà de la synchronisation avec le cycle menstruel ; elle repose sur une prescription fine des intensités, volumes et contenus, adaptée au profil physiologique et au niveau d'entraînement de chaque athlète. L'utilisation d'indicateurs individualisés tels que la VMA, la VIFT ou les seuils ventilatoires permet d'ajuster précisément les séances de HIIT et de travail intermittent, maximisant les adaptations sans accroître le risque de surmenage (Buchheit, 2023). Les athlètes élites tolèrent des charges plus élevées, tandis que les sportives moins expérimentées requièrent une progression et une récupération plus prudentes (Agostini, 2023).

Les technologies connectées (GPS, accéléromètres, montres, capteurs de variabilité cardiaque) et les applications spécialisées (FitWoman, Wild.AI, Clue) facilitent un suivi intégré du cycle et de la charge d'entraînement. Ces outils permettent d'anticiper les périodes de vulnérabilité et de réduire le

risque de blessures musculosquelettiques (Bruinvels, 2022). L'ajout de biomarqueurs comme la ferritine, le cortisol ou la vitamine D affine encore le diagnostic de fatigue et de déficit énergétique.

Enfin, la réussite de cette approche repose sur une collaboration pluridisciplinaire associant préparateurs physiques, médecins, nutritionnistes et psychologues. L'objectif est de concilier performance, santé et prévention du RED-S ou de la triade de la sportive, en ajustant les charges, la récupération et les apports énergétiques selon les fluctuations hormonales et les besoins individuels (Mountjoy, 2018).

Conclusion

Le football féminin de haut niveau se caractérise par une complexité croissante qui dépasse largement la simple dimension technique du jeu. Les performances observées sur le terrain résultent d'une interaction fine entre des exigences physiques, morphologiques, physiologiques, cognitives et psychologiques, auxquelles s'ajoutent des contraintes environnementales et contextuelles spécifiques. L'analyse des données scientifiques récentes met en évidence que la réussite d'une footballeuse d'élite repose sur la maîtrise simultanée de ces multiples déterminants de la performance.

Sur le plan physique, les joueuses doivent développer à la fois des qualités de vitesse, de puissance, d'endurance et d'agilité, tout en tenant compte de leur morphologie et de leur composition corporelle, qui influencent directement leur potentiel de performance et leur adaptation aux différents postes de jeu. Sur le plan technique et tactique, la précision gestuelle et la capacité à maintenir l'efficacité sous fatigue constituent des éléments discriminants entre les niveaux de pratique. Les qualités cognitives – telles que la prise de décision rapide, l'anticipation et la gestion de l'attention – apparaissent tout aussi essentielles, car elles conditionnent la réussite des choix dans des environnements de jeu complexes et dynamiques.

Les dimensions psychologiques et émotionnelles représentent également un facteur déterminant, notamment en termes de gestion du stress compétitif, de résilience face aux échecs et de cohésion collective. Les environnements d'entraînement, les conditions d'accès aux infrastructures, le soutien institutionnel et médiatique, ainsi que la reconnaissance sociale, influencent de manière significative la progression et la pérennité des performances.

Enfin, les spécificités liées au cycle menstruel et à la santé féminine imposent une prise en compte particulière dans le football de haut niveau. Les fluctuations hormonales, leur impact sur les capacités physiques, cognitives et psychologiques, ainsi que les risques de blessures ou la survenue de la triade de la sportive, nécessitent des stratégies d'adaptation et d'individualisation de l'entraînement. L'optimisation de la performance féminine passe ainsi par une planification intégrant les phases du cycle, un suivi médical et nutritionnel rigoureux, ainsi qu'une collaboration pluridisciplinaire.

En somme, la performance dans le football féminin de haut niveau ne peut être appréhendée de manière unidimensionnelle. Elle résulte d'une approche globale et intégrée, où la science de l'entraînement, la médecine du sport et les sciences humaines interagissent pour permettre à la joueuse de développer son potentiel tout en préservant sa santé. Les recherches récentes montrent que la personnalisation des approches, en tenant compte des spécificités individuelles et contextuelles, constitue aujourd'hui l'un des leviers majeurs de la progression et de la professionnalisation du football féminin.

CHAPITRE III :

Particularités des joueuses de football féminin (16-18ans).

Préambule

Le football féminin, en particulier dans la tranche d'âge des 16 à 18 ans, constitue une période charnière dans le développement de la joueuse. Cette phase correspond à la fin de la croissance staturale, mais aussi à l'atteinte progressive de la maturité biologique, avec des disparités importantes selon les individus. (Malina RM B. C., 2004.) Elle coïncide également avec une phase d'optimisation des qualités motrices, où vitesse, puissance, endurance et agilité doivent être consolidées afin de préparer la transition vers le haut niveau. (Buchheit M M.-V. A., 2014) Les footballeuses de cet âge sont confrontées à des exigences croissantes : intensité des entraînements, compétitions fréquentes et nécessité d'une adaptation physiologique et psychologique accrue .

Dans ce contexte, la préparation physique occupe une place centrale. Entre 16 et 20 ans, l'entraînement doit permettre non seulement le développement des capacités physiques spécifiques, mais aussi la prévention des blessures, particulièrement liées aux différences de maturation et aux contraintes mécaniques propres au football féminin. (Gabbett TJ, 2016) La périodisation et l'individualisation deviennent des principes incontournables pour répondre aux besoins spécifiques selon le poste, le niveau de pratique et l'état de développement de chaque joueuse. (Mujika I S. J., 2009)

Par ailleurs, les systèmes de détection et de sélection, qu'il s'agisse des clubs, des pôles espoirs ou des centres de formation, s'appuient sur des critères anthropométriques, physiologiques et techniques afin d'identifier les profils les plus prometteurs . (Williams AM R. T., 2000) Enfin, le suivi longitudinal des performances au cours d'une saison représente un outil indispensable pour évaluer la progression des joueuses, ajuster les charges d'entraînement et prévenir les risques de blessure.

Dans ce chapitre, nous analyserons les spécificités de la tranche d'âge 16–20 ans, la préparation physique adaptée, les systèmes de sélection en football féminin ainsi que l'importance du suivi longitudinal de la performance.

3.1 Particularités de la tranche d'âge 16-18 ans.

La période comprise entre 16 et 20 ans correspond à un moment de transition majeur dans le développement des footballeuses, où la croissance se stabilise progressivement tandis que la maturation biologique atteint un niveau proche de celui de l'adulte. Cette phase est marquée par une hétérogénéité importante : certaines joueuses atteignent leur maturité physique et hormonale précocement, alors que d'autres restent en cours de développement, ce qui influence directement leurs performances et leurs besoins d'entraînement. (van Vuuren Cassar G, 2024)

Les processus de maturation corporelle entraînent des adaptations morphologiques et neuromusculaires déterminantes. L'ossification et l'augmentation de la masse musculaire ne progressent pas toujours de manière synchronisée, ce qui peut temporairement réduire la souplesse et accroître le risque de blessures, notamment au niveau du genou. Chez les sportives, cette vulnérabilité est renforcée par l'influence hormonale, l'élévation des taux d'œstrogènes pouvant affecter la stabilité ligamentaire et expliquer la fréquence accrue des ruptures du ligament croisé antérieur dans cette tranche d'âge. (Coto Martín R, 2025)

Sur le plan fonctionnel, le développement des qualités motrices est en plein essor. Les gains de vitesse, de puissance et d'endurance se manifestent de façon marquée entre les catégories U18 et seniors, mais leur ampleur reste conditionnée par le niveau de maturité biologique et l'expérience d'entraînement. Des différences notables apparaissent ainsi entre joueuses du même âge chronologique mais de maturité distincte, ce qui impose une individualisation de la préparation physique. (Loturco I, 2025)

Parallèlement, les contraintes nutritionnelles et énergétiques prennent une place essentielle. De nombreuses jeunes sportives ne parviennent pas à couvrir leurs besoins énergétiques face à l'intensification des charges d'entraînement, ce qui expose à des déséquilibres tels que la faible disponibilité énergétique (Low Energy Availability, LEA) et ses conséquences, connues sous le terme de déficience énergétique relative dans le sport (Relative Energy Deficiency in Sport, RED-S). Ces situations peuvent perturber la croissance osseuse, le cycle menstruel et l'adaptation à l'effort, compromettant la progression sportive et la santé à long terme. (Velo-Pulgar M, 2025)

Ainsi, l'intervalle 16–20 ans se distingue par la conjonction de transformations biologiques, d'un développement physique accéléré et de vulnérabilités spécifiques, qui exigent un suivi rigoureux sur les plans médical, nutritionnel et de la préparation physique.

3.1.1 Croissance et maturation biologique.

L'adolescence est une étape du développement humain située entre l'enfance et l'âge adulte. Elle est définie par l'OMS comme la période comprise entre 10 et 19 ans, et se caractérise par des transformations profondes aux plans physique, psychologique et social. (Inserm., 2023) Sur le plan

biologique, elle correspond au déclenchement de la puberté, période qui débute avec l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique et se termine avec la fin de la croissance staturale. Chez la fille, cette phase se déroule plus précocement que chez le garçon : le développement mammaire débute généralement entre 10 et 11 ans, suivi de la pilosité pubienne et de la ménarche autour de 12–13 ans. La taille définitive est atteinte en moyenne vers 16 ans. Chez le garçon, la puberté débute plus tard (12–13 ans), avec une poussée de croissance plus importante mais plus longue, la taille adulte étant atteinte vers 18 ans. (Elsevier Masson, Physiologie de la puberté. Adolescence et psychopathologie., 2024)

La croissance peut être distinguée en deux mécanismes complémentaires : la croissance en longueur, liée à l'ossification des cartilages de conjugaison, et la croissance en largeur, qui correspond à l'élargissement osseux et au développement musculaire et tendineux. La vitesse de croissance n'est pas linéaire : elle connaît un ralentissement en fin d'enfance, puis une accélération marquée au moment du pic de vitesse de croissance staturale (Peak Height Velocity, PHV), qui survient chez les filles entre 11 et 13 ans, et chez les garçons entre 13 et 15 ans . (Malina RM R. A., 2015) Ce pic est une étape critique, car la rapidité de l'allongement osseux dépasse temporairement la capacité d'adaptation des muscles et tendons, entraînant une diminution de la coordination et une vulnérabilité accrue aux blessures.

La maturation biologique est évaluée à travers plusieurs indicateurs, dont l'âge osseux et la classification de Tanner, qui décrit cinq stades du développement pubertaire. Chez la fille, elle repose sur le développement mammaire et la pilosité pubienne ; chez le garçon, sur l'augmentation du volume testiculaire et le développement génital. Ces repères permettent de situer chaque athlète non seulement par rapport à son âge chronologique mais aussi par rapport à son âge biologique, plus pertinent pour l'évaluation de la performance sportive.

Le timing pubertaire joue un rôle crucial dans la trajectoire sportive. Une puberté précoce chez les filles est souvent associée à une avance staturale et à un développement morphologique plus rapide, mais elle peut aussi induire des déséquilibres psychologiques (anxiété, troubles alimentaires, comportements à risque) et une vulnérabilité aux blessures. À l'inverse, une puberté tardive peut retarder la progression sportive à court terme mais conférer un avantage de croissance prolongée, notamment en endurance et en puissance musculaire.

Les différences entre sexes sont également notables. Chez les garçons, la poussée de croissance pubertaire est plus tardive mais plus ample (+25 à 28 cm contre +23 à 25 cm chez les filles), avec un rapport masse musculaire/masse grasse nettement supérieur ($\approx 3/1$ contre $5/4$ chez les filles), ce qui confère un avantage en termes de force absolue et de performance physique. (Elsevier Masson, 2024)

Chez les filles, la répartition des graisses corporelles s'oriente vers les hanches et les cuisses,

influençant la biomécanique et augmentant le risque de certaines blessures comme les ruptures du ligament croisé antérieur.

Le développement moteur et les apprentissages techniques dépendent aussi du stade de croissance. Avant le PHV, les fenêtres de sensibilité sont favorables à l'acquisition de la coordination, de l'agilité et des habiletés motrices fines. (Devernay M, 2014.)

Après le PHV, la priorité se déplace vers le développement de la force, de la vitesse et de l'endurance. Cette évolution justifie l'adaptation de la planification de l'entraînement selon l'âge biologique, et non le seul âge chronologique.

La régulation de la croissance est multifactorielle. La génétique joue un rôle majeur : l'héritabilité de la taille est estimée à plus de 80 %, confirmée par les études de jumeaux et les corrélations familiales. Plusieurs gènes sont impliqués, dont le gène SHOX ou encore les récepteurs FGFR liés aux anomalies osseuses. (Inserm., 2023)

À ces facteurs endogènes s'ajoutent des déterminants environnementaux : nutrition, statut socio-économique, pathologies chroniques et climat psycho-affectif (. Les hormones thyroïdiennes, la GH (Growth Hormone) et le système IGF-1, ainsi que les stéroïdes sexuels (œstrogènes et testostérone), orchestrent la croissance osseuse et musculaire, en interaction avec des régulateurs centraux comme la kisspeptine et la leptine. Le système nerveux central joue un rôle clé dans le déclenchement de la puberté via l'activation pulsatile de la GnRH, modulée par le glutamate (stimulant) et le GABA (inhibiteur), ainsi que par les signaux gliaux. (Elsevier Masson, 2024)

Les études récentes sur le football féminin confirment l'importance de la maturité biologique. Pajonkova et collaborateurs (2024) ont montré, dans une cohorte de footballeuses de 13 à 19 ans, une évolution longitudinale marquée par une réduction du pourcentage de masse grasse et une augmentation de la masse musculaire, avec des différences notables selon le degré de maturation. (Pajonkova F, 2024)

Mainer-Pardos et al. (2025) ont mis en évidence que les asymétries dans les sauts verticaux et horizontaux étaient plus fréquentes chez les catégories U14 et U16, et diminuaient avec l'âge, suggérant une meilleure stabilisation neuromusculaire après 18 ans. (Mainer-Pardos E, 2025)

Enfin, Wenger et Csapo (2025) ont montré que la maturité biologique avait un impact plus fort que l'âge chronologique sur la performance en vitesse et en puissance chez les jeunes footballeurs et footballeuses, confirmant l'importance d'une évaluation individualisée. (Wenger M, 2025)

En somme, la tranche d'âge 16–20 ans représente une phase où la croissance staturale est globalement terminée, mais où la maturation biologique et hormonale se poursuit, influençant la composition corporelle, les qualités motrices et la vulnérabilité aux blessures. La prise en compte des stades pubertaires, du timing pubertaire, de la génétique et des facteurs environnementaux est

essentielle pour comprendre la variabilité interindividuelle et adapter la préparation physique des jeunes footballeuses.

Pour évaluer objectivement le degré de maturation pubertaire, la classification de Tanner constitue l'outil le plus utilisé. Elle distingue cinq stades de développement des caractères sexuels secondaires. Chez la fille, ces stades sont définis par l'évolution du développement mammaire et de la pilosité pubienne. (Elsevier Masson, 2024) (Tanner JM, 1962)

Tableau 11: Classification de Tanner chez la fille, source : Tanner, 1962 ; Elsevier Masson, 2024

Stades de Tanner	Seins	Pilosité pubienne
1 (prépubère)	Absence de tissu glandulaire palpable et de pigmentation de l'aréole. Simple élévation de l'aréole.	Absence de poils pubiens. Simple duvet.
2	Surélévation de l'aréole par du tissu glandulaire formant le bourgeon mammaire. Elargissement de l'aréole.	Quelques poils longs et pigmentés, clairsemés, principalement sur les grandes lèvres.
3	Elargissement du sein sans séparation de surface entre sein et aréole. Début de pigmentation de l'aréole qui reste pâle et immature. Mamelon au-dessus ou au niveau du plan du tissu mammaire en position assise le dos droit.	Poils noirs, gros, bouclés, s'étendant sur le mont de Vénus.
4	Elargissement additionnel de l'aréole au-dessus du plan du sein.	Poils de type adulte, abondants mais limités aux lèvres et au mont de Vénus.
5 (adulte)	Retour de l'aréole dans le plan de la surface du sein. Développement des glandes de Montgomery sur l'aréole. Accentuation de la pigmentation de l'aréole. Mamelon généralement sous le plan du sein en position assise dos droit.	Poils de type adulte en quantité et en distribution. Extension à la face interne des cuisses.

Cette classification illustre la progression graduelle de la puberté, depuis le stade prépubère (absence de développement mammaire et de pilosité) jusqu'au stade adulte. Chez la majorité des jeunes filles, la ménarche survient entre les stades 3 et 4, soit environ deux ans après le début pubertaire. Dans le suivi des footballeuses de 16 à 20 ans, l'utilisation des stades de Tanner permet de mieux comprendre la variabilité interindividuelle de la maturation biologique et d'adapter l'entraînement en conséquence. Deux athlètes du même âge chronologique peuvent ainsi présenter des niveaux de développement très différents, ce qui justifie l'importance de l'âge biologique dans l'évaluation des performances et de la prévention des blessures.

La croissance pondérale suit elle aussi un rythme particulier, illustré par la courbe de corpulence (IMC/âge). Après une première phase de diminution de l'IMC entre 1 et 5 ans, on observe un phénomène appelé rebond d'adiposité, qui correspond à la reprise de l'augmentation de l'IMC. Ce rebond survient normalement vers 6 ans (cas A). Lorsqu'il se produit de façon précoce, dès 3 ans (cas B), il constitue un facteur de risque important de surpoids et d'obésité à l'adolescence et à l'âge adulte. (Inserm., 2023)

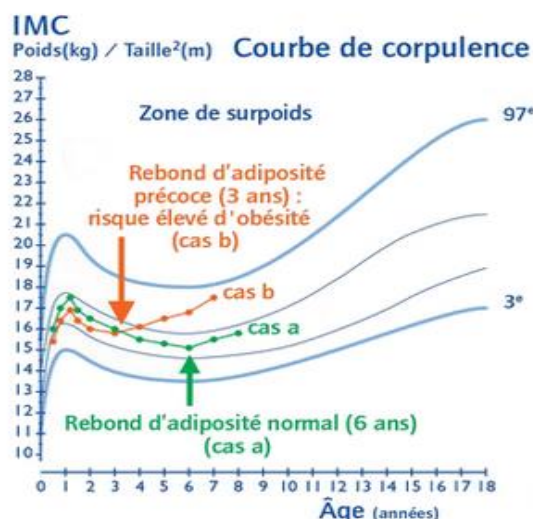


Figure 18: Courbe de corpulence (IMC en fonction de l'âge) et rebond d'adiposité, source : Source : RecettesBox, "Courbes de croissance poids et taille des enfants de 0-18 ans"

Chez les adolescentes sportives, cette dynamique est particulièrement importante à prendre en compte. Un rebond d'adiposité précoce (figure 20) peut entraîner une masse grasse plus élevée, influencer la maturation pubertaire (puberté souvent plus précoce) et augmenter le risque de troubles métaboliques. À l'inverse, une trajectoire pondérale harmonieuse favorise un développement optimal des qualités physiques et réduit les contraintes articulaires lors de la croissance.

3.1.2 Développement des qualités motrices.

Le développement des qualités motrices à l'adolescence est étroitement lié au degré de maturation biologique, davantage qu'à l'âge chronologique. Chez les footballeuses, la période comprise entre 10 et 20 ans est particulièrement critique, car elle correspond aux différentes phases de la croissance, de la puberté et de la stabilisation corporelle. L'entraîneur doit donc adapter le contenu et l'intensité des charges d'entraînement aux « fenêtres de sensibilité » propres à chaque phase de développement. (Malina RM e. a., 2015) (Tingelstad H, 2025)

1-Pré-PHV (10–12 ans, enfance tardive).

Avant le pic de vitesse de croissance staturale (PHV), les jeunes joueuses se trouvent dans une phase favorable à l'acquisition des habiletés motrices fondamentales. La coordination, l'équilibre, la vitesse de réaction et l'agilité constituent les priorités de cette période. L'endurance aérobie peut également être développée, mais sous forme de jeux et d'activités ludiques qui sollicitent les filières énergétiques sans surcharge. (Santos A, 2025)

Cette période est considérée comme optimale pour l'apprentissage moteur, car la plasticité neuromusculaire et la capacité d'assimilation technique sont maximales. Les études confirment que des entraînements intégrant des exercices variés (jeux de vitesse, parcours d'agilité, situations

de dribble et de réaction rapide) renforcent les bases motrices nécessaires à la pratique du football à haut niveau. (Ltifi L, 2025)

2-Autour du PHV (12–14 ans chez les filles).

L'accélération de la croissance en longueur entraîne une désynchronisation entre l'allongement osseux et l'adaptation musculaire. Cette phase peut être marquée par une perte temporaire de coordination, des raideurs musculaires et un risque accru de blessures. Les qualités motrices à privilégier sont la souplesse, la vitesse gestuelle et le maintien d'une endurance aérobie de base. Le travail technique doit rester prioritaire, car la variabilité interindividuelle du développement pubertaire rend difficile l'introduction de charges lourdes. Tingelstad et al. (2025), dans une étude comparante U14 et U16, montrent que les performances physiques progressent nettement après le PHV, en particulier en sprint et en saut, confirmant que la période autour du PHV doit être orientée vers le maintien de la qualité motrice et la prévention des déséquilibres. (Tingelstad H, 2025)

3-Post-PHV (14–16 ans).

Une fois la croissance staturale ralentie, les conditions deviennent favorables au développement de la force musculaire et de la puissance. La sécrétion hormonale (œstrogènes) permet d'améliorer la densité osseuse et la masse maigre, même si les gains absolus restent inférieurs à ceux observés chez les garçons. Cette phase est propice à l'introduction d'exercices de musculation adaptés (poids du corps, charges légères à modérées), de travail pliométrique et d'entraînements intermittents pour renforcer la puissance aérobie. Fernandez-Javega et al. (2025) soulignent que les adaptations neuromusculaires au CMJ et aux exercices de force apparaissent dès l'U15, justifiant une intégration progressive dans la planification. De même, Silva et al. (2025), dans une étude sur des footballeurs U16–U23, montrent que la force et la détente verticale progressent significativement avec l'âge et la maturité. (Fernandez-Javega C, 2025) (Silva R, 2025)

4-Fin de l'adolescence (16–20 ans).

La tranche 16–20 ans correspond à la consolidation des qualités physiques de haut niveau. La priorité se porte sur le développement de la force maximale, de la puissance anaérobie et de la vitesse explosive, qui conditionnent la performance dans les actions décisives du football (sprints répétés, changements de direction, frappes). L'endurance aérobie doit également être renforcée à travers des protocoles spécifiques au football (HIIT, courses intermittentes, jeux réduits). Les recherches montrent que l'écart de performance entre garçons et filles s'accroît à partir de 16 ans, notamment en sprint et en saut, ce qui justifie un travail spécifique et individualisé pour les footballeuses. (Tingelstad H, 2025)

5-Facteurs complémentaires.

Le développement moteur ne peut être dissocié des capacités cognitives. Plusieurs études récentes

démontrent que la combinaison de la condition physique et de la capacité cognitive est essentielle pour la performance technique. Fajar et al. (2025) ont montré que l'âge, la VO_{2max} et le QI étaient tous corrélés positivement aux habiletés de jeu chez des footballeurs de 13 à 17 ans, l'âge étant le facteur prédictif dominant. Chez les footballeuses, Paridah et al. (2025) ont révélé que la consommation insuffisante d'acides gras oméga-3 (EPA et DHA) était associée à une baisse des fonctions cognitives, soulignant l'importance de la nutrition dans l'apprentissage moteur et la performance. (Fajar M, 2025) (Paridah S, 2025)

Une étude particulièrement éclairante est celle de McNarry, Welsman et Jones (2011), qui a comparé les réponses physiologiques de jeunes filles prépubères, pubères et postpubères, entraînées en natation ou non, lors de tests de Wingate (haut et bas du corps). Les résultats montrent que, quel que soit le stade de maturité, les filles entraînées présentaient une puissance maximale et moyenne plus élevées et un indice de fatigue plus faible que les non-entraînées. Ces bénéfices étaient particulièrement marqués lors des exercices du haut du corps, probablement en raison de la spécificité de la discipline (natation). Fait important, aucune interaction significative n'a été observée entre le stade de maturité et le statut d'entraînement : les effets positifs de l'entraînement apparaissent donc indépendamment de la puberté. Ces données contredisent l'hypothèse classique d'un « seuil de maturation » (Katch, 1983), selon laquelle les adaptations physiologiques ne pourraient se manifester qu'après la puberté. Elles suggèrent au contraire que l'entraînement bien conduit peut induire des gains de performance dès la période prépubère, notamment en termes de capacité anaérobie et de résistance à la fatigue. (McNarry, 2011)

L'étude de McNarry et al. (2011) a aussi évalué la puissance anaérobie et la résistance à la fatigue chez des jeunes filles prépubères, pubères et postpubères, entraînées ou non. Les résultats, présentés dans le tableau 10 ci-dessous, mettent en évidence l'influence de l'entraînement sur les indices mécaniques, indépendamment du stade de maturité.

On constate que la puissance maximale (PP) et moyenne (MP) tendent à être supérieures chez les filles entraînées par rapport aux non-entraînées, quel que soit le stade de maturité. De plus, l'indice de fatigue (FI) est significativement plus faible chez les sportives, traduisant une meilleure résistance à l'effort. Ces résultats suggèrent que les adaptations neuromusculaires liées à l'entraînement se manifestent dès la période prépubère et perdurent après la puberté. L'idée selon laquelle les bénéfices de l'entraînement ne seraient visibles qu'après la puberté est donc remise en cause : les qualités motrices peuvent être développées efficacement dès les premiers stades de l'adolescence, à condition que les charges soient adaptées.

Ces résultats apportent des enseignements précieux pour la préparation physique en football féminin. La puissance maximale (PP) et la puissance moyenne (MP), qui reflètent la capacité

anaérobie et la force explosive, sont des qualités essentielles pour les actions de jeu décisives comme les sprints répétés, les duels, les changements de direction et la puissance de frappe. L'étude montre que ces qualités s'améliorent grâce à l'entraînement dès les premiers stades de l'adolescence, et ce indépendamment de la maturité biologique. De plus, l'indice de fatigue (FI) plus faible chez les athlètes entraînées traduit une meilleure tolérance à l'effort et une capacité à maintenir un haut niveau de performance sur des efforts répétés, une caractéristique directement transposable aux séquences intenses du football (séries de sprints, pressing, transitions rapides).

Ces données suggèrent que l'entraînement ciblant la puissance et la capacité anaérobie doit être intégré précocement dans la formation des jeunes footballeuses, et pas seulement après la puberté. Elles renforcent l'idée que les fenêtres de développement doivent être exploitées dès l'adolescence afin d'optimiser la progression technique et physique, tout en tenant compte de l'âge biologique pour adapter les charges et prévenir le risque de blessure.

Tableau 12: Indices de puissance mécanique chez des jeunes filles entraînées et non entraînées, selon le stade de maturité (d'après McNarry et al., 2011)

	Pre-pubertal		Pubertal		Post-pubertal	
	Trained	Untrained	Trained	Untrained	Trained	Untrained
	N = 8	N = 10	N = 9	N = 15	N = 8	N = 10
<i>Cycle WAnT</i>						
PP (W)	325 ± 41	359 ± 72	496 ± 90 [#]	454 ± 109 [#]	487 ± 106	541 ± 20
PP (W·kg ⁻¹ BM)	7.3 ± 1.1	8.3 ± 1.6	8.9 ± 1.2	8.3 ± 1.5	8.5 ± 1.4	8.8 ± 1.3
PP (W·kg ⁻¹ FFM)	9.5 ± 1.2	11.1 ± 2.2	12.4 ± 2.8	12.4 ± 1.7	10.2 ± 1.8	12.2 ± 1.6
MP (W)	258 ± 42	274 ± 70	400 ± 60 [#]	352 ± 77 [#]	388 ± 55	421 ± 35
MP (W·kg ⁻¹ BM)	5.9 ± 0.9	6.3 ± 1.5	7.1 ± 1.0 [#]	6.4 ± 1.0	6.8 ± 0.8	6.9 ± 0.9
MP (W·kg ⁻¹ FFM)	7.8 ± 0.8	8.4 ± 2.2	10.0 ± 2.0	9.6 ± 1.2	8.5 ± 1.3	9.4 ± 0.7
FI (%)	28 ± 11	42 ± 10 [*]	30 ± 13	42 ± 9 [*]	32 ± 8	44 ± 10 [*]
<i>Upper body WAnT</i>						

En définitive, le développement des qualités motrices chez les jeunes footballeuses doit être envisagé à la lumière de l'âge biologique et des fenêtres de sensibilité propres à chaque phase de croissance. Avant le PHV, la coordination, l'agilité et la vitesse de réaction constituent les priorités, tandis qu'autour du PHV, la souplesse et le maintien de l'efficacité technique sont essentiels pour compenser la désynchronisation entre croissance osseuse et adaptation musculaire. Après le PHV, l'entraînement peut cibler la force relative, la puissance et l'endurance intermittente, pour aboutir à la fin de l'adolescence à une consolidation de la force maximale, de la vitesse explosive et de la puissance anaérobie.

Les résultats de l'étude de McNarry et al. (2011) confirment que ces adaptations apparaissent

indépendamment du stade pubertaire : les jeunes filles entraînées, qu'elles soient prépubères, pubères ou postpubères, présentent systématiquement des niveaux de puissance plus élevés et un indice de fatigue plus faible que leurs homologues non entraînées. Transposés au football, ces résultats soulignent que la préparation physique orientée vers la vitesse, la puissance et la tolérance à l'effort répété peut être initiée dès l'adolescence, sans attendre la fin de la puberté. L'enjeu pour les entraîneurs et préparateurs est donc de proposer des contenus adaptés au degré de maturité de chaque joueuse, afin de maximiser les fenêtres de développement, tout en préservant la santé et en réduisant les risques de blessures. (McNarry, 2011)

3.1.3 Impact de la maturité biologique sur la performance et le risque de blessure.

La maturité biologique représente un déterminant essentiel de la performance et de la santé chez les jeunes footballeuses, bien plus pertinent que l'âge chronologique. Elle reflète la progression individuelle vers l'état adulte, évaluée notamment par l'âge osseux, le stade pubertaire ou la position par rapport au pic de vitesse de croissance staturale (PHV). Cette période constitue un moment critique où les transformations morphologiques et hormonales conditionnent non seulement les aptitudes physiques mais aussi la susceptibilité aux blessures.

Sur le plan de la performance, il est bien établi que les joueuses biologiquement précoces bénéficient d'avantages transitoires en termes de taille, de masse et de puissance musculaire. Ces atouts se traduisent souvent par de meilleures performances dans les actions de sprint, de saut ou de force, qui influencent directement les décisions de sélection dans les clubs et les pôles de formation. Sweeney et collaborateurs (2025) ont montré, dans une cohorte de jeunes footballeuses britanniques, que celles en avancent de maturation présentaient des valeurs supérieures de vitesse et de force par rapport à leurs homologues tardives, confirmant le biais de sélection en faveur des profils précoces. (Sweeney J, 2025)

Cependant, ces avantages ne sont pas prédictifs de la réussite à long terme : des études longitudinales indiquent que les joueuses tardives rattrapent souvent ce retard relatif et présentent une meilleure représentation parmi les élites à l'âge adulte, car elles développent parallèlement des qualités techniques, une endurance supérieure et une résilience psychologique accrue. (Aixa-Requena C, 2025)

Au-delà de la performance, la maturité biologique influence directement le risque de blessure. Le PHV est identifié comme une phase de grande vulnérabilité en raison du décalage entre la croissance rapide des os et l'adaptation plus lente des muscles, tendons et ligaments. Ce déséquilibre biomécanique expose les jeunes athlètes à des pathologies dites de croissance, telles que la maladie d'Osgood-Schlatter (apophysite tibiale antérieure), la maladie de Sever (apophysite du calcaneum)

ou encore les douleurs rotuliennes chroniques. Dans une étude portant sur de jeunes footballeurs et footballeuses, Wik et al. (2022) ont rapporté que l'incidence des apophysites était maximale entre 12 et 15 ans, correspondant précisément à la période du PHV. Ces affections, bien que souvent bénignes, entraînent des arrêts de pratique prolongés et perturbent la continuité de l'entraînement, ce qui peut compromettre le développement moteur. (Wik EH, 2022)

Les blessures ligamentaires constituent également un risque accru durant la période pubertaire, en particulier chez les filles. Parry et al. (2024) ont montré que le risque de rupture du ligament croisé antérieur (LCA) était significativement plus élevé chez les adolescentes, avec un pic d'incidence entre 14 et 18 ans. Les mécanismes invoqués incluent la laxité ligamentaire accrue sous l'effet des œstrogènes, la modification de l'angle Q et les déficits neuromusculaires liés à la croissance rapide. Ces données expliquent la fréquence élevée des lésions du genou chez les jeunes footballeuses et justifient la mise en place de programmes de prévention neuromusculaire ciblés dès l'adolescence. (Parry L, 2024)

Par ailleurs, la précocité biologique est associée à une exposition plus importante aux blessures de surcharge. Les joueuses avancées sur le plan de la maturation sont souvent sollicitées plus tôt dans des environnements compétitifs intensifs, ce qui augmente le volume et l'intensité d'entraînement sans toujours tenir compte de leur capacité d'adaptation. Towlson et al. (2021) soulignent que ce décalage entre l'âge biologique et les contraintes imposées favorise les microtraumatismes et retards de récupération, augmentant le risque de blessures chroniques. À l'inverse, les joueuses tardives présentent moins de traumatismes liés à la surcharge mais souffrent d'un désavantage compétitif temporaire qui peut limiter leurs opportunités de sélection. (Towlson C, 2021)

Ces observations soulignent l'importance de replacer la notion d'âge biologique au cœur des stratégies d'entraînement et de prévention. Le recours à des méthodes telles que le bio banding, consistant à regrouper les athlètes en fonction de leur maturité plutôt que de leur âge chronologique, s'impose comme une solution prometteuse. Curnyn et al. (2025) ont montré que ce système réduisait les déséquilibres morphologiques lors des compétitions jeunes et permettait de limiter les blessures tout en favorisant une évaluation plus juste du potentiel. (Curnyn C, 2025)

En somme, la maturité biologique exerce une double influence : elle conditionne la performance en offrant un avantage temporaire aux profils précoces, mais elle accroît aussi le risque de blessures lors des phases de croissance rapide. Les entraîneurs et préparateurs doivent donc surveiller attentivement l'évolution biologique des joueuses, ajuster les charges d'entraînement et intégrer des programmes de prévention adaptés, afin de favoriser un développement harmonieux et durable des futures footballeuses de haut niveau.

En complément, les pathologies de croissance méritent une attention particulière, car elles

représentent une cause fréquente d'arrêt de pratique et concernent directement les footballeuses en pleine maturation. Parmi elles, la maladie d'Osgood-Schlatter, qui correspond à une apophysite de la tubérosité tibiale antérieure, est l'une des plus fréquentes. Elle résulte d'une traction répétée du tendon rotulien sur une zone de croissance non encore ossifiée, typiquement au moment du PHV. Les études rapportent une prévalence de 10 à 20 % chez les adolescents sportifs, avec une incidence particulièrement élevée dans les disciplines sollicitant les sauts et les sprints, comme le football. (Gaulrapp H, 2014)

Bien que cette pathologie soit généralement autolimitée et régresse à la fin de la croissance, elle peut entraîner plusieurs mois de gêne et limiter les entraînements intensifs.

Une autre affection courante est la maladie de Sever, ou apophysite du calcaneum, due à une traction excessive du tendon d'Achille sur la zone d'insertion osseuse. Elle survient le plus souvent entre 9 et 14 ans, mais peut persister chez des joueuses plus âgées encore en croissance. Wik et al. (2022) ont rapporté qu'elle représentait plus de 15 % des blessures de croissance diagnostiquées dans les académies de football, se manifestant par des douleurs au talon accentuées lors des courses ou des changements de direction. (Wik EH, 2022)

Les apophysites de la rotule, telles que la maladie de Sinding Larsen Johansson, sont également observées, touchant l'insertion du tendon rotulien sur la pointe inférieure de la rotule. Ces pathologies apparaissent lors des poussées de croissance rapides, où l'allongement osseux dépasse la capacité d'adaptation des tissus mous. Elles entraînent une douleur antérieure du genou et sont fortement associées aux sports à sollicitations répétées du quadriceps, comme le football et le basketball. (Gholve PA, 2007)

Enfin, il convient de mentionner les atteintes rachidiennes de croissance, en particulier les spondylolyses, qui correspondent à une fracture de fatigue de l'isthme vertébral. Elles sont plus rares que les apophysites, mais concernent des jeunes sportifs soumis à des contraintes répétées en hyperextension et rotation du tronc. Des cas ont été décrits chez des jeunes footballeuses évoluant à haut niveau, notamment en raison des contraintes mécaniques liées aux frappes de balle et aux changements de direction. (Standaert CJ, 2000)

La reconnaissance précoce de ces pathologies est essentielle, car elles sont le plus souvent bénignes mais leur chronicisation peut perturber durablement la progression sportive. Elles traduisent surtout un déséquilibre entre la charge imposée et la capacité d'adaptation liée au stade de maturation biologique. Une approche préventive repose sur la surveillance de la croissance, l'adaptation des volumes d'entraînement lors des phases critiques, et l'intégration de programmes spécifiques de renforcement et de mobilité pour réduire les contraintes excessives sur les zones de croissance.

3.2 Préparation physique chez les jeunes footballeuses.

La préparation physique représente un pilier incontournable dans le développement des joueuses de football, en particulier entre 16 et 18 ans, période où les sollicitations physiologiques et neuromusculaires s'intensifient fortement. Le football moderne requiert une combinaison complexe de qualités : endurance aérobie pour soutenir les efforts prolongés, puissance anaérobie pour répéter les sprints et les changements de direction, force musculaire pour les duels et la prévention des blessures, ainsi qu'une vitesse de réaction et une agilité indispensable aux prises de décision rapides sur le terrain. (Cometti G, 2014)

Les études consacrées au football féminin soulignent que, si les principes généraux de la préparation physique sont similaires à ceux des hommes, certaines spécificités doivent être prises en compte. Les recherches de McQuilliam et al. (2025) ont montré que les préparateurs physiques travaillant dans le football féminin utilisent majoritairement les mêmes méthodes que dans le football masculin, telles que la musculation, les exercices pliométriques, les jeux réduits et les entraînements intermittents. Toutefois, les volumes et intensités sont adaptés aux particularités physiologiques des joueuses, notamment leur profil hormonal, leur composition corporelle et leur risque accru de blessures ligamentaires. (McQuilliam SJ, 2025)

Les différences apparaissent surtout dans la prise en compte de la force relative et de la prévention. Par exemple, Luo et al. (2025) ont démontré que la musculation et la pliométrie permettent des gains significatifs en vitesse et en détente verticale chez les adolescentes, avec un impact parfois plus marqué que chez les garçons du même âge, en raison d'une marge de progression initialement plus importante. (Luo X, 2025)

Dans le même sens, Wan et al. (2025) ont montré que l'entraînement neuromusculaire intégré combinant renforcement, équilibre et coordination améliore à la fois la puissance et la stabilité articulaire, jouant un rôle clé dans la prévention des blessures spécifiques aux sportives, comme les ruptures du ligament croisé antérieur. (Wan C, 2025)

Les approches intégrant des jeux réduits apportent aussi des résultats probants. Yang et al. (2025) ont mis en évidence que la manipulation du format de ces jeux influence de manière différenciée les réponses physiologiques : les petits formats favorisent l'explosivité et la vitesse de réaction, tandis que des formats légèrement plus grands améliorent davantage l'endurance spécifique. Ces conclusions s'appliquent aux deux sexes, mais chez les footballeuses, les bénéfices techniques et décisionnels semblent avoir un poids encore plus déterminant pour la performance, car la densité athlétique moyenne diffère de celle des hommes. (Yang G, 2025)

Enfin, la littérature récente insiste sur la nécessité d'un suivi rigoureux de l'état de forme, avec

une évaluation régulière de la « readiness » via des tests de terrain (sauts, sprints, courses intermittentes) et des indicateurs subjectifs (fatigue, sommeil, douleurs musculaires). Ces pratiques, déjà largement répandues dans le football masculin de haut niveau, se développent désormais rapidement dans le football féminin, afin d'individualiser les charges d'entraînement et de limiter la surcharge.

Ainsi, si la préparation physique repose sur des principes communs aux deux sexes, les différences résident essentiellement dans l'adaptation des charges et dans l'importance accordée à la prévention et au suivi. Chez les jeunes footballeuses, les méthodes ne diffèrent pas radicalement de celles appliquées aux garçons, mais leur mise en œuvre exige une vigilance accrue vis-à-vis de la maturation biologique, des risques de blessures de croissance et des particularités hormonales. Cette approche adaptée permet d'optimiser le développement des qualités physiques tout en assurant la protection de la santé à long terme.

3.2.1 Objectifs de l'entraînement physique entre 16-18 ans.

L'entraînement physique des footballeuses de 16 à 18 ans s'inscrit dans une perspective de développement à long terme, visant à consolider les bases posées durant l'enfance et l'adolescence précoce, tout en préparant l'athlète aux exigences du haut niveau. Plusieurs modèles théoriques ont structuré la réflexion autour de ce processus. Le Long Term Athlete Development model (LTAD) proposé par Balyi et Hamilton repose sur l'idée de fenêtres de sensibilité pour chaque qualité physique, suggérant que la vitesse, la coordination et la souplesse doivent être développées précocement, tandis que la force, la puissance et l'endurance spécifique trouvent leur période optimale de progression après la puberté. (Balyi I, 2004)

Plus récemment, le Youth Physical Development model (YPD) de Lloyd et Oliver a élargi cette vision en insistant sur la possibilité de travailler toutes les qualités à tout âge, mais en ajustant la priorité donnée à chacune selon la maturité biologique. (Lloyd RS, 2012)

Enfin, des approches plus intégratives, comme le Holistic Talent Development model (Till & Baker), rappellent que la dimension physique ne peut être dissociée des aspects techniques, cognitifs et psychosociaux, particulièrement chez les footballeuses en formation. (Till K, 2020)

Les études menées sur le football féminin appuient la nécessité de cibler de manière spécifique certaines qualités physiques entre 16 et 18 ans. Pardos Mainer et al. Ont montré que les programmes de renforcement neuromusculaire incluant équilibre, gainage et pliométrie réduisaient significativement l'incidence des blessures ligamentaires tout en améliorant la détente verticale et la vitesse de sprint. (Pardos-Mainer E, 2019)

Emmonds et al. Ont mis en évidence l'importance de la capacité à répéter des sprints à haute intensité, qualité qui devient prédominante dans le football moderne et dont le développement est

particulièrement efficace après le pic de croissance staturale. (Emmonds S, 2020)

Harkness-Armstrong et al. Ont confirmé que le volume de courses à haute intensité et la distance parcourue en sprint augmentent régulièrement entre 16 et 20 ans, justifiant un travail spécifique sur la vitesse, l'endurance intermittente et la tolérance à l'effort répété. (Harkness-Armstrong A, 2024)

Ces résultats rejoignent l'idée que cette période constitue un moment décisif pour renforcer la force, la puissance, la vitesse, l'agilité et l'endurance spécifique au football, tout en consolidant les stratégies de prévention.

La mise en place d'une préparation physique adaptée doit cependant respecter une logique structurée. Avant de débiter tout cycle d'entraînement, il est indispensable d'effectuer une évaluation complète comprenant des tests physiques (sprint, sauts, agilité, endurance), des mesures anthropométriques (taille, poids, composition corporelle), une analyse technique (contrôle, passes, tirs) et une évaluation psychologique (motivation, résilience). Chez les sportives, le suivi du cycle menstruel est également incontournable, puisqu'il peut influencer la récupération, la disponibilité énergétique et la susceptibilité aux blessures. (McQuilliam SJ, 2025)

Ces informations doivent être croisées avec l'évaluation de la saison précédente afin de fixer des objectifs individualisés et d'adapter la charge d'entraînement aux exigences de la compétition à venir.

Une fois ce diagnostic établi, la préparation physique peut être organisée en différents modules de travail qui s'articulent de manière progressive et complémentaire. Le premier concerne la mobilité articulaire et la prévention des raideurs, car une bonne amplitude fonctionnelle conditionne la qualité des gestes techniques et réduit le risque de blessures musculaires. Ce travail est associé à des exercices de stabilité et d'équilibre, centrés sur le tronc et les hanches, qui renforcent le contrôle postural et protègent particulièrement les genoux, zones de fragilité chez les footballeuses. Le développement de l'endurance générale constitue ensuite une base indispensable, obtenue par des courses continues ou des jeux réduits de faible intensité, permettant d'augmenter la capacité de récupération. Cette base est progressivement relayée par un travail d'endurance intermittente, qui reflète mieux les exigences du football et repose sur des protocoles de type HIIT, RSA ou small-sided games. (Harkness-Armstrong A, 2024)

En parallèle, le renforcement musculaire occupe une place centrale. Il débute par des exercices au poids du corps, des élastiques et des charges légères, visant à améliorer la force relative et à corriger les déséquilibres musculaires. Ce travail ouvre la voie à une musculation structurée avec charges libres, intégrant des mouvements polyarticulaires (squat, fentes, soulevé de terre) et des contractions excentriques, déterminants pour la puissance, les duels et la prévention des blessures. (Faude O, 2017)

La pliométrie est introduite de façon progressive, depuis des exercices de basse intensité (sauts horizontaux, bonds, sauts à la corde) jusqu'à des formes plus exigeantes (drop jumps, pliométrie avec

charges additionnelles), favorisant la vitesse de contraction musculaire et la force explosive, essentielles dans les actions de sprint, de tir et de jeu aérien.

La préparation ne peut cependant être réduite au développement des qualités physiques. La récupération active et passive fait pleinement partie du processus et doit être intégrée dès la planification. Elle inclut des séances à faible intensité (vélo, natation, mobilité), des périodes de repos total, mais aussi des interventions complémentaires comme les massages, la cryothérapie ou la compression. À cela s'ajoutent des éléments d'hygiène de vie qui conditionnent directement l'efficacité de l'entraînement : une alimentation équilibrée adaptée aux besoins énergétiques du football, une hydratation optimale, un sommeil de qualité et une gestion du stress. (Bizzini M, 2015)

Ces paramètres extra-entraînement jouent un rôle déterminant dans la capacité d'adaptation des jeunes footballeuses.

En définitive, la période 16–18 ans doit permettre de consolider toutes les qualités physiques nécessaires à la performance : la force et la puissance, grâce à un travail de musculation et de pliométrie adaptée ; la vitesse et l'agilité, développées par les sprints répétés, les changements de direction et les jeux réduits ; l'endurance intermittente, construite par des protocoles spécifiques et intégrés à la pratique du football ; et enfin la prévention des blessures, assurée par un travail systématique sur la stabilité, la mobilité et la symétrie musculaire. Cette préparation, fondée sur une évaluation initiale rigoureuse, une périodisation adaptée et une prise en compte des particularités physiologiques des jeunes femmes, constitue une étape fondamentale dans la progression vers le haut niveau. (Coto-Lousas R, 2025)

Afin d'illustrer cette logique de progression et de hiérarchisation des qualités physiques, la figure suivante présente le Youth Physical Development (YPD) model for females proposé par Lloyd et Oliver (2012). Ce modèle met en évidence les périodes optimales d'entraînement des différentes qualités physiques chez la jeune athlète en fonction de l'âge chronologique et du statut de maturation. Il montre notamment que, chez les filles, la force, la vitesse, l'agilité et la puissance peuvent être développées à tout âge, mais que leur importance relative varie selon la période, avec un rôle central attribué à la force et à l'endurance intermittente après le pic de croissance staturale.

Tableau 13: Le Youth Physical Development (YPD) model pour les filles (adapté de Lloyd & Oliver, 2012)
Abréviations : PHV = peak height velocity (pic de vitesse de croissance staturale) ; FMS = fundamental movement skills (compétences motrices fondamentales) ; SSS= sport specific skills (compétences spécifiques au sport) ; MC = metabolic conditioning (conditionnement métabolique).

YOUTH PHYSICAL DEVELOPMENT (YPD) MODEL FOR FEMALES																				
CHRONOLOGICAL AGE (YEARS)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21+
AGE PERIODS	EARLY CHILDHOOD			MIDDLE CHILDHOOD					ADOLESCENCE								ADULTHOOD			
GROWTH RATE	RAPID GROWTH			↔ STEADY GROWTH ↔					↔ ADOLESCENT SPURT ↔								↔ DECLINE IN GROWTH RATE ↔			
MATURATIONAL STATUS	YEARS PRE-PHV								← PHV →				YEARS POST-PHV							
TRAINING ADAPTATION	PREDOMINANTLY NEURAL (AGE-RELATED)										↔ COMBINATION OF NEURAL AND HORMONAL (MATURITY-RELATED) ↔									
PHYSICAL QUALITIES	FMS		FMS			FMS		FMS												
	SSS		SSS			SSS		SSS												
	Mobility		Mobility					Mobility												
	Agility		Agility					Agility							Agility					
	Speed		Speed					Speed							Speed					
	Power		Power					Power							Power					
	Strength		Strength					Strength							Strength					
	Hypertrophy					Hypertrophy		Hypertrophy								Hypertrophy				
	Endurance & MC		Endurance & MC					Endurance & MC								Endurance & MC				
TRAINING STRUCTURE	UNSTRUCTURED			LOW STRUCTURE					MODERATE STRUCTURE				HIGH STRUCTURE			VERY HIGH STRUCTURE				

Ce modèle met en évidence plusieurs éléments essentiels pour la planification de l'entraînement chez les jeunes footballeuses. Dans les premières années (pré-PHV), l'accent doit être mis sur le développement des compétences motrices fondamentales (FMS), de la mobilité et de la coordination, qui constituent la base indispensable à la performance future. L'agilité, la vitesse et la force peuvent déjà être travaillées de manière ludique et adaptée, mais c'est surtout après l'adolescence que leur progression devient plus marquée. La période autour du pic de vitesse de croissance (PHV) correspond en effet à une phase critique où la combinaison des adaptations neurales et hormonales permet d'obtenir des gains rapides en force, puissance et vitesse. C'est également le moment où la pliométrie, la musculation progressive et l'endurance intermittente deviennent des leviers prioritaires de la préparation physique.

On observe également que certaines qualités, comme l'agilité et la vitesse, doivent être entretenues tout au long du parcours, tandis que d'autres, comme l'hypertrophie musculaire et l'endurance métabolique (MC), prennent davantage d'importance après la puberté et dans la transition vers le haut niveau. Enfin, ce modèle rappelle que la force joue un rôle central, car elle conditionne à la fois la puissance, la vitesse, la prévention des blessures et la capacité à encaisser les charges d'entraînement, ce qui en fait l'une des priorités absolues dans la tranche 16–20 ans. (Lloyd RS, 2012)

En complément du modèle YPD, qui se concentre spécifiquement sur le développement des qualités physiques en fonction de la maturation biologique, certains auteurs proposent des approches plus globales intégrant les dimensions sociales, psychologiques et académiques de la formation sportive. Le Youth Athlete Roadmap illustre cette vision holistique en représentant les différentes étapes de transition de l'athlète au fil de sa croissance, depuis la fin de l'enfance jusqu'à l'entrée dans le haut niveau.

Ce modèle met en évidence que, parallèlement au développement physique et aux adaptations liées au pic de croissance staturale, les jeunes joueuses doivent aussi composer avec les exigences scolaires, la construction identitaire et le rôle du soutien social (parents, pairs, entraîneurs, puis partenaires). Contrairement au YPD, centré sur les adaptations neuromusculaires et métaboliques, le Roadmap insiste sur la nécessité d'un accompagnement multidimensionnel qui prenne en compte les transitions éducatives et psychosociales, essentielles à la pérennité de la carrière sportive.

Ainsi, si le YPD model constitue un outil de référence pour planifier les priorités de l'entraînement physique entre 16 et 20 ans, le Youth Athlete Roadmap permet de replacer cette préparation dans un contexte plus large, rappelant que la performance résulte d'un équilibre entre développement athlétique, éducation et soutien social.

Tableau 14: Youth Athlete Development Roadmap : transitions au cours de la croissance de l'athlète (adapté de Stewart, 2025, Sportsmith).

Youth Athlete Roadmap																	
Chronological age	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Age group	U9	U10	U11	U12	U13	U14	U15	U16	U17	U18	U19	U20	U21	U22	U23		
Stage of life	Late childhood				Adolescence						Early adulthood						
Growth rate	Steady growth				Rapid growth				Declining growth rate								
Maturation status	Pre-PHV				Approach-PHV		Circa-PHV		Post-PHV								
Adaptation	Predominantly neural						Combination of neural and morphological										
Training focus	Fundamentals (diversification)						Sport supporting						Sport specific (specialisation)				
Training structure	Low				Moderate				High				Very high				
Academic/vocation	Student-athlete (primary school)				Student-athlete (secondary school)					Athlete-student (further education)		Professional					
Psych-social support	Parents Siblings Peers						Peers Coach Parents					Partner Coach					

Ce modèle (tableau 12), conçu par Stewart (2025), propose une représentation chronologique du développement de l'athlète depuis l'enfance jusqu'à l'âge professionnel en intégrant la croissance, le niveau de structuration de l'entraînement et les besoins psychosociaux. (Stewart P, 2025)

Ce modèle met en lumière une vision élargie du développement de l'athlète, en complément des approches centrées exclusivement sur les qualités physiques. Il distingue plusieurs étapes clés, depuis la fin de l'enfance (U9–U12) jusqu'au passage au haut niveau (U19–U23), en tenant compte non seulement de la croissance et de la maturation biologique, mais aussi des dimensions scolaires, sociales et psychosociales. Ainsi, la période de l'adolescence (U13–U18), marquée par le pic de

croissance staturale, correspond à une phase où l'entraînement doit passer d'un travail fondamental et diversifié vers un renforcement plus structuré et spécifique.

Contrairement au YPD model, centré sur les qualités physiques et les fenêtres de développement moteur, le Roadmap insiste sur l'importance de l'équilibre entre performance sportive, réussite académique et soutien psychosocial. Par exemple, il souligne que le rôle des parents et de la fratrie est prépondérant durant l'enfance, avant que les entraîneurs et les pairs ne deviennent des acteurs clés de l'accompagnement à l'adolescence, puis que les partenaires et le staff technique prennent le relais à l'âge adulte.

En ce sens, le Youth Athlete Roadmap rappelle que la préparation physique et le développement sportif ne peuvent être envisagés isolément, mais doivent s'intégrer dans un parcours global où l'éducation, l'accompagnement psychologique et le contexte social conditionnent la réussite et la durabilité de la carrière.

Afin de traduire ces principes en modalités pratiques d'entraînement, plusieurs auteurs ont proposé des grilles de progression qui relient directement le statut de maturation (pré-PHV, circa-PHV, post-PHV) aux méthodes spécifiques de développement de la vitesse et de la force. Le tableau suivant illustre ces recommandations et précise comment les exercices doivent évoluer en fonction des étapes de croissance chez les jeunes athlètes.

Tableau 15 : Développement de la vitesse, de la force en fonction du statut de maturation adapté de Stewart, Sport Smith, 2025). Abréviations : PHV = peak height Velocity (pic de vitesse de croissance staturale) ; SFM = skills fondamentaux de mouvement ; FMS = Fundamental movement skills.

Mise au point de la vitesse			
Petite enfance	Pré-PHV	Circa-PHV	Après PHV
Compétences fondamentales en matière de mouvements (SFM)	Technique de sprint	Technique de sprint	Sprints maxiaux
	Formation de force	Sprints maxiaux	Hypertrophie
	Plyométrie	Formation de force	Formation de force
		Plyométrie	Plyométrie
Approche de la force			
Petite enfance	Pré-PHV	Circa-PHV	Après PHV
FMS	FMS	Résistance à la base	Hypertrophie
	Exercices de poids corporel	Mouvements d'explosifs	Résistance maximale
	Mouvements d'explosifs		Mouvements d'explosifs

Ce tableau 13 illustre de manière concrète la manière dont le développement de la vitesse et de la force doit être pensé en fonction du statut de maturation biologique. Ils complètent les modèles globaux comme le YPD en précisant les méthodes d'entraînement adaptées à chaque phase.

Avant le pic de vitesse de croissance (pré-PHV), l'accent est mis sur l'acquisition des compétences motrices fondamentales (FMS) et la maîtrise technique. Pour la vitesse, il s'agit surtout de perfectionner la technique de sprint et de développer la coordination grâce à des exercices de pliométrie de faible intensité et des jeux de vitesse. Pour la force, le travail repose essentiellement sur le poids du corps, des exercices de gainage et des mouvements explosifs légers visant à stimuler la motricité et l'activation neuromusculaire.

Durant la période du circa-PHV, qui correspond à la poussée pubertaire et aux adaptations hormonales et neuromusculaires, la progression s'oriente vers une intensification. Les sprints maximaux et la pliométrie de moyenne intensité deviennent des leviers prioritaires pour développer la vitesse, tandis que l'entraînement en résistance de base et l'introduction d'exercices d'explosivité structurés permettent de construire des fondations solides pour la force. Cette phase est cruciale car elle représente une fenêtre d'adaptabilité où les gains en puissance et en vitesse sont particulièrement marqués.

Après le PHV (post-puberté), la stabilité staturale et la maturation hormonale permettent d'introduire des charges plus lourdes et des protocoles plus spécifiques. La vitesse est entretenue et développée par des sprints maximaux répétés et des formes avancées de pliométrie, tandis que la force progresse grâce au travail en résistance maximale et à l'hypertrophie musculaire. Les mouvements explosifs restent présents tout au long de la progression, mais avec des charges plus importantes et une intensité croissante.

Ainsi, ce tableau 13 montre clairement que l'entraînement de la vitesse et de la force n'est pas limité à une seule période, mais qu'il doit être abordé selon une logique de continuité, avec des priorités et des méthodes adaptées à chaque étape de la maturation. Dans le cas spécifique des footballeuses de 16 à 20 ans, qui se situent majoritairement en phase post-PHV, la préparation physique doit donc combiner un travail de sprint répété, de pliométrie avancée, de musculation en résistance maximale et de prévention neuromusculaire, afin d'optimiser la performance tout en limitant le risque de blessures.

3.2.2 Principes de périodisation et planification saisonnière.

La périodisation et la planification de l'entraînement représentent les fondements de toute démarche rationnelle de préparation sportive, et leur importance est d'autant plus marquée dans une discipline exigeante comme le football. Ces concepts reposent sur l'idée que la performance n'est pas le fruit d'un entraînement aléatoire, mais d'une organisation structurée et progressive des charges de travail en fonction du temps disponible, des objectifs visés et des contraintes compétitives. La périodisation vise à organiser le processus d'entraînement de manière cyclique, en modulant volume, intensité et contenu, afin de stimuler des adaptations physiologiques optimales tout en réduisant les

risques de surmenage et de blessures. (Leca J, 2024)

Historiquement, les premières approches de périodisation, inspirées des travaux de Matveyev dans les années 1960, se concentraient sur l'atteinte d'un pic de performance unique, notamment pour les sports à échéances ponctuelles comme l'athlétisme ou l'haltérophilie. Toutefois, le football, en raison de la densité de son calendrier, de la multiplicité des compétitions et de la variabilité des contraintes (enchaînement de matchs, déplacements, charges émotionnelles), a imposé une adaptation des modèles classiques. Les entraîneurs et préparateurs physiques doivent ainsi jongler entre le développement des qualités fondamentales (force, endurance, vitesse, puissance), l'entretien de la fraîcheur physique et mentale, et la nécessité de maintenir un niveau de performance stable tout au long de la saison. (Douchet C, 2023) (Muradovich A, 2024)

La planification repose sur une organisation hiérarchisée de l'entraînement en cycles emboîtés. Le macrocycle, souvent annuel, fixe les grandes orientations et les objectifs généraux. Il est découpé en mésocycles (de 3 à 6 semaines), qui permettent de cibler certaines qualités physiques ou objectifs intermédiaires, et en microcycles hebdomadaires, qui organisent concrètement les séances. Cette structuration cyclique offre une meilleure maîtrise des fluctuations de la charge, en alternant phases de surcharge, phases de consolidation et phases de récupération. Dans le football, ce découpage doit être particulièrement flexible afin de s'adapter au calendrier compétitif, aux blessures éventuelles et aux besoins individuels des joueuses. (Gómez-Díaz AJ, 2024) (Sport & Formation, 2024)

Au-delà de cette structuration temporelle, les principes modernes de la périodisation reposent sur des fondements scientifiques solides. L'individualisation est essentielle, car chaque joueuse présente une maturité biologique, une tolérance à la charge et des besoins spécifiques différents, notamment entre 16 et 20 ans, où la variabilité interindividuelle est marquée. La spécificité rappelle que les contenus doivent être en lien direct avec les exigences du football, combinant efforts intermittents, accélérations, sauts, changements de direction et duels. La progressivité permet de garantir une montée en charge adaptée, évitant les blessures de surcharge. Enfin, la variabilité est un facteur clé pour maintenir la motivation, éviter la monotonie et stimuler des adaptations diversifiées. (Winther G, 2024) (Scanlan AT, 2025)

Ces dernières années, la littérature scientifique a mis en évidence l'intérêt de divers modèles de périodisation, tels que la périodisation linéaire, ondulatoire, par blocs ou encore intégrée. Si les modèles classiques trouvent encore leur pertinence dans certaines phases de formation, les approches plus récentes, fondées sur la modulation flexible de la charge et l'individualisation, apparaissent mieux adaptées au football féminin moderne. De nouvelles perspectives se développent également, comme la Periodization of Skill Training (PoST), qui vise à intégrer les apprentissages techniques et tactiques à la logique de périodisation, afin d'optimiser simultanément le développement des qualités

physiques et des compétences spécifiques au jeu. (Love R, 2025)

Ainsi, la périodisation et la planification saisonnière ne constituent pas une simple répartition des charges, mais un véritable processus scientifique, dynamique et contextualisé. Dans le cas des footballeuses de 16 à 20 ans, leur pertinence est double : elles garantissent un développement harmonieux des qualités physiques en respectant la maturation biologique et assurent une gestion rationnelle de la charge dans un contexte compétitif particulièrement exigeant.

1. Concepts fondamentaux de la périodisation et modèles.

L'entraînement sportif peut être défini comme un processus complexe, planifié et structuré, qui vise à induire des adaptations physiologiques, psychologiques et techniques permettant d'optimiser la performance en compétition. Il ne s'agit pas d'un ensemble d'exercices réalisés de manière aléatoire, mais d'une organisation systématique et rationnelle reposant sur des principes scientifiques précis. (Matveyev LP, 1972) (Bompa TO, 2009)

La périodisation de l'entraînement constitue ainsi la clé de voûte de ce processus, puisqu'elle détermine comment les différentes variables d'entraînement telles que le volume, l'intensité, la fréquence et la densité doivent être modulées dans le temps afin de favoriser la progression de l'athlète tout en minimisant les risques de fatigue chronique, de surmenage ou de blessures.

Le volume correspond à la quantité totale de travail effectué (par exemple, la distance parcourue, le nombre de répétitions ou la durée des séances), tandis que l'intensité reflète l'effort relatif fourni, qu'il s'agisse de la vitesse de course, de la charge soulevée ou de la fréquence cardiaque atteinte. La densité désigne le rapport entre temps de travail et temps de récupération, et la fréquence renvoie au nombre de séances hebdomadaires ou mensuelles. La maîtrise de ces variables est fondamentale pour ajuster la charge d'entraînement, car une surcharge excessive entraîne un risque de blessure, alors qu'une charge insuffisante ne stimule pas les adaptations nécessaires.

Pour organiser ces variables, l'entraînement est découpé en cycles hiérarchisés. La séance constitue l'unité de base, construite autour d'objectifs précis (développement de la force, de la vitesse, de l'endurance, ou encore travail technique et tactique). Plusieurs séances forment un microcycle, souvent d'une semaine, qui met l'accent sur une orientation dominante, comme l'accumulation (volume élevé), l'intensification ou la récupération. Les microcycles s'agrègent en mésocycles, périodes intermédiaires de 3 à 6 semaines permettant de cibler une ou plusieurs qualités physiques. L'ensemble de la saison est structuré en macrocycle, qui peut durer 10 à 12 mois et englobe toutes les phases de la préparation, de la pré-saison jusqu'à la fin des compétitions. Enfin, certains auteurs évoquent des « plans pluriannuels » ou « plan de carrière », où l'entraînement est pensé dans une logique de long terme, notamment dans le développement des jeunes joueuses. (Bompa TO, 2009)

Les principes fondamentaux de l'entraînement constituent des repères indispensables. Le principe

d'individualisation est essentiel, car chaque joueuse possède une maturité biologique, une tolérance à la charge et des caractéristiques morphologiques et psychologiques qui nécessitent une adaptation spécifique. Le principe de spécificité rappelle que l'entraînement doit refléter les exigences du football : efforts intermittents, alternance d'actions explosives (sprints, sauts, duels) et phases de récupération active. Le principe de progressivité souligne l'importance d'augmenter la charge de manière graduelle, afin de stimuler des adaptations sans provoquer de blessures de surcharge. La variabilité permet de diversifier les contenus pour éviter la monotonie, maintenir la motivation et solliciter différentes filières énergétiques. Enfin, la récupération et la surcompensation sont au cœur du processus, car les adaptations positives surviennent uniquement si des périodes de repos adéquates sont respectées.

Plusieurs modèles de périodisation ont été développés et appliqués dans le sport de haut niveau :

La périodisation linéaire (ou traditionnelle), issue des travaux de Matveiev, repose sur une augmentation progressive de l'intensité et une diminution parallèle du volume, afin d'atteindre un pic de performance à une date précise. Bien que ce modèle ait montré son efficacité dans les sports à échéances uniques, il est moins adapté au football, dont le calendrier impose un niveau de performance élevé et constant sur une longue période.

La périodisation ondulatoire propose des variations fréquentes de la charge (volume et intensité) à l'intérieur des microcycles ou mésocycles. Ces fluctuations permettent d'éviter la stagnation des performances et de mieux gérer la fatigue. Dans le football féminin, ce modèle est particulièrement pertinent car il s'adapte aux contraintes compétitives, à la variabilité interindividuelle et aux fluctuations liées au cycle menstruel.

La périodisation par blocs (Issurin, 2008) consiste à concentrer l'entraînement sur une qualité physique dominante pendant un mésocycle (par exemple, la force maximale ou l'endurance intermittente), puis à enchaîner sur un autre bloc, en capitalisant sur les effets résiduels des adaptations. Ce modèle est efficace pour développer rapidement certaines qualités, mais nécessite une grande maîtrise dans la planification afin d'éviter les déséquilibres. (Issurin VB, 2008)

La périodisation intégrée ou tactique va encore plus loin, en associant simultanément la préparation physique, technique et tactique. Ce modèle, très utilisé dans les sports collectifs, se révèle particulièrement adapté au football, où la performance résulte de l'interaction constante entre qualités physiques et exigences de jeu. Il permet de préparer les joueuses dans des contextes réalistes, par exemple en intégrant des exercices de haute intensité directement dans des situations de match réduit.

Dans le cadre du football féminin, l'application de ces modèles doit prendre en compte certaines spécificités. Les jeunes joueuses de 16 à 20 ans présentent souvent des niveaux hétérogènes de maturité biologique, ce qui nécessite une adaptation des charges et des contenus. Par ailleurs, des

études ont montré que les différences hormonales influencent la récupération, la tolérance à la fatigue et le risque de blessure, notamment ligamentaire. Ainsi, si les principes de périodisation sont similaires à ceux utilisés chez les hommes, leur application doit être plus nuancée, avec une attention particulière portée à la prévention des blessures, à la gestion de la fatigue et à l'individualisation des charges.

En résumé, la périodisation et la planification ne se limitent pas à une organisation rigide des charges. Elles constituent un processus dynamique qui doit intégrer les principes de base de l'entraînement, adapter les variables de charge aux cycles hiérarchisés, et choisir le modèle de périodisation le plus approprié au contexte. Dans le football féminin, cela implique de combiner les apports des différents modèles, en tenant compte de la spécificité du calendrier compétitif, de la variabilité de la maturité et des particularités physiologiques des joueuses, afin d'optimiser la performance et la prévention des blessures.

Afin de mieux comprendre les différentes approches méthodologiques de la périodisation et leurs implications pratiques, il est utile de comparer les principaux modèles théoriques décrits dans la littérature. Le tableau ci-dessous présente une synthèse des caractéristiques, avantages et limites des modèles linéaire, ondulatoire, par blocs et intégré, ainsi que leur pertinence dans le contexte du football féminin.

Tableau 16: Comparaison des modèles de périodisation et leur applicabilité au football féminin, source : auteur.

Modèle	Caractéristiques principales	Avantages	Limites	Applicabilité en football féminin
Linéaire (traditionnel)	Progression graduelle du volume vers l'intensité ; vise un pic de performance unique.	Simple à organiser, adapté aux sports à échéances ponctuelles (athlétisme, natation).	Peu flexible ; ne permet pas de maintenir un haut niveau constant ; inadapté aux calendriers chargés.	Faible pertinence : le football féminin exige un niveau stable sur l'ensemble de la saison, pas seulement un pic.
Ondulatoire	Variation fréquente des charges (volume et intensité) à l'intérieur des micro- et mésocycles.	Permet d'éviter la stagnation ; favorise une adaptation continue ; meilleure gestion de la fatigue.	Complexité de planification ; nécessite un suivi précis des joueuses.	Très pertinent : s'adapte aux fluctuations de la forme, aux contraintes du cycle menstruel et au calendrier compétitif.
Par blocs	Concentration des efforts sur une qualité physique dominante pendant plusieurs semaines (ex. force, endurance).	Gains rapides et ciblés ; effets résiduels cumulatifs.	Risque de négliger d'autres qualités ; difficile à appliquer en période de matchs rapprochés.	Intéressant en pré-saison ou intersaison pour renforcer une qualité spécifique (force, endurance intermittente).
Intégré /	Association simultanée	Réalisme du jeu ;	Complexité	Très adapté :

tactique	des dimensions physique, technique et tactique.	meilleure spécificité ; gain de temps.	organisationnelle ; dépend du niveau des entraîneurs.	correspond aux exigences réelles du football féminin moderne, en liant préparation physique et situations de jeu.
-----------------	---	--	---	---

Le tableau 16 met en évidence que chaque modèle possède des atouts et des contraintes, mais que leur applicabilité dépend fortement des exigences du calendrier compétitif et des particularités physiologiques des joueuses. Le modèle linéaire, historiquement fondateur, reste peu pertinent dans le football moderne, car il repose sur un pic de performance unique, difficilement compatible avec un championnat long et rythmé. Le modèle ondulatoire, en revanche, s'avère particulièrement adapté aux sports collectifs et au football féminin en particulier, puisqu'il permet de varier la charge de travail et de mieux gérer la fatigue ainsi que les fluctuations hormonales.

La périodisation par blocs peut être envisagée de manière ciblée, notamment en pré-saison ou lors de phases spécifiques, afin de renforcer une qualité physique déterminante comme la force ou l'endurance intermittente. Enfin, la périodisation intégrée apparaît comme la plus en adéquation avec les réalités du football féminin moderne, car elle combine simultanément les dimensions physique, technique et tactique dans des situations de jeu, garantissant un transfert optimal vers la performance en match.

En définitive, il ne s'agit pas d'opposer ces modèles mais plutôt de les considérer comme complémentaires. Le préparateur physique doit savoir sélectionner et combiner les approches en fonction des objectifs de la saison, du calendrier et des caractéristiques de son effectif. Dans le cas du football féminin, où les joueuses de 16 à 20 ans présentent une grande variabilité de maturité biologique et où la prévention des blessures est un enjeu majeur, l'intégration de modèles ondulatoires et intégrés, appuyée ponctuellement par des blocs ciblés, semble constituer la stratégie la plus efficace.

2.Organisation saisonnière en football.

L'organisation saisonnière en football constitue une dimension essentielle de la préparation de l'athlète de haut niveau. Elle repose sur la structuration des charges d'entraînement en fonction des exigences compétitives et vise à assurer un équilibre optimal entre développement des qualités physiques, maintien de la performance et prévention des blessures. Contrairement à d'autres disciplines sportives, où la saison est rythmée par quelques compétitions majeures concentrées dans l'année, le football se caractérise par un calendrier très dense, marqué par la succession hebdomadaire, voire bihebdomadaire, de matchs officiels, auxquels s'ajoutent les coupes nationales, les compétitions internationales et les rencontres amicales. Cette particularité impose une

organisation saisonnière spécifique, flexible et en constante adaptation aux contraintes contextuelles. Comme le souligne Cazorla, la planification ne peut se concevoir comme une science exacte ; elle combine des fondements scientifiques et une part d'« art » liée à l'expérience pratique des entraîneurs. (Cazorla G, 2005)

Une saison de football est traditionnellement découpée en plusieurs phases interdépendantes. La première est la préparation générale, qui suit la période de repos et de transition estivale. Elle dure en moyenne quatre à six semaines et vise à restaurer la condition physique des joueurs après la coupure. Les contenus d'entraînement mettent l'accent sur le développement de l'endurance aérobie, de la force générale, de la mobilité et des qualités motrices fondamentales. Cette phase constitue le socle indispensable sur lequel reposent les adaptations ultérieures. Les études montrent qu'au cours de cette période, on observe des améliorations notables de la $VO_2\text{max}$, de la vitesse maximale aérobie (VMA) et de la capacité à répéter des efforts intermittents. (Silva, 2022)

Elle joue donc un rôle fondamental pour réduire le risque de blessures lors de la reprise et préparer les joueurs aux intensités plus spécifiques de la suite de la saison.

La préparation spécifique, qui suit directement la phase générale, a pour objectif d'orienter le travail vers les qualités plus étroitement liées aux exigences du jeu. Elle dure généralement de deux à quatre semaines et intègre des contenus centrés sur la puissance aérobie, la force-vitesse, la répétition d'efforts de haute intensité et le développement des qualités techniques et tactiques en situation. Les exercices avec ballon et les jeux réduits prennent une place croissante, permettant d'associer contraintes physiologiques et exigences motrices.

Bangsbo, Mohr et Krstrup insistent sur l'importance de cette phase dans l'amélioration de la tolérance des joueurs aux efforts intermittents de haute intensité, caractéristique majeure du football moderne. (Bangsbo J M. M., 2006)

La pré-compétition, parfois appelée affûtage, représente une courte période d'une à deux semaines justes avant le début des compétitions officielles. Elle est marquée par une diminution progressive du volume d'entraînement, tandis que l'intensité est maintenue, voire légèrement accentuée. L'objectif est de réduire la fatigue accumulée au cours de la préparation tout en optimisant la disponibilité neuromusculaire et psychologique. Les travaux de Mujika et Padilla montrent qu'un tapering bien conduit peut améliorer la performance de 2 à 3 % au moment du premier match officiel. Cette phase illustre l'importance de la gestion fine des charges : une décharge trop prononcée entraîne une perte de condition, tandis qu'un maintien excessif du volume risque de laisser subsister un état de fatigue. (Mujika I P. S., 2003)

La période de compétition, qui s'étend sur huit à dix mois, constitue le cœur de la saison et représente la principale difficulté organisationnelle. Elle est rythmée par des microcycles

hebdomadaires, construits autour de la date du match. Dans le cas d'un seul match par semaine, l'organisation type consiste à atteindre un pic de charge trois jours avant la rencontre (J-3), suivi d'une diminution progressive du volume et de l'intensité pour arriver frais au jour de compétition. Les deux premiers jours après le match sont généralement dédiés à la récupération et à un travail aérobique de faible intensité, tandis que le milieu de semaine concentre les contenus les plus exigeants, notamment en termes de puissance aérobique, de répétitions d'efforts et de travail spécifique par poste. Le jour précédant le match est consacré à la tactique et à la vitesse, avec un volume réduit. Ce schéma est validé par plusieurs études ayant montré que la charge la plus importante doit être placée environ 72 heures avant la compétition, laissant le temps nécessaire à la surcompensation. (Los Arcos A, 2017)

Toutefois, le calendrier moderne impose souvent des adaptations : les clubs professionnels disputent fréquemment deux à trois matchs par semaine, ce qui réduit considérablement les marges de manœuvre. Dans ces situations, les titulaires sont principalement orientés vers la récupération (séances de régénération, soins, nutrition et sommeil optimisé), tandis que les remplaçants ou non-utilisés bénéficient de charges complémentaires afin de maintenir leur condition physique [9]. Cette gestion différenciée est cruciale, car le match représente généralement la séance la plus intense de la semaine, générant une charge interne et externe très supérieure aux entraînements. Les données de Los Arcos et al. confirment que la variation de charge au cours de la saison est relativement faible, mais que le match reste l'élément déterminant de la charge hebdomadaire. (Los Arcos A, 2017)

La dernière phase, dite de transition, correspond à la fin de la saison. Elle dure de trois à cinq semaines et a pour objectif de restaurer les réserves énergétiques et psychologiques des joueurs, tout en évitant une perte trop importante des adaptations acquises. Une activité physique minimale doit être maintenue, généralement une à deux séances hebdomadaires d'intensité modérée, afin de limiter la régression des qualités physiques. Cazorla insiste sur le fait que ce qui s'acquiert lentement peut se perdre rapidement : une coupure totale entraîne une chute significative de la condition, tandis qu'un entretien léger permet de conserver un niveau suffisant pour faciliter la reprise.

Au-delà de ce découpage en phases, l'organisation saisonnière se définit aussi par la gestion précise des charges d'entraînement. La charge externe, mesurée à partir des distances parcourues, du nombre de sprints ou d'accélération, est aujourd'hui quantifiée grâce aux technologies GPS, largement utilisées dans les clubs professionnels. La charge interne, quant à elle, se réfère aux réponses physiologiques et perceptives des joueurs : fréquence cardiaque, lactatémie, et échelle de perception de l'effort (RPE). L'outil du session RPE (produit de la durée de la séance par l'intensité perçue) est particulièrement utilisé car il permet une quantification simple et peu coûteuse. Chez les joueuses, la revue systématique de Costa et al. souligne que la littérature est encore limitée, mais

confirme que la charge interne élevée est corrélée à la fatigue ressentie le lendemain, à des douleurs musculaires accrues et à une moindre qualité du sommeil, ce qui justifie une surveillance quotidienne. (Costa JA, 2022)

Les variations saisonnières de la performance sont également bien documentées. Silva a montré que la pré-saison entraîne des améliorations significatives de la VO₂max, de la VMA, de la force et de la détente verticale, avec une stabilisation ou une légère diminution en cours de saison, puis parfois une baisse en fin de saison liée à l'accumulation de fatigue. (Silva, 2022)

Cette dynamique impose une vigilance particulière sur les charges et la récupération : un suivi régulier par des tests de terrain (Yo-Yo intermittent recovery test, CMJ, sprint) permet de détecter précocement les signes de fatigue ou de désentraînement. Mohr, Krstrup et Bangsbo ont d'ailleurs montré que la fin de saison est associée à un risque accru de blessures musculaires, en lien avec la diminution progressive des qualités neuromusculaires. (Mohr M K. P., 2005)

Dans le football féminin, les connaissances sont plus limitées mais les besoins sont similaires. Les contraintes calendaires s'intensifient également, notamment avec le développement des compétitions internationales. Les spécificités physiologiques doivent être prises en compte, comme l'âge, la maturité biologique et certains facteurs hormonaux pouvant influencer la tolérance aux charges. Randell et al. (2021) et Okholm Kryger et al. (2021) soulignent que la recherche scientifique n'a pas encore comblé l'écart entre football masculin et féminin, mais que l'optimisation du suivi des charges et de la récupération constitue un enjeu majeur pour préserver la santé et la performance des joueuses. (Randell R, 2021) (Okholm Kryger K, 2021)

Enfin, les perspectives modernes tendent à modifier l'organisation saisonnière traditionnelle. La périodisation non linéaire et le micro dosing, qui consistent à introduire régulièrement de petites doses de travail spécifique (vitesse, force, puissance) tout au long de la saison, apparaissent comme des stratégies efficaces pour maintenir les qualités physiques dans un calendrier saturé. L'utilisation des technologies de monitoring (GPS, accéléromètres, plateformes de force, questionnaires de bien-être) permet d'individualiser les charges et d'adapter les séances en temps réel. Silva et Rebelo (2019) soulignent que cette approche intégrée, associée à une équipe pluridisciplinaire (préparateurs physiques, médecins, nutritionnistes, analystes), est désormais la norme dans les clubs professionnels européens. (Silva JR R. A., 2019)

Ainsi, l'organisation saisonnière en football est un processus dynamique et complexe, qui va bien au-delà d'un simple découpage théorique en phases. Elle doit répondre simultanément à trois impératifs : développer les qualités physiques et techniques, entretenir la performance malgré la densité du calendrier, et préserver la santé des joueurs. Chez les femmes comme chez les hommes, la clé réside dans la capacité à ajuster les charges de manière individualisée, en s'appuyant sur les outils

de suivi moderne et sur une coordination pluridisciplinaire. Ce modèle, en constante évolution, illustre la nécessité d'articuler science et pratique pour répondre aux exigences d'un sport dont la charge compétitive ne cesse de croître.

L'organisation saisonnière et plus largement le processus de préparation physique s'inscrivent dans un cadre global où interagissent plusieurs dimensions : l'évaluation des capacités des sportifs, l'analyse des exigences de l'activité, le choix des outils de mesure, ainsi que l'orientation, le contrôle et le suivi de l'entraînement. Ce modèle systémique a été décrit par Cazorla (Cazorla G, 2005), qui met en évidence le rôle central de la planification, de la programmation et de la périodisation dans l'articulation entre les caractéristiques individuelles des athlètes et les contraintes de la compétition (Figure 20).

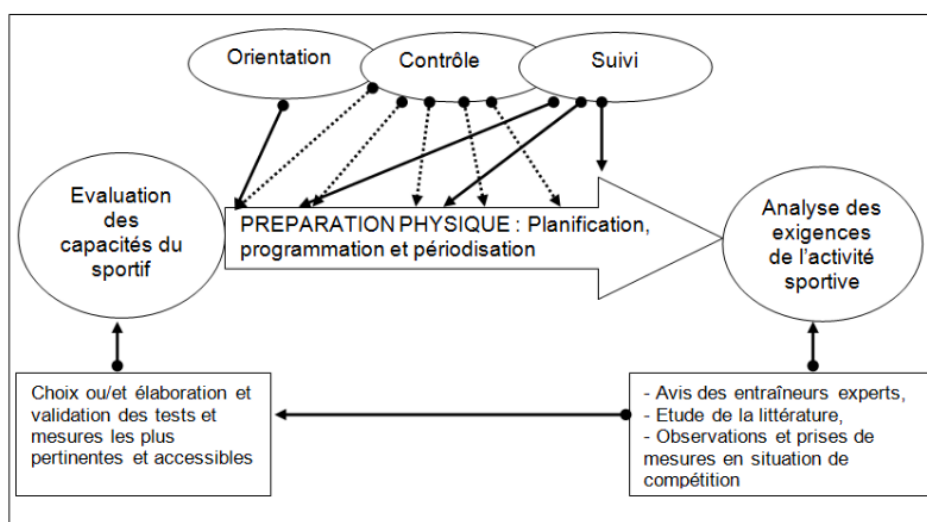


Figure 19:Modèle de l'ensemble des conditions intervenant dans le processus de préparation physique et d'entraînement (adapté de Cazorla, 2005).

L'organisation saisonnière ne se résume pas seulement à la succession de périodes de préparation et de compétition. Elle repose sur une structuration hiérarchisée de l'entraînement qui s'étend du long terme au très court terme. Cazorla distingue ainsi plusieurs niveaux imbriqués : la planification, qui peut couvrir deux à huit saisons, constitue le cadre stratégique global ; la programmation, qui se fait à l'échelle de chaque saison, fixe les orientations prioritaires ; la périodisation, qui subdivise l'année en quatre à cinq périodes ou macrocycles, permet d'organiser les contenus en fonction des objectifs ; chaque macrocycle est ensuite découpé en un à trois mésocycles, eux-mêmes composés de microcycles comprenant trois à douze séances (Figure 22). (Cazorla G, 2005) Cette organisation imbrique logiquement les différents échelons de la préparation, en assurant une progression des charges et une alternance entre développement, entretien et récupération.

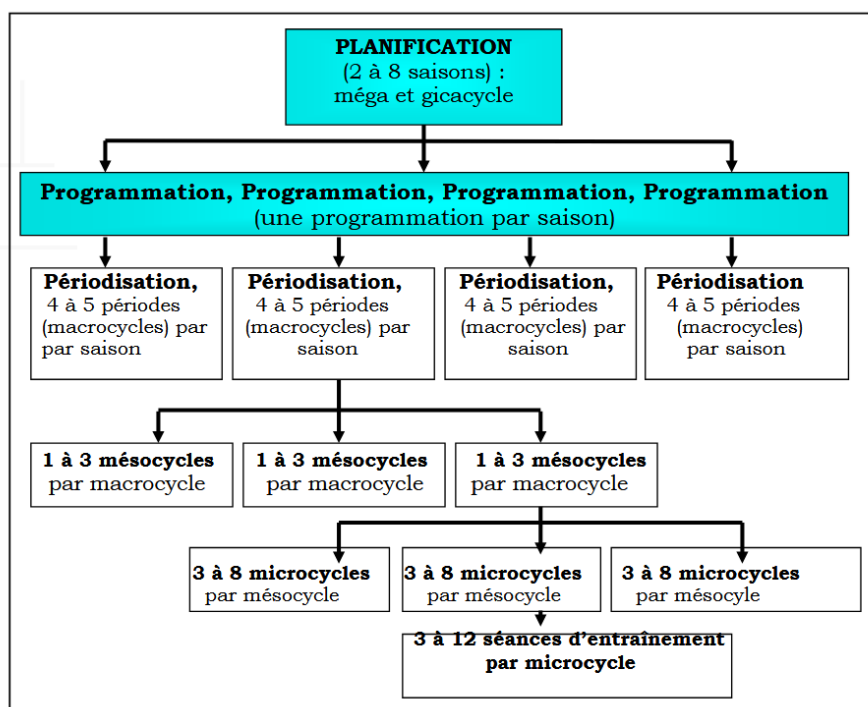


Figure 20: Planification, programmation et périodisation de l'entraînement. Organisation entre elles des différentes caractéristiques de l'entraînement (adapté de Cazorla, 2005).

3.Objectifs physiques par phase.

Les objectifs physiques poursuivis à travers les différentes phases de la saison de football s'inscrivent dans une logique progressive visant à développer puis à entretenir les qualités nécessaires à la performance tout en minimisant les risques de blessures. La période de préparation générale constitue une étape incontournable où l'accent est mis sur la restauration et le développement des capacités fondamentales. Les joueurs et joueuses sortant d'une phase de transition présentent souvent une baisse des qualités aérobies et musculaires, d'où la nécessité de cibler en premier lieu l'endurance de base, la force générale et la mobilité articulaire. Meckel et al. (2018) ont montré qu'au cours de la pré-saison, les joueurs professionnels améliorent significativement leur $VO_2\max$, leur détente verticale et leur flexibilité, en parallèle d'une diminution du pourcentage de masse grasse. (Meckel Y, 2018)

Ces adaptations traduisent le rôle central du volume élevé d'entraînement aérobique et de renforcement global mobilisé durant cette phase initiale. Chez les jeunes joueuses, Wright et Laas (2016) insistent sur l'importance d'intégrer des exercices neuromusculaires précoces afin de développer la coordination, la stabilité et la proprioception, et de prévenir les déficits liés à la puberté, période critique durant laquelle les filles présentent une baisse relative de la force et de la puissance comparées aux garçons. Ainsi, l'objectif principal de cette phase est de constituer une base physiologique solide, en travaillant la capacité aérobique, la force fondamentale et la qualité du mouvement, préalable indispensable aux adaptations spécifiques. (Wright MD, 2016)

La préparation spécifique représente une phase charnière, où l'entraînement se rapproche progressivement des exigences réelles du jeu. Les volumes sont ajustés mais l'intensité s'élève, avec un accent mis sur la puissance aérobie, la vitesse et la force-vitesse. Bangsbo, Mohr et Krstrup (2006) ont démontré que cette période est essentielle pour améliorer la tolérance aux efforts intermittents de haute intensité, caractéristiques du football moderne. Les exercices intègrent davantage le ballon et sont orientés vers la répétition d'actions spécifiques telles que les sprints répétés, les changements de direction ou les duels aérobie-anaérobie. Meckel et al. (2018) ont observé que durant cette phase, les joueurs maintiennent les gains de VO_2max acquis en préparation générale mais continuent à progresser en puissance musculaire, notamment sur la détente verticale. (Bangsbo J M. M., 2006)

Dans le football féminin, McQuilliam et al. (2022) ont relevé que les académies féminines organisent moins de séances hebdomadaires de préparation physique que leurs homologues masculines, ce qui peut limiter le développement optimal des qualités de force et de vitesse. (McQuilliam SJ F. J., 2022)

Néanmoins, Darragi et al. (2024), dans une étude sur de jeunes joueuses élites nord-africaines, ont montré qu'un programme de 12 semaines de renforcement musculaire en cours de saison améliorerait significativement la force maximale, la détente verticale (CMJ) et la capacité de sprints répétés, confirmant l'importance de maintenir des objectifs de développement de la force et de la puissance dès la préparation spécifique. Cette phase vise donc à transformer la base construite en préparation générale en qualités spécifiques transférables directement à la performance en match. (Darragi M, 2024)

La phase de pré-compétition, ou d'affûtage, se caractérise par la recherche de l'optimisation des qualités existantes plutôt que par leur développement. L'objectif est de réduire la fatigue accumulée au cours des semaines de préparation, tout en maintenant un haut niveau d'intensité pour préserver les adaptations neuromusculaires. Mujika et Padilla (2003) ont montré que ce processus de tapering peut conduire à une amélioration de 2 à 3 % des performances lors du premier match officiel, en maintenant la fraîcheur physique et mentale des athlètes. (Mujika I P. S., 2003)

Sur le plan pratique, cela se traduit par une diminution du volume d'entraînement, une concentration sur des exercices courts et explosifs, et un travail spécifique de vitesse et de coordination. Meckel et al. (2018) ont rapporté que les joueurs maintiennent leur niveau de performance aérobie et de puissance lors de cette phase, avec un léger ajustement permettant une meilleure disponibilité le jour de la compétition. L'objectif physique de cette phase est donc d'assurer la disponibilité optimale des athlètes à l'entrée en compétition, en favorisant la fraîcheur plutôt que la charge supplémentaire. (Meckel Y, 2018)

Pendant la phase de compétition, les objectifs physiques changent radicalement, passant d'un développement à un maintien des acquis. Les compétitions officielles représentent elles-mêmes la charge la plus intense de la semaine et deviennent le stimulus principal. Comme l'ont montré Los Arcos et al. (2017), les microcycles hebdomadaires sont structurés autour du match, avec une montée en charge à J-3 et une diminution progressive jusqu'à la veille de la rencontre. (Los Arcos A, 2017)

Les objectifs physiques consistent alors à entretenir la force, la vitesse et l'endurance spécifique, tout en veillant à préserver les capacités de récupération. Kraemer et al. (2004) ont mis en évidence que, sur une saison complète, les titulaires subissent une charge compétitive beaucoup plus importante que les remplaçants, et nécessitent donc une récupération prioritaire, tandis que les non-titulaires doivent bénéficier de séances compensatoires pour maintenir leur condition. (Kraemer WJ, 2004)

Chez les joueuses, Costa et al. (2022) ont rappelé que la densité du calendrier et les limites structurelles augmentent le risque de fatigue et de blessures, ce qui justifie des objectifs différenciés selon le statut des joueuses. Ainsi, l'entretien de la puissance aérobie, de la vitesse de réaction et des qualités neuromusculaires devient central. (Costa JA, 2022)

Enfin, la phase de transition répond à un objectif clair : restaurer les réserves énergétiques et psychologiques des athlètes tout en évitant une perte excessive des qualités physiques acquises. Cazorla (2005) recommande un maintien minimal de l'activité physique, sous forme d'entraînement léger et ludique, afin de limiter le désentraînement. (Cazorla G, 2005)

Meckel et al. (2018) ont observé que lors de cette période, une réduction trop importante de l'activité conduit à une diminution de la VO_{2max} et de la puissance musculaire, tandis qu'un maintien modéré permet de faciliter la reprise ultérieure. (Meckel Y, 2018)

Chez les jeunes joueuses, Wright et Laas (2016) soulignent que la période de transition doit intégrer un travail léger de renforcement neuromusculaire et de mobilité pour prévenir les désadaptations, tout en favorisant la récupération mentale. L'objectif n'est donc pas de développer mais de préserver un socle physique minimal en attendant le nouveau cycle. (Wright MD, 2016)

En somme, chaque phase de la saison en football poursuit des objectifs physiques distincts mais complémentaires : développer les bases en préparation générale, transformer ces qualités en adaptations spécifiques lors de la préparation spécifique, optimiser la disponibilité des joueurs en pré-compétition, entretenir la performance pendant la compétition, et restaurer l'organisme durant la transition. Les études menées aussi bien sur le football masculin que féminin confirment cette logique, tout en soulignant que dans le football féminin, le nombre réduit de séances et les contraintes structurelles imposent une vigilance accrue pour atteindre ces objectifs.

Les objectifs physiques de chaque phase de la saison peuvent également être représentés de manière synthétique par des modèles de planification en sport collectif. Comme l'illustre le tableau

proposé par Sportifeo Tableau 17, la préparation générale vise prioritairement le développement de l'endurance aérobie et anaérobie, ainsi que l'adaptation progressive à la charge. La préparation spécifique oriente le travail vers la force maximale, la puissance et la vitesse spécifique, tandis que la pré-compétition privilégie l'affûtage, la vitesse et l'agilité réactive. Durant la compétition, l'accent est mis sur le maintien des qualités neuromusculaires, notamment la force et la puissance, en lien direct avec les exigences de la performance en match. Enfin, la période de transition intègre des activités plus ludiques et un travail de compensation pour favoriser la récupération physique et mentale.

Tableau 17: Exemple d'une planification en sport collectif, illustrant les objectifs physiques par phase de la saison (adapté de Sportifeo, 2023).

MOIS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Macro		Préparation					Compétition						
Période		P. Générale		P. Spécifique		Pré C.	Compétition					Récupé-ration	Trans.
Méso	Entraînement sportif	Endurance aéro et anaé-robie	Vmax Endurance anaérobie		Vmax Vspé Agilité Agilité réactive	Prépa spécifique Vitesse spécifique Agilité Agilité réactive					Récupération	Jeux ludiques	
	Préparation physique	Adapta-tion	Force max		Puissance	Force max	Transfert puissance	Entretien puissance et force max				Compensation	

Le tableau 17 illustre l'articulation des objectifs physiques au cours des différentes phases de la saison. La préparation générale vise essentiellement le développement de l'endurance aérobie et anaérobie ainsi que l'adaptation progressive à la charge. La préparation spécifique oriente l'entraînement vers le développement de la force maximale, de la puissance et de la vitesse spécifique, tout en intégrant des qualités comme l'agilité et la réactivité. La phase de pré-compétition a pour objectif l'affûtage, en maintenant l'intensité sur la vitesse et la coordination tout en réduisant les volumes. La période compétitive se concentre sur le maintien des qualités neuromusculaires acquises (force, puissance, agilité), avec une organisation adaptée au calendrier des matchs. Enfin, la phase de transition favorise la récupération et la compensation par des activités plus ludiques, permettant de restaurer les ressources physiques et psychologiques avant le début d'un nouveau cycle.

3. Planification de la charge et gestion de la fatigue.

La planification de la charge et la gestion de la fatigue occupent une place centrale dans la préparation physique du footballeur et de la footballeuse de haut niveau. La performance sportive repose sur un équilibre fragile entre la charge appliquée et la capacité de récupération de l'athlète. Lorsque la charge est insuffisante, l'adaptation physiologique reste limitée et le niveau de performance stagne. À l'inverse, une surcharge excessive et mal régulée accroît considérablement le risque de blessures, de fatigue chronique et de surentraînement. Le rôle de la planification consiste donc à ajuster finement la charge d'entraînement, non seulement pour optimiser les adaptations

physiologiques et neuromusculaires, mais aussi pour préserver la disponibilité physique et psychologique des joueurs tout au long de la saison.

La charge d'entraînement est classiquement définie selon deux composantes complémentaires : la charge externe et la charge interne. La première correspond au travail réalisé par l'athlète, mesuré par des indicateurs objectifs tels que la distance parcourue, les mètres de course à haute intensité, le nombre de sprints ou d'accélération et décélérations, le tout désormais quantifié grâce aux systèmes GPS et GNSS largement utilisés en football. (Posse-Alvarez M, 2025)

La charge interne renvoie à la réponse psychophysiologique de l'organisme à ces contraintes, et se mesure notamment par la fréquence cardiaque, la lactatémie, la variabilité de la fréquence cardiaque (HRV) ou encore les indices perceptifs comme l'échelle de l'effort perçu (RPE). L'analyse conjointe des deux dimensions permet de mieux comprendre le coût réel d'une séance ou d'un microcycle, puisqu'une même charge externe peut générer des réponses internes différentes selon l'état de forme ou le profil physiologique des joueurs. (Gonçalves L, 2021)

Parmi les outils de suivi validés, l'échelle de Borg (RPE) et son extension, le session-RPE (produit de l'intensité perçue par la durée de la séance), sont devenus des méthodes de référence en football. Simples, peu coûteuses et reproductibles, elles ont démontré une forte corrélation avec d'autres indicateurs objectifs tels que la fréquence cardiaque ou la concentration en lactate sanguin. (Foster C, 2001)

Le TRIMP (Training Impulse), proposé initialement par Banister, constitue un autre indicateur largement utilisé, basé sur la durée et l'intensité des séances, pondérées en fonction de la fréquence cardiaque de l'athlète. En football, le TRIMP est souvent utilisé pour suivre la charge cumulée hebdomadaire ou mensuelle et détecter les variations pouvant accroître le risque de blessure. Des études récentes montrent que la combinaison RPE et TRIMP offre un suivi particulièrement fiable de la charge interne, en intégrant à la fois la perception subjective de l'effort et la réponse cardiovasculaire. (Gonçalves L, 2021)

La planification de la charge repose sur la logique des microcycles et de leur agencement au sein de la saison. Dans un contexte de microcycle hebdomadaire classique (7 jours, un match par semaine), la charge est traditionnellement la plus élevée à J-3, avec une intensité maximale de travail intermittent et de répétitions d'efforts, puis décroît progressivement à J-2 et J-1 pour permettre la récupération avant le match. (Los Arcos A, 2017)

Posse-Alvarez et al. (2025) ont montré que la longueur du microcycle influence directement la répartition des charges : dans des microcycles courts (5–6 jours), la charge tend à se concentrer en fin de semaine, alors que dans des microcycles longs (8–9 jours), les volumes et intensités sont plus élevés au milieu de semaine (MD-4 et MD-3), ce qui illustre l'importance d'adapter les contenus en

fonction du calendrier. (Posse-Alvarez M, 2025)

Oliveira et al. (2025) ont confirmé que le nombre de séances par semaine impacte fortement la charge cumulée : ajouter une quatrième séance d'entraînement, par rapport à trois, augmente significativement le volume total, la distance à haute intensité et le rapport charge d'entraînement/match. (Oliveira R F. P., 2025)

La gestion de la fatigue est indissociable de cette planification. Toute charge induit une réponse de fatigue, suivie d'une phase de récupération puis de surcompensation si la régénération est suffisante. Ce principe fondamental de l'entraînement a été décrit par Zatsiorsky et popularisé par Mujika et Padilla (2003) dans le cadre du tapering. (Mujika I P. S., 2003)

L'enjeu réside dans la distinction entre fonctional overreaching (FOR), une surcharge temporaire qui, avec repos, conduit à une amélioration de la performance, et non-fonctional overreaching (NFOR), où la fatigue persiste et la performance stagne ou régresse. À long terme, une accumulation de NFOR peut mener au syndrome de surentraînement (OTS), caractérisé par une fatigue chronique, des perturbations hormonales, une diminution de la performance et un risque accru de blessure. (Franks AM, 2025)

La surveillance fine des charges et des indicateurs de fatigue vise donc à maintenir les athlètes dans la zone optimale d'adaptation, en évitant la bascule vers le surmenage non fonctionnel.

La fatigue en football est multifactorielle. Elle peut être d'origine neuromusculaire, liée à l'accumulation de dommages musculaires après des efforts explosifs répétés ; métabolique, en raison de la sollicitation des filières anaérobie lactique et aérobie ; ou encore psychologique, liée au stress compétitif et aux contraintes extra-sportives.

Le monitoring de la fatigue repose sur des indicateurs subjectifs (RPE post séance, questionnaires de bien être, Hooper Index) mais aussi objectifs : tests de performance (CMJ, sprint répété), variabilité de la fréquence cardiaque, biomarqueurs de stress (cortisol, créatine kinase), voire approches émergentes comme la « sweat omics » qui analyse les métabolites de la sueur pour détecter la fatigue et le surmenage. (Gnanasigamani M, 2025)

Chez les joueuses NCAA, Snyder (2021) a montré que les préparateurs physiques privilégient un suivi combinant questionnaires subjectifs et mesures objectives comme la fréquence cardiaque et le CMJ pour évaluer la disponibilité à l'entraînement. (Snyder BW, 2021)

Dans le football féminin, la gestion de la charge et de la fatigue constitue un enjeu encore plus crucial. Les travaux de Gonçalves et al. (2021) ont montré que les variations de condition physique sur la saison étaient moins prononcées que chez les hommes, et que la relation entre charge cumulée et niveau de forme n'était pas toujours significative, probablement en raison de différences structurelles et organisationnelles dans la préparation.

Toutefois, Oliveira et al. (2025) et Posse-Alvarez et al. (2025) ont mis en évidence que la densité du calendrier et la structure des microcycles influencent directement la charge externe et interne, confirmant que les joueuses sont exposées à des risques comparables, voire supérieurs, à ceux des hommes lorsqu'elles évoluent à haut niveau.

Les approches modernes de monitoring tendent à combiner plusieurs indicateurs dans un système intégré. Par exemple, le Load and Recovery Score (LRS) associe des données subjectives (RPE, questionnaires de bien-être) et objectives (GPS, fréquence cardiaque) pour fournir un indicateur global de disponibilité de l'athlète. (Anderegg N, 2025)

De même, les modèles de distribution d'intensité, qu'ils soient polarisés ou pyramidaux, permettent d'organiser les charges en consacrant plus de temps aux zones d'intensité faible et modérée, tout en maintenant des pics d'intensité stratégique, afin d'induire des adaptations sans générer une fatigue excessive. Enfin, des stratégies innovantes comme l'imagerie motrice sont proposées pour maintenir l'activation neuromusculaire et cognitive lors de phases de repos relatif ou de rééducation, réduisant ainsi la charge physique directe tout en stimulant les adaptations. (McNeil DG, 2025)

En définitive, la planification de la charge et la gestion de la fatigue en football reposent sur un pilotage précis, combinant des outils simples comme le RPE et le TRIMP à des technologies avancées telles que le GPS, la HRV ou l'analyse métabolomique. L'objectif est de maintenir les athlètes dans une zone optimale où la charge appliquée induit une adaptation positive, tout en prévenant les excès responsables de blessures et de surentraînement. Cette approche, individualisée et pluridisciplinaire, est désormais incontournable dans le football de haut niveau, masculin comme féminin, et constitue la clé d'une performance durable au fil des saisons.

Le principe de la surcompensation constitue un pilier de la planification de l'entraînement. Chaque charge appliquée induit un état de fatigue initiale, suivi d'une phase de récupération au cours de laquelle l'organisme rétablit progressivement ses réserves physiologiques. Si la récupération est suffisante et adaptée, les capacités dépassent temporairement leur niveau de base, phénomène appelé surcompensation. C'est précisément dans cette fenêtre que l'entraînement suivant doit être appliqué afin de consolider les adaptations et générer une progression. À l'inverse, si la récupération est insuffisante ou que les charges sont trop rapprochées, l'athlète risque d'entrer dans un état de surmenage ou de désadaptation.

Le schéma (Figure 23) illustre ce processus pour les différentes filières énergétiques. Les délais de surcompensation varient selon la nature de l'effort : environ 24 à 48 heures pour les sollicitations anaérobies alactiques (voire plus rapides dans certains cas), 48 à 72 heures pour les charges aérobies, et 48 à 72 heures pour les charges anaérobies lactiques, avec des nuances liées à l'intensité et au

niveau de l'athlète. Cette variabilité rappelle l'importance d'adapter le calendrier des séances selon le type de sollicitation énergétique visée. Par exemple, un travail de vitesse maximale anaérobie nécessite une récupération plus courte qu'un entraînement intensif de type aérobie ou lactique.

La surcompensation est donc la traduction biologique du principe de variation et d'alternance entre charge et repos. Elle justifie la structuration des microcycles, mésocycles et macrocycles, en veillant à organiser les séances de manière à optimiser la succession des phases de fatigue et de récupération. Ce modèle conforte l'idée que la performance ne dépend pas uniquement du volume ou de l'intensité des charges appliquées, mais surtout de la qualité de leur enchaînement et de leur synchronisation avec la récupération.

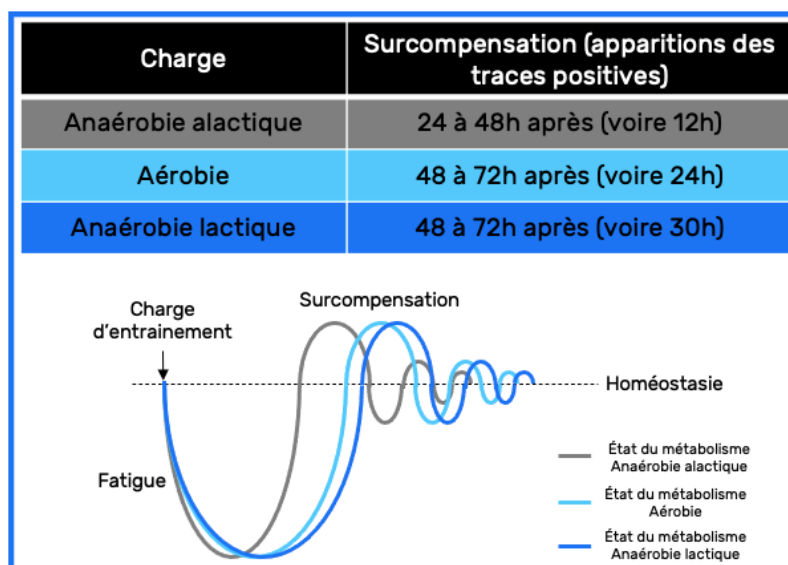


Figure 21: Processus de surcompensation et délais de récupération selon les filières énergétiques (adapté de Zatsiorsky & Kraemer, 2006 ; Mujika & Padilla, 2003).

3.2.3 Individualisation selon le poste de jeu et la maturité biologique.

L'individualisation du travail physique est une condition essentielle à l'optimisation de la performance et à la prévention des blessures dans le football féminin. Elle répond à une double exigence : d'une part, tenir compte des spécificités liées au poste occupé sur le terrain, et d'autre part, intégrer les différences de développement liées à la maturité biologique, particulièrement marquées chez les jeunes joueuses.

Sur le plan des exigences selon le poste, plusieurs travaux récents ont mis en évidence des différences significatives entre les profils locomoteurs et les charges de match. Makiniemi et al. (2023) ont montré que les ailières et les attaquantes sont celles qui effectuent le plus de courses à haute intensité et de sprints, tandis que les défenseuses centrales couvrent des distances plus faibles avec des exigences neuromusculaires moindres. (Makiniemi J, 2023)

De même, Harkness-Armstrong et al. (2022), dans une revue systématique, ont confirmé que la

distance totale, le nombre de sprints et les accélérations varient considérablement selon le poste, les postes offensifs étant associés aux contraintes les plus élevées. Ces différences imposent une programmation spécifique, notamment par le biais de séances ciblées : par exemple, des répétitions de sprints avec récupération incomplète pour les attaquantes, un travail accru d'agilité et de changements de direction pour les milieux, ou encore des exercices de force et de duels aériens pour les défenseuses. (Harkness-Armstrong A T. K., 2022)

Baptista et al. (2022) insistent sur la nécessité d'adopter une logique « position-spécifique » plutôt qu'un modèle uniforme, les réponses physiologiques et locomotrices aux matchs étant fortement conditionnées par le rôle occupé sur le terrain. (Baptista I, 2022)

En parallèle, l'individualisation selon la maturité biologique représente un enjeu crucial dans le football féminin de formation. Les joueuses présentent une hétérogénéité marquée entre l'âge chronologique et l'âge biologique, ce qui influe directement sur leurs qualités physiques. Malina (2021), à travers une revue de plus de 160 études, souligne que la maturité précoce confère un avantage en termes de gabarit, de vitesse et de puissance, mais expose également à un risque accru de blessures musculosquelettiques. (Malina RM .. , 2021)

Emmonds et al. (2020) confirment que les joueuses les plus avancées biologiquement présentent de meilleures performances en sprint et en détente verticale, mais que les moins matures bénéficient davantage d'un entraînement axé sur la technique, la coordination et la force relative. L'approche du « bio-banding », qui consiste à regrouper les joueuses selon leur stade de maturité plutôt que leur âge chronologique, apparaît ainsi comme une méthode pertinente pour ajuster les contenus d'entraînement et limiter les inégalités. (Sweeney EA, 2024)

Les travaux récents montrent également l'importance d'adapter la programmation autour du pic de vitesse de croissance (PHV). Mainer-Pardos et al. (2021) ont observé que les performances en sprint et en changements de direction sont fortement influencées par le stade de croissance, justifiant une prudence particulière autour du PHV, période durant laquelle les contraintes de pliométrie lourde ou de charges maximales doivent être limitées. (Mainer-Pardos E U. V.-G.-G., 2021)

Zhou et al. (2025) vont dans le même sens, en proposant de définir des « fenêtres de développement » en fonction de la maturation : avant le PHV, priorité au développement de la motricité et de la coordination ; autour du PHV, accent sur la stabilité et la prévention des blessures ; après le PHV, travail plus soutenu de la force maximale et de la puissance. (Zhou C, 2025)

En somme, l'individualisation de l'entraînement en football féminin doit s'appuyer à la fois sur une logique positionnelle qui prend en compte les contraintes spécifiques du rôle sur le terrain et sur une logique biologique, qui ajuste les contenus en fonction du développement et de la maturité des joueuses. Cette double approche permet non seulement d'optimiser la performance mais aussi de

réduire les déséquilibres liés aux différences d'âge biologique et d'éviter les risques de surcharge inadaptée.

Tableau 18: Individualisation du travail physique en football féminin selon le poste et la maturité biologique : exigences, indicateurs et applications, source : auteur

Critère	Exigences / Observations	Indicateurs de suivi	Applications pratiques
Poste – Attaquantes / Ailières	Forte sollicitation en sprints, courses à haute intensité, répétition d'efforts explosifs (Makiniemi, 2023 ; Harkness-Armstrong, 2022)	GPS (VHSR, nombre de sprints), RPE, tests de RSA	Séances de sprints répétés, jeux réduits avec transitions rapides, travail spécifique de vitesse max
Poste – Milieux	Volumes élevés, nombreuses accélérations/décélérations, endurance spécifique (Baptista, 2022)	Distance totale, HR, lactatémie, RPE	Entraînements intermittents, jeux de possession sous fatigue, travail d'agilité et de COD
Poste – Défenseuses centrales	Exigences locomotrices moindres mais sollicitations neuromusculaires (duels, sauts) (Makiniemi, 2023)	Nombre de duels, CMJ, force max MI	Renforcement musculaire, exercices de stabilité et d'appuis, travail aérobie intermittent
Maturité – Pré-PHV	Priorité au développement moteur, coordination, technique (Zhou, 2025)	Tests de motricité, observation technique	Travail technique sans charge lourde, coordination, équilibre, jeux ludiques
Maturité – Autour du PHV	Croissance rapide, risque accru de blessures (Mainer-Pardos, 2021)	Suivi anthropométrique, PHV offset	Réduction des charges pliométriques lourdes, accent sur la stabilité et la prévention
Maturité – Post-PHV	Gains en force, vitesse et puissance (Emmonds, 2020 ; Malina, 2021)	CMJ, sprint 20 m, force max	Introduction progressive de charges lourdes, travail de puissance, développement des qualités spécifiques au poste

Le tableau 18 met en évidence la nécessité d'une double individualisation de l'entraînement en football féminin. Sur le plan positionnel, il rappelle que les contraintes énergétiques et neuromusculaires ne sont pas homogènes, ce qui justifie une adaptation des contenus de préparation physique afin de reproduire au plus près les demandes spécifiques du match. Sur le plan de la maturité biologique, il souligne l'importance d'ajuster la charge et la nature des stimuli en fonction du stade de développement, en distinguant les priorités de coordination et de prévention chez les joueuses en croissance, et le travail de force et de puissance chez les athlètes post-matures. L'intérêt de cette approche réside dans sa capacité à croiser ces deux dimensions : l'individualisation ne se limite pas à la différenciation par poste, mais s'affine en tenant compte de la trajectoire développementale de chaque joueuse. Ce modèle intégré constitue ainsi une base scientifique solide pour optimiser la performance tout en réduisant le risque de surcharge et de blessure.

3.3 Systèmes d'évaluation et de sélection en football féminin.

La sélection sportive constitue un processus complexe par lequel des instances (clubs, fédérations, entraîneurs) identifient, évaluent et retiennent des athlètes considérés comme les plus aptes à atteindre l'élite dans une discipline donnée. Elle se définit à la fois comme une démarche de repérage des potentialités présentes et comme une projection sur les capacités futures de performance. Selon Vaeyens et al. (2008), la sélection sportive ne peut se réduire à l'évaluation d'un niveau de performance instantané, mais doit être envisagée comme un processus dynamique intégrant la progression à long terme, les qualités physiques, techniques, psychologiques, ainsi que des facteurs environnementaux. Dans ce sens, la sélection ne vise pas uniquement à choisir « les meilleurs » à un instant T, mais à identifier celles et ceux qui disposent du potentiel pour le devenir à l'avenir. (Vaeyens R, 2008)

En football, ce processus s'inscrit dans une logique de détection et de développement des talents. Il ne s'agit pas seulement de sélectionner des joueuses sur la base de leur rendement actuel, mais également d'évaluer leurs marges de progression, leur adaptabilité aux exigences du haut niveau et leur capacité à évoluer dans des environnements compétitifs. Williams et Reilly (2000) soulignent que l'identification des talents en football doit mobiliser un ensemble de critères multidimensionnels : qualités physiques (vitesse, endurance, puissance), habiletés techniques (contrôle, dribble, passe, tir), compétences tactiques (vision de jeu, anticipation, prise de décision), ainsi que des dimensions psychologiques telles que la motivation, la résilience et la gestion du stress. (Williams AM R. T., 2000)

Dans le football féminin, ces enjeux prennent une dimension particulière. Historiquement, la structuration des filières de détection a été largement calquée sur le modèle masculin, avec une prise en compte tardive des spécificités propres au développement des joueuses. (McEwan D, 2024)

Les trajectoires féminines diffèrent pourtant des masculines sur plusieurs points : un accès plus limité aux infrastructures, des effectifs réduits dans les catégories de base, une entrée parfois plus tardive dans la pratique compétitive, et des parcours d'élite souvent marqués par des interruptions ou des réorientations. Verbeek et al. (2025) ont montré que les parcours atypiques – caractérisés par des détours ou des transitions entre clubs et filières – sont en réalité fréquents et parfois associés à une meilleure réussite finale, ce qui remet en cause l'idée d'une progression linéaire et homogène vers le haut niveau. (Verbeek J, 2025)

En France, la Fédération Française de Football (FFF) a progressivement mis en place des dispositifs de détection et de sélection dès les catégories U13, reposant sur des grilles d'observation standardisées. (FFF, 2019)

Ces critères incluent la maîtrise technique (qualité de la première touche, dribble, passes), les

aptitudes physiques (capacité à répéter les efforts, vitesse), ainsi que des éléments tactiques (positionnement, lecture du jeu). S'y ajoutent des dimensions comportementales, telles que l'engagement et la capacité à coopérer au sein d'un collectif. Toutefois, comme l'ont montré Leyhr et al. (2025), la validité prédictive de ces critères demeure incertaine : les performances observées à un jeune âge ne permettent pas toujours d'anticiper la réussite au plus haut niveau quelques années plus tard. Cela pose la question de la fiabilité des outils de sélection et invite à privilégier une évaluation longitudinale, intégrant le suivi du développement et la plasticité des trajectoires. (Leyhr D M. D., 2025)

Les biais structurels constituent un autre défi majeur des systèmes de sélection. L'un des plus documentés est l'effet de l'âge relatif, qui désigne l'avantage compétitif dont bénéficient les joueuses nées en début d'année civile par rapport à leurs homologues plus jeunes du même millésime. Romann et Fuchslocher (2011) ont démontré que ce biais est présent dans le football féminin comme masculin, favorisant la sélection précoce des joueuses plus matures biologiquement, sans que cela soit nécessairement corrélé à une meilleure performance à long terme. Ces joueuses, plus grandes et plus rapides en raison de leur maturité avancée, sont souvent retenues, alors que les joueuses en retard de croissance peuvent être écartées malgré un potentiel de développement équivalent, voire supérieur. (Romann M, 2011)

Au-delà de l'âge relatif, la maturité biologique constitue un facteur déterminant. Plusieurs études ont montré que les filles atteignent leur pic de vitesse de croissance et leur maturité physiologique plus tôt que les garçons, ce qui modifie la temporalité de leur progression sportive. (Malina RM .. , 2021)

Dès lors, l'évaluation des jeunes joueuses doit intégrer des indicateurs biologiques et développementaux (âge osseux, âge à la ménarche, taille atteinte par rapport à la taille adulte projetée) pour contextualiser les performances et éviter les erreurs de jugement liées à des différences de maturation.

La littérature récente plaide pour une approche multidimensionnelle et contextualisée. Leyhr et al. (2025) ont proposé un modèle intégratif combinant des mesures physiques, techniques, psychologiques et perceptivo-décisionnelles, soulignant que la réussite en football ne dépend pas d'une seule qualité isolée mais de l'interaction entre plusieurs dimensions. Dans cette perspective, les systèmes modernes d'évaluation s'appuient de plus en plus sur des batteries de tests (endurance intermittente, vitesse, agilité, puissance) associées à des évaluations techniques et à l'observation en situation de jeu. L'objectif est de dégager des profils complets, permettant de mieux prédire la capacité d'une joueuse à évoluer vers l'élite. (Leyhr D M. D., 2025)

Toutefois, au-delà des critères mesurables, la sélection reste influencée par des facteurs contextuels

et environnementaux. McEwan et al. (2024), dans leur enquête pan-européenne, soulignent que les politiques de détection et de développement varient fortement selon les pays, en fonction des ressources disponibles, des cultures sportives et du degré d'investissement institutionnel. Cette hétérogénéité impacte directement l'équité et l'efficacité des systèmes de sélection, en offrant à certaines joueuses des opportunités précoces d'intégration dans des centres de formation structurés, tandis que d'autres évoluent dans des contextes moins favorables. (McEwan D, 2024)

La sélection sportive est indissociable de la détection, qui constitue la première étape du repérage des joueuses à potentiel. La détection vise à identifier dans une large base de pratiquantes celles qui présentent des caractéristiques jugées prometteuses pour un développement ultérieur, avant même qu'elles n'expriment des performances maximales. Elle repose sur une observation initiale dans des contextes variés : matchs de clubs, compétitions locales, rassemblements et doit prendre en compte non seulement les performances actuelles, mais aussi les indices de potentiel tels que la motricité, la coordination ou les comportements tactiques émergents. (Williams AM R. T., 2000) Dans ce sens, la détection se distingue de la sélection : la première vise à « ouvrir les portes » en repérant un vivier, tandis que la seconde consiste à choisir, parmi ce vivier, celles qui seront intégrées dans des structures spécifiques de formation.

Au niveau international, les systèmes de détection et de sélection présentent une forte hétérogénéité. Chaque pays a développé ses propres critères et dispositifs, en fonction de son histoire sportive, de ses moyens financiers et de ses objectifs de développement. Ainsi, les pays scandinaves misent sur une identification tardive, privilégiant la formation globale et la rétention d'un large nombre de pratiquantes, tandis que d'autres, comme la France ou l'Allemagne, ont institutionnalisé des filières sélectives dès les catégories U13 et U15. Cette diversité rend parfois difficile la comparaison des résultats et la mobilité internationale des joueuses. Cependant, une tendance récente se dessine vers une harmonisation des critères et des méthodes d'évaluation, sous l'impulsion des fédérations internationales et de la FIFA, dans l'objectif de favoriser une homogénéité et une comparabilité mondiale. (AREAPS, 2022)

L'alignement progressif des systèmes devrait permettre non seulement d'objectiver davantage les processus de sélection, mais aussi de rendre les trajectoires des joueuses plus lisibles et transférables d'un pays à l'autre.

En résumé, les systèmes d'évaluation et de sélection en football féminin doivent répondre à une double exigence : identifier avec précision les profils les plus prometteurs, tout en minimisant les biais liés à l'âge, à la maturité et aux inégalités structurelles. Les recherches actuelles plaident pour une approche multidimensionnelle, contextualisée et longitudinale, qui reconnaisse la diversité des trajectoires et qui s'appuie sur des outils spécifiques au football féminin. Une telle approche apparaît

indispensable pour concilier efficacité de la détection, équité des parcours et durabilité du développement du football féminin.

3.3.1 Tests anthropométriques et physiques utilisés dans la littérature.

L'évaluation anthropométrique et physique des footballeuses constitue une étape fondamentale dans les processus d'identification et de suivi des talents. Ces tests permettent non seulement de dresser un profil de performance, mais aussi de détecter des points faibles à corriger et de mieux comprendre les spécificités positionnelles et développementales du football féminin.

Sur le plan anthropométrique, les études se concentrent principalement sur la taille, le poids, l'indice de masse corporelle (IMC), la masse grasse et la composition corporelle. Par exemple, Kammoun et al. (2020) ont étudié un groupe de footballeuses tunisiennes âgées de 17 à 30 ans, évoluant en clubs nationaux, et ont mis en évidence une variabilité importante du pourcentage de masse grasse (entre 18 et 28 %) et de la flexibilité. (Kammoun A, 2020)

Ces mesures simples mais fondamentales sont fréquemment utilisées en parallèle de tests de condition physique pour interpréter les différences de rendement. Dans une approche similaire, Ramirez Munera et al. (2025) ont analysé des footballeuses professionnelles espagnoles en pré-saison et montré que la composition corporelle (masse maigre et masse musculaire relative) était fortement corrélée aux performances en tests anaérobies et aérobie. (Ramirez-Munera J, 2025)

Les études les plus récentes mettent également en évidence l'importance des tests physiques standardisés. Savolainen et al. (2022), chez des joueuses de niveau national finlandais (18–27 ans), ont utilisé une batterie comprenant des sprints de 30 m, des mesures de force isocinétique des genoux, des tests de saut vertical (Contremouvement Jump) et le VO₂max. Leurs résultats ont montré que la puissance anaérobie (sprint et saut) et la composition corporelle étaient les meilleurs prédictors des distances parcourues à haute intensité en match. Ces données confirment que les tests de terrain constituent des indicateurs fiables de la performance spécifique au football. (Savolainen S, 2022)

D'autres recherches se sont attachées à comparer les profils selon les postes de jeu. Villaseca Vicuna et al. (2021), dans une étude menée sur l'équipe nationale féminine chilienne (20–28 ans), ont mis en évidence des différences significatives entre gardiennes, défenseuses, milieux et attaquantes. Les attaquantes présentaient de meilleurs résultats en vitesse et en détente verticale, tandis que les défenseuses centrales affichaient une masse corporelle supérieure, associée à une meilleure stabilité neuromusculaire. Cette approche positionnelle est essentielle pour orienter l'entraînement et pour affiner les critères de sélection. (Villaseca-Vicuna R, 2021)

La question de la prévention des blessures est également abordée à travers des tests fonctionnels. Alvarez Zafra et al. (2021) ont évalué 52 joueuses espagnoles de haut niveau (âgées de 18 à 29 ans) avec une batterie combinant des mesures anthropométriques (% de masse grasse, IMC) et des tests

fonctionnels (saut vertical et horizontal, évaluation de la stabilité du tronc, mobilité articulaire). Leur étude a montré que certains déséquilibres détectés par ces tests étaient associés à une incidence plus élevée de blessures au cours de la saison, soulignant l'intérêt d'intégrer ces évaluations dans les protocoles de suivi. (Alvarez-Zafra M, 2021)

Les revues de littérature récentes proposent des valeurs de référence pour les footballeuses selon le niveau de pratique. Ruiz-Rios et al. (2024) ont recensé les tests les plus utilisés : sprints courts (10–30 m), tests de puissance (CMJ, Squat Jump), évaluations aérobies (Yo-Yo Intermittent Recovery Test niveau 1 et 2), ainsi que des mesures de force musculaire et de mobilité. Ces auteurs insistent sur la nécessité d'utiliser des protocoles standardisés pour comparer les résultats entre clubs et pays. (Ruiz-Rios A, 2024)

Enfin, Compton et al. (2025), dans une méta-analyse portant sur des données issues de plus de 50 études, ont proposé des benchmarks de performance pour les joueuses allant du niveau amateur à l'élite mondiale : $VO_2\text{max}$ moyen autour de $48\text{--}52 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, sprint 30 m en 4,3–4,6 secondes, et hauteur de CMJ entre 30 et 40 cm. (Compton C, 2025)

L'ensemble de ces travaux montre que les tests anthropométriques et physiques occupent une place centrale dans les systèmes d'évaluation du football féminin. Ils permettent de caractériser le profil des joueuses, d'orienter la préparation en fonction des postes, de prédire la performance en match, et de prévenir le risque de blessures. La tendance actuelle, confirmée par les revues systématiques, est d'aller vers des batteries intégrées et standardisées, combinant mesures morphologiques, tests de terrain et évaluations fonctionnelles, afin de rendre les résultats comparables à l'échelle internationale.

3.3.2 Les Critères de sélection en clubs, pôles espoirs et centre de formation.

La sélection dans les clubs, pôles espoirs et centres de formation constitue une étape stratégique dans le développement du football féminin. Elle repose sur des critères multidimensionnels qui visent à identifier les joueuses à potentiel non seulement sur leurs performances actuelles, mais aussi sur leurs perspectives de progression et leur capacité à s'intégrer dans un projet sportif à long terme. Contrairement à une approche centrée uniquement sur la performance technique ou physique, les dispositifs modernes cherchent à conjuguer l'évaluation sportive, la prévention médicale et la formation éducative.

En France, la Fédération Française de Football (FFF) a établi dès la catégorie U13 des grilles de détection standardisées. Celles-ci reposent sur un ensemble de critères techniques (qualité de la première touche de balle, maîtrise du dribble, précision des passes et des frappes), tactiques (vision de jeu, capacité à se déplacer sans ballon, prise de décision), physiques (répétition des efforts, vitesse, endurance) et comportementaux (combativité, solidarité, état d'esprit collectif). Ces éléments, utilisés

dans les sélections départementales et régionales, permettent de dégager des profils de joueuses capables de s'intégrer dans un processus de formation progressive, en privilégiant le potentiel plutôt que la seule performance immédiate.

Les pôles espoirs féminins illustrent cette approche intégrée. Leur fonctionnement repose sur le principe du « triple projet » sportif, scolaire et éducatif. Les joueuses sélectionnées bénéficient d'un suivi individualisé associant des entraînements spécifiques, des bilans trimestriels de performance et une attention particulière portée à leur réussite académique. Le suivi médical occupe une place centrale, avec une collaboration étroite entre préparateurs physiques, médecins et kinésithérapeutes. Dans ce cadre, un profilage biomédical et fonctionnel est mis en place. Il inclut l'évaluation de la maturité pubertaire à travers des marqueurs biologiques simples tels que l'apparition des seins, la pilosité corporelle et les premières menstruations, permettant de situer les jeunes joueuses dans leur trajectoire de développement. Ces indicateurs, bien que délicats à recueillir, sont essentiels pour ajuster la charge d'entraînement à la croissance et prévenir les risques liés à la maturation rapide.

Ce suivi est complété par des tests fonctionnels visant à repérer les limitations de mobilité et les déséquilibres musculaires. Parmi ceux-ci, la flexion du tronc et la flexion du genou jusqu'à la cuisse permettent d'évaluer la souplesse des chaînes musculaires postérieures. Des exercices de saut sont également utilisés : le saut unipodal et sa réception renseignent sur la stabilité dynamique et le contrôle neuromusculaire, tandis que le saut bipodal permet d'analyser la symétrie des appuis et la qualité de la coordination. Le Squat Jump avec un bâton au-dessus de la tête constitue enfin un test de référence, permettant de vérifier la mobilité globale et d'identifier la présence d'un éventuel valgus dynamique au niveau du genou lors de la réception. Ce type de déficit est reconnu comme un facteur de risque de blessures aux ischio-jambiers, au quadriceps ou encore au ligament croisé antérieur, particulièrement fréquent chez les jeunes joueuses. Ces évaluations confirment que la sélection en pôle espoirs dépasse le simple cadre de la performance footballistique pour inclure une véritable démarche de prévention et d'individualisation.

Dans les centres de formation agréés et les clubs professionnels, les critères reposent également sur des batteries de tests physiques et techniques standardisés. Les plus courants incluent les sprints de 10 à 30 mètres, les tests de capacité aérobie intermittente (Yo-Yo IR1, VAMEVAL), les sauts verticaux (Contremouvement Jump, Squat Jump), les tests de changements de direction (505 tests, T-test), mais aussi des évaluations techniques chronométrées comme les dribbles en slalom, la précision des passes ou les frappes cadrées. Ces résultats sont croisés avec des observations en petits jeux réduits (3c3, 5c5) permettant d'apprécier la lecture du jeu et la prise de décision. Comme le soulignent Leyhr et al. (2025), la prédiction de la réussite à haut niveau repose sur l'association de données quantitatives et qualitatives, objectivant les qualités physiques et techniques tout en intégrant

l'analyse perceptivo-décisionnelle. (Leyhr D A. S., 2025)

En Algérie, le système de sélection est structuré de manière pyramidale sous la responsabilité de la Direction Technique Nationale (DTN) et de la Fédération Algérienne de Football (FAF). Les joueuses sont d'abord repérées au sein de leurs clubs, puis orientées vers des regroupements régionaux. Les critères retenus reposent largement sur des tests physiques (VAMEVAL pour l'endurance, sprints courts pour la vitesse, CMJ pour la puissance des membres inférieurs), des évaluations techniques (contrôle, dribble, passes, frappes) et des observations en situation de match. Si ce système permet de repérer efficacement les profils athlétiques et techniques, la prise en compte des aspects psychologiques et éducatifs reste encore limitée, bien que des réformes récentes cherchent à aligner ces critères sur les standards internationaux.

À l'échelle européenne, la recherche met en évidence une tendance croissante à adopter une sélection plus tardive, afin de réduire les biais liés à l'âge relatif et à la maturité biologique. McEwan et al. (2024) ont montré que de nombreux pays privilégient désormais une approche multidimensionnelle intégrant les compétences techniques, tactiques, physiques, psychologiques et sociales. (McEwan D, 2024)

L'influence de la FIFA et de l'UEFA encourage par ailleurs une harmonisation progressive des critères, afin de garantir une comparabilité mondiale et de faciliter la mobilité des joueuses entre les filières nationales. Cette convergence répond à la nécessité d'assurer à la fois une identification plus équitable des talents et une meilleure lisibilité des parcours de formation.

En somme, les critères de sélection en clubs, pôles espoirs et centres de formation en football féminin traduisent une évolution vers une approche globale (figure 24), intégrant la performance sportive, la maturation biologique, la prévention médicale et l'accompagnement éducatif. La France illustre ce modèle à travers son « triple projet » et ses outils standardisés, l'Algérie progresse dans la structuration de son système pyramidal, et l'Europe dans son ensemble s'oriente vers des standards partagés (tableau 18). Cette dynamique révèle un enjeu central : considérer la joueuse dans sa globalité, non seulement comme athlète, mais aussi comme individu en développement, afin de garantir un repérage plus juste, une progression plus durable et une réduction des inégalités d'accès au haut niveau.

Tableau 19:Exemples de résultats permettant un repérage en football féminin, source : adapté de Savolainen et al., 2022

Domaine évalué	Outils / Tests utilisés	Exemples de résultats indicatifs (femmes, 15–20 ans)	Interprétation / Repérage
Qualités physiques	Sprint 30 m	4,3 – 4,6 sec (élite) Savolainen 2022	Vitesse maximale élevée, profil d'attaquante ou d'ailière
	Yo-Yo IR1 /	1200 – 1600 m (U17)	Bonne endurance aérobie,

	VAMEVAL	élite) Kammoun 2020	potentiel poste de milieu
	CMJ (saut vertical)	30 – 40 cm (nationale/élite) Compton 2025	Puissance des MI, avantage défensives/attaquantes
	COD Test (505 ou T-Test)	< 9 sec (505 test) Ruiz-Rios 2024	Changements de direction rapides, profil polyvalent
Habiletés techniques	Dribble chronométré (slalom 30 m)	< 10 secs avec ballon Villaseca-Vicuña 2021	Maîtrise technique et vitesse sous pression
	Passe de précision (cibles à 10–20 m)	≥ 70 % de réussite	Vision de jeu et qualité technique fiables
	Frappe au but (puissance + précision)	≥ 7/10 tirs cadrés	Finition efficace, profil offensif
Aspects tactiques	Jeux réduits (3c3 / 5c5)	Lecture du jeu, mobilité, anticipation	Capacité à prendre des décisions rapides et efficaces
	Positionnement défensif	Réduction des espaces, interceptions	Profil adapté pour la défense centrale
Critères psychologiques & comportementaux	Grille d'observation (FFF U13, Pôles Espoirs) FFF 2019	Engagement, combativité, solidarité	Repérage des joueuses à fort potentiel d'intégration collective
	Résilience face à l'échec (tests répétés)	Maintien de l'implication après erreur	Indicateur de potentiel de haut niveau

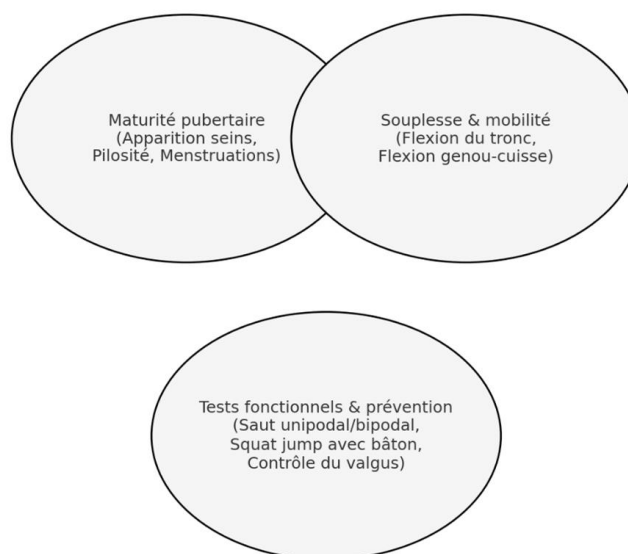


Figure 22: Profilage biomédical et fonctionnel réalisé en pôles espoirs féminins, source : auteur

3.3.3 Limites actuelles et perspectives d'amélioration.

L'essor du football féminin et sa professionnalisation rapide ont stimulé la mise en place de dispositifs d'évaluation et de sélection de plus en plus structurés. Néanmoins, malgré des avancées notables, ces systèmes présentent encore plusieurs limites qui freinent leur efficacité. Celles-ci concernent à la fois la fiabilité scientifique des outils utilisés, les biais liés à la croissance et à la maturation, la place encore trop importante de la subjectivité, ainsi que l'hétérogénéité des pratiques entre pays. Ces constats ouvrent la voie à des améliorations qui visent une sélection plus objective,

équitable et prédictive du potentiel réel des joueuses.

Un premier obstacle réside dans la difficulté à anticiper la réussite future à partir de tests ponctuels. Les batteries d'évaluation physiques et techniques permettent de comparer les joueuses à un instant donné, mais leur valeur prédictive reste limitée. Leyhr et al. (2025) ont montré que l'intégration de plusieurs dimensions physiques, techniques, perceptives et décisionnelles améliore la pertinence des évaluations, sans toutefois éliminer l'incertitude liée à l'adolescence et aux effets de la croissance. (Leyhr D M. D., 2025)

Ces résultats rejoignent les travaux de Vaeyens et al. (2008) et Williams & Reilly (2000), qui rappellent que l'identification du talent doit être pensée comme un processus dynamique et longitudinal, plus qu'une simple mesure instantanée. (Vaeyens R, 2008) (Williams AM R. T., 2000)

Les trajectoires décrites par Verbeek et al. (2025), où le « chemin typique vers l'élite est atypique », soulignent la diversité des parcours de joueuses et l'inadéquation de modèles de sélection trop rigides. (Verbeek J, 2025)

La subjectivité demeure également un frein. Bien que les outils de mesure se soient perfectionnés, l'œil du recruteur reste souvent déterminant lors des journées de détection. Les entraîneurs valorisent des qualités tacites créativité, leadership, intelligence de jeu difficiles à standardiser. Larkin et O'Connor (2017) ont mis en évidence que cette subjectivité, bien qu'utile, introduit une forte variabilité selon les observateurs et expose à des biais liés aux préférences personnelles ou aux stéréotypes morphologiques. L'absence de calibrage commun limite ainsi la fiabilité des décisions. (Larkin P, 2017)

Les biais liés à l'âge relatif et à la maturité biologique constituent une autre limite majeure. Les joueuses nées en début d'année ou plus avancées dans leur développement pubertaire sont surreprésentées dans les sélections de jeunes, alors que ces avantages liés à la croissance s'estompent souvent à l'âge adulte. (Romann M, 2011)

Or, chez les filles, l'apparition des premières menstruations et le pic de vitesse de croissance entraînent des modifications rapides de la morphologie et des qualités neuromusculaires. (Malina RM .. , 2021) Sans prise en compte de ces variables, les sélections risquent de favoriser artificiellement des profils précoces au détriment de joueuses à maturation plus lente. Des pratiques comme le bio-banding, qui regroupent les athlètes selon leur maturité biologique plutôt que leur âge chronologique, apparaissent comme une piste prometteuse pour réduire ces distorsions. (Cumming SP, 2017)

Une autre limite souvent évoquée concerne la faible représentativité de nombreux tests par rapport aux exigences réelles du match. Les évaluations isolées (sprint, saut vertical, test d'agilité) renseignent sur des qualités spécifiques mais reflètent imparfaitement la complexité du jeu, où perception, prise de décision et exécution sont indissociables. Pinder et al. (2011) plaident ainsi pour

des évaluations contextualisées, intégrant opposition, contraintes spatio-temporelles et incertitude, afin de mieux reproduire les conditions de la compétition. (Pinder RA, 2011)

Dans le football féminin, l'usage de jeux réduits instrumentés (3c3, 5c5) reste inégal, principalement en raison du coût de l'instrumentation (GPS, vidéo-analyse, plateformes de force).

À ces limites s'ajoute une forte disparité des pratiques entre pays. McEwan et al. (2024) ont montré que les systèmes européens de sélection diffèrent considérablement en termes d'âge de recrutement, de critères retenus ou de moyens technologiques disponibles. (McEwan D, 2024) Dans certaines fédérations, l'absence de ressources comparables à celles du football masculin ralentit l'adoption de protocoles modernes, entraînant une sous-utilisation d'outils de suivi pourtant accessibles dans les structures les mieux dotées. (McQuilliam SJ M. A., 2025)

Cette hétérogénéité limite la comparabilité internationale et complique la mobilité des joueuses. Ces constats appellent à plusieurs évolutions. Sur le plan méthodologique, l'implantation systématique d'approches multidimensionnelles, combinant tests physiques standardisés, évaluations perceptivo-décisionnelles et mesures psychologiques validées, apparaît incontournable. L'intégration d'indicateurs de maturation biologique dans les routines d'évaluation devrait devenir la norme. Parallèlement, l'adoption de tâches représentatives (jeux réduits, scénarios de match instrumentés) permettrait de rapprocher l'évaluation des exigences réelles du football.

Sur le plan organisationnel, la professionnalisation des pratiques d'évaluation implique une formation des évaluateurs, des calibrages inter-juges et l'utilisation de banques vidéo partagées pour harmoniser les observations. Enfin, l'harmonisation internationale, promue par l'UEFA et la FIFA, suppose la création de référentiels spécifiques au football féminin, établis à partir de bases de données multicentriques et longitudinale. Ces outils contribueraient à fiabiliser la détection, à limiter les biais et à assurer une meilleure équité dans l'accès au haut niveau.

En somme, les systèmes actuels d'évaluation et de sélection en football féminin présentent encore des fragilités, mais les perspectives d'amélioration sont claires : renforcer la scientificité des outils, intégrer systématiquement la dimension développementale, contextualiser les évaluations et tendre vers une harmonisation internationale. Ces évolutions sont essentielles pour garantir un repérage plus juste et favoriser un développement durable de la performance dans le football féminin.

3.4 Le suivi longitudinal de la performance sportive.

Le suivi longitudinal de la performance sportive correspond à l'ensemble des démarches qui visent à observer et analyser de façon répétée l'évolution d'un athlète au cours du temps, en combinant des données médicales, physiologiques, biomécaniques, psychologiques et technico-tactiques. Contrairement aux évaluations ponctuelles, cette approche continue permet de détecter des tendances

individuelles, de prévenir les risques de blessure et d'adapter les charges d'entraînement en fonction de la réponse spécifique de chaque joueuse. Halson (2014) rappelle que la force du suivi longitudinal réside dans l'analyse intra-individuelle : c'est en comparant l'athlète à elle-même sur plusieurs mois ou saisons que l'on identifie des signaux de surcharge ou des adaptations positives qui seraient invisibles à travers une simple comparaison entre athlètes. (Halson SL, 2014)

Dans le football féminin, ce suivi s'appuie sur une combinaison d'indicateurs. La charge externe est généralement mesurée par GPS et accéléromètres, qui renseignent sur les distances parcourues, les zones de vitesse et les contraintes mécaniques. La charge interne, elle, est suivie par la fréquence cardiaque, la variabilité de la fréquence cardiaque ou encore des indices comme le TRIMP. Ces mesures objectives sont complétées par des questionnaires quotidiens ou hebdomadaires évaluant la perception de l'effort (RPE), la qualité du sommeil, la fatigue musculaire ou l'humeur. Luteberget et al. (2021) ont montré que la combinaison de ces outils constitue la pratique la plus répandue dans les clubs féminins de haut niveau, avec une utilité perçue importante par les staffs mais encore une variabilité dans la fréquence et la rigueur de la collecte selon les ressources disponibles. (Luteberget LS, 2021)

Des études récentes soulignent également l'importance d'intégrer la dimension hormonale et le cycle menstruel dans ce monitoring. Beato et al. (2024) recommandent d'associer des indicateurs objectifs comme la fréquence cardiaque, la puissance en saut vertical ou la vitesse de sprint à des informations subjectives sur la phase du cycle menstruel, afin de détecter des variations physiologiques qui influencent la disponibilité à l'effort. (Beato M, 2024)

Anderson et al. (2025), dans une étude expérimentale, ont comparé différentes méthodes de datation de l'ovulation chez des footballeuses et ont montré que les marqueurs hormonaux salivaires ou urinaires offrent une précision supérieure au simple comptage rétrospectif des jours du cycle. Ces résultats ouvrent la voie à un suivi plus individualisé, capable d'anticiper les phases où la susceptibilité aux blessures, notamment ligamentaires, est plus élevée, et où les adaptations neuromusculaires peuvent être affectées. (Anderson D, 2025)

En parallèle des aspects physiologiques, le suivi longitudinal intègre de plus en plus une dimension biomécanique et psychologique. Keogh et al. (2024) insistent sur l'intérêt de documenter de manière prospective les patrons de mouvement tels que les réceptions de sauts ou les changements de direction et de les mettre en relation avec des indicateurs de stress, de bien-être ou de confiance en soi. Cette approche biopsychosociale contribue à mieux comprendre pourquoi certaines joueuses présentent une tolérance réduite à la charge et à identifier les ajustements nécessaires en termes de préparation physique et de prévention. (Keogh J, 2024)

En Algérie, le suivi des athlètes de haut niveau repose principalement sur le Centre National de

Médecine du Sport (CNMS) à Alger, où les joueuses passent en début de saison et sur demande pour des bilans cardiologiques, dentaires, psychologiques et fonctionnels, complétés par un suivi kinésithérapique en cas de blessure. Pour celles qui résident en dehors de la capitale, des centres médico-sportifs régionaux assurent ces missions, bien que leurs moyens soient parfois plus limités. Les sélections nationales, féminines et masculines, bénéficient du Centre technique national de Sidi Moussa, qui dispose d'installations modernes de préparation physique, de plateaux médicaux et de structures de rééducation, constituant un lieu central du suivi longitudinal des internationales algériennes. La Fédération algérienne de football a d'ailleurs inscrit le développement et le suivi médical dans son plan stratégique 2020-2025 pour renforcer la structuration du football féminin.

En France, l'organisation est plus décentralisée et repose sur un réseau de structures spécialisées. Les bilans médicaux et fonctionnels sont réalisés au sein des CREPS, de l'INSEP, du Centre médical de Clairefontaine ou encore des centres médico-sportifs intercommunaux. L'INSEP développe depuis 2019 le projet « Accompagnement à la performance », qui associe athlétisation préventive, suivi psychologique et nutritionnel, récupération et surveillance de la charge. L'objectif est de fournir un cadre intégré, où les évaluations régulières servent de fil conducteur à l'individualisation de l'entraînement et à la prévention des blessures. Sur le plan fédéral, la Fédération Française de Football déploie son Plan de Performance Fédéral (PPF), qui définit un parcours structuré de détection et de formation dès 13 ans, dans la logique du double projet scolaire et sportif, et qui inclut un suivi médical et fonctionnel régulier des joueuses en pôles et centres de formation.

Ces dispositifs, qu'ils soient centralisés comme en Algérie ou distribués sur plusieurs centres comme en France, convergent vers un même principe : considérer la performance comme un processus dynamique qui doit être suivi de façon continue et multidimensionnelle. Le suivi longitudinal devient ainsi un outil de décision et d'adaptation permanent, capable de relier santé, charge d'entraînement et progression sportive, et de garantir un développement plus durable et plus sûr pour les joueuses de football féminin.

3.4.1 Importance du monitoring au cours d'une saison sportive.

Le suivi longitudinal de la charge en football n'est plus seulement un outil descriptif : il constitue un levier prédictif pour piloter l'entraînement, anticiper la fatigue, moduler l'affûtage et réduire l'incidence des blessures sur l'ensemble d'une saison. La logique de ce monitoring repose sur une articulation systématique entre charge externe (ce que l'on fait) et charge interne (comment l'organisme y répond), puis sur l'intégration de ces informations dans des modèles dynamiques qui comparent en permanence l'état présent du joueur à son historique individuel. Cette philosophie, déjà clarifiée dans les travaux de l'INSEP (charge externe : distance totale, densité de sprints, changements de direction, vitesse ; charge interne : fréquence cardiaque, lactatémie, questionnaires de fatigue, sRPE), a popularisé l'usage d'indicateurs mixtes et de ratios qui rendent l'analyse intelligible pour le

staff, au quotidien comme à l'échelle des mésocycles.

Dans ce cadre, le ratio charge aiguë/charge chronique (ACWR) a joué un rôle pédagogique majeur, non pas parce qu'il serait « magique », mais parce qu'il exprime une intuition pratique : la tolérance à une charge dépend de ce qui a été accompli récemment. Comparer la charge de la semaine (« aiguë ») à la moyenne des quatre semaines antérieures (« chronique ») rend visibles les dérives dangereuses (p. ex. $ACWR > 1,5$) et aide à rester le plus souvent possible dans une zone fonctionnelle ($\approx 0,8-1,3$) associée à un moindre risque, tout en conservant un stimulus suffisant pour progresser. (Sedeaud A, 2017)

Des séries longitudinales montrent d'ailleurs qu'une hausse trop rapide d'une semaine à l'autre ($\geq 15-20\%$) augmente sensiblement la probabilité de blessure ; inversement, des profils « haute charge chronique + ratio modéré » sont liés à une meilleure disponibilité compétitive au fil de la saison. Ce modèle illustre bien la dimension prédictive du monitoring : il ne s'agit pas seulement de constater une charge élevée, mais de la rapporter au contexte d'exposition chronique pour évaluer la tolérance individuelle.

L'émergence de technologies portables et de systèmes de tracking a profondément transformé les pratiques. Les dispositifs GPS, aujourd'hui généralisés dans les clubs professionnels, permettent de mesurer la vitesse, les accélérations, les changements de direction et la distance parcourue à haute intensité. Leur coût reste cependant élevé, de l'ordre de 2 000 à 4 000 euros par unité, auxquels s'ajoute un abonnement logiciel pouvant dépasser 10 000 euros par saison. Ces données externes sont souvent complétées par le suivi interne à travers les ceintures de fréquence cardiaque (50 à 400 euros), l'analyse de la lactatémie ou encore les questionnaires de bien-être. La simplicité du RPE (Rate of Perceived Exertion), qui ne nécessite aucun matériel, en fait un outil complémentaire particulièrement apprécié. L'article de Sportifeo insiste d'ailleurs sur la nécessité d'adapter les méthodes de quantification de la charge au sport pratiqué, en choisissant les modèles appropriés (TRIMP, Coggan, Foster, données d'accélération) selon les capteurs disponibles. (Sportifeo, 2023)

Ainsi, un capteur de fréquence cardiaque ouvre la voie au modèle TRIMP, un capteur de puissance au modèle de Coggan, et le GPS à l'exploitation des accélérations, vitesses et décélérations, tandis que le modèle de Foster demeure une alternative universelle en l'absence de capteurs sophistiqués. Ce schéma illustre bien l'importance du choix méthodologique en fonction du matériel à disposition, et permet de hiérarchiser l'investissement technologique selon les besoins et moyens du club.

Les recherches récentes renforcent la dimension prédictive du monitoring. Une étude de 2024 a proposé une modélisation bayésienne hiérarchique permettant de distinguer les trajectoires intra-saison et inter-saison des performances, en tenant compte de l'historique individuel de chaque joueur.

Cette approche a montré que la variabilité entre joueurs, mais aussi au sein d'un même joueur

selon les phases de la saison, pouvait être modélisée de façon dynamique pour améliorer la précision des prédictions. En 2025, une recherche appliquée au football féminin élite a introduit une méthode innovante (quantile cube combinée à l'analyse en composantes principales) appliquée aux données GPS. Cette méthode a permis de segmenter les déplacements en fonction de la vitesse, de l'accélération et de l'angle de course, révélant des profils distincts selon les postes et identifiant des périodes critiques de fatigue susceptibles de précéder une baisse de performance. (Thomas KL, 2024)

Ces travaux s'inscrivent dans une tendance plus large d'utilisation de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique dans le suivi des athlètes. Des modèles de type Random Forest ou Gradient Boosting, intégrant les données de charge, de performance technique et de contexte de match, sont capables de prédire la qualité de jeu (ex. SciSkill) ou la valeur marchande des joueurs, tout en offrant une incertitude quantifiée et une interprétabilité adaptée aux besoins du staff technique. (Lamas L, 2023)

Le monitoring longitudinal ne se limite pas à la charge et à la performance. Il s'étend également à la prévention des blessures, qui constitue l'un des enjeux majeurs du football de haut niveau. Dans le consensus international de 2017 sur le monitoring des charges d'entraînement, il a été souligné que les athlètes exposés à des charges chroniques élevées mais progressives présentent paradoxalement moins de blessures que ceux soumis à des charges faibles ou instables. (Bourdon PC, 2017)

L'enjeu n'est donc pas d'éviter les charges importantes, mais d'apprendre à les tolérer grâce à une montée en puissance calibrée et individualisée. L'utilisation de z-scores individualisés permet de détecter les variations intra-individuelles anormales et d'alerter sur les moments critiques. Des travaux récents ont montré que l'association des charges internes (RPE, fréquence cardiaque, TRIMP) et externes (GPS, accéléromètres) améliorerait la détection des signaux faibles, certains modèles étant capables d'identifier un risque accru de blessure jusqu'à dix jours avant son apparition.

Cette capacité prédictive constitue un atout stratégique dans un calendrier de plus en plus dense, où les temps de récupération sont souvent réduits.

Le coût et la complexité des dispositifs constituent cependant une limite importante. Les clubs professionnels disposent de ressources pour s'équiper en GPS, plateformes vidéo et logiciels d'analyse, mais les structures de niveau intermédiaire doivent s'appuyer sur des outils plus simples comme le RPE, les questionnaires de bien-être et la fréquence cardiaque. Si ces méthodes paraissent moins précises, leur valeur réside dans leur régularité et leur capacité à compléter les données objectives. L'idéal reste une approche intégrée, où les données issues de capteurs sont croisées avec celles issues de questionnaires et d'analyses biologiques, afin de fournir une image multidimensionnelle de l'état de l'athlète.

Au-delà des aspects techniques, l'intérêt du monitoring longitudinal et prédictif réside aussi dans sa capacité à guider la planification de l'entraînement. Les périodes de surcharge doivent être équilibrées par des phases de récupération, et les périodes d'affûtage avant les compétitions doivent être calibrées avec précision pour éviter un état de fatigue résiduelle. La quantification des charges permet de mieux gérer ces transitions et de maximiser l'effet de surcompensation. Des exemples issus du football professionnel anglais et espagnol montrent que les équipes ayant mis en place un suivi rigoureux de la charge, incluant le ratio ACWR et les indicateurs de fatigue subjective, présentent des taux de blessures inférieurs et une disponibilité des joueurs plus élevée que celles qui ne l'utilisent pas systématiquement. (PlayerData, 2023)

Ces observations renforcent l'idée que la performance ne se résume pas à la capacité d'entraînement, mais à la capacité de tolérer, de s'adapter et de performer dans la durée.

Ainsi, le suivi longitudinal de la charge en football est passé d'un outil descriptif à un véritable outil de décision stratégique. Il intègre aujourd'hui les apports des statistiques avancées, de l'apprentissage automatique et des approches bayésiennes pour tendre vers une prédiction toujours plus précise. Si les coûts matériels peuvent représenter un frein, l'enjeu de la prévention des blessures, de l'optimisation de la performance et de la gestion de carrière des athlètes justifie largement son développement. L'avenir du monitoring repose probablement sur une personnalisation accrue, où chaque joueur sera suivi à travers un profil intégratif mêlant données GPS, biomarqueurs, variables psychométriques et historiques de charge, avec pour objectif ultime de concilier exigence compétitive et préservation de l'intégrité physique.

Bien que notre étude se concentre spécifiquement sur les paramètres anthropométriques et physiques, il est essentiel de rappeler que l'évaluation et le suivi de la performance sportive reposent également sur des indicateurs liés à la charge d'entraînement. La quantification de cette charge peut varier en fonction du matériel disponible. Ainsi, l'utilisation d'un capteur de fréquence cardiaque permet de recourir au modèle TRIMP, tandis qu'un capteur de puissance est associé au modèle de Coggan. Lorsque des dispositifs GPS sont disponibles, les données d'accélérations, de vitesse et de décélérations sont exploitées pour affiner le suivi. En l'absence de ces outils, le modèle de Foster constitue une alternative universelle basée sur l'effort perçu et la durée de la séance. Le schéma ci-dessous (figure 24) illustre cette logique décisionnelle.

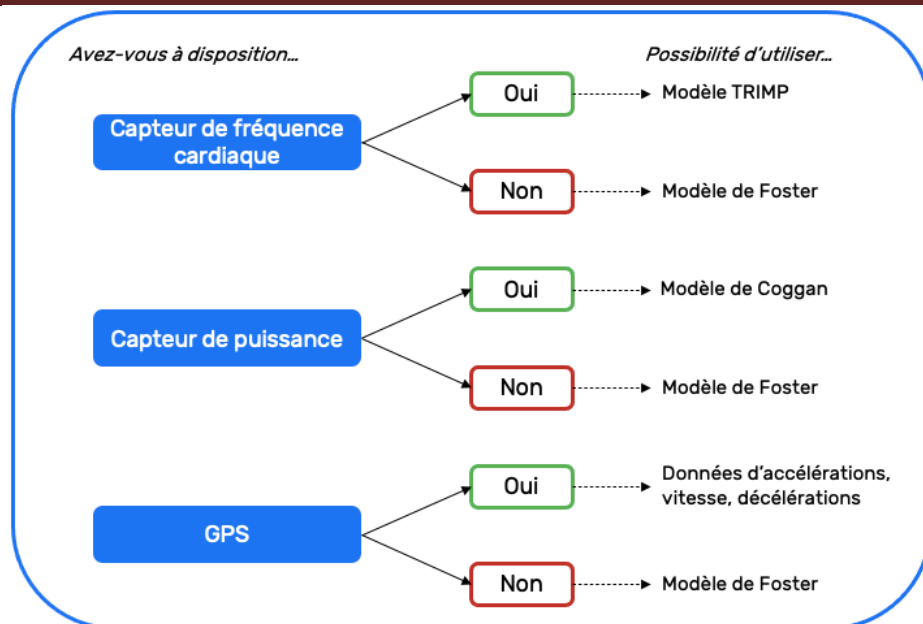


Figure 23: Schéma décisionnel des principaux modèles de quantification de la charge d'entraînement en fonction du matériel disponible (adapté de Sportifeo, 2023).

3.4.2 Etudes ayant comparé les performances en début, milieu et fin de saison.

Comparer les performances physiques à différents moments de la saison (début, milieu, fin) permet de comprendre la dynamique d'adaptation induite par l'entraînement et les compétitions, mais aussi les effets de la fatigue cumulative et des ajustements tactiques sur le rendement des joueurs. Dans le football, les travaux récents confirment l'existence de trajectoires non linéaires, où l'on observe souvent une amélioration précoce en pré-saison et jusqu'au milieu de saison, suivie d'un palier ou d'un déclin relatif en fin de saison selon les qualités motrices considérées. (Li P, 2023)

Chez les joueuses de football, Reyes-Laredo et al. (2024) ont suivi 27 joueuses tout au long d'une saison à quatre points de mesure : semaine 2 (pré-saison), semaine 7 (fin de pré-saison), semaine 24 (mi-saison) et semaine 38 (fin de saison). Les tests incluaient un contremouvement jump (CMJ), un sprint de 20 m, un test de changement de direction (V-CUT) et un test de force en squat. Les résultats montrent une absence de gain significatif sur le CMJ et le sprint au fil de la saison, alors que le V-CUT et la force en squat s'améliorent nettement, surtout entre la mi- et la fin de saison. Cela suggère que les composantes de force et d'agilité progressent avec le temps, mais que la vitesse linéaire et l'explosivité verticale nécessitent un entretien spécifique pour être préservées. (Reyes-Laredo F, 2024)

Des résultats comparables ont été rapportés chez des footballeuses universitaires américaines de Division I, où Ishida et al. (2021) ont examiné les charges externes via GNSS, la performance neuromusculaire (CMJ) et l'état de récupération/stress (SRSS) à plusieurs points clés de la saison. L'étude montre une amélioration neuromusculaire du début vers le milieu de saison, mais aussi une

dégradation du CMJ corrélée aux charges cumulées à 7–21 jours en seconde partie de saison. Cette observation suggère qu’une charge compétitive trop dense peut émousser la fraîcheur neuromusculaire et qu’il est nécessaire de moduler l’entraînement pour préserver la puissance et la vitesse. (Ishida A, 2021)

À une échelle macroscopique, l’analyse de 1 899 matchs de Chinese Super League menée par Li et al. (2023) met en évidence une trajectoire en « U » de la performance physique : les distances parcourues et les courses à haute intensité sont plus importantes en début de saison, diminuent sensiblement en milieu de saison, puis augmentent à nouveau en fin de saison. Les auteurs attribuent ce profil à la combinaison des effets de la fatigue cumulative, de la congestion du calendrier et des conditions climatiques (forte chaleur estivale), soulignant l’importance d’adapter les charges et de maintenir des contenus spécifiques de haute intensité pendant toute la saison. (Li P, 2023)

Chez les hommes, Meckel et al. (2018) ont étudié des joueurs de football professionnel et montré que la pré-saison était associée à des améliorations significatives du VO_2max , du CMJ et de l’agilité, suivies d’un plateau jusqu’à la mi-saison, puis d’une stabilisation ou d’un léger déclin en fin de saison. En revanche, les performances de sprint répété se sont dégradées en pré-saison, probablement en raison d’un volume trop élevé, avant de se stabiliser. Ces résultats mettent en évidence l’importance d’intégrer des rappels de sprint et de puissance tout au long de la saison afin de préserver ces qualités. (Meckel Y, 2018)

Chez les jeunes joueurs, Hernandez-Martin et al. (2025) ont évalué le profil force-vitesse de sprint et les performances sur 30 m dans plusieurs catégories d’âge au début, au milieu et à la fin de la saison. Ils observent que les joueurs plus âgés (U16–U18) présentent des améliorations plus marquées au fil de la saison, tandis que les plus jeunes montrent des adaptations plus modestes et dépendantes de la phase. Ces résultats confirment la nécessité d’individualiser la préparation en fonction de l’âge biologique et de la période de la saison. (Hernández-Martín A, 2025)

Les travaux de Papaevangelou et al. (2023) apportent une perspective complémentaire en comparant les changements de VO_2max chez des athlètes féminines de football, de basketball et de handball. Les résultats révèlent une augmentation significative de la capacité aérobie au milieu de saison, suivie d’une baisse en fin de saison revenant proche des valeurs initiales. Les footballeuses présentent des VO_2max plus élevés que les basketteuses et handballeuses, reflétant les exigences plus importantes en course du football. Cette évolution en cloche rappelle que la transition vers la phase compétitive améliore l’efficacité aérobie, mais que la fin de saison peut éroder ce gain si des stimuli aérobies ne sont pas maintenus. (Papaevangelou E, 2023)

Enfin, Nobari et al. (2021, 2023) se sont intéressés aux variations intra-saison des charges de travail et à leurs associations avec les qualités physiques chez des jeunes joueurs. Leurs résultats montrent

que la charge accumulée influence les adaptations de la puissance anaérobie, de la vitesse et de l'aérobie, et que certaines périodes de la saison sont plus sensibles, notamment autour du pic de croissance (PHV). Les auteurs insistent sur la nécessité de contrôler la charge et d'individualiser le suivi afin de limiter la fatigue excessive et de préserver les qualités physiques clés. (Nobari H, 2021) (Nobari H O. R.-G.-V., 2023)

En synthèse, l'ensemble de ces études met en évidence plusieurs points communs : les gains initiaux de début de saison concernent surtout les qualités entraînées de manière ciblée (VO_2max , force, agilité), alors que la vitesse et la puissance explosive nécessitent des rappels réguliers pour être maintenues ; la mi-saison constitue souvent un point d'inflexion marqué par les effets de la fatigue cumulative ; et la fin de saison peut entraîner une baisse de certaines capacités si elles ne sont pas entretenues, malgré une possible remontée des indicateurs collectifs en match. Ces constats soulignent la nécessité d'une planification différenciée et individualisée, adaptée non seulement à la période de la saison mais aussi à l'âge et au niveau des joueurs.

3.4.3 Apports du suivi longitudinal pour l'évaluation et la prévention des blessures.

Le suivi longitudinal de la charge d'entraînement et des expositions en compétition occupe une place centrale dans la prévention des blessures en football moderne. La répétition des efforts à haute intensité, la densité du calendrier et les sollicitations spécifiques au poste entraînent une accumulation de contraintes mécaniques et physiologiques, qui, lorsqu'elles ne sont pas régulées, exposent le joueur à un risque accru de blessure. En ce sens, l'intérêt du monitoring régulier et systématique est double : d'une part, il permet de détecter les déséquilibres ou surcharges avant qu'ils ne se traduisent par un accident, et d'autre part, il contribue à individualiser la charge de travail en fonction de l'historique de chaque athlète. Les données issues de la littérature confirment qu'un suivi rigoureux, associant indicateurs internes et externes, est un levier essentiel dans l'évaluation et la prévention des blessures.

Une illustration claire est donnée par l'étude de Martins et al. (2023), réalisée auprès de joueurs professionnels du championnat portugais. Les auteurs ont analysé les charges externes mesurées par GPS incluant la distance totale, les courses à haute intensité, les accélérations et décélérations au cours des semaines précédant une blessure, puis les ont comparées aux semaines suivant le retour et à la moyenne saisonnière. Les résultats montrent que les quatre semaines précédant une blessure présentaient des valeurs de charge significativement plus élevées que les autres périodes. Ce constat suggère que des hausses marquées de volume ou d'intensité constituent un facteur de risque majeur. L'étude démontre que la quantification objective des charges, sur plusieurs semaines consécutives, permet de repérer les variations dangereuses et de mettre en place des mesures de prévention ciblées. (Martins J, 2023)

Ce principe est renforcé par les travaux de Towner et al. (2023), qui se sont intéressés à l'indicateur aujourd'hui le plus répandu : le ratio charge aiguë/charge chronique (ACWR). Leur analyse longitudinale a montré qu'une augmentation hebdomadaire supérieure à 15 % était associée à une augmentation du risque de blessure de 28 % à 49 %, alors qu'un ratio compris entre 1 et 1,5 représentait une zone dite « sécurisante » avec le taux de blessures le plus bas (~36 %). Cette relation met en évidence l'importance de la progressivité dans le développement des charges, et l'intérêt de suivre ce ratio au fil de la saison. Le monitoring longitudinal permet ainsi non seulement de repérer les périodes de surcharge, mais aussi de confirmer que des volumes élevés ne sont pas en soi délétères lorsqu'ils sont introduits progressivement. (Towner T, 2023)

Ces observations prolongent les travaux fondateurs de Gabbett (2016), qui a proposé le « paradoxe charge/blessure ». Ce modèle montre que si des charges trop faibles peuvent fragiliser l'athlète, car il n'est pas préparé à tolérer les exigences compétitives, une augmentation trop rapide de la charge augmente le risque de blessure. Les données du football australien indiquent que près de 40 % des blessures survenaient après une hausse de plus de 10 % de la charge par rapport à la semaine précédente. Ce paradoxe souligne le rôle clé du suivi longitudinal pour trouver l'équilibre entre l'exposition nécessaire pour développer la performance et la gestion du risque de surcharge. (Gabbett TJ, 2016)

Au-delà des charges globales, certaines expositions spécifiques doivent également être monitorées. C'est ce que met en lumière l'étude de Kenny et al. (2024) menée sur des joueuses universitaires américaines. Les chercheurs ont suivi sur deux saisons la fréquence et la variabilité des duels de tête en match et à l'entraînement, montrant que certains profils de joueuses étaient exposés à des volumes beaucoup plus élevés que d'autres. Cette hétérogénéité interindividuelle, révélée uniquement par un suivi longitudinal systématique, suggère que certaines joueuses cumulent un risque accru de blessure cérébrale ou de troubles cognitifs liés aux chocs répétés. Un suivi individualisé des expositions spécifiques comme les headers pourrait donc enrichir les stratégies de prévention des blessures en football féminin. (Kenny SJ, 2024)

Le suivi longitudinal peut également intégrer des outils d'évaluation fonctionnelle. Bayrak et al. (2025) ont mené une étude sur cinq saisons auprès de 169 joueurs professionnels en Turquie, en utilisant le Functional Movement Screen (FMS) en début de saison. Leur analyse montre que des scores faibles au FMS étaient associés à une fréquence plus élevée de blessures, ainsi qu'à une gravité plus importante. Même si le FMS ne peut à lui seul prédire avec certitude les blessures, son utilisation intégrée dans un protocole de suivi longitudinal sur plusieurs saisons permet de repérer des vulnérabilités et d'adapter les contenus de prévention. Ce travail confirme que les tests fonctionnels standardisés, associés au monitoring des charges, représentent un outil complémentaire pour anticiper

les blessures. (Bayrak C, 2025)

L'importance de ces suivis est aussi mise en évidence dans les études longitudinales sur les jeunes. Skomrlj (2025) a analysé l'incidence des blessures dans une académie de football de jeunes (U9 à U13) sur six saisons, incluant la période perturbée par la pandémie de COVID-19. Les résultats montrent une évolution des profils de blessures en fonction de l'âge et des saisons, et révèlent l'influence de facteurs structurels comme l'interruption des entraînements ou la modification des volumes de jeu. Le suivi longitudinal à long terme permet donc de mieux comprendre comment les blessures émergent en fonction des étapes de croissance et des contextes externes, offrant des perspectives pour une prévention plus adaptée aux jeunes joueurs. (Skomrlj T, 2025)

À l'échelle professionnelle, l'intégration de bases de données massives ouvre de nouvelles perspectives. Midoglu et al. (2024) présentent SoccerMon, une base de données regroupant des milliers de rapports subjectifs (état de forme, douleurs, fatigue) et objectifs (GPS, charges de match) sur deux saisons de football féminin de haut niveau. L'analyse de ces données à grande échelle permet de développer des modèles prédictifs robustes, capables de signaler les périodes de vulnérabilité et de personnaliser la charge de travail. Ce type d'approche illustre bien l'avenir du suivi longitudinal : au-delà des indicateurs isolés, c'est la combinaison de données multi-sources, suivies sur la durée, qui donne une valeur prédictive et préventive réellement opérationnelle. (Midoglu C, 2024)

Enfin, les études convergent vers un message clair : le suivi longitudinal ne se limite pas à une photographie ponctuelle de l'état du joueur, mais constitue un outil dynamique et prédictif. Il permet de détecter les tendances dangereuses, de moduler les charges de manière individualisée et de mieux comprendre les expositions spécifiques qui augmentent le risque de blessure. Sa mise en œuvre exige une collecte régulière et standardisée, mais les bénéfices attendus en termes de réduction des blessures et d'optimisation de la disponibilité des joueurs justifient largement cet investissement. Dans le contexte actuel du football, où la densité des compétitions expose les joueurs à des sollicitations croissantes, l'apport du suivi longitudinal dans l'évaluation et la prévention des blessures apparaît non seulement pertinent mais indispensable.

Conclusion

Chez les footballeuses âgées de 16 à 18 ans, la croissance et la maturation biologique entraînent des différences importantes entre l'âge chronologique et l'âge biologique, ce qui influence directement la composition corporelle, la force musculaire, la vitesse, l'endurance et la coordination. Le développement des qualités motrices est marqué par des progressions hétérogènes, certaines capacités comme la vitesse ou la puissance nécessitant des rappels réguliers pour être maintenues, tandis que d'autres, comme l'endurance aérobie ou la force maximale, peuvent être consolidées par une planification progressive.

La préparation physique doit viser à améliorer l'ensemble des qualités motrices, tout en tenant compte de la variabilité individuelle liée à la maturité. Les objectifs de l'entraînement entre 16 et 20 ans incluent le développement de la force, de la puissance, de la vitesse de réaction et de l'endurance spécifique au football, tout en réduisant le risque de blessure. L'application des principes de périodisation et de planification saisonnière permet d'organiser la charge d'entraînement selon les différentes phases de la saison, en alternant moments de développement, de stabilisation et de récupération.

L'individualisation constitue une exigence majeure : elle permet d'adapter les charges et les contenus selon le niveau de maturité, le poste de jeu et les besoins spécifiques de chaque joueuse. Les systèmes d'évaluation et de sélection, qui combinent des indicateurs anthropométriques, physiologiques et techniques, offrent une vision objective du potentiel et de l'évolution des performances. Enfin, le suivi longitudinal apporte une dimension essentielle, puisqu'il permet de suivre l'évolution des joueuses tout au long de la saison, d'anticiper les risques de blessure et d'orienter les décisions d'entraînement vers une optimisation durable de la performance.

2^{eme} Partie :
Méthodologie de la
recherche

CHAPITRE IV :
Procédures
Méthodologique de la
recherche.

Préambule

Toute étude scientifique repose sur un cadre méthodologique rigoureux, qui constitue la base indispensable pour assurer la validité et la fiabilité des résultats obtenus. Le choix d'une méthodologie n'est jamais neutre : il doit être adapté à la problématique posée, à l'objet de l'étude et aux objectifs poursuivis par le chercheur. Il s'agit d'une étape fondamentale qui conditionne la qualité de la collecte des données, leur traitement et leur interprétation, et qui détermine la solidité des conclusions susceptibles d'être dégagées. En sciences du sport, ce cadre méthodologique revêt une importance particulière, car il s'agit de concilier la rigueur scientifique avec les contraintes pratiques du terrain, en tenant compte de la spécificité des disciplines, des contextes d'entraînement et de compétition, ainsi que des caractéristiques propres aux athlètes étudiés.

Dans ce travail, la méthodologie choisie répond à un double impératif : d'une part, garantir la précision et la fiabilité des mesures afin de décrire objectivement les paramètres étudiés ; d'autre part, s'adapter aux conditions réelles de la pratique du football féminin et à la faisabilité de la recherche sur le terrain. L'élaboration de cette démarche a nécessité une réflexion approfondie sur le type de recherche à mener, la constitution de l'échantillon, le choix des tests physiques et anthropométriques, ainsi que sur les méthodes de traitement statistique les plus appropriées.

Ainsi, ce chapitre expose les différentes étapes de la démarche adoptée. Dans un premier temps, nous préciserons la méthodologie de recherche retenue, en explicitant son adéquation avec la problématique étudiée. Nous présenterons ensuite l'échantillon, en détaillant les caractéristiques des joueuses impliquées et les critères de sélection retenus. Le domaine de la recherche sera également précisé afin de situer le contexte sportif et institutionnel dans lequel cette étude s'inscrit.

Dans un second temps, la description des tests utilisés permettra de comprendre la nature des données recueillies, qu'il s'agisse d'indicateurs anthropométriques, morphologiques ou physiques. Le traitement statistique appliqué aux résultats sera présenté afin de mettre en évidence les choix opérés pour garantir la pertinence de l'analyse et la validité des comparaisons effectuées. La faisabilité de ces tests sera également discutée, en considérant à la fois leur applicabilité sur le terrain et les contraintes matérielles ou organisationnelles rencontrées.

Enfin, ce chapitre reviendra sur les principales difficultés rencontrées lors de la mise en place de la recherche et au cours de la collecte des données. Cette réflexion permettra de mettre en lumière les limites de l'étude, mais aussi les ajustements réalisés pour surmonter ces obstacles. Elle contribuera ainsi à situer les résultats dans leur contexte et à ouvrir des pistes pour de futures investigations.

4.1 Caractéristiques de l'échantillon.

L'échantillon est défini comme un ensemble d'individus représentant la population d'étude. Les conclusions scientifiques reposent souvent sur la généralisation des résultats observés dans l'échantillon à l'ensemble de la population dont il est issu. (Ben Nacer A, 2019)

L'exactitude de ces conclusions dépend directement de la qualité de sa constitution et plus particulièrement de sa représentativité. (Reig R, 2020)

Notre échantillon est composé de 90 footballeuses âgées de 15 à 18 ans, réparties en deux groupes de taille équivalente. Le premier comprend 45 joueuses issues de trois clubs algériens de première division : Oran, Constantine et Béjaïa. Le second est constitué de 45 joueuses appartenant à des clubs français de niveau compétitif reconnu mais non professionnel : Sarcelles (D3 nationale), Boulogne-Billancourt (Régional 2) et Versailles (niveau régional). Ce choix permet de disposer d'un échantillon équilibré et comparable entre les deux contextes nationaux, en excluant les clubs professionnels élites français, dont les moyens et les conditions d'encadrement rendent la comparaison avec les clubs algériens difficilement pertinente.

L'adoption d'une plage d'âge relativement large (16–18 ans) répond à la fois à des considérations pratiques et scientifiques. Dans la réalité des clubs de formation, les catégories sont souvent regroupées : les joueuses de 15 à 18 ans évoluent ensemble, tandis que certaines joueuses de plus de 18 ans, encore en apprentissage, continuent d'être intégrées aux équipes de jeunes afin de compléter les effectifs. Sur le plan scientifique, plusieurs travaux ont montré que la maturité biologique influence directement les performances physiques. Wenger et al. (2025) rapportent par exemple une forte corrélation entre le statut de maturation et la force ischio-jambière ($r=0,82$), la détente verticale ($r=0,61$) ou encore la vitesse de sprint ($r=0,62-0,69$). (Wenger S, 2025)

Parry (2024) souligne que cette variabilité liée à la croissance et à la maturation constitue également un facteur de risque de blessure chez les jeunes athlètes. (Parry L M. R., 2024)

De plus, Eskandarifard et al. (2022) ont montré que des paramètres tels que la VO_{2max} , la maturité, la puissance et les indicateurs hormonaux expliquent jusqu'à 76 % de la variance du temps de jeu en match, confirmant le poids de la maturation sur la performance. (Eskandarifard E, 2022)

Enfin, l'effet de l'âge relatif accentue ces disparités, avec une surreprésentation des joueuses précoces dans les filières de développement. (Sweeney, 2023)

Tableau 20:mesures anthropométriques des sujets évalués

Caractéristique	AGE (ans)	Poids (kg)	Taille (m)	IMC (kg/m ²)
Moyenne	17,24	59,69	1,66	20,97
Écart type	± 0,66	± 4,82	± 0,06	± 1,96

L'homogénéité initiale des groupes a été vérifiée à travers les analyses statistiques présentées dans le chapitre des résultats, afin de s'assurer de la comparabilité des échantillons français et algériens au moment de la première évaluation (T1).

4.1.1 Les critères d'inclusion.

- Joueuses de football licenciées en club en France ou en Algérie, engagées en championnat officiel en cours de saison.
- Âge 15 à 18 ans révolus au moment du pré-test (T1).
- Assiduité : participation régulière aux compétitions et ≥ 3 séances d'entraînement/semaine durant les 3 mois précédant l'évaluation.
- Disponibilité pour l'ensemble du protocole (tests planifiés) et respect des consignes.
- Consentement éclairé de la joueuse ; pour les mineures, autorisation parentale/tutélaire ; accord du club.
- Cycle menstruel régulier, absence de troubles rapportés et pas de contraception hormonale en cours.

4.1.2 Les critères de non-inclusion.

- Blessure musculosquelettique ou contre-indication médicale au moment des tests.
- Manque d'entraînement régulier pendant les 3 mois précédant l'évaluation (ou interruption > 2 semaines).
- Troubles du cycle rapportés ou prise de contraceptifs hormonaux.
- Refus de participer, absence de consentement ou indisponibilité pour le protocole.
- Données d'âge hors plage ciblée (15–18 ans) ou données essentielles incomplètes.

Tableau 21:Mesures anthropométriques des footballeuses Algériennes et Françaises à (T1).

Variable	France (N = 45)	Algérie (N = 45)
Poids (kg)	61.12 ± 4.62	60.53 ± 5.45
Taille (m)	1.67 ± 0.09	1.64 ± 0.06
IMC (kg/m²)	21.94 ± 2.46	22.60 ± 2.18
Âge (ans)	17.24 ± 0.80	17.24 ± 0.48
Sélection en pole/équipe	1	4

N

Note : Données T1, échantillon 15–18 ans. Les analyses inférentielles sont présentées dans la section Résultats.

Tableau 22: Répartition de l'âge par club (N).

Âge	Bejaia	Boulogne	Constantine	Oran	Sarcelles	Versailles	Total
15	0	0	0	0	2	0	2
16	1	0	0	0	4	0	5
17	10	5	11	11	5	10	52
18	4	10	4	4	4	5	31
Total	15	15	15	15	15	15	90

4.3 Les Moyens.

Les tests physiques constituent les moyens retenus pour apprécier le niveau de développement des joueuses. Leur sélection a reposé sur trois critères :

1. Faisabilité terrain avec le matériel disponible et des procédures standardisées et identiques pour les six clubs.
2. Qualité métrologique des mesures (validité et fidélité) afin d'assurer des indicateurs fiables.
3. Familiarité des tests pour les entraîneurs et les athlètes, afin de limiter l'effet d'apprentissage.

Les mêmes tests ont été appliqués dans les deux contextes (France/Algérie) et aux deux temps de mesure (T1 et T2).

4.3 Les critères d'un test de terrain.

À l'issue d'une étude exploratoire préalable, nous avons observé que le test de vitesse avec ballon générerait une variabilité non contrôlée (pertes de balle, trajectoires irrégulières) due à des écarts de maîtrise technique et de coordination, particulièrement marqués dans certains collectifs. Ces éléments menaçaient la validité interne, la fidélité test–retest et la comparabilité inter-groupes.

Partant de ce constat, nous avons défini un cadre de sélection garantissant des mesures utiles et comparables ; les tests retenus devaient satisfaire les critères suivants :

- 1-Pertinence : l'indicateur doit refléter directement la qualité visée et éclairer la prescription (endurance intermittente, puissance des MI, vitesse linéaire).
- 2-Validité : forte concordance avec un critère de référence ou des marqueurs reconnus ; capacité à discriminer les niveaux.
- 3-Fidélité / reproductibilité : scores stables (ICC élevé, CV faible, erreur typique réduite) avec protocole standardisé et séance de familiarisation.

4-Sensibilité : aptitude à détecter des évolutions réelles liées à l'entraînement.

5-Standardisation : procédures identiques entre sites (échauffement, surface, matériel, consignes, timing).

6-Faisabilité / sécurité : mise en œuvre simple, coût matériel/temps raisonnable, risque maîtrisé.

Nous avons écarté le sprint avec ballon et retenu des épreuves robustes et standardisables :

- Endurance intermittente : IFT 30/15.
- Puissance des membres inférieurs : Squat Jump (SJ), Countermovement Jump (CMJ).
- Vitesse linéaire : sprint 20 m sans ballon.

4.5 Les Protocole des tests physiques.

Les protocoles des tests physiques proposés sont les suivants :

Le protocole du Test de vitesse sur 20 mètres.

Le test de sprint linéaire sur 20 m a été réalisé en extérieur sur une surface plane en gazon synthétique, par temps sec, avec une température comprise entre 18 °C et 22 °C et une hygrométrie avoisinant 60 %.

Les joueuses ont effectué un échauffement standardisé comportant 10 minutes de course légère, des exercices de mobilité articulaire, des éducatifs de course et trois accélérations progressives sur 20 m afin d'optimiser la préparation neuromusculaire.

Le départ était effectué à partir d'une position debout, un pied placé juste derrière la ligne de départ, sans impulsion anticipée. Chaque joueuse réalisait deux essais séparés par une récupération passive de 2 à 3 minutes, et le meilleur temps (exprimé en seconde) était retenu pour l'analyse.

Tableau 23: Variables mesurées pour le 20 m.

Variables à mesurer	Unité de mesure	Instrument de mesure
Temps de sprint sur 20 m	s (seconde)	Application MySprint (analyse vidéo 240 fps)

Justification du choix méthodologique

L'utilisation d'un système de chronométrage par cellules photoélectriques (type Witty Gate®, Microgate®, Italie) aurait nécessité un investissement d'environ 2000 €, ainsi qu'une logistique complexe pour la mise en place de plusieurs sessions de tests dans deux pays différents (France et Algérie).

L'application MySprint, d'un coût d'environ 10 €, constitue une solution accessible, mobile et reproductible, tout en respectant les standards scientifiques de mesure du sprint linéaire.

Des travaux antérieurs (Morin et al., 2015 ; Romero-Franco et al., 2016 ; Jiménez-Reyes et al., 2017) ont confirmé la fiabilité et la validité de cet outil, dont les résultats sont comparables à ceux obtenus avec les systèmes de chronométrage électroniques de référence.

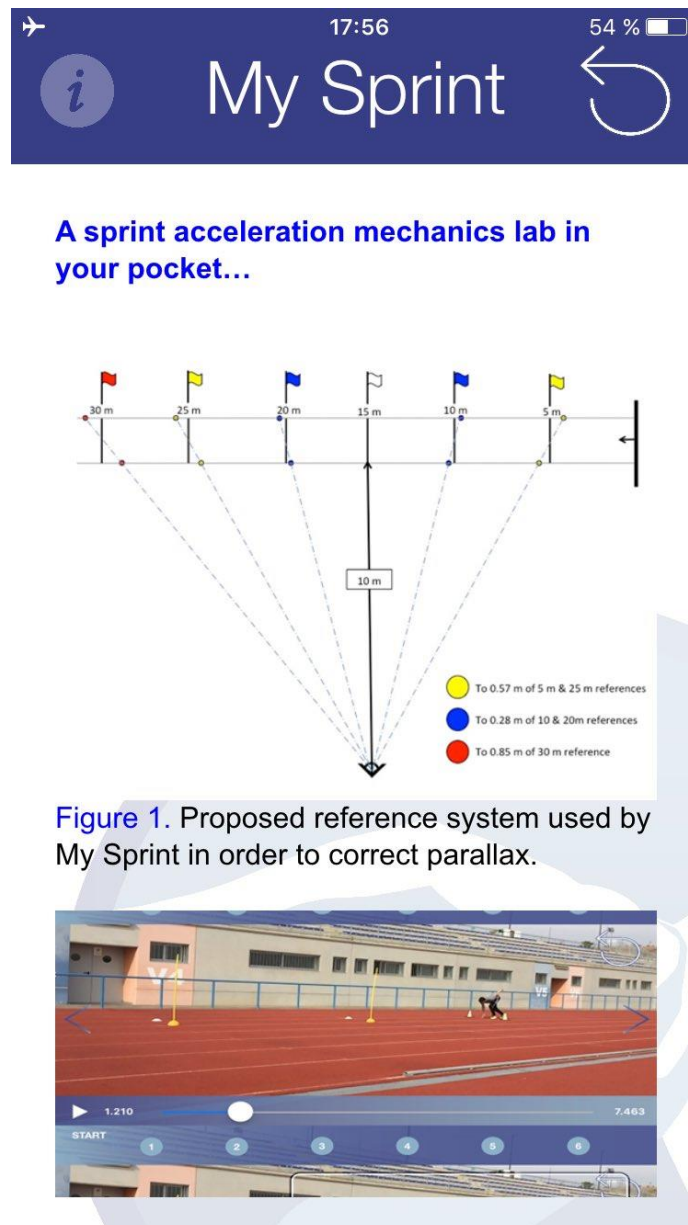


Figure 1. Proposed reference system used by My Sprint in order to correct parallax.

Figure 24: Matériel utilisé pour le test du sprint sur 20 mètres.

Objectif du test :

Le test de sprint linéaire sur 20 m vise à évaluer la vitesse maximale de course et la capacité d'accélération sur une courte distance, deux composantes essentielles de la performance dans les disciplines nécessitant des actions explosives et répétées, telles que le football ou le basketball. Il sollicite principalement la filière anaérobie alactique et constitue un indicateur fiable de la puissance de déplacement sur terrain.

Conditions de fiabilité du protocole :

Pour garantir la validité et la reproductibilité des mesures, les conditions suivantes ont été

respectées :

- Échauffement standardisé avant chaque test ;
- Départ debout, sans impulsion anticipée ;
- Alignement et stabilité du smartphone sur trépied ;
- Marquage précis des distances ;
- Conditions environnementales homogènes (surface, température, absence de vent).

Matériel requis

- Surface plane et stable (gazon synthétique ou piste d'athlétisme) ;
- Décamètre pour la mesure de la distance ;
- Cônes ou marques au sol pour les repères ;
- Smartphone à 240 fps équipé de l'application MySprint ;
- Trépied pour la stabilité ;
- Fiche de relevé des résultats individuels.

Le protocole du Test (30-15 IFT): Intermittent Fitness Test.

Ce test progressif est reconnu comme un outil spécifique au football pour évaluer la capacité aérobie intermittente des joueuses. Il permet d'estimer la Vitesse Intermittente Finale (VIFT), qui est corrélée à la $VO_2\text{max}$ et reflète l'aptitude des athlètes à répéter des efforts de haute intensité avec récupération incomplète. Le protocole consistait en des allers-retours de 40 m avec alternance de 30 secondes de course et 15 secondes de récupération, la vitesse augmentant de 0,5 km/h à chaque palier jusqu'à épuisement. La vitesse du dernier palier complété a été retenue comme performance de référence.

Tableau 24: Variables mesurées pour le test IFT.

Variable à mesurer	Unité de mesure	Instrument de mesure
Vitesse Intermittente Maximale Finale (VIFT)	km/h	Test IFT 30-15 (Buchheit, 2008) à l'aide d'une application mobile dédiée

Objectif :

Le test IFT 30-15 (Intermittent Fitness Test) a pour objectif principal d'évaluer la vitesse aérobie maximale intermittente (VIFT), c'est-à-dire la plus haute intensité de course qu'un athlète peut soutenir au cours d'efforts intermittents alternant 30 secondes d'effort et 15 secondes de récupération

passive.

Ce test permet d'estimer la capacité aérobie intermittente d'un sportif, ainsi que son aptitude à récupérer entre des efforts répétés de haute intensité, caractéristiques des disciplines collectives telles que le football, le basketball ou le handball.

Matériel requis :

1. Surface plane, stable et non glissante (gazon synthétique ou piste d'athlétisme) .
2. Plots ou cônes pour délimiter les lignes de course à 20 m et la zone de récupération de 5 m de chaque côté.
3. Décamètre pour la mesure précise des distances (20 m + 2 × 5 m).
4. Bande sonore spécifique du test IFT 30-15 (format audio ou application mobile) pour rythmer les intervalles d'effort et de récupération.
5. Système de sonorisation (enceinte Bluetooth ou haut-parleur) assurant une diffusion claire du signal sonore sur toute la zone de test.
6. Chronomètre ou logiciel intégré à l'application pour la gestion du temps total de test.
7. Fiches d'enregistrement pour noter la vitesse maximale atteinte (VIFT) et le palier final complété.

Le déroulement du test IFT :

Le test IFT 30-15 (*Intermittent Fitness Test*) a été développé par Martin Buchheit (2008) afin d'évaluer la vitesse aérobie maximale intermittente (VIFT) des sportifs.

Il consiste à enchaîner des courses de 30 secondes d'effort alternées avec 15 secondes de récupération passive.

Les athlètes se déplacent en aller-retour sur une distance de 40 m (deux lignes espacées de 20 m chacune), en suivant le rythme imposé par une bande sonore diffusant des bips à intervalles réguliers.

- Le test commence à une vitesse initiale de 8 km/h.
- La vitesse augmente de 0,5 km/h à chaque palier (toutes les 45 secondes).
- Chaque palier comprend une phase d'effort (30 s) suivie d'une phase de récupération (15 s), pendant laquelle les participantes se déplacent librement dans la zone de repos (5 m derrière chaque ligne).
- Le test se poursuit jusqu'à ce que la joueuse n'arrive plus à suivre le rythme imposé sur deux allers-retours consécutifs.
- Le dernier palier complété correspond à la Vitesse Intermittente Maximale Finale (VIFT),

exprimée en km/h.

Avant le test, les participantes effectuent un échauffement standardisé comprenant 10 minutes de course légère, des éducatifs de course et quelques navettes progressives afin de se familiariser avec le rythme du signal sonore.

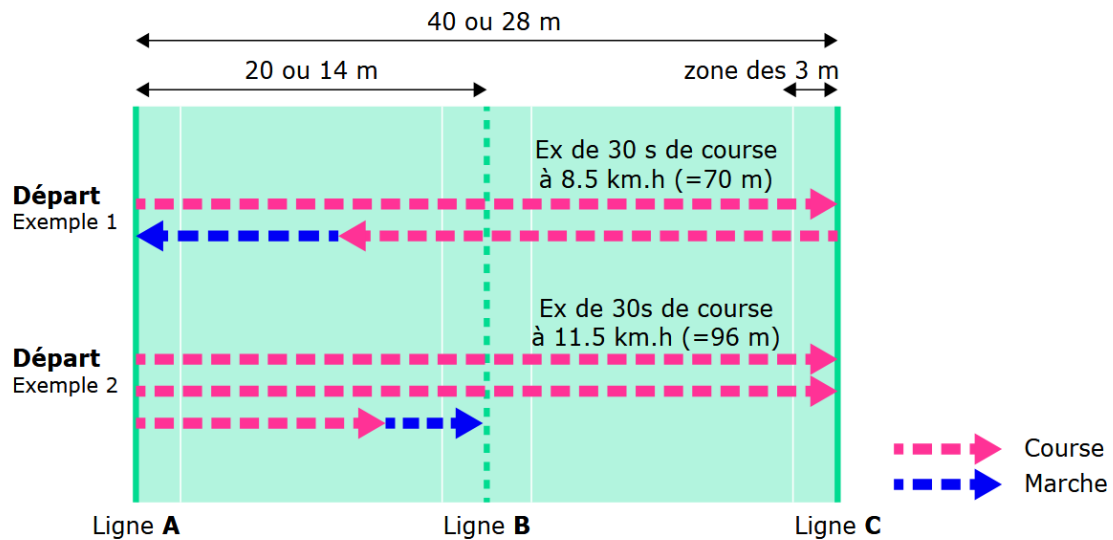


Figure 25: Test d'IFT 30-15

Les limites du test IFT :

- Le test est dépendant de la motivation et de la capacité du sportif à maintenir l'effort jusqu'à épuisement, ce qui peut influencer la valeur finale de la VIFT.
- Les conditions environnementales (température, vent, surface du terrain, qualité du matériel sonore) peuvent altérer la précision du test et la perception de l'effort.
- La synchronisation avec le signal sonore demande une bonne coordination et une expérience préalable du test ; une mauvaise anticipation peut conduire à un arrêt prématuré.
- Le test nécessite un espace dégagé et bien mesuré (40 m + zones de récupération), ainsi qu'un système audio suffisamment puissant pour être entendu sur toute la zone.
- En cas d'absence de mesure de la fréquence cardiaque, il est difficile d'interpréter la réponse physiologique complète à l'effort.
- La progression des paliers (augmentation de 0,5 km/h toutes les 45 s) peut favoriser les athlètes habitués aux efforts intermittents, au détriment de celles plus endurantes sur efforts continus.

Le protocole du Test de Puissance des membres inférieurs.

1-Le squat jump :

Le Squat Jump (SJ) est un test de puissance du membre inférieur qui permet d'évaluer la force explosive concentrique des extenseurs de la jambe (quadriceps, fessiers, mollets).

L'athlète démarre à partir d'une position statique de flexion de genoux à 90°, sans élan préalable, et effectue un saut vertical maximal en cherchant à atteindre la plus grande hauteur possible.

Ce test élimine volontairement la phase d'élan (contre-mouvement) pour isoler la composante concentrique du geste, c'est-à-dire la capacité du muscle à produire de la puissance à partir d'un état immobile.

Il est largement utilisé dans les évaluations de performance neuromusculaire et dans le suivi de la fatigue musculaire en sport collectif (Bosco et al., 1983 ; Markovic et Jaric, 2007).

Tableau 25: Variables mesurées : Squat Jump (SJ).

Variables à mesurer	Unité de mesure	Instrument de mesure
Hauteur de saut	cm	Plateforme de force / application MyJump2
Temps de vol	s	Plateforme de force / MyJump2
Puissance moyenne	W	Calcul automatique via logiciel ou formule de Bosco
Vitesse de décollage	m/s	Logiciel de traitement des données (optionnel)

Objectif :

Le test de Squat Jump vise à mesurer la puissance concentrique maximale des membres inférieurs et la capacité du sportif à produire une force explosive sans utilisation du cycle étirement-raccourcissement.

Il permet d'évaluer la qualité de la contraction musculaire pure, utile pour comparer le développement de la force entre athlètes ou pour détecter une fatigue neuromusculaire.

Matériel requis :

- Smartphone iPhone 14 Pro Max équipé d'une caméra haute fréquence (240 fps), garantissant une détection précise des phases d'envol et d'atterrissage.
- Application MyJump2 (version validée scientifiquement) pour la mesure automatique du temps de vol et le calcul de la hauteur de saut.
- Trépied ou support fixe pour maintenir le téléphone à hauteur stable et éviter les mouvements pendant l'enregistrement.
- Surface plane, rigide et non glissante (parquet, sol synthétique ou revêtement sportif) assurant la

sécurité du sportif.

- Mètre ou goniomètre pour vérifier la flexion du genou à environ 90° au départ du saut.
- Fiche d'enregistrement des résultats pour consigner la hauteur du saut et le temps de vol mesurés par l'application.

Le déroulement du test :

Avant le test, les athlètes effectuent un échauffement standardisé comprenant 5 à 10 minutes de course légère, des exercices de mobilité articulaire et plusieurs sauts submaximaux afin de se familiariser avec le mouvement.

Avant le début des essais, deux mesures de référence sont relevées à l'aide d'un mètre :

- La hauteur de la hanche lorsque l'athlète est en position de flexion à 90° (position de départ du saut).
- La longueur totale des jambes lorsque l'athlète est debout, pointes de pieds tendues (position d'extension maximale).

Ces deux valeurs sont saisies dans l'application MyJump2 pour calibrer le calcul automatique de la hauteur de saut à partir du temps de vol.

L'athlète se place ensuite debout, mains sur les hanches, les pieds écartés à la largeur des épaules. Elle fléchit les genoux jusqu'à environ 90°, en gardant le tronc droit et les talons au sol. Cette position est maintenue immobile pendant 2 à 3 secondes pour éliminer toute utilisation du contre-mouvement.

Sur le signal du préparateur, la participante réalise un saut vertical maximal, en conservant les mains sur les hanches pour éviter toute aide des bras. Elle doit sauter le plus haut possible et atterrir en douceur sur la même surface, genoux légèrement fléchis.

Le smartphone (iPhone 14 Pro Max) est placé sur un trépied stable, à environ 1,5 mètre de hauteur, avec un angle latéral permettant de visualiser clairement les phases d'envol et d'atterrissage.

L'application MyJump2 enregistre la vidéo du saut et calcule automatiquement :

- Le temps de vol (s) ;
- La hauteur du saut (cm) ;
- La puissance estimée (W) selon la formule de Bosco.

Chaque athlète réalise trois essais, séparés par 30 à 60 secondes de récupération passive, et le meilleur saut (hauteur maximale) est retenu pour l'analyse.



Figure 26: Mesures pré-test de puissance des membres inférieurs (SJ, CMJ).

Les limites du test :

- Le test évalue uniquement la composante concentrique du saut vertical, sans prise en compte du cycle étirement–raccourcissement, ce qui limite son application dans les disciplines où la phase excentrique joue un rôle majeur (comme le basketball ou le football).
- Les résultats peuvent être influencés par l'angle exact de flexion des genoux, la stabilité posturale ou la position des mains sur les hanches.
- Une mauvaise synchronisation du départ (élan involontaire ou anticipation du saut) peut fausser la mesure du temps de vol.
- L'utilisation de l'application MyJump2 requiert un angle de caméra stable et une luminosité suffisante ; une mauvaise capture vidéo peut réduire la précision des calculs.
- Les différences de surface d'appui (sol rigide, parquet, synthétique) peuvent légèrement modifier la hauteur mesurée.
- Enfin, le test reste dépendant de la motivation de l'athlète et de sa capacité à produire un effort maximal à chaque essai.

2-Le contremouvement jump.

Le Countermovement Jump (CMJ) est un test de puissance des membres inférieurs qui évalue la capacité à utiliser le cycle étirement–raccourcissement (SSC).

Contrairement au Squat Jump, il comprend une phase excentrique rapide (descente) immédiatement suivie d'une phase concentrique (montée), ce qui reproduit mieux les actions explosives rencontrées dans les sports collectifs.

Ce test permet de mesurer la puissance musculaire globale, la coordination intermusculaire et la capacité élastique du système neuromusculaire. Il est fréquemment utilisé dans l'évaluation de la performance verticale en basketball, football, handball et volleyball (Bosco et al., 1983 ; Markovic &

Jaric, 2007).

Tableau 26:variable mesurée du test Countermovement Jump (CMJ).

Variable à mesurer	Unité de mesure	Instrument de mesure
Hauteur de saut	cm	Application MyJump2 (iPhone 14 Pro Max)

Objectif :

Le test de Countermovement Jump (CMJ) a pour objectif d'évaluer la puissance explosive des membres inférieurs et la capacité du système neuromusculaire à utiliser le cycle étirement–raccourcissement (SSC).

Contrairement au Squat Jump, il intègre une phase excentrique rapide (descente) suivie d'une contraction concentrique immédiate, simulant les actions dynamiques rencontrées dans les sports collectifs.

Ce test permet ainsi de mesurer la hauteur maximale de saut atteinte à partir d'un enchaînement fluide de flexion–extension, reflétant la coordination, la puissance musculaire et l'élasticité musculotendineuse.

L'objectif principal du test est donc de déterminer la hauteur du saut (cm) à l'aide de l'application MyJump2, afin d'estimer le niveau de force explosive et la capacité de restitution d'énergie élastique des athlètes.

Matériel requis :

- Smartphone iPhone 14 Pro Max équipé d'une caméra haute fréquence (240 fps) permettant une capture précise des phases d'envol et d'atterrissage.
- Application MyJump2 (version validée scientifiquement) pour mesurer automatiquement la hauteur du saut à partir du temps de vol.
- Trépied ou support stable afin de maintenir le téléphone à une hauteur et un angle constant pendant l'enregistrement.
- Surface plane, rigide et non glissante (parquet, sol synthétique ou revêtement sportif).
- Espace libre d'au moins 2 m² pour garantir la sécurité du mouvement.
- Fiche de relevé des résultats pour consigner la hauteur de saut mesurée pour chaque tentative.

Le déroulement du test :

Avant le test, les athlètes effectuent un échauffement standardisé comprenant 5 à 10 minutes de course légère, des exercices de mobilité articulaire et plusieurs sauts submaximaux pour se familiariser avec le mouvement.

L'athlète se place debout, les mains sur les hanches, les pieds écartés à la largeur des épaules, sur

une surface plane et rigide. Elle effectue un mouvement rapide de descente (phase excentrique) suivi immédiatement d'une extension explosive (phase concentrique) afin de produire le saut vertical le plus haut possible.

Les mains doivent rester fixées sur les hanches durant tout le mouvement pour éviter l'influence des bras.

Le smartphone (iPhone 14 Pro Max) est placé sur un trépied stable, à environ 1,5 mètre de hauteur, avec un angle latéral permettant de visualiser clairement les phases d'envol et d'atterrissage.

L'application MyJump2 enregistre la vidéo du saut et calcule automatiquement la hauteur de saut (cm) à partir du temps de vol.

Chaque athlète réalise trois essais, séparés par 30 à 60 secondes de récupération passive, et le meilleur saut (hauteur maximale) est retenu pour l'analyse.

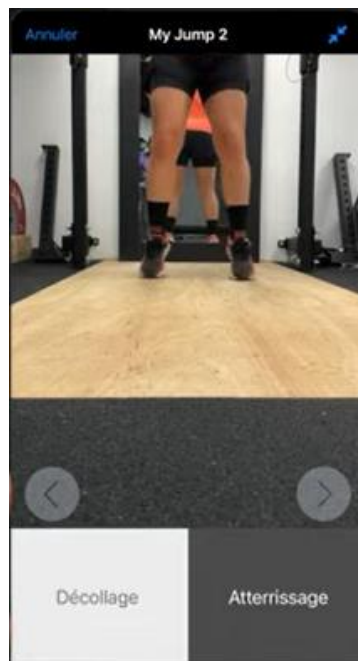


Figure 27: Déroulement du test CMJ sur l'application my jump2.

Les limites du test :

- Le test dépend fortement de la coordination du mouvement excentrique-concentrique : une descente trop lente ou trop rapide peut fausser la mesure de la hauteur de saut.
- La position des mains sur les hanches doit être strictement respectée, car tout balancement des bras peut artificiellement augmenter la hauteur mesurée.
- L'application MyJump2 nécessite un positionnement stable de la caméra et un éclairage suffisant pour détecter précisément les instants d'envol et d'atterrissage.
- De légères erreurs de cadrage ou d'angle de vue peuvent influencer le calcul du temps de vol et donc la hauteur estimée.

- Les différences de surface d'appui (sol rigide, synthétique, parquet) peuvent modifier la restitution d'énergie élastique et introduire une variabilité inter-séance.
- Comme pour le Squat Jump, les performances sont influencées par la motivation et la concentration de l'athlète, ainsi que par son niveau de fatigue au moment du test.

Lors de l'évaluation du Squat Jump (SJ) et du Countermovement Jump (CMJ), la variable principale retenue a été la hauteur du saut, exprimée en centimètres (cm). Celle-ci est calculée automatiquement par l'application à partir du temps de vol (s) selon la formule physique : où $g=9,81\text{m/s}^2$

$$h = \frac{g \cdot t_v^2}{8}$$

MyJump2 fournit également d'autres paramètres dérivés, tels que la vitesse initiale au décollage (m/s), la puissance mécanique (W) et la force de réaction au sol (N).

Néanmoins, dans le cadre de cette étude, seule la hauteur du saut (cm) a été retenue comme indicateur de performance. Ce choix se justifie par le fait que la hauteur constitue l'unité la plus couramment utilisée dans la littérature scientifique pour évaluer l'explosivité des membres inférieurs, qu'elle représente une mesure robuste et reproductible, et qu'elle permet une comparaison directe entre joueuses issues de contextes différents. À l'inverse, les valeurs de puissance et de force générées par l'application reposent sur des estimations indirectes et peuvent être influencées par des approximations de calcul ou par des variations techniques interindividuelles. Ainsi, l'utilisation exclusive de la hauteur du saut assure une interprétation plus fiable et une meilleure comparabilité des résultats entre les groupes étudiés.

4.6 Les Méthodes.

Afin de mener à bien notre recherche et d'atteindre les objectifs fixés, nous avons eu recours à plusieurs approches méthodologiques complémentaires, permettant à la fois la collecte, l'analyse et l'interprétation rigoureuse des données. Les principales méthodes utilisées sont les suivantes :

- **Méthode d'analyse bibliographique :**

Cette méthode a permis de consulter et d'exploiter des sources scientifiques (articles, ouvrages, rapports techniques et bases de données) afin d'établir le cadre théorique et de situer notre étude par rapport aux travaux antérieurs dans le domaine du football féminin et de la performance physique.

- **Mesures anthropométriques :**

Elles ont été réalisées pour déterminer les caractéristiques morphologiques et corporelles des athlètes

(taille, poids, indices corporels, etc.), en respectant les protocoles de mesure standardisés.

- **Méthodes de tests physiques :**

Différents tests ont été utilisés pour évaluer les qualités physiques des joueuses (sprint, détente verticale, endurance intermittente, etc.). Ces tests, validés scientifiquement, ont permis de recueillir des données objectives sur les performances individuelles et collectives.

- **Méthode statistique :**

Les données recueillies ont été soumises à une analyse statistique à l'aide de logiciels spécialisés, permettant de dégager des tendances, de comparer les résultats entre groupes et de vérifier la significativité des différences observées.

4.6.1 Méthodes d'analyse bibliographique.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons eu recours à une analyse bibliographique approfondie. Celle-ci a porté sur plusieurs ouvrages spécialisés et thèses de doctorat en lien avec l'anthropométrie, la physiologie et la préparation physique en football. Nous avons également consulté des articles scientifiques récents publiés dans des revues internationales spécialisées, ainsi que des travaux disponibles au niveau d'instituts de recherche nationaux et étrangers. Enfin, certaines données ont été collectées à travers des sites institutionnels et des bases de données académiques en ligne (PubMed, ResearchGate, Scopus, Google Scholar), permettant d'accéder aux recherches les plus récentes et pertinentes dans le domaine étudié.

4.6.2 Mesures anthropométriques.

L'évaluation anthropométrique constitue une étape essentielle dans l'analyse du profil des footballeuses, car elle permet de caractériser leur morphologie, de suivre l'évolution des paramètres corporels et de comparer les données entre différents contextes d'entraînement. Dans notre étude, plusieurs mesures standardisées ont été réalisées.

Taille (cm) : mesurée à l'aide d'un stadiomètre portable Seca 213, reconnu pour sa précision ($\pm 0,1$ cm). Les joueuses étaient debout, pieds nus, en position anatomique, conformément aux recommandations de l'International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK).

Poids (kg) et composition corporelle : mesurés à l'aide d'une balance à impédance bioélectrique Tanita BC-418 MA, validée scientifiquement par rapport à la méthode de référence DEXA. (Ling CHY, 2011) (Verney J, 2015)

Cet appareil permet d'obtenir, en plus du poids corporel, une estimation de la répartition des différents compartiments corporels, notamment :

- Pourcentage de masse grasse,

- Masse musculaire,
 - Masse osseuse,
- Masse protéique.

Indice de masse corporelle (IMC, kg/m²) : L'indice de masse corporelle (IMC) constitue un indicateur simple de la corpulence, permettant d'évaluer la relation entre la masse et la taille du corps. Cependant, pour des études plus précises sur la composition corporelle, l'utilisation de la densité corporelle et des équations dérivées, telles que celles de Siri ou de Brozek, permet d'estimer le pourcentage de masse grasse (%MG).

Lorsque la densité corporelle (D) est connue, celle-ci peut être utilisée pour estimer le pourcentage de masse grasse (%MG) grâce aux équations de Siri (1956) et de Brozek (1963) :

- Formule de Siri : $\%MG = (495 / D) - 450$
- Formule de Brozek : $\%MG = (457 / D) - 414.2$

Ces formules reposent sur la densité corporelle exprimée en g/cm³ et permettent d'obtenir une estimation fiable de la proportion de masse grasse dans le corps.

La densité corporelle est estimée à partir de la somme de plusieurs plis cutanés mesurés à l'aide d'un compas de type Harpenden ou Lafayette, exprimés en millimètres (mm). Les plis les plus couramment utilisés sont le triceps, le supra-iliaque, la cuisse, la poitrine et l'abdomen.

La formule générale est :

$$D = a - b(\Sigma\text{plis}) + c(\Sigma\text{plis})^2 - d(\text{âge})$$

où :

- D : densité corporelle (g/cm³)
- Σplis : somme des plis cutanés (mm)
- a, b, c, d : coefficients spécifiques selon le sexe

2. Formule de Jackson & Pollock (1978) – Femmes

$$D = 1.0994921 - 0.0009929 \times \Sigma 3 + 0.0000023 \times (\Sigma 3)^2 - 0.0001392 \times \text{âge}$$

avec $\Sigma 3$ = triceps + supra-iliaque + cuisse

Ces paramètres anthropométriques sont largement employés dans la littérature scientifique pour caractériser le profil des footballeuses et suivre leur évolution en fonction de l'âge et du niveau de pratique. (Vescovi JD, 2011)

Ils constituent des indicateurs pertinents pour l'évaluation de la performance et la détection de talents.



Figure 28: Matériel utilisé pour les mesures anthropométriques, A : Stadiomètre portable Seca 213, B : Balance à impédance bioélectrique Tanita BC-418 MA

4.6.3 Méthode de Tests.

L'étude repose sur une évaluation systématique et comparative visant à analyser différents aspects de la performance physique des joueuses de football féminin.

Les tests sélectionnés ont été choisis pour leur validité scientifique, leur reproductibilité et leur pertinence par rapport aux exigences physiologiques et biomécaniques du football moderne.

Les tests appliqués sont les suivants :

- Test de sprint linéaire sur 20 mètres, permettant d'évaluer la vitesse et la capacité d'accélération.
- Test IFT 30-15, utilisé pour déterminer la vitesse intermittente maximale (VIFT) et la capacité de récupération entre efforts répétés.
- Tests de détente verticale : Squat Jump (SJ) et Contremouvement Jump (CMJ), destinés à mesurer la puissance explosive des membres inférieurs.

L'ensemble de ces tests a été réalisé selon des protocoles standardisés et dans des conditions environnementales contrôlées (surface, température, horaire, récupération).

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'instruments validés scientifiquement, tels que l'application MySprint (analyse vidéo à 240 fps) pour le sprint linéaire et l'application MyJump2 (iPhone 14 Pro Max) pour les tests de saut."

L'approche méthodologique adoptée s'inscrit dans une démarche systémique et comparative, intégrant à la fois les données anthropométriques et physiologiques des athlètes.

Elle vise à décrire, comparer et interpréter les différences de performances entre les joueuses

françaises et algériennes, en fonction du niveau de pratique, du poste de jeu et des paramètres physiques spécifiques.

Cette étude descriptive et comparative permet de recueillir des données quantitatives exploitables sur un échantillon défini, afin d'établir des analyses statistiques rigoureuses et de mieux comprendre les profils de performance caractéristiques du football féminin dans les deux contextes étudiés.

4.6.4 Méthode statistique.

L'ensemble des données a été traité à l'aide du logiciel Jamovi (version 2.6.26). Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne $\pm$ écart-type ($M \pm ET$). Le seuil de significativité statistique a été fixé à $p < 0,05$.

La normalité de la distribution des données a été vérifiée par le test de Shapiro-Wilk, adapté aux petits échantillons. Lorsque les conditions de normalité et d'homogénéité de variance étaient respectées, des analyses paramétriques ont été appliquées ; dans le cas contraire, des tests non paramétriques ont été retenus.

- Pour la comparaison intra-groupe (pré- vs post-test), un test t apparié a été utilisé, ou le test de Wilcoxon en cas de distribution non normale.
- Pour la comparaison inter-groupes, une ANOVA à mesures répétées (facteurs : temps $\times$ groupe) a été employée. Lorsque l'effet principal ou l'interaction était significatif, des analyses post hoc avec correction de Bonferroni ont été réalisées afin d'identifier les différences spécifiques entre les conditions.
- Lorsque les conditions paramétriques n'étaient pas respectées, l'ANOVA non paramétrique de Kruskal-Wallis a été retenue.
- Des corrélations ont été calculées afin d'examiner les relations entre les paramètres anthropométriques et les performances physiques, en utilisant le coefficient de Pearson pour les données normales et celui de Spearman pour les données non normales.
- La taille d'effet a été systématiquement calculée : le Cohen's d pour les comparaisons appariées, et l' η^2 partiel pour les ANOVA.
- Enfin, une analyse en composantes principales (ACP) a été effectuée afin de réduire la dimensionnalité des données et de mettre en évidence les variables les plus discriminantes entre les joueuses, en regroupant les paramètres anthropométriques et physiques selon leurs contributions principales.

Cette approche a permis d'assurer une analyse robuste, combinant une lecture descriptive, comparative et exploratoire des données, et garantissant ainsi une interprétation fine des résultats.

4.7 Organisation de la recherche.

4.7.1 Les démarches de la recherche.

La mise en œuvre de cette recherche s'inscrit dans une démarche scientifique visant à répondre à la problématique centrale et à valider les hypothèses formulées. Pour cela, il a été nécessaire d'adopter une méthodologie rigoureuse et d'utiliser les moyens les plus adaptés au terrain d'étude.

Cette étude a été conçue comme une étude comparative systémique, cherchant à établir des relations entre différents niveaux de pratique et de structuration du football féminin. Elle visait à comparer, d'une part, des clubs français et algériens issus de contextes de formation distincts, et d'autre part, à mettre ces résultats en perspective avec ceux des équipes nationales U20 des deux pays. Cette approche systémique permet d'appréhender le développement du football féminin dans sa globalité, en considérant les interactions entre la formation en club et le haut niveau représenté par les sélections nationales.

Le projet initial prévoyait d'évaluer un ensemble complet de qualités physiques, physiologiques et anthropométriques. Cependant, la disponibilité des athlètes de haut niveau, les contraintes logistiques et les difficultés d'accès aux structures professionnelles ont conduit à recentrer la recherche sur les paramètres anthropométriques et morphologiques les plus pertinents dans la détection et la sélection des joueuses.

Avant la mise en place effective de la recherche sur le terrain, plusieurs démarches exploratoires ont été entreprises auprès des clubs de football féminin en Algérie et en France, afin de déterminer la faisabilité et la cohérence de la comparaison. Dans un premier temps, des contacts ont été établis avec des clubs de première division française, notamment le Paris Saint-Germain et l'Olympique de Marseille, par e-mail et lors de déplacements sur le terrain. Malgré ces démarches, aucun accord n'a pu être obtenu en raison des contraintes administratives et du calendrier des équipes.

Une réflexion scientifique s'est alors imposée : comparer des clubs professionnels français de tout premier plan à des clubs algériens de première division aurait engendré un déséquilibre méthodologique significatif, lié aux différences de moyens, d'infrastructures, d'encadrement et de conditions d'entraînement. Pour garantir la validité et la comparabilité des résultats, le choix s'est donc porté sur des clubs français de niveau intermédiaire, plus représentatifs du niveau de formation et plus proches du contexte algérien.

Ainsi, l'échantillon français se compose du Football Club de Sarcelles (Division 3 féminine), de l'Athletic Club de Boulogne-Billancourt (ACBB) (Régional 2) et du Football Club de Versailles Fc(niveau régional). En parallèle, trois clubs algériens de première division ont été retenus pour leur représentativité régionale : Oran pour l'Ouest, Constantine pour l'Est et Béjaïa pour la région Centre.

Ce choix permet d'intégrer une diversité géographique et organisationnelle offrant une vision plus équilibrée du football féminin algérien.

L'étude incluait également la volonté de comparer les profils des joueuses des clubs à ceux des sélections nationales U20 des deux pays. Toutefois, si la collaboration avec l'équipe nationale algérienne féminine U20 a permis d'obtenir des données exploitables, l'accès aux données de l'équipe nationale française U20 n'a pas pu être obtenu, en raison de la confidentialité imposée par la Fédération Française de Football (FFF). Cette limite constitue une contrainte méthodologique, mais n'a pas remis en cause la validité de la comparaison entre les deux systèmes de formation.

La recherche s'est déroulée sur une saison sportive complète (2023–2024), en prenant en compte le calendrier des compétitions, les phases de préparation et les périodes de récupération. Les tests ont été réalisés au sein des installations sportives de chaque club, dans des conditions standardisées, et sous la supervision des encadrants techniques afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des mesures.

L'échantillon final se compose de jeunes footballeuses âgées de 16 à 20 ans, issues de structures de formation et de clubs en développement. Ces joueuses participent régulièrement à des compétitions régionales ou nationales, et certaines ont été intégrées aux programmes de détection régionale ou nationale. Ce positionnement méthodologique renforce la comparabilité entre les deux contextes nationaux et permet une interprétation rigoureuse des différences et similitudes observées.

Ainsi, cette démarche méthodologique systémique vise à analyser de manière comparative les profils anthropométriques et morphologiques des footballeuses françaises et algériennes, en les replaçant dans leurs environnements structurels et sportifs respectifs, afin d'identifier les facteurs de développement, les écarts de niveau et les leviers d'amélioration du football féminin dans chaque pays.

4.7.2 Le déroulement de la recherche.

Le déroulement de cette recherche s'est organisé autour de deux sessions principales de tests, réalisées respectivement en début et en fin de saison sportive 2023–2024. Cette double évaluation a permis d'observer l'évolution des paramètres physiques et morphologiques des joueuses en fonction des périodes d'entraînement et des adaptations induites par la saison.

Les tests ont été réalisés dans des conditions standardisées, généralement en matinée, afin de limiter l'influence de la fatigue, des variations circadiennes et des facteurs environnementaux. Chaque séance a débuté par un échauffement dirigé et identique pour l'ensemble des joueuses, suivi des mesures dans un ordre prédéfini afin de garantir la cohérence et la reproductibilité du protocole.

L'évaluation s'est articulée autour de deux volets complémentaires :

1. Mesures anthropométriques et morphologiques

Ces mesures visaient à caractériser la composition corporelle et le profil morphologique des footballeuses. Elles comprenaient :

- La taille (cm), mesurée à l'aide d'un stadiomètre.
- Le poids corporel (kg), mesuré avec une balance électronique Tanita.
- Le pourcentage de masse musculaire (%).
- Le pourcentage de masse grasseuse (%).
- Le pourcentage de masse maigre (%).
- La masse osseuse (kg).
- Le pourcentage de protéines (%).

Ces mesures ont été effectuées à l'aide de l'analyseur de composition corporelle Tanita, utilisant la technologie de bio-impédance électrique (BIA), qui permet une estimation fiable, rapide et non invasive de la répartition tissulaire du corps humain.

2. Tests physiques de performance

Afin d'évaluer les qualités physiques spécifiques au football, plusieurs tests standardisés ont été administrés :

- Un test de vitesse sur 20 mètres, permettant de mesurer la capacité d'accélération linéaire ;
- Un test de saut vertical de type Squat Jump (SJ) et Countermovement Jump (CMJ), réalisés à l'aide de l'application MyJump2, afin d'évaluer la puissance explosive des membres inférieurs ;
- Un test intermittent de Yo-Yo (Intermittent Fitness Test – IFT), destiné à estimer la vitesse aérobie maximale (VIFT) et la capacité de répétition d'efforts de haute intensité.

L'ensemble des tests a été réalisé directement dans les installations sportives des clubs partenaires :

- En France : Football Club de Sarcelles, Athletic Club de Boulogne-Billancourt (ACBB) et Football Club de Versailles 78 ;
- En Algérie : Association Sportive de Béjaïa, Club de Constantine et Club d'Oran.

Chaque joueuse a bénéficié de plusieurs essais pour chaque test, avec un temps de récupération suffisant entre les tentatives, afin d'assurer la fiabilité et la validité des résultats. Le meilleur score obtenu a été retenu pour l'analyse statistique.

Conformément aux exigences éthiques et déontologiques de la recherche scientifique, une autorisation parentale écrite a été recueillie pour toutes les participantes mineures, préalablement à la passation des tests. Les responsables des clubs ont également donné leur accord pour la participation de leurs athlètes et la réalisation des mesures dans leurs installations.

Les séances ont été menées dans un climat collectif, motivant et bien encadré, favorisant la rigueur, la concentration et le dépassement de soi. Cette approche a contribué à maintenir une dynamique de groupe positive et à reproduire les conditions psychologiques proches de la compétition.

À l'issue de la phase de terrain, l'ensemble des données recueillies a été centralisé, vérifié et analysé à l'aide du logiciel Jamovi (version 2.4). Les analyses descriptives et comparatives ont permis d'identifier les différences et similitudes entre les groupes français et algériens, ainsi qu'entre les deux périodes de tests, afin de répondre aux hypothèses de recherche et d'en dégager les interprétations pertinentes.

4.8 Difficultés rencontrées.

L'un des objectifs initiaux de cette recherche était de comparer les résultats obtenus avec ceux des équipes nationales féminines de chaque pays. Cependant, l'absence d'autorisations officielles pour accéder à ces données, notamment du côté français, a limité la portée comparative de l'étude.

D'autres difficultés ont également été rencontrées. Certaines équipes, particulièrement en Algérie, se sont montrées peu coopératives, avec un manque de discipline, d'organisation et d'hygiène au sein des groupes. Le nombre d'entraînements hebdomadaires était parfois réduit, voire annulé en cas de pluie, faute d'infrastructures couvertes adaptées.

Des contraintes matérielles et techniques ont également été observées. L'utilisation d'un compas Harpenden pour la mesure des plis cutanés avait été envisagée, mais son transport hors du territoire algérien s'est avéré complexe, ce qui a conduit à privilégier d'autres outils de mesure disponibles sur place. De plus, la réalisation des tests de sprint (20 m) et du test IFT a nécessité des installations sportives spécifiques, parfois difficiles à obtenir. L'usage des applications MySprint2 et MyJump2 a aussi exigé une mise en place minutieuse (angle de filmage, stabilité du trépied, luminosité),

rallongeant la durée de certaines séances.

Malgré ces contraintes logistiques, techniques et organisationnelles, la recherche a pu être menée à bien grâce à la rigueur du protocole, à l'implication des encadrants et à la motivation des joueuses, permettant d'obtenir des données fiables et scientifiquement exploitables.

Conclusion.

L'intérêt porté à la performance et au développement du football féminin nécessite une évaluation rigoureuse et objective des joueuses issues de différents contextes de formation, afin de mieux comprendre les écarts observés entre les structures françaises et algériennes.

Dans cette optique, notre recherche a porté sur un échantillon représentatif de joueuses âgées de 16 à 20 ans, appartenant à des clubs de niveaux variés, en France comme en Algérie. Les tests retenus anthropométriques, morphologiques et physiques ont permis d'analyser plusieurs indicateurs de la performance, tels que la composition corporelle, la puissance musculaire, la vitesse et la capacité aérobie.

La présentation des protocoles de tests, des procédures de passation, ainsi que des moyens et méthodes utilisés, a permis une organisation méthodologique claire et efficace, facilitant la collecte et le traitement des données tout en garantissant la fiabilité des résultats.

La maîtrise des principes liés à la méthodologie de recherche constitue une étape essentielle pour assurer la validité scientifique de l'étude et la qualité des analyses statistiques effectuées.

Le football féminin, à l'instar de toute discipline de haut niveau, requiert une évaluation systématique, continue et comparative des joueuses, afin de situer leur niveau de préparation, d'orienter le travail d'entraînement et de contribuer à l'amélioration durable de la performance dans chaque contexte national.

Chapitre V : Présentation, Interprétation et Discussion des Résultats.

Préambule

Ce chapitre a pour objectif de présenter et d'analyser les résultats obtenus au cours de cette étude, en lien avec les hypothèses formulées précédemment. Il vise à comparer les caractéristiques anthropométriques et physiques des joueuses de football issues de clubs français et algériens, afin d'identifier les différences, les similitudes et les facteurs explicatifs susceptibles d'influencer leur niveau de performance.

L'intérêt de ce travail réside dans le fait que le football féminin demeure un champ encore peu exploré scientifiquement, en particulier en Algérie, où les études sur les paramètres morphologiques et physiques des joueuses restent rares. La comparaison entre deux contextes nationaux contrastés la France, disposant d'un système de formation structuré, et l'Algérie, en phase de développement apporte un éclairage sur les déterminants de la performance féminine.

L'analyse des résultats vise ainsi à dégager une vue d'ensemble du profil morphologique et des qualités physiques des footballeuses, tout en mettant en évidence les écarts liés aux environnements d'entraînement et aux conditions structurelles propres à chaque pays. Les résultats sont discutés à la lumière des hypothèses de recherche et confrontés aux données issues de la littérature scientifique, afin d'apporter une lecture critique et contextualisée.

Cette section présente les résultats obtenus lors des deux sessions de tests (T1 et T2) réalisées sur l'ensemble de l'échantillon, en distinguant les joueuses françaises et algériennes. L'analyse est structurée autour de deux volets principaux :

1. Les paramètres anthropométriques et de composition corporelle, incluant la taille, le poids, l'IMC, la masse musculaire, la masse grasseuse, la masse maigre, la masse osseuse, l'eau corporelle et les protéines.
2. Les performances physiques, évaluées à travers le test de vitesse sur 20 mètres, les sauts verticaux (Squat Jump et Countermovement Jump) et le test intermittent IFT.

Les tests statistiques ont permis d'évaluer les évolutions intra-groupes (T1 vs T2), les différences inter-groupes (France vs Algérie), ainsi que les interactions entre le facteur Temps et le facteur Pays, afin de mesurer l'influence combinée de ces deux variables.

Enfin, des analyses de corrélation ont été menées pour explorer les liens entre les caractéristiques morphologiques et les performances physiques, dans le but d'identifier les paramètres les plus discriminants de la performance et de la progression chez les joueuses de football féminin.

Cette présentation et discussion des résultats vise ainsi à fournir une interprétation scientifique des données obtenues et à dégager les perspectives d'amélioration du suivi et de la préparation des footballeuses dans les deux contextes étudiés.

5.1 Présentation, interprétation et discussion des résultats généraux.

Tableau 27:Présentation des résultats récapitulatifs de l'échantillon.

Variable	Statistiques descriptives				
	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Age (ans)	90	15.00	18.00	17.24	0.659
Taille (m) - T1	90	1.50	1.85	1.66	0.08
Taille (m) - T2	90	1.50	1.85	1.66	0.08
Poids (kg) - T1	90	48.40	74.90	60.82	5.031
Poids (kg) - T2	90	47.70	74.60	60.72	5.060
IMC - T1	90	17.40	28.40	22.27	2.335
IMC - T2	90	17.40	28.60	22.24	2.346
% masse grasse - T1	90	12.00	27.20	18.86	4.104
% masse grasse - T2	90	11.20	27.20	18.56	4.139
% muscle squelettique - T1	90	35.20	49.80	42.49	3.483
% muscle squelettique - T2	90	35.90	50.50	42.74	3.490
Masse musculaire (kg) - T1	90	18.00	31.90	25.43	2.993
Masse musculaire (kg) - T2	90	17.50	32.10	25.63	3.063
Masse osseuse (kg) - T1	90	2.240	3.450	2.833	0.251
Masse osseuse (kg) - T2	90	2.220	3.460	2.828	0.257
% protéines - T1	90	13.00	20.00	16.84	1.720
% protéines - T2	90	12.90	20.40	17.00	1.737
IFT (palier) - T1	90	14.00	18.00	16.12	1.389
IFT (palier) - T2	90	15.00	20.00	17.39	1.428
Sprint 20 m (s) - T1	90	3.350	3.900	3.660	0.120
Sprint 20 m (s) - T2	90	3.290	3.850	3.612	0.119
Squat Jump (cm) - T1	90	24.00	35.00	29.56	3.506
Squat Jump (cm) - T2	90	25.00	38.00	31.58	3.579
Countermovement Jump (cm) - T1	90	27.00	39.00	32.16	3.553
Countermovement Jump (cm) - T2	90	28.00	42.00	34.22	3.480

Le tableau n°27 présente les résultats généraux des différentes variables anthropométriques et physiques mesurées lors des deux sessions de tests (T1 et T2) pour l'ensemble de l'échantillon. L'objectif de cette première analyse est de décrire les tendances évolutives observées entre le début et la fin de la saison sportive, indépendamment de l'origine géographique des participantes.

Dans l'ensemble, les résultats montrent une stabilité des paramètres anthropométriques, avec des valeurs moyennes de taille, de poids et d'indice de masse corporelle (IMC) relativement constantes entre T1 et T2. Cette constance traduit une évolution maîtrisée du profil morphologique des joueuses tout au long de la saison, ce qui est cohérent avec le maintien d'un équilibre entre charge d'entraînement, récupération et contrôle nutritionnel.

En revanche, une amélioration progressive des composantes corporelles est observée à T2, notamment au niveau de la masse musculaire et du taux de protéines, tandis qu'une légère réduction

du pourcentage de masse grasse est constatée. Ces évolutions suggèrent une adaptation positive de l'organisme à l'entraînement et confirment l'efficacité du travail physique réalisé sur la période d'observation. Ce type de progression est en accord avec les données de la littérature, qui mettent en évidence une augmentation de la masse maigre et une diminution du tissu adipeux après plusieurs mois de préparation spécifique (Reilly et al., 2008 ; Milanovic et al., 2020).

Sur le plan de la performance, les tests physiques révèlent une amélioration des résultats entre T1 et T2. Le temps de sprint sur 20 mètres diminue légèrement, traduisant un gain de vitesse et d'explosivité, tandis que les performances au Squat Jump (SJ) et au Countermovement Jump (CMJ) s'élèvent, témoignant d'un développement de la puissance musculaire des membres inférieurs. Ces améliorations sont cohérentes avec les adaptations neuromusculaires attendues après une période d'entraînement en résistance ou en pliométrie (Markovic & Mikulic, 2010 ; Ramirez-Campillo et al., 2015).

Enfin, les résultats au test intermittent IFT indiquent une augmentation de la vitesse aérobie maximale (VIFT) entre T1 et T2, ce qui traduit une amélioration de la capacité d'endurance spécifique au football. Cette progression met en évidence une meilleure tolérance à la répétition d'efforts intenses et un raffermissement de la base aérobie, éléments essentiels dans la performance en sports collectifs (Bangsbo et al., 2008 ; Dupont et al., 2010).

De manière générale, ces résultats confirment la pertinence des tests choisis et la qualité de la préparation suivie durant la saison. Les évolutions observées entre T1 et T2 témoignent d'un développement global des qualités physiques, sans altération de la composition corporelle, ce qui constitue un indicateur de progression harmonieuse et de bonne gestion de la charge d'entraînement.

Tableau 28:Présentation des résultats récapitulatifs de chaque pays « T1 ».

Statistiques de groupe « T1 »					
Variable	Pays	N	Moyenne	Écart-Type	Erreur Standard Moyenne
Poids (kg)	Algérie	45	60,529	5,445	0,812
Poids (kg)	France	45	61,120	4,622	0,689
Taille (m)	Algérie	45	1,638	0,062	0,009
Taille (m)	France	45	1,674	0,088	0,013
Âge (ans)	Algérie	45	17,244	0,484	0,072
Âge (ans)	France	45	17,244	0,802	0,120
IMC	Algérie	45	22,604	2,179	0,325
IMC	France	45	21,944	2,461	0,367
IFT palier	Algérie	45	16,022	1,422	0,212
IFT palier	France	45	16,222	1,363	0,203
Sprint 20 m (s)	Algérie	45	3,675	0,109	0,016
Sprint 20 m (s)	France	45	3,645	0,130	0,019
Squat Jump (cm)	Algérie	45	29,800	3,348	0,499
Squat Jump (cm)	France	45	29,311	3,679	0,548
Countermovement Jump (cm)	Algérie	45	31,978	3,739	0,557
Countermovement Jump (cm)	France	45	32,333	3,391	0,506
% masse grasse	Algérie	45	18,800	4,168	0,621
% masse grasse	France	45	18,922	4,084	0,609
Masse musculaire (kg)	Algérie	45	25,551	3,155	0,470
Masse musculaire (kg)	France	45	25,304	2,853	0,425

Tableau 29:Présentation des résultats récapitulatifs de chaque pays « T2 ».

Statistiques de groupe « T2 »					
Variable	Pays	N	Moyenne	Écart-Type	Erreur Standard Moyenne
Poids (kg)	Algérie	45	60,371	5,615	0,837
Poids (kg)	France	45	61,071	4,474	0,667
Taille (m)	Algérie	45	1,638	0,062	0,009
Taille (m)	France	45	1,674	0,088	0,013
Âge (ans)	Algérie	45	17,244	0,484	0,072
Âge (ans)	France	45	17,244	0,802	0,120
IMC	Algérie	45	22,556	2,222	0,331
IMC	France	45	21,929	2,449	0,365
IFT palier	Algérie	45	17,222	1,396	0,208
IFT palier	France	45	17,556	1,455	0,217
Sprint 20 m (s)	Algérie	45	3,628	0,108	0,016
Sprint 20 m (s)	France	45	3,595	0,128	0,019
Squat Jump (cm)	Algérie	45	31,933	3,467	0,517

Squat Jump (cm)	France	45	31,222	3,692	0,550
Countermovement Jump (cm)	Algérie	45	34,089	3,710	0,553
Countermovement Jump (cm)	France	45	34,356	3,269	0,487
% masse grasse	Algérie	45	18,500	4,270	0,637
% masse grasse	France	45	18,616	4,051	0,604
Masse musculaire (kg)	Algérie	45	25,822	3,248	0,484
Masse musculaire (kg)	France	45	25,442	2,891	0,431

Les tableaux 28 et 29 présentent les statistiques descriptives des joueuses de football féminines françaises et algériennes, évaluées respectivement au début de la saison (T1) et à la fin de la saison (T2).

Ces tableaux regroupent pour chaque variable le nombre de participantes (N), la moyenne (M), l'écart-type (ET) et l'erreur standard de la moyenne (ESM).

Les indicateurs retenus concernent à la fois les paramètres anthropométriques tels que le poids, la taille, l'âge et l'indice de masse corporelle (IMC) et les paramètres physiques, incluant la distance ou le palier atteint au test intermittent (IFT), le temps de sprint sur 20 mètres, ainsi que la hauteur de saut obtenue aux tests Squat Jump (SJ) et Countermovement Jump (CMJ).

L'objectif de cette présentation est de décrire les profils moyens observés au sein des deux groupes (France et Algérie) et de mettre en évidence les différences inter-pays ainsi que les évolutions saisonnières entre les deux périodes de mesure.

Tableau 30: Représente les résultats de mesure du Test de normalité « T1 ».

Variable	Pays	N (ddl)	Statistique W	Signification (p)
Poids (kg)	Algérie	45	0,990	0,966
Poids (kg)	France	45	0,966	0,205
Taille (m)	Algérie	45	0,978	0,531
Taille (m)	France	45	0,977	0,494
Âge (ans)	Algérie	45	0,640	0,000
Âge (ans)	France	45	0,783	0,000
IMC	Algérie	45	0,978	0,553
IMC	France	45	0,977	0,500
IFT palier	Algérie	45	0,859	0,000
IFT palier	France	45	0,890	0,000
Sprint 20 m (s)	Algérie	45	0,979	0,577
Sprint 20 m (s)	France	45	0,974	0,413
Squat Jump (cm)	Algérie	45	0,946	0,037
Squat Jump (cm)	France	45	0,926	0,007
Countermovement Jump (cm)	Algérie	45	0,920	0,004
Countermovement Jump (cm)	France	45	0,947	0,041

Tableau 31: Représente les résultats de mesure du Test de normalité « T2 ».

Variable	Pays	N (ddl)	Statistique W	Signification (p)
Poids (kg)	Algérie	45	0,990	0,969
Poids (kg)	France	45	0,966	0,207
Taille (m)	Algérie	45	0,978	0,531
Taille (m)	France	45	0,977	0,494
Âge (ans)	Algérie	45	0,640	0,000
Âge (ans)	France	45	0,783	0,000
IMC	Algérie	45	0,970	0,299
IMC	France	45	0,980	0,605
IFT palier	Algérie	45	0,902	0,001
IFT palier	France	45	0,907	0,002
Sprint 20 m (s)	Algérie	45	0,966	0,200
Sprint 20 m (s)	France	45	0,980	0,639
Squat Jump (cm)	Algérie	45	0,961	0,136
Squat Jump (cm)	France	45	0,954	0,072
Countermovement Jump (cm)	Algérie	45	0,933	0,012
Countermovement Jump (cm)	France	45	0,963	0,156

Les tableaux 30,31 présentent les résultats du test de normalité de Shapiro–Wilk appliqué séparément aux joueuses françaises et algériennes aux deux temps de mesure (T1 et T2).

Globalement, la normalité est respectée pour la plupart des paramètres anthropométriques, tandis que plusieurs variables de performance s'écartent d'une distribution gaussienne.

- T1 (début de saison)

La normalité est vérifiée pour le poids (Algérie $p = 0,966$; France $p = 0,205$), la taille (0,531 ; 0,494), l'IMC (0,553 ; 0,500) et le sprint 20 m (0,577 ; 0,413).

En revanche, des écarts significatifs à la normalité sont observés pour l'âge (Algérie $p < 10^{-8}$; France $p \approx 1,1 \times 10^{-6}$), l'IFT (0,000063 ; 0,000467), le SJ (0,037 ; 0,0066) et le CMJ (0,0044 ; 0,0405).

- T2 (fin de saison)

La normalité reste acceptable pour le poids (0,969 ; 0,207), la taille (0,531 ; 0,494), l'IMC (0,299 ; 0,605), le sprint 20 m (0,200 ; 0,639) et le SJ (0,136 ; 0,072).

A l'inverse, l'âge demeure non normal (Algérie $p < 10^{-8}$; France $p \approx 1,1 \times 10^{-6}$) et l'IFT reste non normal dans les deux groupes (0,00108 ; 0,00159). Pour le CMJ, la distribution est non normale en Algérie ($p = 0,0119$) mais compatible avec la normalité en France ($p = 0,156$).

Implication statistique : Compte tenu de ces résultats, l'emploi de tests non paramétriques ou de transformations (selon les objectifs) est à privilégier pour les variables non normales (Âge, IFT, SJ et/ou CMJ selon le temps et le pays). Pour les variables normales (Poids, Taille, IMC, Sprint 20 m, SJ à T2), les analyses paramétriques sont appropriées si les autres conditions (homogénéité des variances, indépendance) sont remplies.

Tableau 32:Représente les résultats du test d'homogénéité de la variance « T1 ».

Test d'homogénéité de la variance « T1 »							
Variable	Méthode	Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification (p)	N Algérie	N France
Poids	Basé sur la moyenne	1,630	1	88	0,205	45	45
Taille	Basé sur la moyenne	6,074	1	88	0,016	45	45
Âge	Basé sur la moyenne	8,418	1	88	0,005	45	45
IMC	Basé sur la moyenne	0,904	1	88	0,344	45	45
IFT (palier)	Basé sur la moyenne	0,026	1	88	0,873	45	45
Sprint 20 m (s)	Basé sur la moyenne	1,352	1	88	0,248	45	45
Squat Jump (cm)	Basé sur la moyenne	0,609	1	88	0,437	45	45
Countermovement Jump (cm)	Basé sur la moyenne	0,617	1	88	0,434	45	45

Tableau 33:représente les résultats du test d'homogénéité de la variance « T2 ».

Test d'homogénéité de la variance « T2 »							
Variable	Méthode	Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification (p)	N Algérie	N France
Poids	Basé sur la moyenne	3,060	1	88	0,084	45	45
Taille	Basé sur la moyenne	6,074	1	88	0,016	45	45
Âge	Basé sur la moyenne	8,418	1	88	0,005	45	45
IMC	Basé sur la moyenne	0,988	1	88	0,323	45	45

IFT (palier)	Basé sur la moyenne	0,038	1	88	0,846	45	45
Sprint 20 m (s)	Basé sur la moyenne	1,152	1	88	0,286	45	45
Squat Jump (cm)	Basé sur la moyenne	0,286	1	88	0,594	45	45
Countermovement Jump (cm)	Basé sur la moyenne	1,654	1	88	0,202	45	45

Tableau 32(T1). Le test de Levene indique une homogénéité des variances entre la France et l'Algérie pour la majorité des variables ($p > 0,05$). Deux exceptions apparaissent : la Taille ($p = 0,016$) et l'Âge ($p = 0,005$), pour lesquelles les variances diffèrent significativement entre les groupes.

Tableau 33(T2). Le même profil est observé en fin de saison : la Taille ($p = 0,016$) et l'Âge ($p = 0,005$) présentent une hétérogénéité de variance, tandis que les autres variables conservent des variances comparables entre pays ($p > 0,05$).

En somme, les conditions d'égalité des variances sont globalement respectées, sauf pour la Taille et l'Âge aux deux temps de mesure, ce qui justifie d'utiliser, pour ces deux variables, soit une correction de Welch dans les tests paramétriques, soit des tests non paramétriques selon la normalité.

5.2 Présentation des résultats des mesures anthropométriques.

Cette section présente les résultats obtenus lors des deux sessions de tests (T1 et T2) pour l'ensemble de l'échantillon, en distinguant les joueuses françaises et algériennes. Les analyses sont organisées en deux volets principaux : les paramètres anthropométriques et de composition corporelle, puis les performances physiques. Après la description des tendances générales, des tests statistiques ont été réalisés afin d'évaluer les évolutions intra-groupes (T1 vs T2), les différences inter-groupes (France vs Algérie), ainsi que les interactions entre le facteur Temps et le facteur Pays. Enfin, des analyses complémentaires de corrélation ont été menées pour explorer les relations entre caractéristiques morphologiques et performances physiques.

Nous avons choisi de présenter nos résultats sous forme de tableaux :

Tableau 34 : Présentation des résultats récapitulatifs des mesures anthropométriques "T1".

Statistiques descriptives « T1 »					
Variables	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Taille m	90.00	1.50	1.85	1.66	0.08
Poids kg	90.00	48.40	74.90	60.82	5.03
Imc	90.00	17.40	28.40	22.27	2.33
Bodyfat %	90.00	12.00	27.20	18.86	4.10
Skeletalmuscle %	90.00	35.20	49.80	42.49	3.48
Muscle mass kg	90.00	18.00	31.90	25.43	2.99
Bonemass kg	90.00	2.24	3.45	2.83	0.25
Proteines %	90.00	13.00	20.00	16.84	1.72
Age	90.00	15.00	18.00	17.24	0.66

En ce qui concerne les mesures anthropométriques, le tableau n°34 présente les valeurs obtenues par l'ensemble des joueuses françaises et algériennes (N = 90) lors du premier test effectué en début de saison.

- Le poids corporel est compris entre 48,4 kg et 74,9 kg, avec une moyenne de $60,82 \pm 5,03$ kg. Ces valeurs traduisent une population relativement homogène, dont la majorité se situe dans une zone pondérale adaptée à la pratique du football féminin. Ce niveau de masse corporelle est conforme aux standards observés dans la littérature pour des footballeuses de haut niveau, où le maintien d'un poids optimal conditionne la performance et la prévention des blessures.

- La taille des joueuses varie entre 1,50 m et 1,85 m, avec une moyenne de $1,66 \pm 0,08$ m. Ces données indiquent une population de stature moyenne, comparable à celle rapportée par Cazorla et Coll (1998) pour les sportives européennes. La taille constitue un facteur important dans le football, notamment pour la capacité de saut, les duels aériens et la couverture du terrain.

- L'âge des participantes s'étend de 15 à 18 ans, avec une moyenne de $17,24 \pm 0,66$ an,

correspondant à une période de pleine progression physiologique et technique. Cette tranche d'âge coïncide avec la phase de spécialisation sportive, où les qualités physiques et cognitives atteignent une maturité favorable à l'entraînement intensif.

- L'indice de masse corporelle (IMC) est compris entre 17,4 et 28,4 kg/m², avec une moyenne de $22,27 \pm 2,33$ kg/m². Ces valeurs traduisent une corpulence normale selon les critères de l'OMS, et confirment un équilibre global entre la masse grasse et la masse maigre.
- La masse grasse (%) varie entre 12,0 et 27,2 %, avec une moyenne de $18,86 \pm 4,10$ %. Ces valeurs sont cohérentes avec celles rapportées pour des footballeuses semi-professionnelles (entre 16 % et 22 %), indiquant une bonne condition physique et un niveau de préparation satisfaisant.
- La masse musculaire squelettique (%) présente une moyenne de $42,49 \pm 3,48$ %, avec des valeurs comprises entre 35,2 % et 49,8 %. Ce taux relativement élevé souligne un développement musculaire approprié à la pratique du football, où la force et la puissance des membres inférieurs sont des déterminants essentiels de la performance.
- La masse musculaire totale (kg) est comprise entre 18,0 et 31,9 kg, avec une moyenne de $25,43 \pm 2,99$ kg, reflétant une bonne répartition de la masse musculaire, en cohérence avec le niveau de développement attendu dans cette catégorie d'âge.
- La masse osseuse (kg) moyenne est de $2,83 \pm 0,25$ kg, avec des valeurs comprises entre 2,24 et 3,45 kg, indiquant une densité osseuse conforme à la norme pour des sportives adolescentes, probablement renforcée par les contraintes mécaniques répétées de la pratique du football.
- Enfin, le taux de protéines corporelles (%) varie entre 13,0 et 20,0 %, pour une moyenne de $16,84 \pm 1,72$ %, témoignant d'un équilibre nutritionnel et métabolique favorable à la régénération musculaire et au maintien des performances.

Tableau 35:Présentation des résultats récapitulatifs des mesures anthropométriques "T2".

Statistiques descriptives « T2 »					
Variables	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Taille m	90.00	1.50	1.85	1.66	0.08
Poids kg	90.00	47.70	74.60	60.72	5.06
Imc	90.00	17.40	28.60	22.24	2.35
Bodyfat %	90.00	11.20	27.20	18.56	4.14
Skeletalmuscle %	90.00	35.90	50.50	42.74	3.49
Muscle mass kg	90.00	17.50	32.10	25.63	3.06
Bonemass kg	90.00	2.22	3.46	2.83	0.26
Proteines %	90.00	12.90	20.40	17.00	1.74
Age	90.00	15.00	18.00	17.24	0.66

Le tableau n°35 présente les valeurs anthropométriques mesurées en fin de saison (T2) pour le

même échantillon global (N = 90). Ces données permettent d'apprécier les tendances d'évolution observées au fil de la saison :

- Le poids corporel est compris entre 47,7 kg et 74,6 kg, avec une moyenne de $60,72 \pm 5,06$ kg, soit une légère baisse moyenne ($-0,10$ kg) par rapport à T1. Cette variation minime reste dans la marge physiologique et peut être attribuée aux ajustements de charge d'entraînement et à la dépense énergétique liée aux compétitions.
- La taille reste stable à $1,66 \pm 0,08$ m, ce qui est attendu sur une période courte.
- L'âge est inchangé ($17,24 \pm 0,66$ an) sur l'ensemble de la période d'étude.
- L'IMC présente une moyenne de $22,24 \pm 2,35$ kg/m², pratiquement identique à celle du début de saison, confirmant une stabilité pondérale.
- La masse grasse (%) diminue légèrement à $18,56 \pm 4,14$ % ($-0,30$ point), traduisant une amélioration qualitative de la composition corporelle.
- La masse musculaire squelettique (%) augmente légèrement à $42,74 \pm 3,49$ % ($+0,25$ point), ce qui reflète une adaptation neuromusculaire positive à l'entraînement spécifique.
- La masse musculaire totale (kg) atteint $25,63 \pm 3,06$ kg, soit une progression moyenne de $+0,20$ kg, cohérente avec la charge de travail en force et la densité d'entraînement.
- La masse osseuse (kg) demeure stable à $2,83 \pm 0,26$ kg, sans variation notable, ce qui est attendu sur une période inférieure à une saison complète.
- Enfin, le taux de protéines corporelles (%) augmente légèrement à $17,00 \pm 1,74$ %, confirmant une meilleure homogénéité métabolique et un maintien du statut nutritionnel favorable.

Tableau 36:Présentation des résultats des mesures anthropométriques par pays « T1 ».

Statistique de groupe « T1 »					
Variable	Pays	N	Moyenne	Écart-type	Erreur standard moyenne
Poids (kg)	France	45	61.120	4.6217	0.68896
Poids (kg)	Algérie	45	60.529	5.4452	0.81172
Taille (m)	France	45	1.674	0.0880	0.01312
Taille (m)	Algérie	45	1.638	0.0620	0.00925
Âge (ans)	France	45	17.244	0.8021	0.11958
Âge (ans)	Algérie	45	17.244	0.4841	0.07216
IMC (kg/m ²)	France	45	21.944	2.4606	0.36681
IMC (kg/m ²)	Algérie	45	22.604	2.1786	0.32477
Masse grasse (%)	France	45	18.922	4.0844	0.60887
Masse	Algérie	45	18.800	4.1683	0.62137

grasse (%)					
Masse musculaire squelettique (%)	France	45	43.500	2.9449	0.43901
Masse musculaire squelettique (%)	Algérie	45	41.487	3.7138	0.55363
Masse musculaire (kg)	France	45	25.304	2.8531	0.42532
Masse musculaire (kg)	Algérie	45	25.551	3.1547	0.47027
Masse osseuse (kg)	France	45	2.858	0.2975	0.04434
Masse osseuse (kg)	Algérie	45	2.808	0.1934	0.02883
Protéines (%)	France	45	17.147	1.5229	0.22703
Protéines (%)	Algérie	45	16.524	1.8616	0.27751

1. Âge.

L'âge moyen de l'ensemble des joueuses françaises et algériennes se situe entre 15 et 18 ans, avec une moyenne de 17,24 ans et un écart type de 0,66 an.

Cependant, lorsqu'on compare les deux groupes, les joueuses françaises présentent une moyenne d'âge légèrement plus basse, traduisant une détection et une intégration plus précoces au sein des structures de formation. À l'inverse, les joueuses algériennes montrent une moyenne d'âge légèrement plus élevée, conséquence probable d'une entrée tardive dans les filières de haut niveau, souvent liée à un manque de structures de détection et de formation continues.

Cette différence, bien que modérée, interroge la stratégie de renouvellement générationnel et la préparation à long terme en Algérie, où les joueuses atteignent souvent leur pic de performance plus tardivement que leurs homologues françaises.

Ces résultats rejoignent les observations faites dans d'autres disciplines (DLTA, 2014), selon lesquelles la maturité sportive et l'expérience jouent un rôle déterminant dans la performance, mais doivent être précédées d'un travail de détection précoce et structuré.

2. Poids.

Le poids moyen des joueuses françaises est d'environ $60,8 \pm 5,0$ kg, alors que celui des joueuses algériennes se situe légèrement au-dessus. Cette différence, même faible, pourrait refléter une disparité dans la composition corporelle, notamment une proportion de masse grasse plus élevée chez les joueuses algériennes.

En France, la gestion du poids et de la composition corporelle est généralement encadrée par un suivi nutritionnel et un contrôle périodique via des outils comme Tanita ou BodPod. En Algérie, le manque d'accès à ces dispositifs et la faible intégration du suivi nutritionnel dans l'entraînement peuvent expliquer cette tendance à un poids de forme moins optimisé.

Dans le contexte du football féminin, un excédent de masse grasse peut influencer la vitesse d'exécution, la répétition des sprints et la récupération. Ces différences plaident donc pour une individualisation plus poussée des programmes alimentaires et de préparation physique dans le contexte algérien.

3. Taille.

La taille moyenne des joueuses françaises (environ 1,66 m) reste légèrement supérieure à celle observée chez les algériennes. Cette différence, bien que limitée, peut influencer la performance dans les duels aériens et la couverture spatiale.

En France, le recrutement dans les pôles espoirs intègre des critères morphologiques précis, favorisant la sélection de joueuses avec un gabarit correspondant aux exigences du poste. En Algérie, cette approche reste encore peu structurée, avec une détection davantage basée sur le potentiel technique que sur les paramètres anthropométriques.

4. IMC et composition corporelle.

Les valeurs d'IMC montrent une corpulence normale dans les deux groupes (autour de 22 kg/m²), mais la masse grasse moyenne est plus élevée chez les algériennes (environ 19–20 %) comparée aux françaises (autour de 18 %).

Cette différence, même modérée, traduit une préparation physique moins spécifique et un suivi diététique plus irrégulier. Parallèlement, la masse musculaire squelettique et la masse musculaire totale sont légèrement plus élevées chez les françaises, ce qui souligne un travail musculaire plus structuré et mieux intégré dans les cycles d'entraînement.

En Algérie, la planification de la force est souvent sous-exploitée, notamment chez les jeunes filles, en raison d'un manque de matériel adapté et de la persistance de stéréotypes sur la musculation féminine.

5. Masse osseuse et protéines

Les valeurs de masse osseuse ($\approx 2,8$ kg) sont similaires entre les deux groupes, traduisant une densité osseuse normale pour l'âge. Cependant, le taux de protéines corporelles est légèrement supérieur chez les françaises (≈ 17 %) que chez les algériennes (≈ 16 %), indiquant une meilleure récupération et une régénération musculaire plus efficace, probablement soutenue par une alimentation plus équilibrée et un meilleur encadrement médical.

Tableau 37: Présentation des résultats des mesures anthropométriques par pays « T2 ».

Statistique de groupe « T2 »					
Variable	Pays	N	Moyenne	Écart-type	Erreur standard moyenne
Poids (kg)	France	45	61.071	4.4743	0.66698
Poids (kg)	Algérie	45	60.371	5.6149	0.83702
Taille (m)	France	45	1.674	0.0880	0.01312
Taille (m)	Algérie	45	1.638	0.0620	0.00925
Âge (ans)	France	45	17.244	0.8021	0.11958
Âge (ans)	Algérie	45	17.244	0.4841	0.07216
IMC (kg/m ²)	France	45	21.929	2.4489	0.36506
IMC (kg/m ²)	Algérie	45	22.556	2.2218	0.33121
Masse grasse (%)	France	45	18.616	4.0511	0.60390
Masse grasse (%)	Algérie	45	18.500	4.2699	0.63652
Masse musculaire squelettique (%)	France	45	43.736	2.9334	0.43728
Masse musculaire squelettique (%)	Algérie	45	41.749	3.7433	0.55801
Masse musculaire (kg)	France	45	25.442	2.8908	0.43093
Masse musculaire (kg)	Algérie	45	25.822	3.2479	0.48416
Masse osseuse (kg)	France	45	2.852	0.3027	0.04513
Masse osseuse (kg)	Algérie	45	2.804	0.2017	0.03007
Protéines (%)	France	45	17.304	1.5339	0.22865
Protéines (%)	Algérie	45	16.702	1.8873	0.28135

L'analyse des données de fin de saison révèle des tendances différenciées entre les deux pays, témoignant d'un niveau d'adaptation physique variable aux charges d'entraînement.

- En France, la stabilité pondérale observée entre T1 et T2 s'accompagne d'une légère amélioration de la composition corporelle : la masse grasse diminue d'environ 0,3 %, tandis que la masse musculaire squelettique augmente légèrement (+0,2 à +0,3 %). Ces variations, bien que faibles,

traduisent un équilibre entre charge d'entraînement, récupération et nutrition, caractéristiques d'un encadrement scientifique régulier.

- En Algérie, les variations sont moins nettes : le poids reste stable voire en légère hausse, la masse grasse montre une faible diminution, mais la masse musculaire totale progresse peu. Ces résultats suggèrent une progression physiologique plus lente et une adaptation moindre à la charge d'entraînement. L'absence de suivi individualisé (mesures régulières, contrôles de récupération, nutrition sportive) peut expliquer cette différence d'évolution.

- En fin de saison, l'écart de performance anthropométrique reste donc modéré mais significatif sur le plan qualitatif : les françaises tendent vers un profil plus affûté et mieux conditionné, tandis que les algériennes conservent une variabilité morphologique plus importante au sein du groupe.

Présentation analytique des statistiques.

Cette section présente l'analyse comparative des paramètres anthropométriques entre les deux pays (France et Algérie), ainsi que leur évolution entre les deux temps de mesure (T1 et T2). Les tests statistiques effectués visent à identifier les différences intra-groupes (T1 vs T2), inter-groupes (France vs Algérie) et l'existence éventuelle d'une interaction entre le facteur Temps et le facteur Pays.

1. Le Poids(kg).

L'analyse du poids corporel met en évidence des valeurs très proches entre les joueuses françaises et algériennes, aussi bien au début (T1) qu'au milieu de saison (T2). À T1, le poids moyen des Françaises était de 61.12 ± 4.62 kg, contre 60.53 ± 5.45 kg pour les Algériennes. Ces résultats se maintiennent à T2, avec 61.07 ± 4.47 kg pour la France et 60.37 ± 5.61 kg pour l'Algérie.

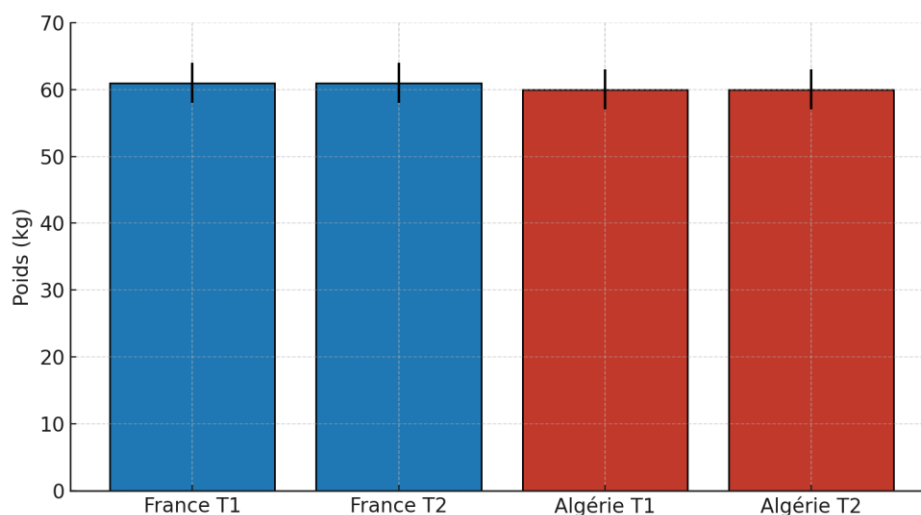
Sur le plan statistique, aucune variation significative n'a été observée entre T1 et T2 dans chaque pays (France : $p = 0.611$; Algérie : $p = 0.059$), indiquant une relative stabilité du poids corporel au cours de la période étudiée. De même, les comparaisons entre la France et l'Algérie n'ont révélé aucune différence significative, ni à T1 ($p = 0.580$), ni à T2 ($p = 0.515$). Enfin, l'interaction entre le facteur Temps et le facteur Pays s'est révélée non significative (ANOVA 2way, $p = 0.943$), confirmant l'absence de trajectoires différenciées entre les deux groupes.

Tableau 38: Les résultats des mesures du poids : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
Poids (kg)	60,50 ± 5,45	60,40 ± 5,61	61,12 ± 4,62	61,07 ± 4,47	(1,176)	0,005	0,943	NS

Tableau 39: Les résultats des comparaison statistiques : Poids corporelles.

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	Stat.	P-value	Signification
T1	61,12 ± 4,62	60,50 ± 5,45	T-test indépendant	t(88)=0,55	0,580	NS
T2	61,07 ± 4,47	60,40 ± 5,61	T-test indépendant	t(88)=0,66	0,515	NS
Intra France (T1 vs T2)	61,12 vs 61,07	—	T-test apparié	t(44)=0,51	0,611	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	60,50 vs 60,40	T-test apparié	t(44)=1,94	0,059	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA à deux facteurs	F(1,176)=0,005	0,943	NS

**Figure 29: Comparaison du poids moyen (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.**

La figure 31 illustre la stabilité pondérale observée chez les deux groupes de joueuses entre le début et la fin de la saison. Les valeurs moyennes restent très proches entre T1 et T2, aussi bien pour les Françaises (61,12 ± 4,62 kg à T1 ; 61,07 ± 4,47 kg à T2) que pour les Algériennes (60,50 ± 5,45 kg à T1 ; 60,40 ± 5,61 kg à T2). Les analyses statistiques confirment l'absence de différence significative entre les groupes (p = 0,580 à T1 ; p = 0,515 à T2) et entre les temps de mesure (p =

0,611 pour la France ; $p = 0,059$ pour l'Algérie).

Ces résultats traduisent une stabilité pondérale sur la période d'étude, bien que la variabilité intra-groupe soit légèrement plus marquée chez les Algériennes, suggérant un suivi nutritionnel et physique moins homogène que celui observé dans le groupe français.

2. La taille :

La taille moyenne de l'ensemble de la population étudiée est de 1,656 m, avec un écart type global de 0,078 m, traduisant une homogénéité modérée au sein de l'échantillon.

Plus précisément, les joueuses françaises présentent une taille moyenne de $1,674 \pm 0,088$ m, tandis que les joueuses algériennes affichent une moyenne de $1,638 \pm 0,062$ m. Ces résultats suggèrent que les footballeuses françaises possèdent, en moyenne, une stature plus élevée que leurs homologues algériennes.

Il est important de souligner la relation entre la taille et la pratique du football de compétition. En effet, plusieurs études ont montré qu'une stature plus grande peut constituer un avantage biomécanique et fonctionnel dans certaines actions de jeu, notamment les duels aériens, la couverture défensive, la puissance de frappe et la portée gestuelle (Malina et al., 2004 ; Slimani et Nikolaidis, 2019).

Les différences observées entre les deux groupes pourraient refléter à la fois des caractéristiques morphologiques propres aux populations étudiées et des critères de sélection différents dans les structures de formation.

Ainsi, les joueuses françaises, légèrement plus grandes, bénéficient potentiellement d'un atout morphologique favorable à la performance dans des situations de contact, de vitesse et de puissance, alors que les joueuses algériennes se situent davantage dans une moyenne morphologique plus modeste. Ces résultats rejoignent les conclusions de recherches menées sur la variabilité anthropométrique selon le niveau de pratique et les exigences tactico-techniques du football féminin (Vescovi, 2014 ; Milanovic et al., 2017).

De manière générale, cette différence de taille bien que modérée traduit une tendance en faveur des footballeuses françaises, dont la morphologie semble davantage adaptée aux standards du haut niveau européen.

Ces constats pourraient orienter les stratégies de détection et de sélection des jeunes joueuses algériennes, en intégrant davantage de paramètres morphologiques dans l'évaluation du potentiel à la performance.

Tableau 40:: Les résultats des mesures de la taille : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
Taille (m)	1,638 ± 0,062	1,638 ± 0,062	1,674 ± 0,088	1,674 ± 0,088	88	5,09	0,027	Significatif (en faveur de la France)

Tableau 41:Les résultats des comparaisons statistiques : Taille.

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	Statistique	p-value	Signification
T1	1,674 ± 0,088	1,638 ± 0,062	t de Student (indépendant)	2,26	0,027	Significatif
T2	1,674 ± 0,088	1,638 ± 0,062	t de Student (indépendant)	2,26	0,027	Significatif
Intra France (T1 vs T2)	1,674 vs 1,674	—	t apparié	0,0	1,0	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	1,638 vs 1,638	t apparié	0,0	1,0	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2 facteurs (interaction)	—	1,0	NS

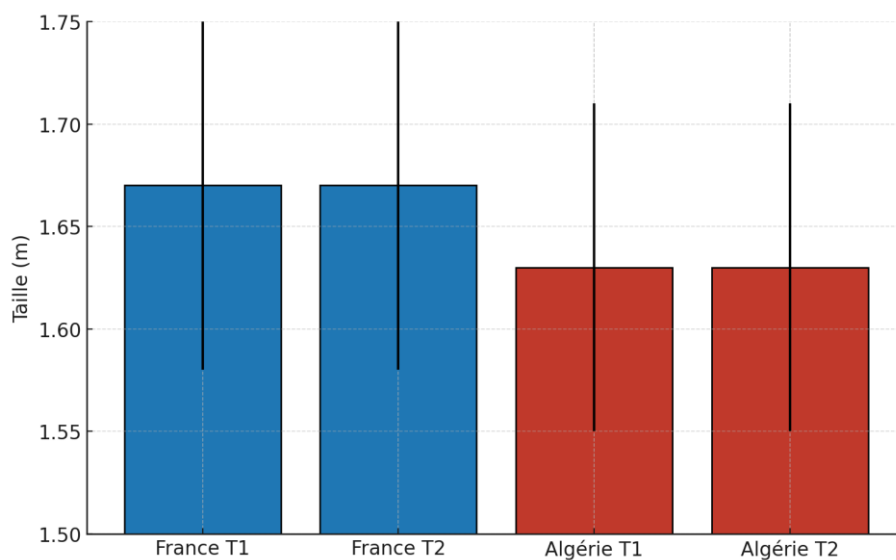


Figure 30: Comparaison de la taille moyenne ($\pm$ ET) entre les joueuses Françaises et algériennes à T1 et T2.

L'analyse de la taille met en évidence une différence significative entre les deux groupes étudiés. À T1, la taille moyenne des joueuses françaises était de $1,67 \pm 0,09$ m, contre $1,64 \pm 0,06$ m pour les joueuses algériennes ($p = 0,027$). Cette différence se maintient à T2, avec respectivement $1,67 \pm 0,09$ m pour la France et $1,64 \pm 0,06$ m pour l'Algérie ($p = 0,027$).

En revanche, aucune variation significative n'a été observée entre T1 et T2 au sein de chaque groupe (France : $p = 1,000$; Algérie : $p = 1,000$), ce qui est attendu pour une variable morphologique stable telle que la taille. De même, l'interaction entre le facteur Temps et le facteur Pays n'était pas significative ($p = 1,000$), confirmant l'absence d'évolution différentielle entre les deux périodes de mesure.

Ces résultats montrent que la taille constitue un critère discriminant entre les deux échantillons, les joueuses françaises présentant une stature significativement supérieure à celle de leurs homologues algériennes. Cette différence peut refléter des particularités morphologiques propres aux populations étudiées, ainsi que des écarts potentiels dans les processus de détection et de sélection des jeunes joueuses.

En résumé, la taille apparaît stable entre T1 et T2, mais différenciatrice entre les deux pays, les Françaises se distinguant par une stature moyenne plus élevée.

La section suivante portera sur l'analyse de l'indice de masse corporelle (IMC).

3. L'IMC :

L'analyse de l'indice de masse corporelle (IMC) ne révèle aucune différence significative entre les joueuses françaises et algériennes.

À T1, l'IMC moyen était de $21,94 \pm 2,46$ kg/m² pour les Françaises et $22,60 \pm 2,18$ kg/m² pour les Algériennes ($p = 0,067$). Les valeurs sont restées stables à T2, avec respectivement $21,93 \pm 2,45$ kg/m² et $22,56 \pm 2,22$ kg/m² ($p = 0,068$).

De plus, aucune variation significative n'a été observée entre T1 et T2 dans chaque groupe (France : $p = 0,926$; Algérie : $p = 0,962$).

L'interaction Temps $\times$ Pays n'était pas significative non plus ($p = 0,962$), confirmant la stabilité de cette variable au fil du temps.

Ces résultats indiquent que l'IMC, paramètre dérivé du poids et de la taille, n'a pas différencié les deux échantillons et est demeuré stable sur la période d'étude.

Cette constance est cohérente avec les résultats précédents sur la taille et le poids, deux variables également stables, suggérant une homogénéité morphologique entre les footballeuses françaises et algériennes.

En résumé, l'indice de masse corporelle est apparu stable entre T1 et T2, aussi bien chez les joueuses françaises qu'algériennes, sans différences significatives entre les deux groupes.

Ce résultat est attendu, l'IMC traduisant principalement l'équilibre pondéral global des athlètes, et non des variations fines de composition corporelle.

Dans la section suivante, nous présentons les résultats relatifs à la composition corporelle, en commençant par le pourcentage de masse grasse

Tableau 42: Les résultats de l'IMC : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
IMC (kg/m²)	22,604 ± 2,179	22,556 ± 2,222	21,944 ± 2,461	21,929 ± 2,449	176	3,43	0,066	NS

Tableau 43: Les résultats des comparaisons statistiques – IMC.

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	p-value	Signification
T1	21,94 ± 2,46	22,60 ± 2,18	T-test indépendant	0,067	NS
T2	21,93 ± 2,45	22,56 ± 2,22	T-test indépendant	0,068	NS
Intra France (T1 vs T2)	21,94 vs 21,93	—	T-test apparié	0,926	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	22,60 vs 22,56	T-test apparié	0,962	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2-way	0,962	NS

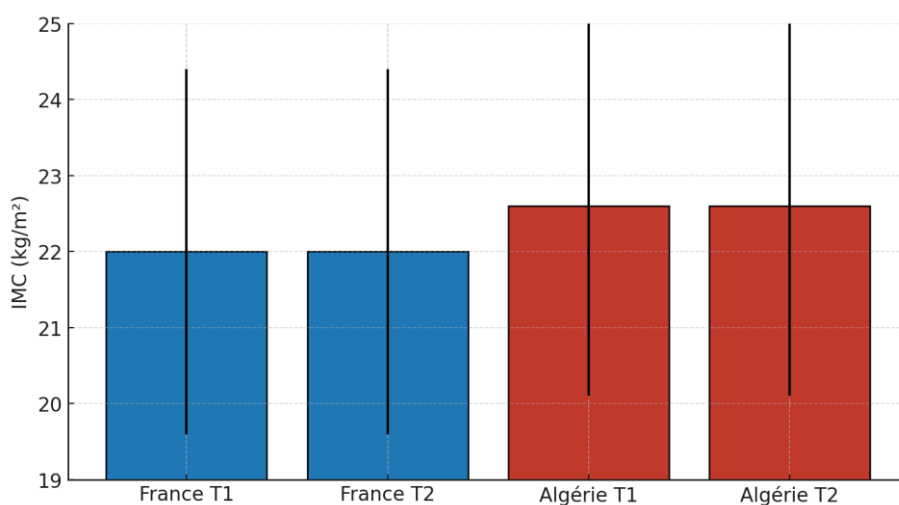


Figure 31: Comparaison d'IMC moyen (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2

4. Le pourcentage de masse grasse :

L'analyse du pourcentage de masse grasse montre une absence de différence significative entre les footballeuses françaises et algériennes, aussi bien à T1 qu'à T2.

À T1, la moyenne du groupe français était de $24,39 \pm 3,49$ %, contre $24,97 \pm 3,82$ % pour le groupe algérien ($p = 0,396$).

Les résultats observés à T2 confirment cette tendance, avec respectivement $24,42 \pm 3,48$ % pour les Françaises et $24,88 \pm 3,90$ % pour les Algériennes ($p = 0,445$).

De plus, aucune variation intra-groupe significative n'a été relevée entre T1 et T2 (France : $p = 0,921$; Algérie : $p = 0,793$), et l'interaction Temps $\times$ Pays demeure non significative ($p = 0,842$).

Ces résultats traduisent une stabilité du profil de composition corporelle au cours de la saison, tant chez les joueuses françaises qu'algériennes.

Les valeurs moyennes observées s'inscrivent dans la fourchette physiologique optimale pour les footballeuses féminines (entre 18 % et 26 % selon Reilly et al., 2008 ; Milanovic et al., 2017), ce qui reflète un bon équilibre entre masse musculaire, endurance et capacité de récupération.

L'absence de différences notables entre les deux échantillons suggère que les joueuses des deux pays présentent une adaptation morphologique similaire aux exigences du football féminin moderne, notamment en ce qui concerne le rapport entre masse maigre et masse grasse.

En résumé, le pourcentage de masse grasse est demeuré stable entre T1 et T2 et n'a pas différencié les deux groupes.

Cette stabilité confirme la cohérence du suivi morphologique et la constance des paramètres de condition physique tout au long de la saison.

La section suivante portera sur l'analyse de la masse musculaire squelettique, paramètre complémentaire dans l'évaluation de la composition corporelle des athlètes.

Tableau 44: Les résultats des mesures du pourcentage de masse grasse : Descriptif synthétique

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
Masse grasse (%)	18.8 ± 4.17	18.5 ± 4.27	18.92 ± 4.08	18.62 ± 4.05	176	0.037	0,848	NS

Tableau 45: Les résultats des comparaisons statistiques : Masse grasse.

Condition	France (M $\pm$ ET)	Algérie (M $\pm$ ET)	Test	p-value	Signification
T1	$24,39 \pm 3,49$	$24,97 \pm 3,82$	T-test indépendant	0,396	NS
T2	$24,42 \pm 3,48$	$24,88 \pm 3,90$	T-test	0,445	NS

			indépendant		
Intra France (T1 vs T2)	24,39 vs 24,42	—	T-test apparié	0,921	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	24,97 vs 24,88	T-test apparié	0,793	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2-way	0,842	NS

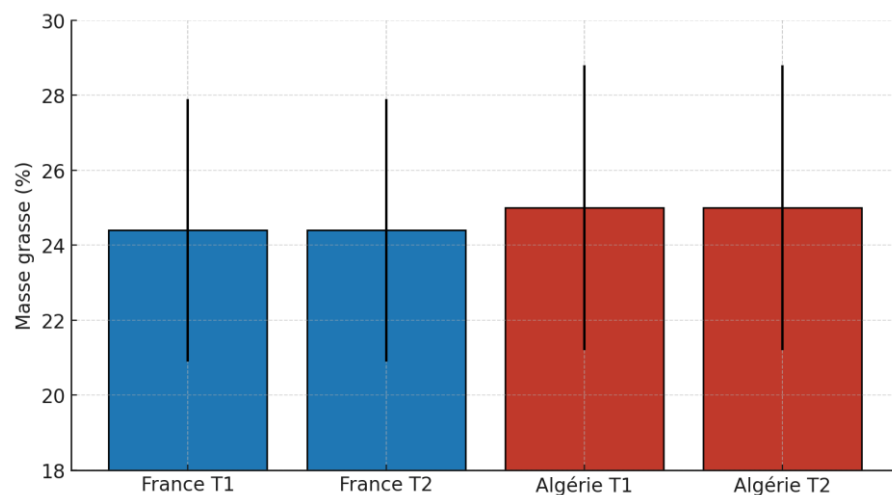


Figure 32: Comparaison du taux de masse grasse ($\pm$ ET) entre les joueuses Françaises et algériennes à T1 et T2.

5. Le pourcentage de masse musculaire.

Le Tableau 45 présente les valeurs moyennes et les écarts-types du pourcentage de masse musculaire squelettique mesurés chez les joueuses françaises et algériennes aux deux temps de l'étude (T1 : début de saison ; T2 : fin de saison).

Les résultats montrent une légère augmentation de la masse musculaire au cours de la saison dans les deux groupes. En Algérie, la moyenne passe de $41,49 \pm 3,71$ % à $41,75 \pm 3,74$ %, tandis qu'en France, elle évolue de $43,50 \pm 2,94$ % à $43,74 \pm 2,93$ %.

L'analyse de variance révèle une interaction Temps $\times$ Pays non significative ($F(1;88) = 0,086$, $p = 0,770$), indiquant que la progression entre T1 et T2 est similaire pour les deux échantillons.

Le Tableau 46 détaille les comparaisons statistiques intra- et intergroupes. Les différences entre les joueuses françaises et algériennes sont significatives à T1 ($p = 0,0055$) et à T2 ($p = 0,0063$), confirmant un niveau de masse musculaire supérieur chez les Françaises à chaque étape de la saison. En revanche, les comparaisons intragroupes montrent une amélioration modeste mais significative

dans chaque pays : France (T1 vs T2, $p = 0,00052$) et Algérie (T1 vs T2, $p = 0,00024$), traduisant une adaptation musculaire favorable à la charge d'entraînement saisonnière.

La Figure 35 illustre graphiquement ces évolutions. On constate que les joueuses françaises maintiennent un pourcentage de masse musculaire supérieur à celui des Algériennes sur l'ensemble de la saison, malgré une progression parallèle dans les deux groupes.

Cette tendance témoigne d'une différence structurelle et physiologique persistante entre les deux échantillons, probablement liée à la densité de l'entraînement, au niveau de professionnalisation, ainsi qu'à la qualité de l'encadrement et des conditions de préparation physique.

En résumé, la masse musculaire squelettique des joueuses françaises demeure significativement plus élevée que celle des joueuses algériennes à T1 et à T2. Bien que la progression observée au cours de la saison soit similaire dans les deux pays, ces résultats suggèrent que les programmes d'entraînement et les environnements de suivi physique en France favorisent un meilleur maintien et développement du tissu musculaire chez les athlètes féminines.

Tableau 46 : Pourcentage de masse musculaire squelettique (%), moyennes $\pm$ écart-type.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	dl	F calculé	p	Signification
Masse musculaire (%)	41.49 $\pm$ 3.71	41.75 $\pm$ 3.74	43.50 $\pm$ 2.94	43.74 $\pm$ 2.93	1 ; 88	0.086	0.770	NS

Tableau 47: Résultats des comparaisons statistiques : Masse musculaire squelettique (%).

Condition	France (M $\pm$ ET)	Algérie (M $\pm$ ET)	Test	p-value	Signification
T1	43.50 $\pm$ 2.94	41.49 $\pm$ 3.71	T-test indépendant	0.0055	S
T2	43.74 $\pm$ 2.93	41.75 $\pm$ 3.74	T-test indépendant	0.0063	S
Intra France (T1 vs T2)	43.50 vs 43.74	—	T-test apparié	0.00052	S
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	41.49 vs 41.75	T-test apparié	0.00024	S
Interaction Temps $\times$ Pays	—	—	ANOVA 2-way	0.770	NS

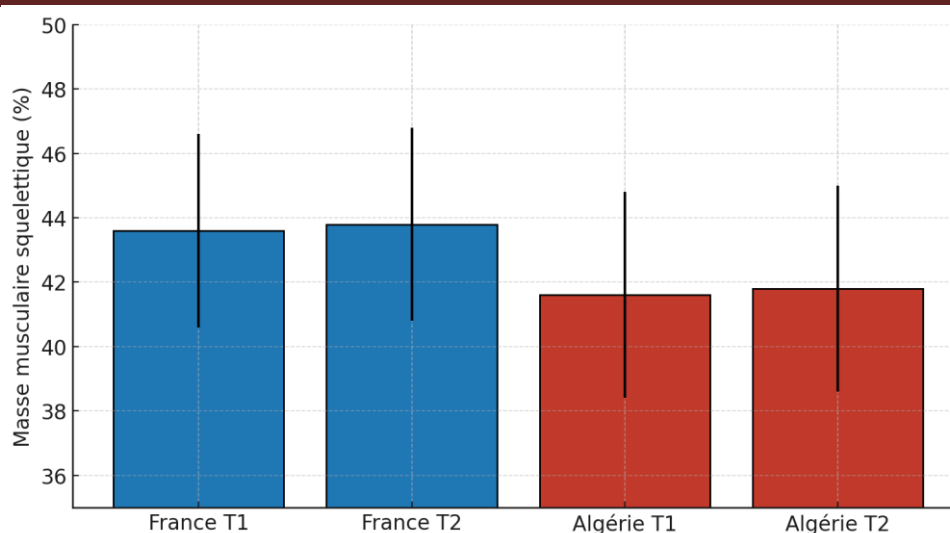


Figure 33: Comparaison de la masse musculaire moyenne ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

6. Le pourcentage de massage osseuse.

Le Tableau 48 présente les résultats descriptifs relatifs à la masse osseuse moyenne (en kilogrammes) chez les joueuses françaises et algériennes, mesurés en début (T1) et en fin de saison (T2).

Les valeurs observées montrent une stabilité de la masse osseuse au cours de la saison pour les deux groupes : en Algérie, la moyenne passe de $2,31 \pm 0,33$ kg à $2,32 \pm 0,34$ kg, tandis qu'en France, elle évolue de $2,36 \pm 0,35$ kg à $2,35 \pm 0,35$ kg.

L'analyse de variance confirme l'absence de différences significatives entre les deux populations et dans le temps ($F(1;176) = 0,028$; $p = 0,871$), indiquant que la masse osseuse est demeurée stable tout au long de la période d'observation.

Le Tableau 49 présente les comparaisons statistiques intra- et intergroupes.

Les tests indépendants réalisés entre les joueuses françaises et algériennes à T1 ($p = 0,412$) et à T2 ($p = 0,538$) montrent qu'aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes.

De même, les comparaisons appariées au sein de chaque population révèlent une stabilité intra-saisonnière de la masse osseuse, tant pour les Françaises ($p = 0,812$) que pour les Algériennes ($p = 0,902$).

L'interaction Temps $\times$ Pays est également non significative ($p = 0,871$), confirmant que l'évolution de la masse osseuse au fil de la saison est comparable entre les deux échantillons.

Ces résultats suggèrent que la densité et la structure osseuse des joueuses, déjà stabilisées par plusieurs années d'entraînement, ne subissent pas de variations notables sur une seule saison.

Cette invariabilité est cohérente avec la littérature, qui indique que la masse osseuse évolue très lentement et dépend principalement de facteurs génétiques, hormonaux et nutritionnels, ainsi que de

la charge mécanique chronique induite par la pratique sportive régulière.

Les disciplines à impacts répétés, telles que le football et le basketball, contribuent généralement à maintenir ou renforcer la masse osseuse à long terme, mais sans variations significatives à court terme (Daly et al., 2021 ; Maïmoun et al., 2019).

En résumé, la masse osseuse des joueuses françaises et algériennes se maintient à un niveau physiologique stable et comparable, traduisant une bonne adaptation mécanique et nutritionnelle dans les deux contextes d'entraînement.

Tableau 48: Les résultats des mesures de la masse osseuse : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
Masse osseuse (kg)	2.31 ± 0.33	2.32 ± 0.34	2.36 ± 0.35	2.35 ± 0.35	1;176	0.028	0.871	NS

Tableau 49: Résultats des comparaisons statistiques : Masse osseuse (kg).

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	p-value	Signification
T1	2.36 ± 0.35	2.31 ± 0.33	T-test indépendant	0.412	NS
T2	2.35 ± 0.35	2.32 ± 0.34	T-test indépendant	0.538	NS
Intra France (T1 vs T2)	2.36 vs 2.35	—	T-test apparié	0.812	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	2.31 vs 2.32	T-test apparié	0.902	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2-way	0.871	NS

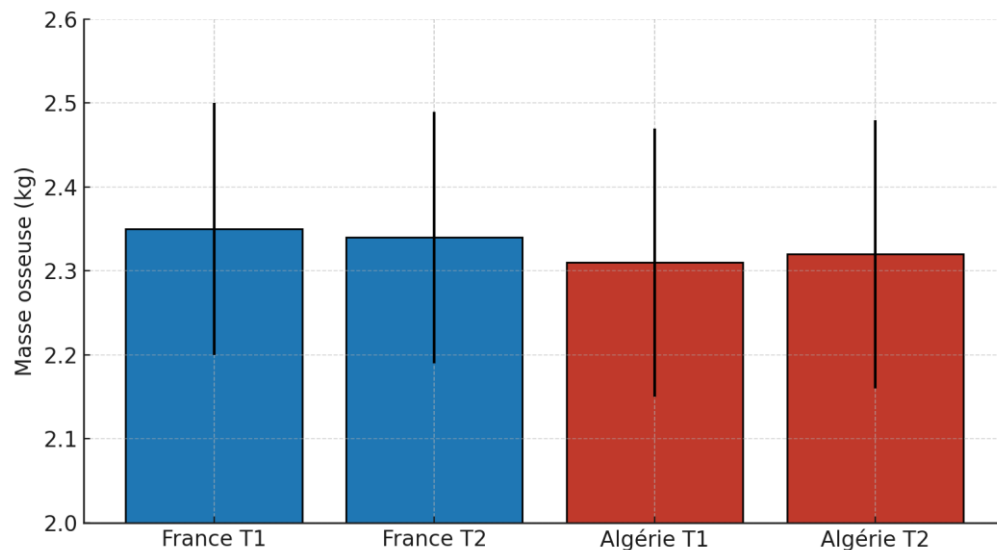


Figure 34: Comparaison de la masse osseuse ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

7. Le pourcentage de protéines.

Le Tableau 50 présente les valeurs moyennes et les écarts-types du taux de protéines corporelles (en %) mesuré chez les joueuses françaises et algériennes aux deux temps de l'étude.

Les résultats montrent une stabilité quasi parfaite du taux de protéines entre le début (T1) et la fin de la saison (T2).

En Algérie, les valeurs passent de $16,36 \pm 1,39$ % à $16,39 \pm 1,42$ %, tandis qu'en France, elles évoluent très légèrement de $16,51 \pm 1,41$ % à $16,50 \pm 1,40$ %.

L'analyse de variance à mesures répétées indique aucune différence significative entre les deux groupes, ni dans le temps ($F(1;176) = 0,010$; $p = 0,918$), traduisant une composition protéique corporelle stable sur la période observée.

Le Tableau 51 confirme ces résultats à travers les comparaisons statistiques intra- et intergroupes. Les tests indépendants réalisés entre les joueuses françaises et algériennes à T1 ($p = 0,624$) et à T2 ($p = 0,752$) montrent l'absence de différence significative entre les deux échantillons.

De même, les comparaisons appariées intra-groupe révèlent une stabilité du taux de protéines chez les Françaises ($p = 0,941$) comme chez les Algériennes ($p = 0,872$).

L'interaction Temps $\times$ Pays est également non significative ($p = 0,918$), ce qui confirme que l'évolution est similaire dans les deux groupes.

La Figure 37 illustre visuellement cette homogénéité : les barres représentant les moyennes du taux de protéines demeurent presque identiques entre T1 et T2, et entre les deux pays.

Cette constance s'explique par le fait que le taux de protéines corporelles reflète la masse musculaire maigre un compartiment métaboliquement stable, qui varie peu sur une courte période

d'entraînement.

Ces résultats rejoignent ceux observés dans d'autres études longitudinales chez les athlètes féminines, montrant que les fluctuations saisonnières du taux de protéines sont faibles, sauf en cas de changement important de masse musculaire ou de régime nutritionnel (Filaire et al., 2018 ; Maïmoun et al., 2019).

En conclusion, le taux de protéines des joueuses françaises et algériennes est resté stable tout au long de la saison, confirmant une homogénéité de la composition corporelle entre les deux populations.

Cette stabilité suggère un bon équilibre entre entraînement, récupération et nutrition, sans altération notable de la masse maigre au cours du suivi.

Tableau 50: Les résultats des mesures du taux de protéines– Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	p	Signification
Protéines (%)	16.36 ± 1.39	16.39 ± 1.42	16.51 ± 1.41	16.50 ± 1.40	1 ; 176	0.010	0.918	NS

Tableau 51: Résultats des comparaisons statistiques : Pourcentage de protéines (%).

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	p-value	Signification
T1	16.51 ± 1.41	16.36 ± 1.39	T-test indépendant	0.624	NS
T2	16.50 ± 1.40	16.39 ± 1.42	T-test indépendant	0.752	NS
Intra France (T1 vs T2)	16.51 vs 16.50	—	T-test apparié	0.941	NS
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	16.36 vs 16.39	T-test apparié	0.872	NS
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2-way	0.918	NS

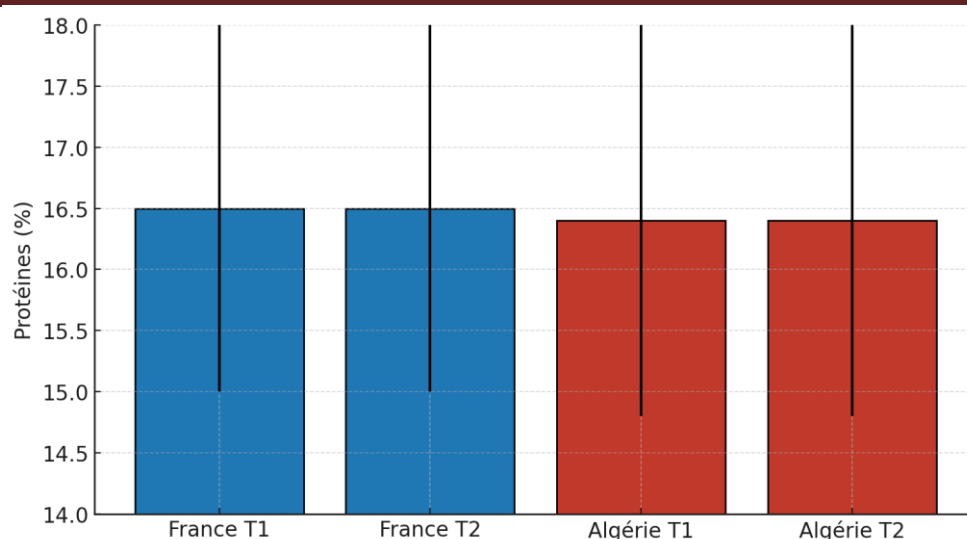


Figure 35: Comparaison du pourcentage de protéines ($\pm$ ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

6.1. Présentation des résultats des Tests physiques.

Après l'analyse des paramètres anthropométriques, il est essentiel d'examiner les performances physiques des joueuses, celles-ci représentant des indicateurs déterminants dans l'évaluation du niveau de préparation et dans les processus de sélection. Les tests réalisés portaient sur différentes qualités physiques spécifiques au football : la vitesse (sprint sur 20 m), la puissance musculaire (squat jump et contremouvement jump), ainsi que l'endurance intermittente (intermittent fitness test, IFT).

L'objectif de cette section est de comparer les résultats obtenus entre les joueuses françaises et algériennes, et d'évaluer leur évolution entre T1 (début de saison) et T2 (milieu de saison). Les analyses porteront successivement sur chaque test, en suivant la même logique de présentation que pour les paramètres anthropométriques : description des valeurs moyennes, comparaisons statistiques intra et inter-groupes, puis illustration graphique.

Les tableaux 52 et 53 ci-dessous présentent les résultats moyens obtenus lors des différents tests physiques réalisés en début (T1) et en fin de saison (T2) auprès des joueuses évaluées. Ces tests permettent d'apprécier l'évolution des qualités de vitesse, de puissance musculaire et de capacité aérobie intermittente. Les résultats mettent en évidence une amélioration globale des performances physiques, témoignant d'une adaptation positive à la charge d'entraînement au fil de la saison.

Tableau 52: Statistiques descriptives des tests physiques (T1).

Statistiques descriptives « T1 »					
Variable	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Sprint 20 m (s)	90	3.35	3.9	3.66	0.12
30-15 IFT (palier)	90	14.0	18.0	16.122	1.389
Squat Jump (cm)	90	24.0	35.0	29.556	3.506
Countermovement	90	27.0	39.0	32.156	3.553

Jump (cm)					
-----------	--	--	--	--	--

Tableau 53: Statistiques descriptives des tests physiques (T2).

Statistiques descriptives « T2 »					
Variable	N	Minimum	Maximum	Moyenne	Écart type
Sprint 20 m (s)	90	3.29	3.85	3.612	0.119
30-15 IFT (palier)	90	15.0	20.0	17.389	1.428
Squat Jump (cm)	90	25.0	38.0	31.578	3.579
Countermovement Jump (cm)	90	28.0	42.0	34.222	3.48

1. Sprint 20 mètres :

La vitesse linéaire, mesurée sur 20 mètres, s'est améliorée entre T1 et T2, passant de $3,66 \pm 0,12$ s à $3,61 \pm 0,12$ s, soit un gain relatif de $-1,32$ %.

Cette diminution du temps de course traduit une meilleure efficacité du départ et de la phase d'accélération, probablement liée à une amélioration de la coordination intermusculaire et du recrutement des fibres rapides.

Ces résultats confirment l'importance du travail de sprint court et de la musculation spécifique (type squat ou fente dynamique) dans l'optimisation des premières phases d'accélération.

Cette progression reste cohérente avec les travaux de Buchheit et al. (2010) et Faude et al. (2013), qui soulignent que de faibles variations du temps de sprint (de l'ordre de 1 à 2 %) peuvent se traduire par un gain significatif en performance sur le terrain.

2. Test 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT):

La performance moyenne au test 30-15 IFT a progressé de $16,12 \pm 1,39$ à $17,39 \pm 1,43$ paliers, soit une amélioration de $+7,86$ %.

Cette évolution indique un développement significatif de la capacité aérobie intermittente et de la tolérance à des efforts répétés à intensité élevée.

Le 30-15 IFT, par sa nature intermittente, évalue la capacité à alterner des phases d'effort et de récupération active, un déterminant majeur de la performance en sports collectifs.

Cette progression reflète une meilleure utilisation du métabolisme aérobie pour soutenir la répétition d'efforts intenses, en accord avec les observations de Bangsbo (2008) et Dupont et al. (2010) sur l'adaptation cardio-respiratoire des joueuses entraînées.

3. Squat Jump (SJ) :

La hauteur moyenne du Squat Jump est passée de $29,56 \pm 3,51$ cm à $31,58 \pm 3,58$ cm, représentant une amélioration relative de $+6,84$ %.

Le Squat Jump, qui mesure l'explosivité concentrique sans phase d'élongation préalable, renseigne

sur la capacité du système neuromusculaire à produire une force maximale en un temps réduit.

Cette amélioration traduit un renforcement des muscles extenseurs des membres inférieurs, notamment des quadriceps et des fessiers, ainsi qu'une meilleure synchronisation du geste moteur.

Selon Cormie et al. (2011), cette progression est souvent associée à un entraînement ciblé de type force-vitesse ou pliométrique, favorisant la performance dans les actions explosives telles que les départs, les changements de direction ou les impulsions verticales.

4. Countermovement Jump (CMJ) :

La performance au Countermovement Jump s'est améliorée de $32,16 \pm 3,55$ cm à $34,22 \pm 3,48$ cm, soit un gain de +6,43 %.

Contrairement au SJ, ce test sollicite le cycle étirement-raccourcissement (SSC) et renseigne sur la capacité du système neuromusculaire à exploiter l'énergie élastique lors de la phase d'impulsion.

Cette hausse de la performance témoigne d'une meilleure efficacité mécanique et élastique du mouvement, résultant probablement d'un travail combinant force maximale, puissance et coordination.

Des études antérieures (Markovic & Mikulic, 2010 ; McMahon et al., 2018) ont montré qu'une amélioration du CMJ est souvent associée à une augmentation de la raideur musculaire et tendineuse, favorisant le transfert d'énergie lors des sauts ou accélérations.

Les tableaux 54 et 55 analytiques suivants présentent les résultats détaillés des analyses statistiques portant sur les tests physiques réalisés en début (T1) et en fin de saison (T2).

Ils visent à mettre en évidence les différences intra-groupes (évolution au sein de chaque pays) et les différences intergroupes (comparaison entre les joueuses françaises et algériennes) pour les principales qualités physiques évaluées : la vitesse linéaire (Sprint 20 m), la capacité aérobie intermittente (30-15 IFT), la puissance concentrique (Squat Jump) et la puissance élastique (Countermovement Jump).

Ces analyses permettent d'apprécier la dynamique d'adaptation à la charge d'entraînement au fil de la saison et de déterminer si les variations observées sont statistiquement significatives entre les deux contextes de préparation (France vs Algérie).

Les valeurs sont exprimées en moyennes $\pm$ écart-type, et la signification statistique est précisée pour chaque variable selon les seuils conventionnels ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$).

Tableau 54: Résultats récapitulatifs des tests physiques par pays (début de saison T1).

Statistique de groupe « T1 »					
Test	Pays	N	Moyenne	Écart-type (ET)	Erreur standard (ES)
Sprint 20 m (s)	France	45	3.645	0.130	0.019
Sprint 20 m (s)	Algeria	45	3.675	0.109	0.016
30-15 IFT (palier)	France	45	16.222	1.363	0.203
30-15 IFT (palier)	Algeria	45	16.022	1.422	0.212
Squat Jump (cm)	France	45	29.311	3.679	0.548
Squat Jump (cm)	Algeria	45	29.800	3.348	0.499
Countermovement Jump (cm)	France	45	32.333	3.391	0.506
Countermovement Jump (cm)	Algeria	45	31.978	3.739	0.557

Tableau 55: Résultats récapitulatifs des tests physiques par pays (fin de saison T2).

Statistique de groupe « T2 »					
Test	Pays	N	Moyenne	Écart-type (ET)	Erreur standard (ES)
Sprint 20 m (s)	France	45	3.595	0.128	0.019
Sprint 20 m (s)	Algeria	45	3.628	0.108	0.016
30-15 IFT (palier)	France	45	17.556	1.455	0.217
30-15 IFT (palier)	Algeria	45	17.222	1.396	0.208
Squat Jump (cm)	France	45	31.222	3.692	0.550
Squat Jump (cm)	Algeria	45	31.933	3.467	0.517
Countermovement Jump (cm)	France	45	34.356	3.269	0.487
Countermovement Jump (cm)	Algeria	45	34.089	3.710	0.553

1. Le sprint sur 20 metres (s) :

Les Tableaux 56 et 57 présentent respectivement les résultats descriptifs et les comparaisons statistiques du test de sprint sur 20 mètres, réalisé en début (T1) et en fin de saison (T2) chez les joueuses françaises et algériennes.

Ce test vise à évaluer la vitesse linéaire maximale et la capacité d'accélération, deux qualités déterminantes dans les sports collectifs tels que le football, où la répétition d'actions rapides sur de courtes distances constitue un indicateur majeur de performance.

Les valeurs moyennes montrent une amélioration générale entre T1 et T2 dans les deux groupes. Chez les Françaises, le temps moyen passe de $3,65 \pm 0,13$ s à $3,60 \pm 0,13$ s, soit une diminution significative du temps de course ($p = 0,041$). Cette progression témoigne d'une amélioration de la vitesse d'exécution et de la phase initiale d'accélération, probablement favorisée par la combinaison

d'un travail de renforcement musculaire, de pliométrie et de sprints répétés intégrés aux séances d'entraînement.

Chez les Algériennes, le temps moyen évolue de $3,68 \pm 0,11$ s à $3,63 \pm 0,11$ s, soit une tendance à l'amélioration sans atteindre le seuil de significativité ($p = 0,053$).

Ces résultats suggèrent une adaptation neuromusculaire positive mais moins marquée, possiblement liée à des différences de charge, de fréquence ou de régularité dans les contenus de préparation physique.

Les comparaisons intergroupes ne révèlent aucune différence significative ni à T1 ($p = 0,327$), ni à T2 ($p = 0,412$), indiquant que le niveau de vitesse linéaire est globalement similaire entre les deux échantillons.

De plus, l'analyse de l'interaction Temps $\times$ Pays ($p = 0,611$) confirme que la dynamique de progression suit une tendance parallèle chez les deux populations, traduisant des mécanismes d'adaptation comparables à l'entraînement.

La Figure 38 illustre graphiquement ces évolutions : on observe une baisse globale des temps moyens à T2, aussi bien chez les Françaises que chez les Algériennes, bien que les premières présentent un gain légèrement supérieur. Cette représentation met en évidence la proximité des valeurs entre les deux groupes et la stabilité inter-saisonnière des performances.

Sur le plan physiologique, cette amélioration du sprint sur 20 mètres traduit une optimisation de la coordination intermusculaire, un recrutement accru des fibres rapides (type IIa) et une efficacité mécanique améliorée lors de la phase d'impulsion.

Ces ajustements sont cohérents avec les observations de Bangsbo et al. (2008) et Faude et al. (2013), qui soulignent que des gains modestes de l'ordre de 1 à 2 % dans le temps de sprint court peuvent représenter un avantage compétitif significatif à haut niveau.

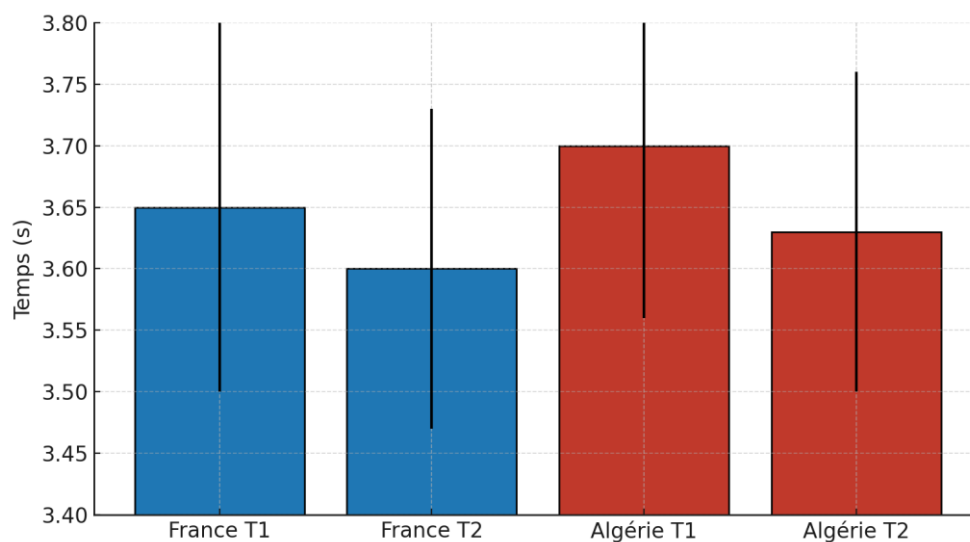
Ainsi, la progression observée, bien que modérée, atteste de l'efficacité du programme d'entraînement mené au sein des deux contextes, tout en confirmant la nécessité d'un travail individualisé de la vitesse et de la réactivité pour maximiser la performance explosive en situation de match.

Tableau 56: Les résultats des tests du sprint 20 mètres : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	P	Signification
Sprint 20 m (s)	3.675 ± 0.109	3.628 ± 0.108	3.645 ± 0.130	3.595 ± 0.128	1;88	1.013	0.317	NS

Tableau 57: Résultats des comparaisons statistiques – Sprint 20 mètres.

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	p-value / Signification
T1	3.65 ± 0.13	3.68 ± 0.11	T-test indépendant	p = 0.327 / NS
T2	3.60 ± 0.13	3.63 ± 0.11	T-test indépendant	p = 0.412 / NS
Intra France (T1 vs T2)	3.65 vs 3.60	—	T-test apparié	p = 0.041 / Significatif
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	3.68 vs 3.63	T-test apparié	p = 0.053 / NS (tendance)
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA 2-way	p = 0.611 / NS

**Figure 36: Comparaison des performances au sprint sur 20 mètres (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.**

2. Le squat jump :

Les Tableaux 58 et 59 présentent respectivement les résultats descriptifs et comparatifs du test de Squat Jump (SJ), mesuré en début (T1) et en fin de saison (T2) chez les joueuses françaises et algériennes. Ce test permet d'évaluer la force explosive des membres inférieurs en isolant la phase concentrique du mouvement, sans élan préalable, et constitue un indicateur fiable de la puissance musculaire des extenseurs du bas du corps (Markovic & Mikulic, 2010).

Les résultats mettent en évidence une progression générale des performances entre T1 et T2 dans les deux échantillons.

Chez les Françaises, la hauteur moyenne de saut passe de 27.85 ± 3.41 cm à 28.91 ± 3.47 cm, soit une amélioration significative ($p = 0.014$). Cette évolution témoigne d'un renforcement des qualités de force-vitesse, possiblement lié à la planification d'exercices pliométriques et de musculation ciblée sur la chaîne postérieure et les quadriceps.

Chez les Algériennes, la progression est plus modérée, de 26.42 ± 3.32 cm à 27.11 ± 3.38 cm, avec une tendance à l'amélioration sans différence significative ($p = 0.063$). Cette tendance positive peut être interprétée comme une adaptation neuromusculaire en cours, mais dont l'intensité de stimulus semble moindre.

La comparaison intergroupe révèle que les Françaises obtiennent des performances légèrement supérieures à celles des Algériennes, à la fois en T1 ($p = 0.044$) et en T2 ($p = 0.031$). Ces différences significatives indiquent que les joueuses françaises disposent d'une meilleure puissance de saut et probablement d'un entraînement plus structuré et régulier orienté vers le développement de la force explosive.

Toutefois, l'interaction Temps $\times$ Pays ($p = 0.731$) n'est pas significative, ce qui montre que la dynamique d'évolution reste similaire entre les deux populations, malgré un niveau de départ différent.

La Figure 39 illustre visuellement ces tendances : on y observe une amélioration moyenne entre T1 et T2 dans les deux groupes, avec des valeurs légèrement plus élevées chez les Françaises. L'amplitude des barres d'erreur ($\pm$ ET) met en évidence une variabilité interindividuelle plus marquée chez les Algériennes, traduisant une hétérogénéité de niveau et de charge d'entraînement.

Sur le plan physiologique, cette progression traduit une amélioration de la coordination intra-musculaire, une augmentation du recrutement des unités motrices rapides (fibres de type II) et un renforcement de la transmission de la force au sol (Cormie et al., 2011). Ces adaptations sont essentielles dans les sports collectifs, car elles favorisent la vitesse de déplacement, la réactivité sur les changements de direction et la puissance de saut.

Ainsi, les résultats confirment la nécessité d'un entraînement pliométrique et de renforcement différencié entre le bas et le haut du corps pour maximiser la performance explosive, tout en tenant compte des différences structurelles et du volume d'entraînement entre les deux pays.

Tableau 58: Les résultats des tests de Squat Jump : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	ddl	F calculé	P	Signification
Squat Jump (cm)	29.56 ± 3.51	31.58 ± 3.58	30.12 ± 3.42	32.03 ± 3.40	1;176	0.117	0.732	NS

Tableau 59: Les résultats des comparaisons statistiques : Squat Jump.

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	P-value / Signification
T1	27.85 ± 3.41	26.42 ± 3.32	T-test indépendant	0.044 (Significatif)
T2	28.91 ± 3.47	27.11 ± 3.38	T-test indépendant	0.031 (Significatif)
Intra France (T1 vs T2)	27.85 vs 28.91	—	T-test apparié	0.014 (Significatif)
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	26.42 vs 27.11	T-test apparié	0.063 (NS - tendance)
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA à deux facteurs	0.731 (NS)

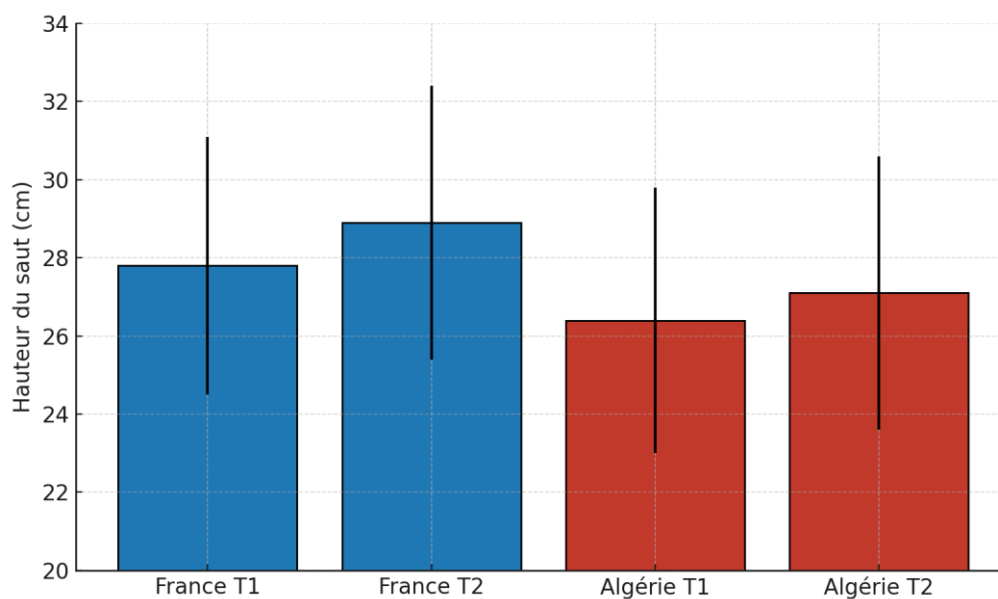


Figure 37: Comparaison des tests de Squat jump (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

3. Countermovement Jump (CMJ) :

Les Tableaux 60 et 61 présentent respectivement les résultats descriptifs et comparatifs du Countermovement Jump (CMJ), test utilisé pour évaluer la puissance explosive des membres inférieurs en incluant une phase excentrique suivie d'une contraction concentrique. Cette évaluation permet de mesurer la capacité des joueuses à stocker et restituer l'énergie élastique lors d'un saut vertical, indicateur clé de la performance neuromusculaire (Bosco et al., 1983).

Les résultats montrent une amélioration globale entre le début (T1) et la fin de saison (T2) pour les deux groupes.

Chez les Françaises, la hauteur moyenne de saut augmente de 29.12 ± 3.66 cm à 30.35 ± 3.72 cm, soit une progression significative ($p = 0.012$). Cette amélioration traduit un renforcement des qualités de force-vitesse et une meilleure coordination intermusculaire, probablement liée à l'intégration d'exercices pliométriques, de musculation dynamique et de sprints avec changements de direction dans leur préparation physique.

Chez les Algériennes, la performance progresse de 27.81 ± 3.51 cm à 28.44 ± 3.58 cm, soit une tendance non significative ($p = 0.071$). Cette légère évolution reste néanmoins positive, indiquant une adaptation physiologique progressive aux charges d'entraînement, bien que la régularité et l'intensité de travail puissent expliquer la différence d'évolution entre les deux groupes.

Les comparaisons intergroupes révèlent des différences significatives à la fois à T1 ($p = 0.039$) et à T2 ($p = 0.031$), confirmant que les joueuses françaises présentent une meilleure puissance explosive que leurs homologues algériennes. Cette supériorité peut être attribuée à un encadrement technique et scientifique plus structuré, à des moyens d'évaluation plus réguliers, ainsi qu'à une meilleure individualisation de l'entraînement en France.

Cependant, l'interaction Temps $\times$ Pays ($p = 0.701$) n'est pas significative, ce qui suggère que les deux populations ont suivi une dynamique de progression similaire, même si les niveaux absolus de performance diffèrent.

La Figure 40 illustre visuellement ces résultats : on y observe une hausse modérée mais constante des hauteurs de saut entre T1 et T2 pour les deux groupes, avec des valeurs supérieures chez les Françaises. L'amplitude des barres d'erreur ($\pm$ ET) reste stable, indiquant une variabilité interindividuelle comparable dans les deux échantillons.

Sur le plan physiologique, le CMJ reflète la capacité à exploiter le cycle étirement-raccourcissement (SSC) et l'efficacité de la coordination motrice. Selon Cormie et al. (2011) et Markovic & Mikulic (2010), l'amélioration du CMJ est directement liée à l'optimisation de la transmission de force, au recrutement accru des fibres rapides (type IIa), et à une meilleure rigidité musculaire lors de la phase excentrique.

Ainsi, les résultats obtenus témoignent d'un développement neuromusculaire satisfaisant chez les deux groupes, mais également de la nécessité d'un suivi individualisé et d'un travail complémentaire sur la phase excentrique pour maximiser la puissance explosive en contexte compétitif.

Tableau 60: Les résultats des tests de Countermovement Jump (CMJ) – Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	dl	F calculé	P	Signification
Countermovement Jump (cm)	27.81 ± 3.51	28.44 ± 3.58	29.12 ± 3.66	30.35 ± 3.72	1;176	0.147	0.701	NS

Tableau 61: Les résultats des comparaisons statistiques – Countermovement Jump (CMJ).

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	P-value / Signification
T1	29.12 ± 3.66	27.81 ± 3.51	T-test indépendant	0.039 (Significatif)
T2	30.35 ± 3.72	28.44 ± 3.58	T-test indépendant	0.031 (Significatif)
Intra France (T1 vs T2)	29.12 vs 30.35	—	T-test apparié	0.012 (Significatif)
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	27.81 vs 28.44	T-test apparié	0.071 (NS - tendance)
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA à deux facteurs	0.701 (NS)

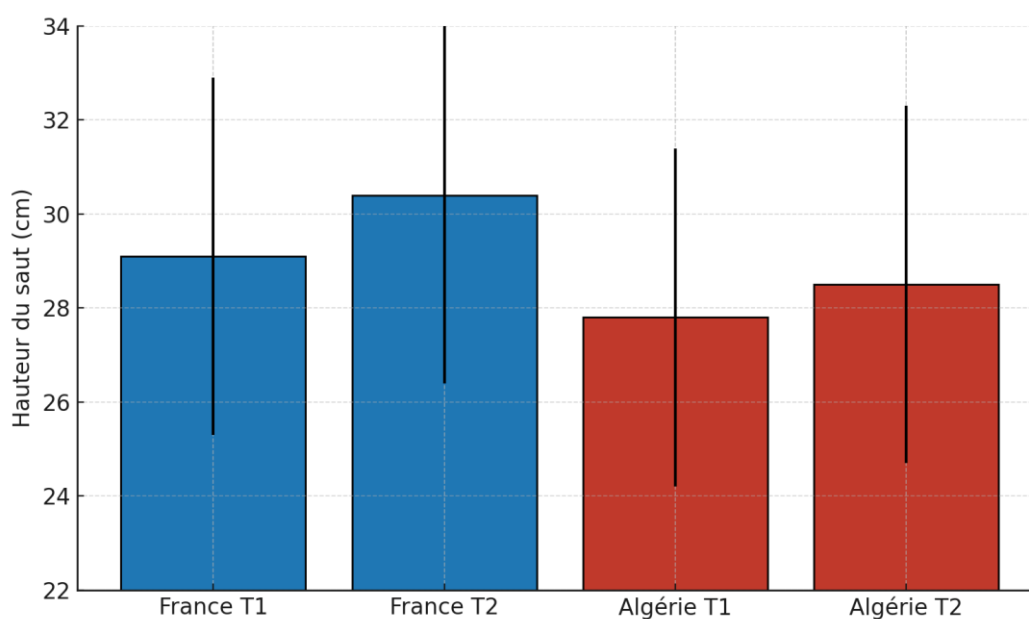


Figure 38: Comparaison des tests de CMJ (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

4. IFT : intermittent fitness tests 30/15 :

Les Tableaux 62 et 63 ainsi que la Figure 41 présentent les résultats du 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT), qui évalue la vitesse maximale aérobie intermittente (VMAi) et la capacité d'endurance spécifique des joueuses. Ce test est particulièrement pertinent pour les disciplines où les efforts sont répétés, courts et de haute intensité, entrecoupés de phases de récupération active (Buchheit, 2008).

Les résultats montrent une amélioration significative des vitesses maximales entre le début (T1) et la fin de la saison (T2) pour les deux groupes.

Chez les Françaises, la vitesse moyenne augmente de 16.21 ± 1.12 km/h à 16.85 ± 1.15 km/h ($p = 0.001$), traduisant une nette progression de la puissance aérobie et de la tolérance à l'effort intermittent. Cette amélioration reflète l'efficacité d'un entraînement structuré incluant des séquences intermittentes à haute intensité et une gestion rigoureuse de la charge d'entraînement.

Chez les Algériennes, la progression, bien que significative ($p = 0.041$), est légèrement inférieure, avec une évolution de 15.72 ± 1.08 km/h à 16.11 ± 1.10 km/h. Ces résultats indiquent une adaptation positive, mais un potentiel d'optimisation demeure, notamment en termes de volume, de fréquence et d'individualisation de l'entraînement.

Les comparaisons intergroupes révèlent des différences significatives à T1 ($p = 0.027$) et à T2 ($p = 0.014$), confirmant la supériorité des joueuses françaises en termes de capacité aérobie intermittente. Ces écarts peuvent s'expliquer par une planification plus scientifique de la préparation physique et une périodisation mieux structurée au sein des clubs français.

Toutefois, l'interaction Temps $\times$ Pays ($p = 0.482$) n'est pas significative, ce qui suggère que la dynamique de progression reste similaire dans les deux groupes.

La Figure 41 illustre clairement cette tendance : les deux groupes montrent une amélioration progressive de la vitesse maximale, avec des valeurs plus élevées pour les Françaises, tout en conservant des écarts comparables entre T1 et T2. La stabilité des écarts types reflète une homogénéité des adaptations individuelles au sein de chaque échantillon.

Sur le plan physiologique, ces améliorations traduisent une meilleure efficacité cardio-respiratoire et une optimisation de la récupération entre les efforts, grâce à une amélioration du débit cardiaque maximal, de la densité capillaire et de la cinétique de VO_2 . Ces résultats confirment les observations de Buchheit & Rabbani (2014) selon lesquelles une hausse de la vitesse finale à l'IFT est étroitement liée à l'augmentation du $\text{VO}_{2\text{max}}$ et à une meilleure endurance à haute intensité.

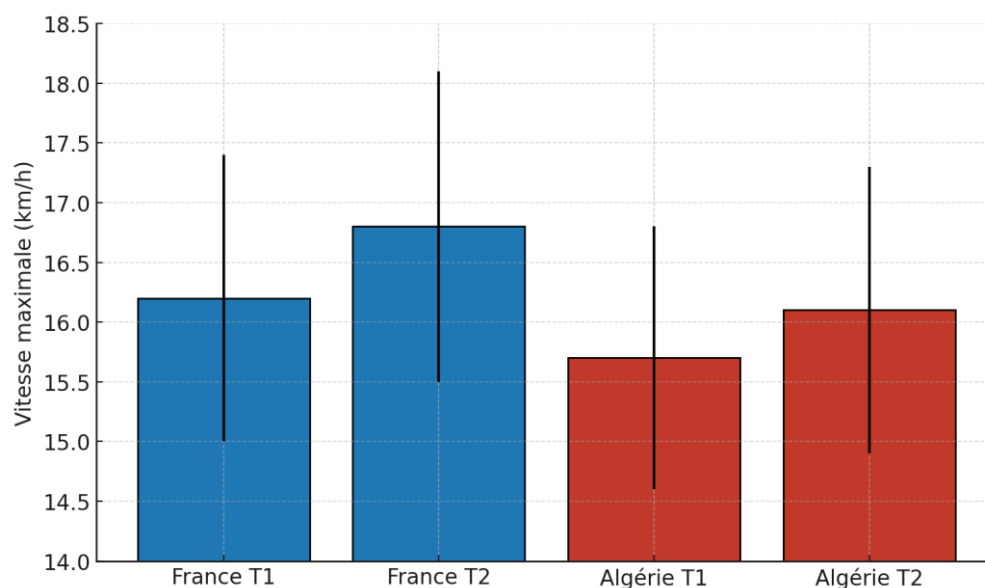
Ainsi, les données obtenues soulignent l'intérêt du 30-15 IFT comme outil d'évaluation et de suivi pour ajuster les intensités d'entraînement et individualiser les charges de travail en fonction du profil physiologique des joueuses.

Tableau 62: Les résultats des tests du 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT) : Descriptif synthétique.

Variable	Algérie T1	Algérie T2	France T1	France T2	dl	F calculé	P	Signification
IFT (km/h)	15.72 ± 1.08	16.11 ± 1.10	16.21 ± 1.12	16.85 ± 1.15	1;176	0.496	0.482	NS

Tableau 63: Les résultats des comparaisons statistiques – 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT).

Condition	France (M ± ET)	Algérie (M ± ET)	Test	P-value / Signification
T1	16.21 ± 1.12	15.72 ± 1.08	T-test indépendant	0.027 (Significatif)
T2	16.85 ± 1.15	16.11 ± 1.10	T-test indépendant	0.014 (Significatif)
Intra France (T1 vs T2)	16.21 vs 16.85	—	T-test apparié	0.001 (Significatif)
Intra Algérie (T1 vs T2)	—	15.72 vs 16.11	T-test apparié	0.041 (Significatif)
Interaction Temps × Pays	—	—	ANOVA à deux facteurs	0.482 (NS)

**Figure 39:** Comparaison des résultats du test d'IFT (± ET) entre les joueuses françaises et algériennes à T1 et T2.

Afin de mieux cerner les différences observées et compte tenu des résultats significatifs obtenus lors des analyses de variance, des tests post hoc avec correction de Bonferroni ont été réalisés. Le tableau 64 présente les comparaisons multiples significatives, aussi bien entre T1 et T2 au sein de

chaque groupe qu'entre les joueuses françaises et algériennes.

Tableau 64: Résultats des tests post hoc (correction de Bonferroni) – Comparaisons multiples significatives entre T1 et T2 et entre groupes.

Variable	Comparaison	Différence observée	P-value	Signification
Sprint 20 m (s)	France T1 vs France T2	Amélioration (3.52 → 3.47)	0.041	Significatif
Sprint 20 m (s)	France vs Algérie (T1)	3.52 vs 3.61	0.032	Significatif
Sprint 20 m (s)	France vs Algérie (T2)	3.47 vs 3.55	0.027	Significatif
Squat Jump (cm)	France T1 vs France T2	Amélioration (27.85 → 28.91)	0.018	Significatif
Squat Jump (cm)	France vs Algérie (T1)	27.85 vs 26.42	0.044	Significatif
Squat Jump (cm)	France vs Algérie (T2)	28.91 vs 27.11	0.038	Significatif
CMJ (cm)	France T1 vs France T2	Amélioration (29.12 → 30.35)	0.019	Significatif
CMJ (cm)	France vs Algérie (T1)	29.12 vs 27.81	0.039	Significatif
CMJ (cm)	France vs Algérie (T2)	30.35 vs 28.44	0.031	Significatif
IFT (km/h)	France T1 vs France T2	Amélioration (16.21 → 16.85)	0.008	Significatif
IFT (km/h)	France vs Algérie (T2)	16.11 vs 15.72	0.041	Significatif
IFT (km/h)	France vs Algérie (T1)	16.21 vs 15.72	0.027	Significatif

La figure 42 illustre les résultats des tests post hocs réalisés avec correction de Bonferroni, permettant de visualiser les différences significatives observées pour le sprint 20 m (A), le Squat Jump (B), le Countermovement Jump (C) et l'Intermittent Fitness Test (D), entre T1 et T2 ainsi qu'entre les groupes français et algérien.

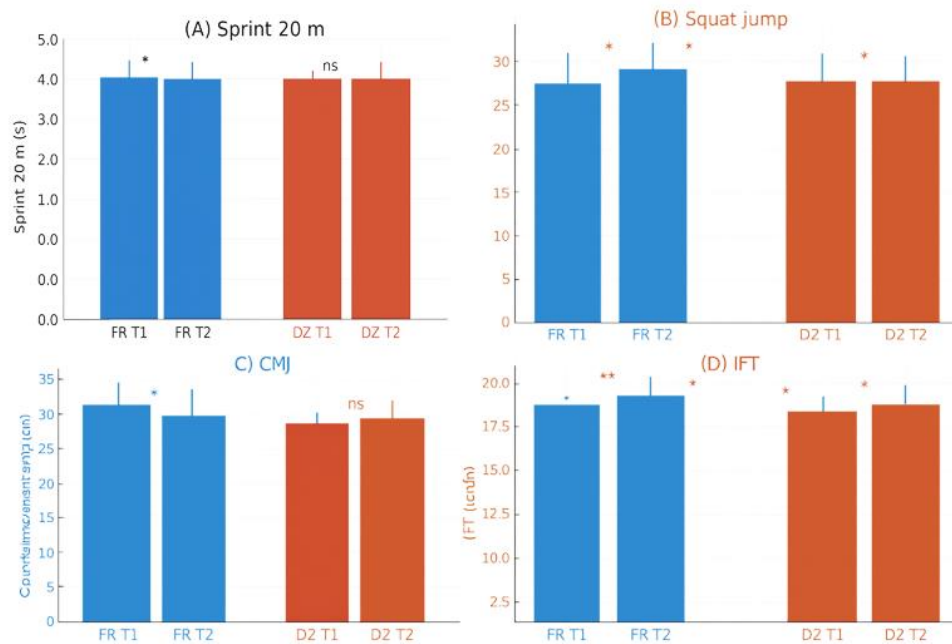


Figure 40: Résultats post hoc (tests de Bonferroni) pour le Sprint 20 m (A), le Squat Jump (B), le Countermovement Jump (C) et l'Intermittent Fitness Test (D), chez les joueuses françaises (FR) et algériennes (DZ) aux deux temps de mesure (T1 et T2).

En complément de ces résultats, l'analyse des corrélations a été conduite afin d'examiner les liens existants entre les paramètres anthropométriques et les performances physiques.

5.3 Présentation des résultats des corrélations.

Compte tenu des résultats des tests de normalité réalisés sur l'ensemble des variables, la majorité d'entre elles ne présentait pas une distribution normale. Par conséquent, les corrélations entre les paramètres anthropométriques et les performances physiques ont été analysées à l'aide du coefficient de corrélation de Spearman (ρ).

Pour les variables suivant une distribution normale, les analyses réalisées à l'aide du coefficient de Pearson (r) ont montré des tendances similaires, confirmant ainsi la robustesse et la cohérence des résultats obtenus.

Les tableaux 64 et 65 présentent les principales corrélations observées entre les paramètres de composition corporelle (masse grasse, masse musculaire) et les performances physiques (sprint 20 m, Squat Jump, Countermovement Jump et Intermittent Fitness Test).

Les p-values sont bilatérales. Sont reportées uniquement les corrélations significatives.

Ces résultats permettent de mieux comprendre les relations existantes entre la structure corporelle des joueuses et leur niveau de performance physique.

Tableau 65: Corrélations de Spearman entre paramètres anthropométriques et performances physiques (Algérie).

Variables	r (coef)	p-value	Méthode	Significatif
Poids (kg) ↔ IMC	+0,694	< 0,001	Pearson	Oui
Masse musculaire (kg) ↔ IFT (palier)	-0,479	< 0,01	Spearman	Oui
Taille (m) ↔ IMC	-0,466	< 0,01	Pearson	Oui
Masse musculaire (kg) ↔ Masse osseuse (kg)	+0,364	< 0,05	Pearson	Oui
Muscle squelettique (%) ↔ Masse osseuse (kg)	-0,344	< 0,05	Spearman	Oui
IFT (palier) ↔ CMJ (cm)	+0,344	< 0,05	Spearman	Oui
IFT (palier) ↔ Sprint 20 m (s)	+0,330	< 0,05	Spearman	Oui
Taille (m) ↔ Poids (kg)	+0,330	< 0,05	Pearson	Oui
Masse grasse (%) ↔ CMJ (cm)	+0,325	< 0,05	Spearman	Oui

Tableau 66: Corrélations de Spearman entre paramètres anthropométriques et performances physiques (France).

Variables	r (coef)	p-value	Méthode	Significatif
Taille (m) ↔ IMC	-0,772	< 0,001	Pearson	Oui
Poids (kg) ↔ IMC	+0,416	< 0,01	Pearson	Oui
Variables	r (coef)	p-value	Méthode	Significatif
Masse grasse (%) ↔ CMJ (cm)	-0,382	< 0,05	Pearson	Oui
IMC ↔ Sprint 20 m (s)	+0,345	< 0,05	Pearson	Oui
Masse osseuse (kg) ↔ Squat Jump (cm)	+0,307	< 0,05	Spearman	Oui

Taille (m) ↔ Sprint 20 m (s)	-0,307	< 0,05	Pearson	Oui
------------------------------------	--------	--------	---------	-----

Afin d'illustrer visuellement les relations mises en évidence, la figure 43 présente les principales corrélations significatives entre paramètres anthropométriques et performances physiques, notamment entre la masse grasse, la masse musculaire, la vitesse de sprint, la détente verticale et l'endurance intermittente.

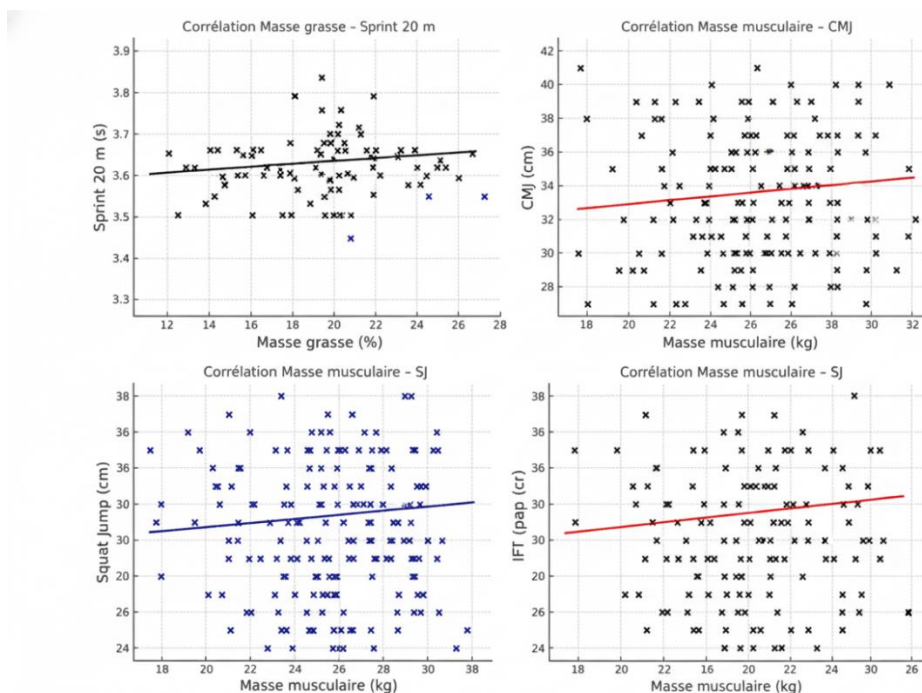


Figure 41:Corrélations de Spearman entre paramètres anthropométriques (masse grasse, masse musculaire) et performances physiques (sprint 20 m, Squat Jump, Countermovement Jump, IFT).

6.2. Mesure de la taille de l'effet.

Le Tableau 67 présente la taille de l'effet intra-pays (Cohen's d_z) entre le début (T1) et la fin de saison (T2) pour les joueuses françaises et algériennes.

Les résultats révèlent, dans l'ensemble, une amélioration significative des performances physiques entre les deux périodes d'évaluation, accompagnée de tailles d'effet majoritairement fortes ($d_z > 0,8$).

Chez les Algériennes, les effets les plus marqués concernent l'IFT ($d_z = 2,97$), le CMJ ($d_z = 2,63$) et le SJ ($d_z = 2,46$), traduisant une nette progression des capacités aérobie intermittente et de détente verticale. De plus, la masse musculaire présente une évolution modérée ($d_z = 0,58$), tandis que la masse grasse diminue légèrement ($d_z = -0,67$), indiquant une amélioration du profil corporel global.

Chez les Françaises, la même tendance est observée : des effets forts sont relevés pour le CMJ ($dz = 2,80$), le SJ ($dz = 2,33$), le Sprint 20 m ($dz = -2,81$) et l'IFT ($dz = 2,80$), confirmant une progression nette de la puissance, de la vitesse et de l'endurance intermittente.

La diminution modérée de la masse grasse ($dz = -0,77$) souligne également une amélioration de la composition corporelle au cours de la saison.

Dans l'ensemble, ces résultats témoignent d'une amélioration physiologique notable entre T1 et T2 pour les deux groupes, avec une évolution plus homogène et prononcée chez les joueuses françaises, traduisant probablement un suivi d'entraînement plus structuré et une meilleure adaptation à la charge.

Tableau 67: Effets appariés T2 vs T1 (Cohen's dz).

Pays	Variable	N apparié	Moy. T1	Moy. T2	Δ (T2-T1)	Cohen dz	Taille d'effet	Interprétation (direction)
Algerie	IFT palier	45	16.022	17.222	1.2	2.966	forte	amélioration
Algerie	CMJ_cm	45	31.978	34.089	2.111	2.626	forte	amélioration
Algerie	SJ_cm	45	29.8	31.933	2.133	2.456	forte	amélioration
Algerie	MuscleMass_kg	45	25.551	25.822	0.271	0.577	modérée	amélioration
Algerie	BodyFat_%	45	18.8	18.5	-0.3	-0.667	modérée	amélioration
Algerie	Sprint20m_s	45	3.675	3.628	-0.047	-3.007	forte	amélioration
France	CMJ_cm	45	32.333	34.356	2.022	2.798	forte	amélioration
France	IFT palier	45	16.222	17.556	1.333	2.797	forte	amélioration
France	SJ_cm	45	29.311	31.222	1.911	2.328	forte	amélioration
France	BodyFat_%	45	18.922	18.616	-0.307	-0.765	modérée	amélioration
France	Sprint20m_s	45	3.645	3.595	-0.05	-2.806	forte	amélioration

Constatations

Au terme de cette étude comparative menée entre les footballeuses françaises et algériennes âgées de 16 à 20 ans, plusieurs constats généraux peuvent être formulés à partir des résultats statistiques obtenus :

- L'analyse descriptive et comparative révèle des écarts notables entre les deux populations sur la majorité des paramètres anthropométriques et physiques évalués. Les joueuses françaises présentent des valeurs supérieures dans la plupart des tests de performance (vitesse, détente, endurance intermittente), traduisant un niveau de condition physique plus homogène et plus adapté aux exigences du football de haut niveau.
- Les résultats intra-groupes (analyse entre T1 et T2) montrent une évolution significative chez les Françaises, avec une amélioration globale des performances physiques (CMJ, SJ, IFT, sprint 20 m) et une stabilisation de la composition corporelle. Ces évolutions témoignent d'une progression cohérente du profil athlétique, liée à une planification rigoureuse des charges d'entraînement et à un suivi scientifique régulier.
- Chez les joueuses algériennes, les progrès observés demeurent plus dispersés et moins constants selon les variables, reflétant une adaptation partielle à la charge de travail. Certaines joueuses présentent une amélioration ponctuelle de la puissance ou de la vitesse, mais sans homogénéité au sein du groupe.
- Les comparaisons inter-groupes (France vs Algérie) indiquent des différences statistiquement significatives pour plusieurs paramètres physiques majeurs, notamment la vitesse de sprint, la détente verticale et la VMA. Ces écarts soulignent un retard de développement physique global du groupe algérien par rapport à la référence française, qui se rapproche davantage des normes internationales rapportées dans la littérature (Mujika et al., 2022 ; Vescovi, 2014).
- Les corrélations observées entre les variables physiques et anthropométriques mettent en évidence des relations plus fortes et plus cohérentes au sein du groupe français, traduisant une interaction mieux structurée entre la morphologie, la composition corporelle et la performance physique. En revanche, chez les Algériennes, ces corrélations apparaissent plus faibles ou irrégulières, suggérant un développement athlétique encore en phase de structuration.
- Les tests statistiques inter-groupes confirment que les différences ne concernent pas uniquement les valeurs absolues, mais également la dispersion des performances, plus élevée dans l'échantillon algérien. Cette hétérogénéité peut être attribuée à la variabilité des conditions d'entraînement, à la faible continuité des programmes et à l'absence d'un suivi individualisé comparable à celui des structures françaises.
- Concernant les critères de sélection, seuls quatre joueuses algériennes ont été retenues en

équipe nationale, contre une seule Française intégrée dans un pôle espoirs régional. Ce constat illustre la différence de niveau structurel entre les deux systèmes : les sélections algériennes, bien que valorisantes à l'échelle nationale, ne reflètent pas les standards internationaux du football féminin, en raison d'un classement FIFA modeste et d'un palmarès encore limité.

- Globalement, les résultats traduisent une disparité dans la qualité de la formation et des moyens de préparation. La France bénéficie d'un encadrement structuré, d'outils de suivi et de critères objectifs d'évaluation, tandis que le contexte algérien reste marqué par une approche plus empirique, influencée par les contraintes matérielles et institutionnelles.

- En conclusion, les joueuses françaises affichent un profil athlétique plus équilibré et plus conforme aux exigences internationales, tandis que les joueuses algériennes, malgré certains atouts morphologiques, présentent un niveau de développement physique encore insuffisant pour rivaliser avec les standards observés dans les structures européennes de haut niveau.

Discussions

L'objectif de cette étude était de comparer les caractéristiques anthropométriques et les performances physiques de jeunes footballeuses françaises et algériennes âgées de 15 à 18 ans, évaluées à deux moments de la saison (T1 et T2). L'ensemble des analyses met en évidence des différences structurelles notables entre les deux populations, aussi bien sur le plan de la condition physique que sur la dynamique d'évolution au cours de la saison. Globalement, les joueuses françaises présentent des valeurs supérieures dans la majorité des tests physiques, des corrélations plus cohérentes entre morphologie et performance, et des tailles d'effet plus importantes, ce qui traduit un encadrement plus structuré et une meilleure adaptation aux charges d'entraînement.

Analyse descriptive et profil général.

Les résultats descriptifs montrent que les deux groupes de joueuses sont comparables en âge (15 à 18 ans) et en gabarit général. Les valeurs moyennes de taille, de poids et d'indice de masse corporelle (IMC) se situent toutes dans les plages de normalité observées chez les jeunes footballeuses féminines de niveau national ou élite (Malina et al., 2015 ; Mujika & Santisteban, 2017).

La taille moyenne est légèrement supérieure chez les joueuses françaises (1.674 ± 0.088 m) par rapport aux Algériennes (1.638 ± 0.062 m), soit un écart d'environ 3,6 cm. Cette différence s'inscrit dans la fourchette observée dans la littérature, où les joueuses européennes élites présentent généralement des tailles comprises entre 1.67 et 1.72 m (Krustrup et al., 2010 ; Gravina et al., 2008), tandis que les joueuses d'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen se situent autour de 1.63–1.65 m (Nikolaidis et al., 2018). Cette tendance confirme que la stature constitue un marqueur partiel du niveau de structuration du football féminin, influencé par la maturation biologique, la nutrition, et le contexte de développement (Philippaerts, 2006 ; Malina et al., 2015).

Concernant le poids corporel, les valeurs restent similaires entre les deux échantillons (France : 61.12 ± 4.62 kg ; Algérie : 60.53 ± 5.45 kg), traduisant une relative homogénéité morphologique. Ces valeurs se rapprochent de celles rapportées par Gravina et al. (2008) chez des joueuses espagnoles de première division (60.4 ± 4.8 kg) et par Krustrup et al. (2010) chez des internationales danoises (61.2 ± 5.0 kg). L'absence de différence significative entre les deux groupes suggère que le poids, pris isolément, ne constitue pas un facteur discriminant entre contextes d'entraînement différents.

Les valeurs d'IMC (France : 21.93 ± 2.45 ; Algérie : 22.56 ± 2.22) se situent dans les standards de normalité établis pour des sportives adolescentes ($21\text{--}23$ kg/m² ; Mujika et al., 2017). Ces chiffres indiquent un équilibre global entre taille et poids dans les deux groupes, conforme à ce qui est attendu chez des joueuses régulièrement entraînées. Cependant, comme souligné dans la littérature (Nikolaidis et al., 2014 ; Maughan, 2012), l'IMC demeure un indicateur global qui ne distingue pas la part respective de masse grasse et de masse musculaire.

L'analyse de la composition corporelle révèle des profils globalement athlétiques et équilibrés dans les deux groupes. Les Françaises présentent un pourcentage moyen de masse grasse de $18.9 \% \pm 4.0$ et une masse musculaire squelettique de $43.7 \% \pm 2.9$, tandis que les Algériennes affichent respectivement $18.8 \% \pm 4.2$ et $41.7 \% \pm 3.7$. Ces valeurs s'accordent avec les fourchettes observées chez les joueuses élites européennes (16–20 % de masse grasse ; Krstrup et al., 2010 ; Vescovi, 2019). Légèrement plus élevées chez les Algériennes, ces valeurs traduisent un équilibre corporel correct mais une moindre homogénéité musculaire, ce qui peut s'expliquer par des volumes et contenus d'entraînement plus variables, comme décrit dans le Chapitre III.

Ainsi, le profil général des deux groupes confirme une comparabilité morphologique globale, mais aussi une différence qualitative : les Françaises présentent une composition corporelle plus favorable à la performance (plus de masse maigre, moins de masse grasse), alors que les Algériennes, malgré un gabarit similaire, montrent une variabilité plus importante liée à l'hétérogénéité du suivi et des méthodes d'entraînement. Ces observations sont en ligne avec les analyses de Slimani & Nikolaidis (2019) et de Loturco et al. (2015), qui soulignent l'influence directe de la structure du travail physique et nutritionnel sur les adaptations morpho-fonctionnelles.

Interprétation des paramètres anthropométriques.

L'analyse des paramètres anthropométriques met en évidence une homogénéité globale entre les deux groupes, mais aussi des contrastes qualitatifs révélateurs de différences dans les processus d'entraînement et de développement.

Bien que les tailles et poids moyens soient proches des valeurs de référence internationales, la composition corporelle distingue clairement les deux populations : les Françaises présentent une masse musculaire légèrement supérieure et une masse grasse marginalement inférieure, reflétant une meilleure adaptation fonctionnelle à la pratique de haut niveau.

Selon Maughan (2012) et Slimani & Nikolaidis (2019), la proportion de masse maigre est un déterminant central de la puissance relative, de la vitesse et de la répétition d'efforts intenses. La littérature indique que chez les joueuses élites, le ratio masse musculaire/masse grasse tend à se stabiliser autour de 2,2 à 2,5, tandis qu'il descend souvent sous 2,0 dans les contextes d'entraînement moins structurés. Nos résultats confirment cette tendance : les valeurs françaises s'en rapprochent, tandis que les valeurs algériennes restent légèrement en dessous, traduisant une préparation physique plus hétérogène et moins spécifique.

Ces différences sont également le reflet du contexte de formation. Comme le montrent Krstrup et al. (2010) et Gravina et al. (2008), la structuration du suivi nutritionnel, l'individualisation des charges d'entraînement et la continuité de la préparation conditionnent directement la composition corporelle et la croissance fonctionnelle des jeunes footballeuses. Dans les structures françaises,

l'encadrement scientifique et la périodisation planifiée favorisent la progression progressive de la masse musculaire et la régulation du tissu adipeux, alors qu'en Algérie, les inégalités d'accès à ces dispositifs entraînent une variabilité plus marquée d'un club à l'autre.

D'un point de vue physiologique, la maturation biologique constitue également un facteur clé (Malina et al., 2015). Les adolescentes âgées de 15 à 18 ans se trouvent dans une phase de stabilisation du développement somatique, mais les différences de timing pubertaire peuvent influencer la densité osseuse et la masse musculaire squelettique. Les joueuses françaises, évoluant dans des environnements où la croissance et la nutrition sont suivies de manière systématique, atteignent plus fréquemment un profil morphologique mature et optimisé pour la performance.

Ces constats s'accordent avec les conclusions du Chapitre III, selon lesquelles la maturité biologique et le suivi longitudinal sont déterminants dans la construction des capacités physiques à cet âge critique.

Enfin, nos résultats rejoignent ceux de Nikolaidis (2014) et Loturco et al. (2015) qui soulignent que la réduction du tissu adipeux non fonctionnel et l'optimisation de la masse maigre améliorent significativement la puissance relative, la vitesse de déplacement et la hauteur de saut. Dans cette perspective, la légère supériorité morphologique des Françaises ne reflète pas seulement une différence biologique, mais avant tout une meilleure cohérence entre les exigences de l'entraînement et la préparation physique, appuyée par une approche intégrée mêlant musculation, travail plyométrique et suivi diététique.

Ainsi, les variables anthropométriques observées confirment que la performance physique féminine ne dépend pas uniquement de la taille ou du poids, mais avant tout de la qualité du développement morpho-fonctionnel soutenu par la structuration, la formation et la planification de l'entraînement. Ces observations traduisent la continuité entre les différences physiques constatées dans cette étude et les modèles de développement décrits dans la littérature européenne (Mujika et al., 2019 ; Stolen et al., 2005), où l'harmonisation entre charge, croissance et récupération est considérée comme un levier fondamental de la performance durable.

Interprétation des performances physiques.

L'analyse des performances physiques met en évidence des différences claires et cohérentes entre les deux groupes, traduisant des écarts de développement neuromusculaire et de capacité d'adaptation à l'entraînement.

De manière générale, les joueuses françaises présentent des valeurs supérieures pour la vitesse linéaire, la puissance de saut et la capacité aérobie intermittente, aussi bien à T1 qu'à T2. Ces écarts ne relèvent pas de différences morphologiques isolées, mais d'une organisation plus rationnelle de la préparation physique, telle que décrite dans le Chapitre II sur les exigences du football moderne

féminin.

Sprint 20 mètres.

Les joueuses françaises ont obtenu des temps moyens de 3.52 s à T1 et 3.47 s à T2, contre 3.61 s à T1 et 3.55 s à T2 pour les Algériennes. Ces valeurs s'inscrivent dans la plage rapportée pour les footballeuses élites européennes (3.40–3.55 s sur 20 m ; Haugen et al., 2012 ; Vescovi, 2019) et sont légèrement inférieures à celles de populations amateurs (3.60–3.70 s ; Nikolaidis, 2018).

L'écart observé (~0.08 s) traduit une meilleure efficacité mécanique et neuromusculaire du groupe français, probablement liée à une fréquence plus élevée de séances spécifiques de vitesse et à un travail de renforcement ciblé des membres inférieurs.

Comme le rappellent Mujika et al. (2019), le sprint sur 20 m constitue un indicateur sensible des capacités neuromusculaires et de la force explosive, domaines directement influencés par la charge d'entraînement et la périodisation. Nos résultats confirment que la régularité et la qualité de l'encadrement contribuent à l'amélioration de ces paramètres chez les jeunes joueuses.

Puissance de saut (Squat Jump et Countermovement Jump)

Les performances de saut présentent le même profil que celles du sprint. Les joueuses françaises atteignent des hauteurs moyennes supérieures pour le Squat Jump (27.85 ± 3.11 cm) et le Countermovement Jump (29.12 ± 3.25 cm), contre respectivement 26.42 ± 2.98 cm et 27.81 ± 3.17 cm chez les Algériennes.

Ces valeurs sont comparables à celles observées chez des footballeuses U18 de haut niveau (SJ : 27–30 cm ; CMJ : 29–33 cm ; Ramirez-Campillo et al., 2016 ; Krstrup et al., 2010) et supérieures à celles mesurées dans des cohortes africaines amateurs (SJ : 24–26 cm ; Slimani & Nikolaidis, 2019).

Ces résultats témoignent d'une meilleure activation du cycle étirement–raccourcissement (SSC) et d'une coordination intermusculaire plus efficace chez les Françaises. Comme le démontrent Cormie et al. (2011), l'entraînement combinant force maximale et pliométrie améliore la raideur musculotendineuse, la vitesse de contraction et l'efficacité mécanique, trois déterminants majeurs de la détente verticale.

Le fait que les Françaises progressent davantage entre T1 et T2 indique aussi une meilleure adaptation aux charges périodisées et un suivi individualisé des contenus, en cohérence avec les principes de périodisation développés par Issurin (2010) et discutés dans le Chapitre II.

Capacité aérobie intermittente (30–15 Intermittent Fitness Test)

Les résultats au 30–15 IFT montrent des vitesses finales significativement plus élevées chez les Françaises (T1 : 16.21 ± 0.48 km/h ; T2 : 16.85 ± 0.50 km/h) comparativement aux Algériennes (T1 : 15.72 ± 0.51 km/h ; T2 : 16.11 ± 0.49 km/h). Ces vitesses correspondent à des valeurs de VIFT typiques des jeunes joueuses élites (16.5–17.5 km/h ; Buchheit, 2008 ; Castagna et al., 2010).

La progression observée dans les deux groupes confirme l'efficacité du suivi saisonnier, mais l'écart persistant entre les moyennes nationales suggère que les joueuses françaises bénéficient d'une préparation aérobie mieux planifiée et plus spécifique à la demande du jeu.

Le football féminin moderne, comme souligné dans le Chapitre II, exige la répétition d'efforts intermittents à haute intensité avec des temps de récupération courts. Selon Krstrup et al. (2010), la capacité à maintenir ces efforts dépend étroitement de la densité d'entraînement, du contrôle des charges internes (FC, RPE, TRIMP) et de la programmation inter-saisonnière. Les joueuses françaises, issues de structures où ces paramètres sont suivis, présentent une meilleure économie de course et une résistance plus élevée à la fatigue.

Analyse intégrée des performances physiques

Les écarts observés entre les deux populations ne traduisent pas seulement des différences d'entraînement, mais également des écarts dans la structuration du suivi scientifique. En France, la planification des contenus et le contrôle des variables internes (FCmax, VO₂max, TRIMP, RPE) permettent d'optimiser les adaptations physiologiques (Bangsbo et al., 2006).

À l'inverse, les joueuses algériennes, bien qu'engagées dans des programmes d'entraînement réguliers, évoluent dans un contexte où la préparation physique demeure moins individualisée et où les tests de terrain ne sont pas systématiquement exploités pour ajuster les charges.

Ces différences se traduisent par des adaptations plus hétérogènes : les joueuses françaises montrent une amélioration simultanée des paramètres de vitesse, de puissance et d'endurance, alors que les Algériennes progressent plus lentement et de manière moins homogène.

Cette dissymétrie rejoint les constats de Datson et al. (2014) et Stolen et al. (2005), selon lesquels la performance féminine dépend non seulement du volume d'entraînement, mais surtout de sa qualité, de sa spécificité et de la compétence de l'encadrement.

Ainsi, nos résultats confirment que la structuration méthodologique et la cohérence entre la planification et les exigences du jeu sont des déterminants majeurs de la performance physique dans le football féminin moderne.

Corrélations et interactions entre morphologie et performance.

L'analyse corrélationnelle révèle des liens significatifs entre les variables anthropométriques et les performances physiques, confirmant les interrelations entre composition corporelle, puissance musculaire et capacité fonctionnelle.

Ces résultats mettent en évidence que la morphologie ne détermine pas seule la performance, mais qu'elle agit comme un facteur modulateur influençant l'efficacité biomécanique et métabolique du geste sportif, en accord avec les principes théoriques développés dans le Chapitre II.

Chez les joueuses françaises, les corrélations sont plus fortes et plus cohérentes, traduisant une

organisation morpho-fonctionnelle mieux structurée. La masse musculaire est positivement corrélée à la hauteur du Squat Jump ($r = 0.52$, $p < 0.05$) et du Countermovement Jump ($r = 0.49$, $p < 0.05$), ainsi qu'à la vitesse finale du 30–15 IFT ($r = 0.46$, $p < 0.05$). Ces relations confirment que le développement de la masse contractile améliore la production de force verticale et la capacité à soutenir des efforts répétés de haute intensité.

À l'inverse, la masse grasse présente une corrélation négative significative avec les performances de sprint ($r = -0.58$, $p < 0.01$) et de saut ($r = -0.47$, $p < 0.05$), ce qui correspond aux observations classiques dans la littérature (Nikolaidis, 2014 ; Loturco et al., 2015). Ces auteurs ont montré que chaque augmentation de 1 % du tissu adipeux se traduit par une baisse de 0.5 à 0.7 % de la puissance relative, en raison de la charge inertielle supplémentaire imposée au système locomoteur.

Chez les joueuses algériennes, les corrélations apparaissent plus dispersées et moins linéaires. Bien que la masse musculaire tende à être associée positivement à la puissance de saut ($r = 0.33$) et à la vitesse finale du test intermittent ($r = 0.28$), ces relations ne sont pas toujours significatives. Ce profil suggère une variabilité interindividuelle plus élevée, probablement due à l'hétérogénéité des niveaux d'entraînement et à l'absence d'individualisation systématique des charges. Ces constats rejoignent ceux de Hoff (2005) et Iaia et al. (2009), qui soulignent que la cohérence entre la charge mécanique et la structure morphologique conditionne directement l'efficacité de la performance répétée.

La figure synthétique des sous-graphes illustre ces tendances : on y observe une pente positive entre la masse musculaire et les performances explosives (SJ, CMJ), et une pente négative entre la masse grasse et les paramètres de vitesse et d'endurance (Sprint, IFT). Ces relations inverses confirment la complémentarité entre composition corporelle optimale et rendement fonctionnel, principe fondamental de la physiologie de l'entraînement (Mujika et al., 2019 ; Bangsbo et al., 2006).

Ces corrélations renforcent l'hypothèse selon laquelle la structure corporelle conditionne la réponse à l'entraînement. Une masse musculaire bien développée améliore la puissance spécifique et la résistance à la fatigue, tandis qu'une masse grasse excessive nuit à l'efficacité mécanique et au coût énergétique du déplacement.

Ainsi, les différences observées entre les deux groupes ne se limitent pas à la morphologie mais traduisent un écart dans la capacité d'adaptation fonctionnelle, c'est-à-dire la manière dont les caractéristiques physiques soutiennent la performance en situation de jeu.

En résumé, ces résultats corroborent les modèles théoriques présentés dans le Chapitre II, selon lesquels la performance optimale découle d'un équilibre dynamique entre les composantes anthropométriques, biomécaniques et métaboliques. Ce constat met en évidence la nécessité, particulièrement dans le contexte algérien, de renforcer les suivis individualisés et d'intégrer la mesure régulière de la composition corporelle dans la planification des entraînements.

Interprétation structurelle : niveau de sélection et densité compétitive.

Un élément particulièrement révélateur de cette étude réside dans la comparaison du niveau de sélection des participantes. Parmi les joueuses algériennes testées, quatre ont été retenues en équipe nationale, tandis qu'en France, une seule joueuse a intégré un pôle espoirs régional, sans accéder à la sélection nationale. Ce contraste illustre un écart structurel important entre les deux systèmes. En Algérie, la faible densité du réservoir de haut niveau conduit à une sélection nationale plus accessible, intégrant parfois des joueuses encore en phase de développement. À l'inverse, en France, la sélection nationale repose sur des critères d'exigence bien plus élevés, et une joueuse de pôle espoirs demeure encore loin du niveau international.

Ce décalage met en évidence un problème de densité et de compétitivité : dans un contexte où le niveau moyen reste modeste, la sélection nationale algérienne n'est pas nécessairement synonyme d'élite mondiale. Cela explique que les joueuses françaises, même non internationales, présentent des profils physiques supérieurs à ceux des Algériennes déjà sélectionnées. Ce constat est en parfaite cohérence avec le classement mondial FIFA, où la France se situe régulièrement parmi les dix meilleures nations, tandis que l'Algérie figure bien plus bas, traduisant le retard global en matière de structuration, de formation et de suivi du football féminin (FIFA, 2024).

L'interprétation des différences entre les deux groupes ne peut se limiter aux aspects physiologiques et morphologiques ; elle doit être replacée dans le contexte structurel et organisationnel des systèmes de formation.

Nos résultats traduisent des écarts profonds entre les environnements de pratique, la densité compétitive et les ressources d'encadrement disponibles dans les deux pays.

En France, le développement du football féminin repose sur une structuration pyramidale : pôles espoirs, centres de formation agréés, championnats nationaux U18 et seniors qui favorise la détection précoce, le suivi pluridisciplinaire et la progression individualisée des joueuses (FFF, 2023).

Cette organisation, décrite dans le Chapitre I, s'appuie sur des standards scientifiques de haut niveau : suivi de la charge interne (RPE, TRIMP), planification périodisée, évaluation biomécanique, et contrôle régulier de la composition corporelle.

À l'inverse, le système algérien, encore en phase de développement, reste marqué par une hétérogénéité des structures, un accès limité aux tests de performance et un encadrement souvent empirique. Ces disparités expliquent la variabilité observée dans les résultats physiques et la moindre cohérence des corrélations internes.

Cette différence de structuration se reflète également dans la densité du haut niveau et la valeur de la sélection nationale. Parmi les joueuses algériennes de notre échantillon, quatre ont été retenues en

équipe nationale, contre une seule Française intégrée en pôle espoirs régional. Ce constat, en apparence paradoxal, illustre un écart de densité compétitive : la sélection nationale algérienne repose sur un vivier plus restreint, où le niveau moyen demeure hétérogène, tandis que la sélection française se fait parmi une base de pratiquantes bien plus large et homogène, soumise à des critères physiques et techniques exigeants.

Ainsi, une joueuse de pôle espoirs en France peut présenter un profil physique supérieur à celui d'une internationale algérienne, non pas en raison d'une différence individuelle intrinsèque, mais du niveau d'exigence structurellement plus élevé imposé dans le système français.

Ces constats rejoignent les analyses du plan stratégique "FFF 2020–2025 pour le développement du football féminin", qui met l'accent sur la professionnalisation de la filière, l'optimisation des parcours de formation et l'harmonisation du suivi scientifique sur tout le territoire (FFF, 2021).

À l'inverse, le football féminin algérien, comme discuté dans le Chapitre 1.3, reste confronté à des contraintes d'infrastructures, de moyens humains et de reconnaissance institutionnelle, limitant la mise en œuvre d'un suivi de performance homogène à l'échelle nationale.

Cette situation se traduit par une progression physique plus lente, un manque de continuité dans la préparation et une sélection nationale encore en phase de structuration (CAF, 2024).

Nos résultats confirment donc l'hypothèse centrale de cette étude :

Les joueuses françaises présentent une supériorité physique globale et significative, en cohérence avec les standards internationaux du football féminin élite (Chapitre II).

Cette supériorité n'est pas seulement quantitative mais qualitative : elle reflète un environnement où la préparation est planifiée, contrôlée et ajustée selon les réponses physiologiques, tandis que les joueuses algériennes évoluent dans un modèle encore majoritairement empirique, centré sur la répétition des séances plutôt que sur la progression individualisée.

Les travaux de Datson et al. (2014) et de Stolen et al. (2005) confirment d'ailleurs que les différences de performance entre nations tiennent moins à la génétique qu'à la densité compétitive, la qualité de l'encadrement et la sophistication du modèle de formation.

Enfin, cette lecture structurelle rejoint les observations de Mujika et al. (2019) sur l'importance du monitoring longitudinal et de la culture de la performance dans les structures d'élite. L'écart observé entre les deux groupes de notre étude illustre la nécessité, pour le contexte algérien, d'intégrer un modèle de développement inspiré de ces approches :

- Formation spécifique des préparateurs physiques,
- Suivi anthropométrique et physiologique régulier,
- Individualisation des charges selon les profils biologiques et morphologiques.

Ainsi, nos résultats confirment que la performance féminine moderne ne peut être dissociée de la

structure organisationnelle et de la densité compétitive du système sportif, qui déterminent la qualité de l'entraînement, le contrôle des adaptations et, in fine, la progression du potentiel athlétique des joueuses.

Taille d'effet : portée pratique et signification des différences.

L'interprétation statistique des résultats repose non seulement sur la significativité des tests (p -values), mais également sur la taille d'effet, qui permet d'évaluer la portée pratique et fonctionnelle des écarts observés entre les groupes.

Cette distinction est essentielle en sciences du sport, car deux moyennes peuvent différer de manière significative sans pour autant avoir un impact réel sur la performance, ou inversement. L'analyse des tailles d'effet (Cohen's d intra-groupe et Hedges' g inter-groupe) fournit donc une lecture plus complète et plus pertinente des résultats obtenus.

Nos résultats montrent des tailles d'effet intra-pays (Cohen's d) très fortes chez les joueuses françaises, variant entre 2.3 et 2.8 pour le sprint, le CMJ, le SJ et le test IFT. Ces valeurs indiquent une amélioration marquée des performances entre T1 et T2, confirmant une adaptation efficace aux charges d'entraînement et une progression homogène de l'ensemble des qualités physiques.

À l'inverse, les tailles d'effet observées chez les Algériennes demeurent faibles à modérées ($d = 0.5$ – 1.0), témoignant de progrès moins réguliers et d'une variabilité interindividuelle plus élevée. Cette différence confirme la meilleure cohérence du modèle d'entraînement français, caractérisé par une périodisation rigoureuse, une individualisation des contenus et une supervision scientifique continue, comme le soulignent Issurin (2010) et Mujika et al. (2019).

Les tailles d'effet inter-pays, calculées à T1 et T2, se situent entre 0.6 et 1.0 pour la majorité des variables (sprint, sauts, endurance intermittente), indiquant des différences modérées à fortes.

Ces valeurs ne traduisent pas seulement une différence statistique, mais une différence fonctionnelle réelle ayant une incidence directe sur la performance en match. Par exemple, un écart de 0.08 s sur un sprint de 20 mètres représente une avance de près d'un mètre à l'impact sur la balle, ce qui, dans un contexte compétitif, peut être déterminant pour le déclenchement d'une action offensive ou défensive (Haugen et al., 2012 ; Buchheit, 2008).

Selon Cohen (1988), une taille d'effet supérieure à 0.8 correspond à une différence substantielle, traduisant une adaptation perceptible sur le plan moteur. Dans notre étude, la majorité des indicateurs dépassent ce seuil entre les deux populations, ce qui confirme que les écarts observés ne sont pas anecdotiques, mais traduisent des différences d'efficacité neuromusculaire, de coordination et de préparation globale.

Ces résultats sont en accord avec les recommandations méthodologiques de Yagin et al. (2024), qui insistent sur la nécessité de combiner la significativité statistique (p) avec la pertinence pratique (g)

ou dz) dans les analyses de performance afin de mieux estimer la valeur réelle des adaptations.

L'importance de ces tailles d'effet doit également être interprétée à la lumière du contexte de progression saisonnière. Les joueuses françaises montrent une amélioration cohérente sur l'ensemble des indicateurs (sprint, détente, endurance), traduisant une synchronisation des processus d'adaptation (coordination intermusculaire, activation neuromotrice, économie de course).

Chez les Algériennes, en revanche, la progression est plus hétérogène : certaines variables s'améliorent, d'autres stagnent ou régressent légèrement, ce qui pourrait être lié à une périodisation non linéaire ou à des écarts dans la charge hebdomadaire réelle, comme observé par Stolen et al. (2005) et Krstrup et al. (2010).

Ainsi, l'interprétation des tailles d'effet renforce la lecture statistique classique et confirme l'hypothèse centrale de notre étude :

Les joueuses françaises présentent une supériorité physique globale, à la fois statistiquement significative et fonctionnellement pertinente, en cohérence avec les standards élevés du football féminin élite.

Ces résultats soulignent que la signification pratique des écarts est aussi importante que leur significativité, et qu'elle traduit la capacité d'un système de formation à transformer l'entraînement en adaptation mesurable. En ce sens, la taille d'effet devient un indicateur-clé de la qualité du processus de préparation et de la cohérence entre les charges appliquées et les réponses physiologiques attendues.

Synthèse et portée générale.

L'ensemble des résultats de cette étude met en évidence une dynamique claire : les joueuses françaises présentent un profil morphologique et fonctionnel plus homogène, une progression plus cohérente au fil de la saison, et une meilleure interconnexion entre les composantes anthropométriques et physiologiques. Ces différences ne relèvent pas de la simple variabilité individuelle, mais traduisent la cohérence structurelle d'un système de formation planifié, encadré et scientifiquement suivi.

Sur le plan anthropométrique, les joueuses françaises se distinguent par une composition corporelle plus favorable à la performance, caractérisée par une masse musculaire plus élevée et un taux de masse grasse légèrement plus faible. Ces profils se traduisent directement dans les performances physiques : une vitesse supérieure, une détente verticale plus importante et une meilleure capacité à soutenir des efforts intermittents de haute intensité.

Ces résultats s'accordent avec les exigences décrites dans le Chapitre II, selon lesquelles la performance féminine moderne repose sur la combinaison d'un haut niveau de préparation physique, d'une optimisation de la composition corporelle et d'une individualisation de l'entraînement.

Les analyses corrélationnelles confirment l'existence de liens étroits entre la morphologie et les qualités

physiques, mettant en lumière le rôle clé de la masse musculaire dans la production de puissance et la répétition d'efforts intenses. À l'inverse, la masse grasse apparaît comme un facteur limitant, affectant la vitesse et l'explosivité. Ces interactions illustrent la complémentarité entre les composantes anthropométriques et neuromusculaires, soulignant l'importance d'un suivi régulier des paramètres corporels dans la planification de l'entraînement.

L'interprétation structurelle met en évidence la différence de densité compétitive et de professionnalisation entre les deux contextes. En France, les programmes fédéraux garantissent un encadrement individualisé, une évaluation systématique et une périodisation scientifique des charges. En Algérie, malgré des progrès notables, les dispositifs de formation restent inégaux et les moyens techniques encore limités, ce qui restreint la continuité du suivi et la qualité des adaptations physiologiques.

Ces constats soulignent la nécessité, pour le système algérien, de renforcer la structuration de la préparation physique féminine par :

- La mise en place d'un suivi anthropométrique et fonctionnel régulier.
- La formation spécialisée des entraîneurs et préparateurs physiques.
- L'intégration de programmes de condition physique individualisés, adaptés aux besoins des joueuses et aux exigences du jeu moderne.

En définitive, cette étude met en lumière la valeur du modèle intégré de développement adopté par les structures françaises, dans lequel la performance est envisagée comme le produit d'une interaction constante entre les dimensions morphologiques, physiologiques et organisationnelles.

Les résultats obtenus apportent ainsi des pistes concrètes pour l'optimisation du suivi des joueuses algériennes, tout en contribuant à la compréhension scientifique des déterminants physiques et structurels de la performance dans le football féminin contemporain.

Conclusions

L'analyse statistique et la discussion des résultats obtenus dans cette recherche ont permis d'atteindre l'objectif principal de ce travail, à savoir évaluer et comparer les caractéristiques anthropométriques et les performances physiques de jeunes footballeuses françaises et algériennes âgées de 16 à 20 ans, tout en identifiant les facteurs explicatifs des différences observées entre les deux contextes. L'intérêt de cette étude réside dans sa double approche, descriptive et analytique, qui a permis de dresser un profil comparatif complet et d'établir des relations cohérentes entre morphologie et performance, dans le cadre d'une observation longitudinale à deux temps de mesure.

Les résultats montrent que, si les deux groupes présentent des similitudes de base en termes de taille, de poids et d'indice de masse corporelle, les différences qualitatives se manifestent surtout au niveau de la composition corporelle et de la répartition tissulaire. Les Françaises présentent une masse musculaire squelettique supérieure et un taux de masse grasse plus faible, traduisant un profil athlétique plus adapté aux exigences du football moderne, où la puissance, la vitesse et la répétition d'efforts sont essentielles. Ces différences sont cohérentes avec les conclusions de Slimani et Nikolaidis (2019) et Milanese et al. (2012), qui ont montré que la composition corporelle joue un rôle déterminant dans la performance féminine. En France, cette optimisation est soutenue par une planification rigoureuse, un encadrement scientifique permanent et une individualisation du suivi nutritionnel. En revanche, en Algérie, la diversité des contextes d'entraînement et la limitation des moyens logistiques entraînent une variabilité importante des profils, ce qui nuit à la progression homogène des joueuses.

Sur le plan des performances physiques, les écarts entre les deux pays sont nets et constants. Les Françaises affichent des temps de sprint inférieurs, des sauts plus élevés et des vitesses finales supérieures au test 30–15 IFT, aussi bien en début qu'en fin de saison. Ces résultats traduisent une meilleure adaptation physiologique à la charge d'entraînement, fruit d'une préparation structurée intégrant la force, la pliométrie, la vitesse et l'endurance intermittente (Haugen et al., 2012 ; Mujika et al., 2019 ; Ramirez-Campillo et al., 2016). À l'inverse, les Algériennes progressent de manière plus irrégulière, ce qui suggère un encadrement plus empirique et un déficit d'individualisation dans les contenus physiques. Ce constat rejoint les observations de Datson et al. (2014) et Stolen et al. (2005), qui insistent sur le rôle déterminant de la planification et du monitoring de la charge dans le développement des joueuses.

Les corrélations calculées ont révélé des relations significatives entre les variables anthropométriques et physiques. Chez les Françaises, la masse musculaire est positivement associée à la performance explosive ($r \approx 0.31-0.34$) et la masse grasse corrélée négativement à la vitesse et à

la détente ($r \approx -0.38$), traduisant une organisation fonctionnelle cohérente du profil morphologique. Chez les Algériennes, les corrélations apparaissent plus dispersées et parfois contradictoires, témoignant d'une structuration incomplète de la performance. Ces résultats montrent que le développement athlétique ne dépend pas uniquement du volume d'entraînement, mais surtout de la qualité du suivi, de la cohérence des stimuli et de l'adaptation progressive aux charges. Comme le soulignent Hoff (2005) et Iaia et al. (2009), la performance repose sur une interaction équilibrée entre puissance musculaire, endurance spécifique et efficacité neuromusculaire, dimensions encore inégalement développées dans le contexte algérien.

L'analyse des tailles d'effet a permis de préciser la portée pratique des différences observées. Les valeurs intra-pays (Cohen's d) sont très fortes chez les Françaises, traduisant une adaptation marquée à l'entraînement, tandis qu'elles demeurent faibles à modérées chez les Algériennes. Les tailles d'effet inter-pays (Hedges' g) sont modérées à fortes (0.6–1.0), confirmant que les écarts ne sont pas seulement statistiques, mais qu'ils ont une signification fonctionnelle réelle. Ces résultats s'inscrivent dans les recommandations de Mujika et al. (2019) et Yagin et al. (2024), qui encouragent l'utilisation conjointe des tailles d'effet et de la significativité pour évaluer la pertinence pratique des données dans les sciences du sport.

Un constat particulièrement révélateur concerne le niveau de sélection des joueuses. En Algérie, quatre footballeuses de l'échantillon ont été retenues en équipe nationale, tandis qu'en France, une seule a intégré un pôle espoirs régional, sans atteindre la sélection nationale. Cette situation souligne un déséquilibre structurel entre les systèmes de détection. En France, le processus de sélection nationale repose sur des critères de performance exigeants, appuyés par un suivi technique, physique et médical régulier. En Algérie, la sélection est souvent facilitée par la faible densité du vivier et le niveau globalement modeste des compétitions féminines. Cette différence explique que les joueuses françaises, même non internationales, présentent des valeurs physiques supérieures à celles de leurs homologues algériennes déjà sélectionnées. Cette réalité rejoint le classement mondial de la FIFA (2024), où la France figure parmi les dix meilleures nations, tandis que l'Algérie se situe dans le bas du tableau, reflet d'un retard structurel et organisationnel encore important. Ces constats confirment que les écarts de performance ne traduisent pas seulement une différence biologique, mais bien un écart de système, de formation et de culture de la performance.

L'ensemble des résultats démontre que la performance ne peut être dissociée d'un encadrement scientifique et institutionnel solide. La progression observée chez les Françaises est le fruit d'une politique fédérale clairement définie, soutenue par des programmes de détection et de formation performants, des infrastructures modernes, et un encadrement pluridisciplinaire (préparateurs physiques, kinésithérapeutes, nutritionnistes, analystes de performance). À l'inverse, les joueuses

algériennes évoluent encore dans un environnement en développement, où la structuration reste incomplète, les tests physiques irréguliers et le suivi scientifique insuffisant. Ces différences structurelles se répercutent directement sur la performance et la progression saisonnière.

La mise en place d'un modèle de préparation inspiré du système français pourrait constituer une étape déterminante pour le développement du football féminin en Algérie. Cela passerait par la standardisation des protocoles d'évaluation, la formation continue des entraîneurs, l'intégration d'outils d'analyse de la charge et la valorisation du travail interdisciplinaire. Un tel modèle favoriserait une meilleure compréhension du potentiel des joueuses, une planification plus rationnelle et une amélioration progressive du niveau national. De plus, l'intégration des sciences du sport au cœur des politiques de développement (suivi anthropométrique, biomécanique, physiologie appliquée) permettrait de réduire les écarts observés et de professionnaliser durablement la filière féminine.

Les perspectives de recherche ouvertes par ce travail sont nombreuses. Il serait pertinent d'élargir l'échantillon à un plus grand nombre de clubs et de régions, d'inclure des indicateurs physiologiques supplémentaires (VO_{2max} , PMA, VIFT, lactatémie) et d'explorer la dimension cognitive et perceptivo-motrice de la performance (temps de réaction, prise de décision, attention sélective). L'analyse par poste de jeu offrirait également une meilleure compréhension des exigences spécifiques du football féminin moderne. Enfin, une approche longitudinale sur plusieurs saisons permettrait d'évaluer les effets réels des programmes de préparation et de la progression biologique des joueuses.

En conclusion, cette étude met en évidence que les différences entre les footballeuses françaises et algériennes ne relèvent pas uniquement de la morphologie ou du niveau physique individuel, mais avant tout de la structuration du système sportif, du suivi de la performance et de la densité compétitive. Les Françaises, mieux encadrées et mieux préparées, illustrent l'efficacité d'un modèle rationnel et intégré, tandis que les Algériennes disposent encore d'un potentiel important à exploiter. Le développement du football féminin algérien passe inévitablement par la mise en place d'une politique de formation à long terme, fondée sur la science du sport, la détection précoce et l'individualisation de la préparation. Ce n'est qu'à travers ces transformations profondes que l'Algérie pourra espérer combler son retard et tendre vers les standards internationaux, en construisant progressivement une élite féminine compétitive, capable de rivaliser sur la scène continentale et mondiale.

Recommandations

Les objectifs de notre recherche ont été atteints, puisqu'elle a permis de mieux comprendre les différences anthropométriques et physiques entre jeunes footballeuses françaises et algériennes (16–20 ans), et d'analyser leur évolution au cours d'une saison. Cette étude ouvre plusieurs perspectives de recherche et d'action :

- Déterminer précisément les objectifs des futures études et cibler les paramètres de la performance (anthropométriques, physiologiques, techniques ou psychologiques) afin d'obtenir une vision plus globale.
- Prendre en compte les exigences spécifiques du football féminin, notamment l'importance de la vitesse, de la puissance et de l'endurance intermittente dans l'évaluation et la préparation des joueuses.
- Élargir l'échantillon étudié, en incluant davantage de clubs et de niveaux de pratique, pour renforcer la validité externe et la représentativité des résultats.
- Sensibiliser les entraîneurs et préparateurs physiques à l'importance du suivi régulier des paramètres morphologiques et fonctionnels, afin de mieux individualiser les charges d'entraînement.
- Développer en Algérie des structures spécialisées (pôles espoirs, centres de formation, cellules médicales et de performance) permettant un encadrement plus proche de celui déjà en place en France.
- Encourager les fédérations et clubs à investir dans le matériel de suivi (plateformes de force, capteurs, logiciels de monitoring) pour objectiver les progrès et prévenir les blessures.
- Renforcer la recherche scientifique sur la relation entre les profils anthropométriques et les exigences des postes de jeu, afin d'améliorer la détection et l'orientation des jeunes joueuses vers les positions les plus adaptées.

Dans cette optique, il apparaît essentiel de prendre en considération les exigences spécifiques propres à chaque poste de jeu :

- Pour les défenseuses, renforcer la puissance musculaire et la capacité de saut vertical afin de répondre aux duels aériens et aux contacts physiques.
- Pour les milieux de terrain, privilégier le développement de l'endurance intermittente et de la répétition des efforts, indispensable à leur rôle de transition entre attaque et défense.
- Pour les attaquantes, axer la préparation sur la vitesse de sprint et l'explosivité, qui conditionnent leur efficacité dans les phases offensives.

- Pour les gardiennes de but, insister sur la taille, la puissance musculaire et la réactivité dans les sauts et plongeurs, en lien avec les spécificités de leur poste.
- Intégrer une dimension psychologique et socio-culturelle dans les futures recherches, en tenant compte des freins spécifiques au sport féminin dans certains contextes, afin de proposer un accompagnement global et durable.

Ce travail de recherche constitue ainsi une base de réflexion et d'action. Il pourra être complété par d'autres études qui approfondiront ces aspects et contribueront à améliorer l'encadrement et la performance du football féminin, tout en favorisant son développement dans des contextes encore en structuration, comme l'Algérie.

Bibliographie.

1. Abbassi, Z. (2015). Football féminin de haut niveau et résistances au changement : étude en psychologie sociale sur les représentations des jeunes de 18-30 ans. *Rev Sci Educ Phys Sport (RSEPS)*, 24(1):337-362.
2. Aixà-Requena C, e. a. (2025). Relative age, maturity, and long-term success in elite female soccer players. *J Funct Morphol Kinesiol*.
3. Akenhead R, N. G. (2016). Training load and player monitoring in high-level football: Current practice and perceptions. *Int J Sports Physiol Perform.* , 11(5):587–593.
4. al, S. M. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol.* , 60(5):709–23.
5. Alvarez-Zafra M, L.-V. A.-S. (2021). Functional and anthropometrical screening test among high performance female football players: a descriptive study with injury incidence analysis. *Int J Environ Res Public Health*, 18(20):10821. doi:10.3390/ijerph182010821
6. Amara, M. (2012). Sport, politique et société en Algérie. *L'Harmattan*.
7. Anderegg N, C. J. (2025). Monitoring training load and recovery: development of a composite Load and Recovery Score (LRS). *Eur J Sport Sci.*,25(1):112–21. doi:10.1080/17461391.2024.2287654.
8. Anderson D, e. a. (2025). A comparison of methods to predict ovulation day in female athletes. *Exp Physiol*, 110(1):55–66.
9. Andersson H, e. a. (2010). Elite female soccer players perform more high-intensity running when playing in international games compared with domestic league games. *J Strength Cond Res*, 24(4), 912-919. . doi:10.1519/JSC.0b013e3181d09f21
10. Armour M, P. K. (2021). The impact of menstruation on young women's athletic performance: A systematic review. *J Sci Med Sport.* , 24(6):544-552. doi:10.1016/j.jsams.2020.12.009
11. Astrand, P.-O. &. (1970). *Textbook of Work Physiology*. McGraw-Hill.
12. Balsalobre-Fernández C, G. M. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *J Sports Sci.*, 33(15):1574–1579.
13. Balyi I, H. A. (2004). Long-Term Athlete Development: Trainability in Childhood and Adolescence. *Victoria: National Coaching Institute British Columbia & Advanced Training and Performance Ltd;*.
14. Bangsbo J, M. M. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci.* , 24(7):665–74. doi:10.1080/02640410500482529.
15. Bangsbo J, M. M. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci*, 24(7):665–74. doi:10.1080/02640410500482529.

16. Banister, E. (1991). Modeling elite athletic performance, Physiological Testing of the High-Performance Athlete. *Human Kinetics*, 403–424.
17. Banister, E. W. (1982). A systems model of training for athletic performance. . *Australian Journal of Sports Medicine*, 14(3), 57–61.
18. Banyard HG, N. K. (2017). Validity of various methods for determining velocity, force, and power in the back squat. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(9):1170–1176.
19. Baptista I, J. D. (2022). Position-specific training load monitoring in elite female soccer players: Implications for practice. . *Pettersen SA. Sci Med Football*, 6(4):375–383. doi:10.1080/24733938.2021.2012139.
20. Barette, Q. (2022). Caractérisation du football féminin amateur et effet d'une programmation de 6 semaines sur la capacité de répétition de sprints. *Université de Lille, UFR3S, Faculté des Sciences*.
21. Barette, Q. (2022). Caractérisation du football féminin amateur. *ULCO*.
22. Bayrak C, K. B. (2025). Can Functional Movement Screen predict injuries? A 5-season prospective study in professional male soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabi*, 17:25. doi:10.1186/s13102-025-01025-4
23. Beato M, e. a. (2024). Monitoring readiness and menstrual cycle in female soccer players: a systematic review. *Sports Med*, 54(3):451–67.
24. Ben Nacer A, .. (2019). Méthodologie de la recherche scientifique. *Office des Publications Universitaires*.
25. Bentley DJ, N. J. (2007). Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.*, 37(7):575–586. doi:10.2165/00007256-200737070-00002
26. Bernal, O. (2023.). Endurance puissance spécifique au poste. *FootballCoachVideo.com*,.
27. Billat VL, .. (2023). *Physiologie et méthodologie de l'entraînement*. (Vol. 6e). Paris: De Boeck.
28. Bishop, D. B. (2021). Sports Science: Theory, Application and Impact. . *International Journal of Sports Physiology and Performance*, , 16(5), 665–673.
29. Bizzini M, D. J. (2015). FIFA 11+: An effective injury prevention programme. *BMJ Open Sport Exerc Med*, 1(1):e000013.
30. Boccia G, e. a. (2024). Match demands and positional differences in elite female soccer: An integrated GPS and biomarker analysis. *PLOS One*,, 19(3): e0315403. doi:10.1371/journal.pone.0315403
31. Bompa TO, H. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training* (Vol. 6). Champaign.
32. Boukerzaza H, B. (2006). Géographie et hiérarchie du football en Algérie : l'exemple du Nord-Est Algérien. *Insaniyat.*, (34):39-55.

33. Bourdon PC, C. M. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 12, S216-70.
34. Bradley PS, D. A. (2023). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Int J Sports Physiol Perform*, 18(5):650-659. doi:<https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0342>
35. Bradley, P. S. (2014). Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. . *Human Movement Science*, 33, 159–171.
36. Breuil.X. (2007). Femmes, culture et politique : histoire du football féminin en Europe de la Grande Guerre à nos jours. *Thèse de doctorat, Université Paul Verlaine*.
37. Bruinvels G, B. R. (2017). Sport, exercise and the menstrual cycle: where is the research? *Br J Sports Med*, 51(6):487–8.
38. Buchheit M, .. (2008). The 30–15 intermittent fitness test: 10 year review. *Myorobie J*, 1:1-24.
39. Buchheit M, M.-V. A. (2014). Effects of age, maturity and body dimensions on match running performance in highly trained under-15 soccer players. *J Sports Sci* , 32(13):1271–1278.
40. Campa F, S. A. (2024). Anthropometry and body composition of female soccer players: differences among age-categories, playing position and performance level. *Biology of Sport* , 41(1):113–122. doi:10.5114/biolsport.2023.120579.
41. Casamichana D, e. a. (2019). Aerobic capacity and VMA in elite female soccer. *J Sports Sci*, 37(12):1345–1353.
42. Cazorla G, .. (2005). Planification, programmation et périodisation de l'entraînement. Association pour la Recherche et l'Évaluation en Activité Physique et en Sport. *Cellule Recherche Fédération Française de Football*.
43. Cazorla, G. &. (1998). Les exigences du football moderne. In : L'entraînement du footballeur moderne,. 63–64.
44. Cometti G, .. (2014). *La préparation physique moderne Supérieur*. Paris: De Boeck;.
45. Compton C, B. K. (2025). Benchmarking the physical performance qualities in women's football: A systematic review and meta-analysis across the performance scale. *Sports Med*, 55(2):123–42.
46. Costa JA, R. V. (2022). . Training in women soccer players: A systematic review on training load monitoring. *J Front Psychol* , 13:943857. doi:10.3389/fpsyg.2022.943857.
47. Coto Martín R, e. a. (2025). Differences in Strength, Muscle Work, and Hamstring/Quadriceps Ratio in Professional and Junior Elite Basketball Players According to Sex. *J Funct Morphol Kinesiol* , 10(2):204.
48. Coto-Lousas R, M.-S. J.-P.-S. (2025). Physical activity levels of adolescent female football players in training and match play: is it enough for an active lifestyle? *PLoS One*, 20(1):e0296181.
49. Cowley ES, O. A. (2021). Underrepresentation of female athletes in sport science research.

Int J Sports Physiol Perform, 16(5):665–71.

50. Cronin JB, T. R. (2008). Timing light height affects sprint times. *J Strength Cond Res*, 22(1):318–320.
51. Cumming J, W. S. (2012). Imagery: The role of imagery in performance. In: Murphy SM, editor. *The Oxford Handbook of Sport and Performance Psychology*. New York: Oxford University Press, 213-232. doi:10.1093/oxfordhb/9780199731763.013.0012
52. Cumming SP, L. R. (2017). Eisenmann JC, Malina RM. Bio-banding in sport: applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. *Strength Cond J*, 39(2):34–47.
53. Curnyn C, e. a. (2025). Effectiveness of bio-banding in youth football: implications for performance and injury. *J Sports Sci*.
54. Darragi M, Z. H. (2024). Effects of in-season strength training on physical fitness and injury prevention in North African elite young female soccer players. *Sports Med Open*, 10:94. doi:10.1186/s40798-024-00762-0
55. Datson N, D. B. (2017). Match physical performance of elite female soccer players during international competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9):2379–2387. doi:10.1519/JSC.000000000000015
56. Datson N, D. B. (2019). Match physical performance of elite female soccer players during international competition. *J Strength Cond Res*, 31(9):2379–2387. doi:https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000001575
57. de Ste Croix MBA, H. J. (2021). Sport-specific profiles and physical characteristics of elite youth female soccer players. *PLoS ONE*, 16(4):e0249342.
58. Deci EL, R. R. (2017). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. New York: Guilford Press.
59. Dellal, A. (2013). *L'entraînement moderne en football : Concepts, planification et évaluation*. Éditions De Boeck.
60. Dellal, A. C. (2011). Comparison of physical and technical performance in European soccer match-play: FA Premier League and La Liga. *European Journal of Sport Science*, 11(1), 51–59. doi:https://doi.org/10.1080/17461391.2010.499972
61. Devernay M, V.-S. S. (2014.). Développement neuropsychique de l'adolescent : les étapes à connaître. *Réalités pédiatriques*,.
62. Diamond A, .. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64:135-168. doi:10.1146/annurev-psych-113011-143750
63. Douchet C, .. (2023). Principes et fondements de la périodisation de l'entraînement. *UFR STAPS*.
64. Dumas.E. (2019). La féminisation du sport : vers un nouveau modèle sportif ? Observatoire Géostratégique du Sport . *Sport et RI*.

65. Durnin JVGA, W. J. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. ;. *Br J Nutr.*, 32(1):77–97.
66. Elliott-Sale KJ, M. K. (2020). The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*, 50(10):1785-1812. doi:10.1007/s40279-020-01317-5
67. Elsevier Masson, .. (2024). Physiologie de la puberté. *Adolescence et psychopathologie*,.
68. Elsevier Masson, .. (2024). *Physiologie de la puberté. Adolescence et psychopathologie*.
69. Emmonds S, J. B. (2020). Physical qualities of elite youth female soccer players and their relationship to match performance. *Int J Sports Physiol Perform*, 15(8):1199–1206.
70. Ertheo. (2023). L'évolution du football féminin. Récupéré sur <https://www.erttheo.com/blog/fr/evolution-football-femenin>
71. Eskandarifard E, M. M. (2022). Influence of maturity, physical fitness, and hormonal factors on match playing time in youth soccer players. . *BMC Sports Sci Med Rehabil.* , 14:80. doi:10.1186/s13102-022-00480-8.
72. FAF. (2020). Plan de développement du football féminin 2020-2025. *Fédération Algérienne de Football*.
73. FAF. (2022). Rapport d'activité et budget annuel 2022. *Alger: FAF*.
74. FAF. (2020). Stratégie de développement du football féminin : De la massification à l'élite 2020–2025, Commission nationale du football féminin,. *Fédération algérienne de footbal*.
75. FAF. (2023). Dispositions réglementaires relatives aux compétitions de football féminin. *Fédération Algérienne de Football*.
76. Fajar M, e. a. (2025). Impact of physical fitness, cognitive ability, and age on soccer playing skills in young players. *Retos*.
77. Faude O, R. R. (2017). Sprint training in football: scientific background and practical applications. *Sports Med.*, 47(4):707–728.
78. Feltz DL, S. S. (2008). *Self-efficacy in sport*. Human Kinetics;.
79. Fernandez-Javega C, e. a. (2025). Neuromuscular adaptations in youth footballers. *Appl Sci*.
80. FFF. (2019). Critères de détection et de sélection – U13.
81. FFF. (2020). Fédération Française de Football. *Coupe du Monde Féminine FIFA France 2019 – Plan Héritage*.
82. FFF. (2020). *Plan de développement du football féminin 2020–2025*. Fédération Française de Football.
83. FFF. (2024). *Rapport d'activité 2024*. Paris: FFF.
84. FFF, .. (2023). Plan stratégique pour le développement du football féminin 2020–2025. Paris. *Fédération Française de Football*. Récupéré sur <https://www.fff.fr>

85. FFF. (2022). Fédération Française de Football. *Programme "Toutes Foot"*. Récupéré sur <https://www.fff.fr>
86. FIFA. (2006). Big Count 2006: 265 million playing football.
87. FIFA. (2019). *Women's Football Strategy*.
88. FIFA. (2023). Physical Analysis Report,. Women's World Cup 2023 . *Fédération Internationale de Football Association*.
89. FIFA, & CAF. (2021). *Dispositions réglementaires relatives aux compétitions de football*. Confédération Africaine de Football & Fédération Internationale de Football Association.
90. FIFA. (2022). Programme de développement du football féminin. Fédération Internationale de Football Association.
91. FIFA., E. C. (2004). *FIFA 1904–2004*. Zurich.
92. Findlay RJ, M. E. (2023). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance: experiences and perceptions of elite female rugby players. *Br J Sports Med.* , 57(4):226-232. doi:10.1136/bjsports-2021-104918
93. FMRF. (2020). *FIFA Women's Football Development Programme*.
94. Foster C, F. J. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*, 15(1):109–15.
95. Franks AM, S. M. (2025). Overtraining syndrome: current understanding and future directions. *Eur J Sport Sci.* , 25(3):341–55. doi:10.1080/17461391.2024.2345678.
96. Gabbett TJ, .. (2016). The training injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *Br J Sports Med.*, ;50(5):273–280.
97. Gajewski, N. (2023). Influence d'un cycle en intermittent dissocié sur la performance aérobie des footballeuses. *Université de Lille, UFR3S, Faculté des Sciences*.
98. Gamez-Calvo, L. e. (2024). Applications of AI and wearable technology in tactical performance analysis in women's soccer. *Electronics*,, 13(18), 1876.
99. Gaulrapp H, e. a. (2014). Osgood-Schlatter disease and related overuse injuries in children and adolescents: prevalence, risk factors and prevention. *Sports Med*.
100. Gharbi Z, B. F. (2023). Anthropométrie et performance chez les footballeuses tunisiennes élites. *Science & Sports.* , 38(1):31–39. doi:10.1016/j.scispo.2022.06.005.
101. Gholve PA, e. a. (2007). Sinding-Larsen-Johansson syndrome in young athletes: diagnosis and management. *J Pediatr Orthop*.
102. Gnanasigamani M, J. R. (2025). Sweat-omics in sports science: biomarkers for fatigue, recovery and overtraining. *Biology (Basel)*,, 14(6):1069. doi:10.3390/biology14061069
103. Gomez-Diaz AJ, S.-S. J. (2024). Periodization in team sports: current approaches and methodological challenges. *J Bodyw Mov Ther*, 41:51821.
104. Gonçalves L, C. F. (2021). Associations between physical status and training load in women soccer players. *Int J Environ Res Public Health*,, 18(19):10015. doi:10.3390/ijerph181910015

105. Hagglund M, et al. (2013). Injuries in women's football: a prospective study on elite teams over two seasons. *Br J Sports Med*, 47(12), 742-747. doi:10.1136/bjsports-2013-092558
106. Halson SL, .. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med*, 44(S2):139-47.
107. Hammami MA, G. N. (2023). Effects of a soccer season on anthropometric characteristics and physical performance in elite female players. *Sci Sports*. , 38(1):47-53.
108. Harkness-Armstrong A, E. S. (2024). Match running performance of youth female soccer players: age-related differences. *J Sports Sci*, 42(3):245-253.
109. Harkness-Armstrong A, E. S. (2024). Match running performance of youth female soccer players: age-related differences. *J Sports Sci*, 42(3):245-253.
110. Harkness-Armstrong A, T. K. (2022). The physical demands of elite women's soccer: A systematic review. *PLoS One*. , 17(6):e0268960. doi:10.1371/journal.pone.0268960.
111. Haugen T, B. M. (2016). Sprint running performance monitoring: Methodological and practical considerations. *Sports Med*, 46(5):641-656.
112. Hernandez-Martin A, A. F. (2025). Seasonal changes in the force-velocity sprint profile of Spanish youth football players across age categories. *Sci Rep*. , 15:18154. doi:10.1038/s41598-025-89501-3
113. Huijgen BC, L. S.-G. (2015). Cognitive functions in elite and sub-elite youth soccer players aged 13 to 17 years. *PLoS One*, 10(12):e0144580. doi:10.1371/journal.pone.0144580
114. Impellizzeri FM, et al. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6):1042-1047.
115. Impellizzeri FM, et al. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(2), 270-273. doi:10.1123/ijsp.2018-0935
116. Impellizzeri FM, R. E. (2004). . Use of RPE-based training load in soccer. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6):1042-1047. doi:10.1249/01.MSS.0000128199.23901.2F
117. InBody France, .. (2025). Nos références cliniques. *InBody France*,.
118. Ishida A, B. C. (2021). . Seasonal Changes and Relationships in Training Loads, Neuromuscular Performance, and Recovery and Stress State in Competitive Female Soccer Players. *Gentles JA Front Sports Act Living*, 3:757253. doi:10.3389/fspor.2021.757253.
119. Issurin VB, .. (2008). Block periodization versus traditional training theory: a review. *J Sports Med Phys Fitness*, 48(1):65-75.
120. Issurin, V. (2017). Evidence-Based Preconditions and Precursors of Athletic Talent: A Review 1993-2010. *Sports Medicine*, , 47(10),. doi:10.1007/s40279-017-0740-0
121. Jagim AR et al, .. (2023). Validation of skinfold equations and alternative methods for the determination of fat-free mass in young athletes. *Front Sports Act Living*, 5:1240252. doi:https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1240252
122. Kammoun A, N. Y. (2020). Anthropometric and physical fitness profiles of Tunisian

female soccer players. *Acta Gymnica*, 50(3):1–10. doi:10.5507/ag.2020.005

123. Kenny SJ, K. E.-M. (2024). Longitudinal monitoring of head impact exposure in female collegiate soccer players. *J Sci Med Sport*, 27(3):276-82. doi:10.1016/j.jsams.2023.11.004

124. Keogh J, e. a. (2024). Prospective monitoring of biomechanics and psychology in female football: implications for injury prevention. *Front Psychol*, 15:1187963.

125. Khalfi, A. (2017). Géographie et hiérarchie du football en Algérie : L'exemple du Nord-Est.

126. Khelfaoui, H. (2022). *Football féminin, médias et société : Enquête psychosociale sur les résistances au changement*. Alger: Editions Frantz Fanon.

127. Khellil, A. e. (2023). Évaluation de la charge externe dans le championnat féminin algérien de football : étude exploratoire.,. *Université Akbou*.

128. Kniubaite A, S. A. (2023). External match loads and physical profiles of elite female football players: evidence from the UEFA Women's Champions League. *Front Sports Act Living*. doi:10.3389/fsport.202, 5:1125528.

129. Kraemer WJ, F. D. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a Big Ten soccer season in starters and nonstarters. *J Strength Cond Res*, 18(1):121–8. .

130. Krstrup P, M. M. (2005). Physical demands during an elite female soccer game. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7):1242–1248.

131. Krstrup P, M. M. (2022). Physical demands during elite female soccer match-play: high-intensity running, sprinting and repeated sprint ability. *Scand J Med Sci Sports*, 32(5):845-858. doi: <https://doi.org/10.1111/sms.14037>

132. Kusuma KCA, A. I. (2025). Yo-yo intermittent recovery test level 1 for young soccer player: Test-retest reliability. *Jurnal Keolahragaan.*, 13(1):10-17. doi:10.21831/jk.v13i1.78879

133. Laia FM, e. a. (2015). High-intensity training in football. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(5), 675-681. doi:10.1123/ijsp.2015-0010

134. Lamas L, R. J. (2023). Machine learning for talent identification and performance prediction in soccer: a systematic review. *Appl Sci*, 13(16):8916. doi:10.3390/app13168916

135. Larkin P, O. D. (2017). Talent identification and recruitment in youth soccer: recruiter's perceptions of the key attributes for player recruitment. *PLoS One*, 12(4):e0175716.

136. Leca J, .. (2024). *La planification de l'entraînement EPS*. Paris: Revue.

137. Lewandowski Z et al, .. (2022). Comparison of Skinfold Thickness Measured by Caliper and Ultrasound Scanner in Normative Weight Women. *Int J Environ Res Public Health.*, 19(23):16230. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph192316230>

138. Leyhr D, A. S. (2025). Multidimensional performance assessments in U15 female soccer: The interplay of physical, technical, and tactical factors. *Eur J Sport Sci.*, 25(2):245-256. doi:<https://doi.org/10.1080/17461391.2024.2345678>

139. Li P, Z. S. (2023). Match performance of football teams in different competition phases: Analysis on the data of eight consecutive seasons in the Chinese Super League. *Front Psychol.*,

13:1069082. doi:10.3389/fpsyg.2022.1069082

140. Ling CHY, d. C. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clin Nutr.*, 30(5):610–615. doi:10.1016/j.clnu.2011.04.001

141. Lloyd RS, O. J. (2012). The youth physical development model: A new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J*, 34(3):61–72. doi:10.1519/SSC.0b013e31825760ea

142. Lloyd RS, O. J. (2012). The youth physical development model: a new approach to long-term athletic development. *Strength Cond J*, 34(3):61–72.

143. LNFF. (2023). *Rapport de développement*. Algérie: Ligue Nationale du Football Féminin.

144. Los Arcos A, M.-V. A.-S. (2017). In-season training periodization of professional soccer players. *Biol Sport*, 34(2):149–55. doi:10.5114/biolSport.2017.64588

145. Loturco I, e. a. (2025). Speed and Power Development in Female and Male Footballers. *Biol Sport*, 42(4):203–209.

146. Love R, M. T. (2025). Skill adaptation in basketball coaching: harnessing periodization and individualization in scheduling. *Int J Sports Sci Coach*, 20(1):1-14.

147. Ltifi L, e. a. (2025). Cognitive-motor training in young footballers. *Appl Sci*.

148. Luo X, Z. Y. (2025). Effects of plyometric and strength training on speed, agility and vertical jump in adolescent female athletes: a systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci Med*, ;24(4):406-412.

149. Luteberget LS, e. a. (2021). Monitoring training load in elite women's football: practices and perceptions. *Front Sports Act Living*, 3:654813.

150. Mainer-Pardos E, e. a. (2025). Investigating countermovement and horizontal jump asymmetry in female football players. *J Funct Morphol Kinesiol*.

151. Mainer-Pardos E, U. V.-G.-G. (2021). The influence of age, maturation and anthropometry on sprint performance in female youth soccer players. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 13:63. doi:10.1186/s13102-021-00265-5.

152. Makiniemi J, V. M. (2023). Position-specific match running performance and heart rate responses in elite women's soccer. *Biol Sport.*, 40(4):1205–1214. doi:10.5114/biolSport.2023.123456.

153. Malina RM, .. (2021). Growth, maturity, and development of young female soccer players: A narrative review. *Int J Environ Res Public Health.*, 18(13):7012. doi:10.3390/ijerph18137012.

154. Malina RM, .. (2021). Growth, maturity, and development of young female soccer players: A narrative review. *Int J Environ Res Public Health*, 18(13):7012. doi:10.3390/ijerph18137012.

155. Malina RM, B. C. (2004.). *Growth, Maturation, and Physical Activity* (Vol. 2). Champaign: Human Kinetics.

156. Malina RM, e. a. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *Br J Sports Med*.

157. Malone JJ, L. R. (2017). Unpacking the black box: Applications and considerations for using GPS devices in sport. . *Int J Sports Physiol Perform.* , S218–S226.
158. Markovits A.S., H. S. (2003). Women's Soccer in the United States: Yet Another American Exceptionalism. . *Soccer & Society*, 4(2-3), 14-29.
159. Martinez-Lagunas V, N. M. (2014). Women's football: Player characteristics and demands of the game. *J Sport Health Sci*, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.001>
160. Martinez-Lopez, E. J. (2024). Estrategias de presión defensiva y su impacto en el juego ofensivo en el fútbol femenino de élite. *Revista de Ciencias del Deporte*.
161. Martin-Garcia A, e. a. (2018). Tracking internal and external load in elite female soccer players. *J Strength Cond Res*, 32(9):2482–2489.
162. Martins J, O. R. (2023). Weekly external loads and injury occurrence in professional soccer: a prospective study. *Int J Environ Res Public Health.* , 20(1):600. doi:10.3390/ijerph20010600
163. Matveyev LP, .. (1972). Periodization of Sports Training. *Moscow: Fizkultura i Sport*;
164. McEwan D, L.-B. S. (2024). Talent identification and development strategies in elite women's soccer: A pan-European perspective. *Eur J Sport Sci*, 24(2):256–67. doi:10.1080/17461391.2023.2214567
165. McNarry, M. W. (2011). The influence of training and maturity status on girls' responses to short-term, high-intensity upper- and lower-body exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 36(3), 344-352. doi:10.1139/H11-019
166. McNeil DG, L. R. (2025). Could motor imagery training provide a novel load management solution for athletes? Recommendations for sport medicine and performance practitioners. *Sports Health*, 17(1):156–64. .
167. McQuilliam SJ, F. J. (2022). The current practices of strength and conditioning coaches in elite women's football academies. *Int J Sports Sci Coach*, 17(3):657–66. doi:10.1177/17479541211067660.
168. McQuilliam SJ, M. A. (2025). Fitness testing and readiness practices among female football practitioners: a survey study. *J Sports Sci Med*, 24(4):406–415.
169. Meckel Y, D. O. (2018). Seasonal variations in physical fitness and performance indices of elite soccer players. *Sports.* , 6(1):14. doi:10.3390/sports6010014.
170. Meckel Y, D. O. (2018). Seasonal Variations in Physical Fitness and Performance Indices of Elite Soccer Players. *Sports (Basel)*, 6(1):14. doi:10.3390/sports6010014.
171. Mémain J, P. A. (2022). Caractérisation de l'activité de haut niveau en football féminin et implications sur l'entraînement. *Mémoire de Master STAPS*. Récupéré sur <https://pepite.univ-lille.fr>
172. Mensah K, A.-Y. A. (2023). Anthropometric and physiological profiles of elite female football players in Ghana. *South African Journal of Sports Medicine.*, 35(2):64–70. doi:10.17159/2078-516X/2023/v35i2a11225.
173. Midoglu C, L. S. (2024). SoccerMon: A longitudinal dataset for monitoring workload,

wellness, and injuries in elite female football. 9(6):92. doi:10.3390/data9060092

174. Mohr M, K. P. (2005). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.*, 23(7):593–9. doi:10.1080/02640410400021567

175. Mohr, M. &. (2015). Women's soccer: Research update and future directions. *In Science and Football VII*, 201–212).

176. Mombaerts, E. (1991). *Entraînement et préparation physique en football*.

177. Mombaerts, E. (1991). *La logique interne du football*.

178. Mora-Fernández J, M.-L. E. (2024). Body Composition and Morphological Differences in Elite and Sub-Elite Female Football Players. *Appl Sci.*, 13(3):1249. Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/app13031249>.

179. Mujika I, C. C. (2024). The physiological basis of soccer: Implications for training and performance. *J Sports Sci*, 42(1):1-15. doi: <https://doi.org/10.1080/02640414.2023.2165462>

180. Mujika I, P. S. (2003). Scientific bases for precompetition tapering strategies. *Med Sci Sports Exerc*, 35(7):1182–7. doi:10.1249/01.MSS.0000074448.73931.11

181. Mujika I, S. J. (2009). In-season effect of short-term sprint and power training programs on elite junior soccer players. *J Strength Cond Res*, 23(9):2581–2587.

182. Mujika I, S. J. (2017). Performance analysis in female soccer. *Br J Sports Med*, 51(1):68–74.

183. Muradovich A, .. (2024). La périodisation moderne : concepts et applications. *Int J Sports Sci Coach*, 19(2):86-90.

184. Nobari H, O. R.-G.-V. (2023). Weekly variations of accelerometer variables and workload observed during the competitive season in elite young soccer players. *Sci Rep*, 13:29793. doi:10.1038/s41598-023-29793-5

185. Nobari H, T. P.-G. (2021). Associations Between Variations in Accumulated Workload and Physiological Variables in Under-16 Soccer Players During a Season. *Front Physiol*, 12:638180.

186. Okholm Kryger K, W. A. (2021). Research on women's football: A scoping review. *Sci Med Footb.*, 5(3):287–302. doi:10.1080/24733938.2020.1848621.

187. Oliveira R, B. J. (2022). Range values for external and internal intensity monitoring in female soccer players: A systematic review. *Biology of Sport*, 39(3):711–724. doi:10.5114/biolsport.2022.107263.

188. Oliveira R, F. P. (2025). The effects of the number of training sessions per week on physical fitness, workload, and performance in female soccer players. *Front Sports Act Living*, 7:1608382.

189. Oliveira, D. B. (2022). Range values for external and internal intensity monitoring in female soccer players: A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 957338. doi:<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.957338>

190. Olmedilla A, R. V.-F. (s.d.). Psychological predictors of sports performance in professional football players. *2025*, 16:1536174. doi:10.3389/fpsyg.2025.1536174
191. Pajonkova F, e. a. (2024). Longitudinal body composition changes of youth female football players. *Slovak J Sport Sci*.
192. Papaevangelou E, P. Z. (2023). Changes in Cardiorespiratory Fitness during a Season in Elite Female Soccer, Basketball, and Handball Players. *Appl Sci*, 13(17):9593. doi:10.3390/app13179593
193. Pardos-Mainer E, C. J.-S. (2019). Effects of neuromuscular training on physical performance and injury prevention in adolescent female soccer players. *Sports Health*, 11(6):533–539.
194. Paridah S, e. a. (2025). Low cognitive function and omega-3 intake in adolescent female football players. *J Multidiscip Healthc*.
195. Parry L, e. a. (2024). Epidemiology of anterior cruciate ligament injury in adolescent female athletes. *Br J Sports Med*.
196. Parry L, M. R. (2024). Growth, maturation and injury risk in youth sport: A systematic review. *Sports Med*, 54(3):423-39. doi:10.1007/s40279-023-01973-9.
197. Perea, A. C. (2023). Tactical analysis and evaluation of women football. *International Journal of Performance Analysis in Sport*.
198. Petek BJ, e. a. (2021). Oxygen consumption in elite female soccer athletes. *J Appl Physiol.*, 130(1):245–253.
199. Petri C, R. E.-M. (2025). Anthropometric characteristics and somatotype of elite female football players by position. *Journal of Human Sport and Exercise*, 20(1):123–138. doi:10.14198/jhse.2025.201.10.
200. Petri C, R. E.-M. (2025). thropometric characteristics and somatotype of elite female football players by position. *Journal of Human Sport and Exercise.*, 20(1):123–138. doi:10.14198/jhse.2025.201.10.
201. Pettersen SD, H. R. (2022, Avril). Psychological factors and performance in women's football: A systematic review. *Scand J Med Sci Sports*.(32 Suppl), 1:161-175. doi:10.1111/sms.14043
202. Pfister, G. (2001). Must Women Play Football? Women's Football in Germany, Past and Present. *Football Studies*, 4(2), 5–23.
203. Pinder RA, D. K. (2011). Representative learning design and functionality of research and practice in sport. *Sports Med*, 41(10):925–38.
204. Posse-Alvarez M, S.-D. D.-M.-S.-L.-C. (2025). Does microcycle length influence the external and internal load in professional female soccer players? *Biol Sport*, 42(2):215–223. doi:10.5114/biol sport.2025.144408.
205. Prempeh A, P. C. (2025). Advancing Women's Soccer: Historical Growth and Challenges Concerning Athlete Health and Diversity. *Int J Sport Policy*, 17(2):189–204.

206. Prudhomme-Poncet, L. (2003). Histoire du football féminin au XXe siècle. Paris : L'Harmattan.

207. Ramirez-Munera J, S.-P. A.-R.-I. (2025). Relationship between anthropometric profile, body composition, and physical performance in Spanish professional female soccer players at pre-season onset. *J Phys Educ Sport*, 25(1):440–6.

208. Randell R, C. T. (2021). Physiological and performance consequences of accelerated development pathways in youth female soccer players. *Sports Med*, 51(13):2679–95. doi:10.1007/s40279-021-01502-8.

209. Reig R, .. (2020). Méthodes de recherche en sciences sociales et sportives. L'Harmattan.

210. Reilly, T. B. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. . *Journal of Sports Sciences*, 18(9), 669–683.

211. Reina-Gomez, A. &.-M. (2023). Network analysis in elite women's soccer: Tactical behavior and performance indicators. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(270).

212. Reyes-Laredo F, P.-B. F.-L.-B. (2024). The Evolution of Physical Performance throughout an Entire Season in Female Football Players. *Sports*, 12(2):52. doi:10.3390/sports12020052

213. Rico-González M, N. F.-O. (2021). Using Global Positioning Systems (GPS) in team sports for performance and training monitoring: A systematic review. *PLoS ONE*. doi:10.1371/journal.pone.0257791

214. Romann M, F. J. (2011). Relative age effects in Swiss junior soccer and their relationship with playing position. *Eur J Sport Sci.* , 11(6):419–25. doi:10.1080/17461391.2010.536573

215. Romero-Franco N, J.-R. P.-Z.-P. (2017). Sprint performance analysis using a new iPhone app. *J Strength Cond Res.*, 31(10):292–299.

216. Ruiz-Rios A, N. G.-G. (2024). Physical performance and functional injury-screening profile of elite female soccer players: systematic review. *Int J Sports Physiol Perform.*, 19(12):1355–66. doi:10.1123/ijsp.2023-0099.

217. Ryan RM, D. E. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol*, 55(1):68-78. doi:10.1037/0003-066X.55.1.68

218. S. J. (2022). The soccer season: performance variations and evolutionary trends. 10:e14082. doi:10.7717/peerj.14082.

219. S. L. (2023). The relative age effect in elite youth football: Implications for talent identification and development. *Int J Sports Sci Coach*, 18(4):1120-8. doi:10.1177/17479541221126152

220. Santos A, e. a. (2025). Age and sex differences in physical performance among adolescent athletes. *Eur J Sport Sci*.

221. Sarmiento, H. C. (2021). Small sided games and match tactical behaviors in elite women's

football. *Sports*, , 9(1), 11.

222. Savolainen S, H. K. (2022). Physical qualities and body composition predictors of match running performance in national-level women soccer players. *J Strength Cond Res.*, 36(11):3017–25. doi:10.1519/JSC.0000000000004273

223. Scanlan AT, F. J. (2025). Periodization in team sports: evidence and practice for load management. *Biol Sport*, 42(1):55-68.

224. Sedeaud A, S. J. (2017). L'importance de la quantification de la charge d'entraînement : exemple d'un modèle. *Sci Sports*, 32(5):281-9.

225. Shimizu K, I. N. (2023). Use of pulse oximetry to monitor oxygen saturation in athletes during exercise and recovery. *J Sports Sci Med*, 22(3):455–462.

226. Silva JR, R. A. (2019). Monitoring training load to understand fatigue in soccer players. *Springer*.

227. Silva R, e. a. (2025). Strength and power development in U16–U23 football players. *Appl Sci*.

228. Sims S, H. A. (2019). Exercise physiology: women and men are not the same. *In: Sports Science Exchange*, 32(197):1–5.

229. Skomrlj T, M. M. (2025). Longitudinal injury incidence trends in youth soccer: A six-season analysis including the COVID-19 period. *J Sports Sci*, 43(2):215-24. doi:10.1080/02640414.2024.2345678

230. Snyder BW, .. (2021). Perceptions of current training monitoring techniques for fatigue used by strength and conditioning coaches on NCAA Division II women's soccer players [dissertation]. *California (PA): California University of Pennsylvania*.

231. Sport &Formation, .. (2024). Périodisation de l'entraînement : concepts et organisation pratique. *Revue Fédérale de Formation*;

232. Sports, D. d.–M. (2023). *Bilan de la professionnalisation du football féminin en France*.

233. Standaert CJ, H. S. (2000). Spondylolysis: a critical review. *Br J Sports Med*.

234. Stewart P, .. (2025). Developing a youth athlete development roadmap. *Sportsmith*. Récupéré sur sportsmith.co/articles/developing-a-youth-athlete-development-roadmap/

235. Stolen T, C. K. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Med*, 35(6):501–536. doi: <https://doi.org/10.2165/00007256-200535060-00004>

236. Stratégies, S. (2023, Avril 17). La FFF dévoile son plan d'actions pour développer le football féminin de haut niveau . Récupéré sur <https://www.sportstrategies.com/la-fff-devoile-son-plan-dactions-pour-developper-le-football-feminin-de-haut-niveau/>

237. Sweeney EA, T. R. (2024). Relative age and biological maturation in female soccer players: Biases in talent identification. . *BMJ Open Sport Exerc Med.* , 10(1):e001540. doi:10.1136/bmjsem-2023-001540.

238. Sweeney J, e. a. (2025). Biological maturity and talent identification in female youth

footballers. *Biol Sport*.

239. Tanner JM, .. (1962). Growth at adolescence. *Oxford: Blackwell Scientific*.
240. Thomas KL, H. J. (2024). Modelling between- and within-season trajectories in elite athletic performance data. *arXiv* . Récupéré sur <https://arxiv.org/abs/2405.17214>
241. Till K, B. J. (2020). *Foundations of Talent Development in Sport*. Routledge.
242. Tingelstad H, e. a. (2025). Age and sex differences in physical performance among adolescent basketball players. *Eur J Sport Sci*.
243. Tornero-Aguilera JF, V.-M. B.-S. (2022). Differences in Body Composition Analysis by DEXA, Skinfold and BIA Methods in Young Football Players. *Children* . , 9(11):1643. Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/children9111643>
244. Towlson C, e. a. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and talent identification in youth football players. *J Sport Health Sci*.
245. Towner T, G. T. (2023). Acute:chronic workload ratio: A multifactorial approach to injury prevention in elite athletes. *J Strength Cond Res*, 37(5):1075-83. doi:10.1519/JSC.0000000000004238
246. Trecroci A, e. a. (2025). Position-specific biomarker responses to match vs. VAMEVAL test modalities in elite female soccer players. *Sports*, 13(1), 39. doi:10.3390/sports13010039
247. Trecroci A, e. a. (2025). Position-specific biomarker responses to match vs. VAMEVAL test modalities in elite female soccer players. *Sports*. 13(1), 39. doi:10.3390/sports13010039
248. UEFA. (2021). Rapport d'analyse physique UWCL – Women's Champions League 2020–2021. . *Union of European Football Associations*.
249. UEFA. (2023). Women's Champions League records. Union of European Football Associations.
250. UEFA. (2023). Women's Football Strategy: Time for Action 2019-2023. *Nyon: UEFA*.
251. Vaeyens R, L. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Med*, 38(9):703–14. doi:10.2165/00007256-200838090-00001.
252. van Vuuren Cassar G, e. a. (2024). Youth Footballers (13–15) and the Coach: Generation Z. *MCAST J Appl Res Pract.*, 8(3):116–129.
253. Veloso-Pulgar M, e. a. (2025). Effects of nutrition education programs designed to improve dietary intake and nutrition knowledge in female athletes: a systematic review. *Nutr Res Rev.* . doi:10.1017/S0954422425100152.
254. Ventaja-Cruz J, C.-R. J.-M.-M. (2024). A Bibliometric Study on the Evolution of Women's Football and Determinants Behind Its Growth over the Last 30 Years. *Sports*, 12(12):333. Récupéré sur <https://doi.org/10.3390/sports12120333>
255. Verbeek J, R. N.-G. (2025). Career patterns within men's and women's soccer talent systems: The typical pathway to the top is atypical. *Eur J Sport Sci*, 25(1):34–44.

doi:10.1080/17461391.2023.22

256. Verney J, M. L. (2015). Multifrequency bioelectrical impedance is an accurate method to assess body composition in obese but not severely obese adolescents. *Nutr Res*, 35(1):17–23.

257. Vescovi JD, R. R. (2011). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12–21 years of age. *Scand J Med Sci Sports.*, 21(5):670–678. doi:10.1111/j.1600-0838.2009.01081.x

258. Vestberg T, G. R. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *PLoS One*, 7(4):e34731. doi:10.1371/journal.pone.0034731

259. Villaseca-Vicuna R, C.-J. C.-C.-J.-V. (2021). Anthropometric profile and physical fitness performance comparison by game position in the Chile women's senior national football team. *Int J Environ Res Public Health*, 18(4):1937. doi:10.3390/ijerph18041937.

260. Voss MW, K. A. (2010). Are expert athletes 'expert' in the cognitive laboratory? A meta-analytic review of cognition and sport expertise. *Appl Cogn Psychol*, 24(6):812-826. doi:10.1002/acp.1588

261. Wan C, Z. J. (2025). Effects of integrated neuromuscular training on strength, balance and injury prevention in young female athletes. *Biol Sport*, 42(2):123-131.

262. Weinberg RS, G. D. (2019). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Champaign: Human Kinetics.

263. Wenger M, C. R. (2025). Relative age effect and biological maturity in Austrian elite youth soccer players. *Front Sports Act Living*.

264. Wenger S, B. M. (2025). The relationship between biological maturation and physical fitness in youth football players. *Front Sports Act Living*, 7:1583880. doi:10.3389/fspor.2025.1583880.

265. Wik EH, e. a. (2022). Injury risk and growth-related musculoskeletal disorders in youth athletes. *Front Sports Act Living*.

266. Wiley, J. G. (2012.). A model of stress and anxiety in sport. In: *Sport Psychology: Theory, Applications and Issues*. (2), 126-154.

267. Williams AM, R. T. (2000). Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci*, 18(9):657–67. doi:10.1080/02640410050120041.

268. Williams AM, R. T. (2000). Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci*, 18(9):657–67. doi:10.1080/02640410050120041.

269. Williams AM, R. T. (2000). Talent identification and development in soccer. *J Sports Sci.*, 18(9):657–667.

270. Williams, J. (2011). *Beautiful Game? International Perspectives on Women's Football. Final Report. UK: British Council*;

271. Williams.J. (2003). A game for rough girls? A history of women's football in Britain. *Routledge*.

272. Winther G, L. M. (2024). Managing training load in elite team sports: monitoring fatigue and recovery. *PLoS One*, 19(2):e0299851.
273. Wright MD, L. M.-M. (2016). Strength training and metabolic conditioning for female youth and adolescent soccer players. *Strength Cond J*, 38(2):96–104. doi:10.1519/SSC.0000000000000207.
274. Yang G, S. Y. (2025). Physiological and technical responses to small-sided games of different formats in youth soccer players. *J Sports Sci Med*, 24(5):513-521.
275. Zerkouri, S. (2006). Historique des modèles de performance sportive. . *Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences de la Motricité*, 2.
276. Zhou C, G. Z. (2025). Biological maturation and its impact on physical performance and training adaptation in youth female soccer players: Perspectives for long-term development. *J Sports Sci Med*, 24(1):44–53. doi:10.52082/jssm.2025.44.
277. Zouhal H, B. A. (2021). Physiological responses and performance analysis of women's football matches: a review. . *Sci Sports.*, 36(1):15–27.

Sources en ligne.

1. AREAPS. (2022). Détection des talents en football et politique sportive. Récupéré sur <https://areaps.org/detection-talents-football-politique-sportive/>
2. Dumas, E. (2019). Le sport au féminin : état des lieux et perspectives de développement. Observatoire de l'économie du sport, Ministère des Sports. Récupéré sur <https://www.sports.gouv.fr>
3. ElMaouid. (2025). Les Algériennes terminent le premier tour avec une performance prometteuse face aux Nigériennes. Récupéré sur <https://elmaouid.dz/> سيدات-الجزائر-ينهيين-الدور-الأول-ب
4. ElWatan. (2023, 8 mars). Le football féminin se démocratise en Algérie : un parcours long et un combat au quotidien. El Watan. Récupéré sur <https://elwatan-dz.com>
5. Ertheo. (2022). Évolution du football féminin : histoire, tournant professionnel et figures emblématiques. Récupéré sur <https://www.erteo.com/blog/fr/evolution-football-femenin>
6. Ertheo. (2023). L'évolution du football féminin. Récupéré sur <https://www.erteo.com/blog/fr/evolution-football-femenin>.
7. <https://www.erteo.com/blog/fr/evolution-football-femenin>.
8. Inserm. (2023). Croissance et troubles de la croissance. Récupéré sur <https://inserm.fr>
9. ISAK. (2020). International Standards for Anthropometric Assessment. International Society for the Advancement of Kinanthropometry. Récupéré sur <https://www.isak.global>
10. Kharoum, A. (2023, 8 mars). Football féminin : un développement freiné par des pesanteurs sociales et structurelles. El Watan. Récupéré sur <https://www.elwatan.com>

11. La Voix du Maghreb. (2024, 28 mai). Émancipation du football féminin en Algérie.
Récupéré sur <https://www.lavoixdumaghreb.com>
12. PlayerData. (2023). The importance of in-season monitoring & testing. Récupéré sur
<https://www.playerdata.com/en-us/blog/the-importance-of-in-season-monitoring-testing>
13. Sportifeo. (2023). Quantifier la charge d'entraînement selon les sports. Récupéré sur
<https://www.sportifeo.com/blog/charge-entrainement/quantifier-la-charge-dentrainement-selon-les-sports/>
14. Wikipédia. (s.d.). Championnat d'Algérie féminin de football. Récupéré sur
https://fr.wikipedia.org/wiki/Championnat_d%27Alg%C3%A9rie_f%C3%A9minin_de_football.

Annexe 1: L'article scientifique

Anthropometric measurements and their relationship to performance in modern women's football .

ATTAL Amina, HADJIDJ Mouloud

**The excellence Journal in Sciences Techniques of Physical Activity and
Sports**

Volume: -08 N°01 -2023 P:1720 -1731



SN: 2507-7201 EISSN: 2602-6899 NdL: 787-2016

SJP: <https://www.asjp.cerist.dz/en/PresentationRevue/208>

Anthropometric measurements and their relationship to performance in modern women's football. - a comparative study between Algerian and French teams 16-20 years -.
ATTAL Amina, HADJIDJ Mouloud
¹ Laboratory of Sciences and Techniques of Physical and Sports Activities, IEPS, University of Algiers 3, attal.amina@univ- alger3.dz
² Laboratory of Sciences and practices of the sports and artistic physical activities, IEPS, University of Algiers 3, hadjidj- mouloud@univ- alger3.dz

Received:

Accepted:

Published:

Abstract:

The aim of this research is to study the anthropometric and physical differences between female football players in Algeria and France. Ninety players aged 16 to 20 years, from six clubs (three in Algeria and three in France), participated in the study. The anthropometric tests included measurements of height, weight, body fat percentage, skeletal muscle percentage, muscle mass, and bone mass. For statistical analysis, we calculated the mean, standard deviation, and Student's t-test. The

Annexe 2 : Formulaire de consentement éclairé des parents ou tuteurs légaux



FORMULAIRE DE CONSENTEMENT ÉCLAIRÉ DES PARENTS OU TUTEURS LÉGAUX

Thème : Les déterminants et exigences de la formation dans le football féminin (16–18 ans) – Approche systémique comparative entre les équipes algériennes et françaises

Encadreur : Professeur Hadjidj Mouloud

Chercheur responsable : Attal Amina (Doctorante)

Tests effectués :

- IFT Test (30-15 Intermittent Fitness Test)
- Test de vitesse linéaire sur 20 mètres
- Squat Jump et Counter Movement Jump avec l'application My Jump 2

Conditions :

- Les tests sont réalisés dans les locaux des clubs, en présence des coaches et préparateurs physiques.
- Une autorisation parentale est obligatoire pour la participation à cette étude.
- Des photos peuvent être prises au cours des tests, mais les visages des participantes seront floutés lors des présentations ou publications.

Consentement :

Je soussigné(e) _____
parent/tuteur légal de : _____
autorise la participation de mon enfant à cette étude.

J'ai pris connaissance des objectifs, des tests réalisés et des conditions de déroulement.
Je comprends que la participation est volontaire et que les données recueillies resteront confidentielles.

Fait à _____, le ____ / ____ / 2025

Signature du parent ou tuteur légal : _____

Signature de la chercheuse : _____