

Année universitaire 2022-2023

Master 1^{ère} année Master 2^{ème} année

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

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

MEMOIRE

TITRE : L'INFLUENCE DU CYCLE MENSTRUEL SUR LE PROFIL
ACCELERATION/VITESSE EN SPRINT CHEZ DES JEUNES JOEUSES DE RUGBY
ELITE

Par : JULIEN BLANC

Sous la direction de : FREDERIC DAUSSIN

Soutenu à la Faculté des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le : 29/06/2023.

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

Remerciements

Je remercie **Sébastien Imbert**, étudiant en thèse et préparateur physique en chef à Ligue de Rugby des Hauts de France, pour avoir été aussi bienveillant, de m'avoir offert l'opportunité de contribuer à son travail de thèse et de m'avoir transmis chaque jour, de nouvelles compétences et connaissances.

Je remercie **Frédéric Daussin**, mon directeur de mémoire, qui a su être à l'écoute et disponible lorsque le besoin était là. Ses conseils ont été d'une grande aide. Son apport a permis à ce document de se rapprocher des standards universitaires.

Je tiens de même à être reconnaissant auprès de **Yohan Roussel**, mon co-directeur de mémoire, avec qui nous avons souhaité continuer, de manière réciproque, à collaborer en cette année de Master 2. Il m'aura beaucoup fait progresser lors des deux ans de Master, dont il est un élément essentiel du Master. Sa curiosité, son envie de partage et ses compétences m'auront marqué lors de mon passage à Lille.

Je suis reconnaissant auprès de la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education, notamment **Murielle Garcin** et **Joris Vincent**, pour nous permettre d'avoir la chance d'obtenir des opportunités comme celle que j'ai eu de travailler à la Ligue de Rugby des Hauts de France en contrat d'apprentissage.

Je remercie l'ensemble des joueuses qui ont participé au protocole, chaque semaine, pendant de longs mois. Sans elles, ce travail n'aurait pas été possible.

Enfin, je remercie les entraîneurs de la ligue (**Sébastien Zamia** et **Olivier Piat**) pour nous avoir permis, à Sébastien Imbert et moi-même de prendre le temps de nous consacrer à ce travail de recherche durant toute cette année.

Table des matières

Remerciements.....	3
Glossaire.....	5
1. Introduction.....	6
2. Revue de littérature.....	7
2.1. Le Rugby à XV.....	7
2.1.1. Analyse de l'activité.....	7
2.1.2. Les qualités déterminantes du sprint au Rugby.....	9
2.2. Le profil accélération/vitesse : un outil d'évaluation pertinent au rugby.....	11
2.2.1. Le profil accélération/vitesse.....	11
2.2.2. Méthodes de mesure.....	15
2.2.3. Profil force/vitesse : entraînement & compétition.....	15
2.3. Le cycle menstruel.....	16
2.3.1. Analyse physiologique.....	16
2.3.2. Cycle menstruel et performance.....	19
2.3.3. Cycle menstruel et profil force/vitesse.....	22
3. Problématique, objectifs et hypothèse.....	23
3.1. Problématique.....	23
3.2. Objectifs.....	24
3.3. Hypothèse.....	24
4. Le stage.....	24
4.1. Milieu professionnel.....	24
4.2. Sujets.....	25
4.3. Matériel, méthodes et protocole théorique.....	26
4.4. Analyse statistique.....	28
5. Résultats.....	29
6. Discussion.....	31
7. Conclusion.....	35
Bibliographie.....	36
Annexes.....	46
Résumé et mots clés.....	54
Abstract and keywords.....	55
Compétences acquises entre le début de la mise en stage et la soutenance.....	56

Glossaire

a_0 : Accélération maximale théorique

CH: Contraceptifs Hormonaux

CM : Cycle Menstruel

DRF : Déficit du taux de production de force

F_0 : Force maximale théorique lorsque la vitesse est nulle

FFR: Fédération Française de Rugby

GPS: Global Positioning System

HZT- F_0 : production maximale de force horizontale

HZT-Pmax : production maximale de puissance mécanique dans la direction horizontale

HZT- V_0 : vitesse de course maximale

LH : Hormone Lutéinisante

PAV : Profil Accélération-Vitesse

PFV : Profil Force-Vitesse

Pmax : Puissance maximale

v_0 : Vitesse maximale théorique lorsque la force exercée est nulle

v_{Max} : Vitesse maximale réelle

XIII: treize

XV: quinze

1. Introduction

Le sport féminin est en plein essor. En Rugby notamment, le nombre de licenciées a augmenté d'environ 660% entre 2004 et 2021 passant de 4 000 à 26 465 pratiquantes (Fédération Française de Rugby). Etant actuellement classée 3^e nation mondiale (World Rugby), les performances féminines s'améliorent avec le temps, tous sports confondus. Les staffs techniques et chercheurs travaillent constamment à optimiser les performances, en se servant de manière prépondérante des avancées scientifiques et technologiques afin de produire des analyses scientifiques de la performance de plus en plus pointue. Le monde de la recherche ne doit jamais oublier le fait que ces avancées, analyses et innovations doivent servir le terrain. D'après nos connaissances, nous savons que la physiologie du corps de la femme et de celui de l'homme ne sont pas identiques (Hunter, 2014; Tiller et al., 2021), cela concerne notamment le phénomène de reproduction. Les femmes possèdent un cycle menstruel (contrairement aux hommes), ce dernier se caractérise comme étant : « L'ensemble des phénomènes physiologiques de la femme préparant son organisme à une éventuelle fécondation. » (Collège National des Gynécologues et Obstétriciens Français). Si l'on veut donc optimiser la performance chez l'athlète féminine, il est donc important de connaître l'influence si elle existe, de ces phénomènes sur la performance.

Au rugby, le sprint est une des actions fondamentales du jeu. Sans l'action de sprinter, il est quasiment impossible de marquer un essai, action rapportant le plus de point. L'accélération du sprint est un paramètre clé de la performance physique qui permet de distinguer les athlètes de haut et de bas niveau dans le rugby (T. Gabbett et al., 2009; T. J. Gabbett et al., 2010). Celle-ci va déterminer la vitesse atteinte par l'athlète. L'étude du Profil Accélération/Vitesse permet de caractériser le sprint d'un sujet. Ce dernier est utilisé pour suivre les évolutions suite à l'entraînement. En effectuant ce test de manière régulière, nous pourrions analyser précisément d'éventuelles variations de performance pour ensuite les mettre en relation avec le cycle menstruel.

Pour individualiser l'entraînement, il convient de mettre des stratégies en place (planification, méthodes d'entraînement et de récupération, etc.) pour ensuite obtenir un feedback et donc comprendre si ces stratégies sont pertinentes ou non. Il convient donc dans un premier temps de proposer des tests : physiologiques (VO₂max, Variabilité de la Fréquence Cardiaque), mentaux (questionnaires), physique (saut(s), sprint(s)), etc.

Dans un premier temps, au sein de la revue de littérature, nous étudierons les déterminants de la performance au rugby à XV. Dans un second temps, nous caractériserons le profil accélération-vitesse

en course à pied. Nous terminerons enfin par l'analyse physiologique du cycle menstruel et son lien avec la performance.

2. Revue de littérature

2.1. Le Rugby à XV

2.1.1. Analyse de l'activité

Selon Sarthou (2006), le Rugby est un « *Sport de combat collectif à transmission d'engin fait de défi physique et d'évitement pour occuper l'espace adverse et se mettre en position de marquer à la main ou au pied.* ». L'essence du rugby est triple : endiguer la violence, éduquer au respect, créer un esprit de solidarité entre les pratiquants. De même que Deleplace (1979), le définit comme tel : « *Le rugby est un sport de combat collectif à triple modalité décisionnelle : groupé, déployé, jeu au pied.* ».

Un match de Rugby se compose de deux périodes de 40 minutes (80 minutes au total). Il se pratique avec un ballon ovale, sur un terrain qui mesure en général 100 x 68 mètres. L'objectif est de marquer plus de points que l'adversaire. Le match est le terrain d'affrontement de deux équipes de 15 joueurs sur le terrain et 7 remplaçants (Figure 1). Chaque joueur a un poste spécifique et donc des missions qui lui sont propres. On peut différencier les joueurs en deux groupes :

- Les avants (n°1 à 8) : ce sont les premiers qui font face à l'adversaire. Ils passent plus de temps dans les phases de contact avec l'opposition. Ils possèdent une plus grande charge de travail.
- Les arrières ou $\frac{3}{4}$ (n°9 à 15) : positionnés derrière les avants, ils sont prêts à surgir pour faire avancer la ligne de front. Ils sont rapides et explosifs avec une meilleure capacité aérobie.

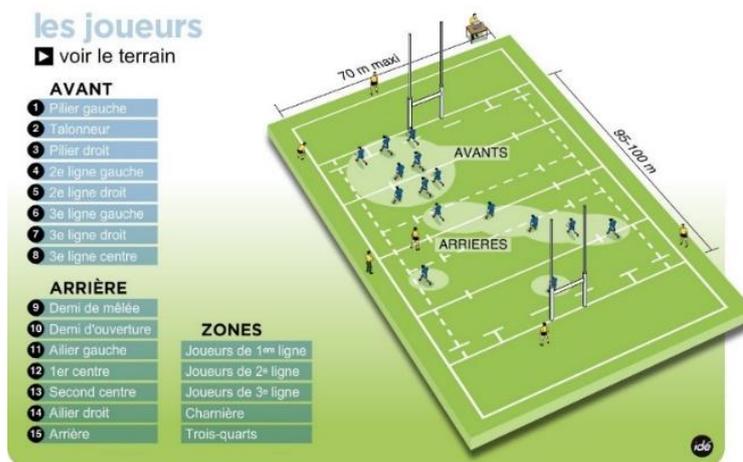


Figure n°1. Placement et postes des joueurs sur le terrain (La Croix, 2011)

Selon Duthie et al. (2003), pendant la compétition, les efforts de haute intensité sont souvent suivis de périodes de récupération incomplètes. Le travail total sur la durée d'un match est plus faible chez les arrières que chez les avants ; les avants passent plus de temps en contact physique avec l'adversaire tandis que les arrières passent plus de temps en course libre, ce qui leur permet de couvrir de plus grandes distances. Les efforts intenses entrepris par les joueurs de rugby sollicitent considérablement les sources d'énergie anaérobie, tandis que le système aérobie fournit de l'énergie pendant les efforts répétés et pour la récupération. L'entraînement doit donc se concentrer sur des efforts répétés, brefs et de haute intensité, avec de courts intervalles de repos, afin de préparer les joueurs aux exigences du jeu. L'entraînement des avants doit mettre l'accent sur les rythmes de travail élevés du jeu, tandis que les arrières peuvent bénéficier de périodes de repos prolongées. Les arrières sprintent plus longtemps et plus fréquemment que les avants, leur ratio travail/récupération est plus faible chez des joueurs de Rugby à XIII en catégorie Junior Elite (Cunniffe et al., 2009; T. Gabbett & Ryan, 2009).

A travers ce mémoire, nous étudierons le rugby à 15 joueurs (XV) (*Rugby Union*) mais nous pourrions citer certaines études de Rugby à 13 joueurs (XIII) (*Rugby League*) qui s'en rapprochent beaucoup en terme physiologique. Le rugby à 7, quant à lui, semble fondamentalement différent sur le plan physiologique. Les sujets de cette étude étant des joueuses de niveau Elite de sexe féminin, le nombre d'étude les concernant est limité. En effet, il existe un nombre bien plus important d'étude sur le rugby masculin par rapport au rugby féminin. Nous citerons donc des études concernant le rugby masculin et féminin (notre population). De même, notre public étant mineur, nous nous attarderons à citer des études dans ce sens, lorsque cela sera possible.

Smart et al. (2014) ont analysé les données physiques de 510 joueurs masculins évoluant en rugby à XV issus de 296 matchs afin d'établir des corrélations entre les statistiques en match et les caractéristiques physiques des joueurs. Les temps de sprint sur 10, 20 et 30 m présentaient des corrélations négatives (r) modérées à faibles avec les ruptures de ligne ($\sim 0,26$), les mètres parcourus ($\sim 0,22$), les ruptures de plaquage ($\sim 0,16$) et les essais marqués ($\sim 0,15$). Nous pouvons en déduire que les statistiques de matchs ne sont pas corrélées aux caractéristiques physiques des joueurs. Cela n'enlève rien à l'importance athlétique du jeu mais il existe bien d'autres facteurs complémentaires (tactiques, mentaux, etc) qui rentrent en compte. Lacombe et al. (2014) et Woodhouse et al. (2021) ont cherché à évaluer la charge de travail individuelle pendant les compétitions internationales de rugby à XV. Les résultats indiquent qu'environ 65% des périodes d'exercice ont duré moins de 4 secondes. De même, la moitié des séquences travail/récupération présentaient un ratio $< 1:4$, c'est-à-dire pour un temps de travail, il y avait au moins 4 fois plus de temps de récupération. Enfin, environ un tiers des situations se situaient entre 1:1 et 1:4. Environ 40% des périodes d'exercice étaient classées comme d'intensité moyenne. Les arrières ont présenté les valeurs d'accélération moyennes les plus élevées au cours du match. Aucune diminution

significative de la performance physique n'a été observée entre la première et la deuxième mi-temps des matchs, sauf pour les arrières, qui ont montré une diminution significative de l'accélération moyenne. L'analyse des résultats a mis en évidence l'activité spécifique des arrières et tend à suggérer qu'un entraînement de type intermittent (travail/récupération) seraient optimal pour prévenir une forte diminution de la performance physique. Cela permet un développement notamment de la puissance aérobie et de la capacité à répéter les efforts à haute intensité. Woodhouse et al. (2021) ont étudié les évolutions des demandes physiques de matchs internationaux féminins durant 5 saisons. Les exigences en matière de course ont augmenté entre 2015 et 2017 (année de la Coupe du monde) et se sont stabilisées par la suite. A l'exception des sprints chez les ailiers, dont le nombre a diminué entre 2017 et 2019 et des accélérations/décélérations ($>3\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) dont le nombre a augmenté entre 2017 et 2019. Les demandes d'un match sont étroitement liées au niveau de l'adversaire (Kempton & Coutts, 2016; Woodhouse et al., 2021). Les collisions étant plus nombreuses chez les avants que chez les arrières (dû à leur position sur le terrain), mais aussi plus nombreuses contre une opposition plus forte. Kempton & Coutts (2016) ont relevé le fait que les matchs gagnés en rugby à XIII contenaient moins de courses à haute intensité ($>14,4\text{km/h}$) que les matchs perdus. De même, la forme athlétique des joueurs était corrélée positivement aux courses à haute intensité.

2.1.2. Les qualités déterminantes du sprint au Rugby

La vitesse et l'accélération sont des qualités primordiales notamment dans les sports collectifs. Il paraît difficile de progresser sur le terrain sans l'action de sprinter. Lors d'un match, nous pouvons observer que la plupart des sprints ne sont pas effectués en ligne droite. En effet, il y a beaucoup de changements de direction du fait du changement de position de l'adversaire et du ballon.

La vitesse en sport collectif n'est pas seulement une prédisposition génétique. C'est aussi une habileté : « une perception, une décision, et une capacité à se mobiliser » (Krantz, 2017).

La vitesse au rugby peut s'exprimer de manière :

- **isolée** : « vitesse d'un mouvement segmentaire (bras ou jambe) ou vitesse de déplacement pour un corps entier » (Krantz, 2012)
- **associée** à d'autres qualités physiques (force, endurance), à des qualités perceptivo-cognitives (vitesse perceptive et vitesse de décision), à des « qualités permettant l'exécution et le contrôle d'un geste moteur » (Krantz, 2012).

Krantz (2012) a établi les différents facteurs généraux de la performance en vitesse :

- aspects **techniques** : efficacité, endurance, réitération, précision

-aspects **informationnels** et **nerveux** : perception, décision, conduction

-aspects **physiologiques** : substrats et resynthèse

-aspects **musculaires** et **neuromusculaires** : échauffement, recrutement et type de fibres, coordination intra et intermusculaire

-aspects **motivacionnels** : concentration et vigilance

Nous pouvons établir cinq formes de vitesse (Krantz, 2012) : vitesse réactionnelle, vitesse énergétique, vitesse acyclique et/ou contrainte, vitesse linéaire et vitesse de démarrage. Parmi ces formes de vitesse, une seule ne sera pas présente lors du profil accélération/vitesse : la vitesse acyclique. En effet, sur un sprint de ligne droite, la vitesse est qualifiée de cyclique. La vitesse acyclique, une des composantes de la vivacité, est néanmoins bien présente dans le rugby. Celle-ci peut être opposée à la vitesse de course pure, dite cyclique. Cependant, c'est bien la vitesse acyclique la plus présente dans cette discipline.

La vitesse de course linéaire (le sprint) : c'est la vitesse cyclique associée à une technique de locomotion, combinant les actions élémentaires que sont la vitesse gestuelle et la fréquence gestuelle, et composée des phases d'accélération et de maintien de la vitesse.

La vivacité (Aubert, 2002) : "La vivacité, comprend autant la vitesse d'action isolée (cyclique), celle de réaction et leurs combinaisons ou emboîtements, que le déclenchement de mouvement tantôt unique, tantôt enchaîné à d'autres. Il s'agit de la vitesse acyclique par excellence qui se traduit par la promptitude dans une séquence de mouvements variés, par exemple, dans le cadre d'un duel technico-tactique. Elle s'exprime par la coordination dans la vitesse, la force de démarrage associée à celle de freinage, ce qui nécessite gainage, proprioception, force élastique (pliométrie) et souplesse active".

D'après Aubert (2018), la relation vitesse (cinétique linéaire du déplacement) par rapport à la vivacité (fréquence-explosivité multi-orientée) au rugby est de : 66% vitesse – 33% vivacité. Mais lorsque l'on observe les actions effectuées lors d'un match, c'est davantage la vivacité qui est présente.

Bradley et al. (2020) ont cherché à mesurer l'activité en match de joueuses élites au sein du championnat anglais de rugby à XV. Ils ont mesuré une distance de sprint moyenne ($>21,1\text{km/h}$) de $14,0 \pm 20\text{m}$ (avants) et de $66,0 \pm 78\text{m}$ (arrières) par match. La vitesse maximale était en moyenne de $20,5 \pm 2,4\text{km/h}$ chez les avants et $23,2 \pm 3,0\text{km/h}$ chez les arrières. Le pourcentage de temps à sprinter était de 0,1% au cours du match. Ces chiffres nous indiquent que le sprint est un outil davantage utilisé par les joueurs arrière du fait de l'espace qu'ils peuvent utiliser sur le terrain. Cela montre aussi qu'au vu du temps

passé à sprinter, chaque sprint effectué est une occasion rare à saisir pour progresser sur le terrain : le principe même du rugby.

2.2. Le profil accélération/vitesse : un outil d'évaluation pertinent au rugby

2.2.1. Le profil accélération/vitesse

Le profil accélération-vitesse a été choisi pour cette étude car il est extrêmement riche en informations et qu'il reprend une des actions fondamentales au rugby, comme nous l'avons vu plus haut. Il a aussi été choisi par rapport au matériel que nous possédons. Nombreux autres tests auraient aussi été pertinents à mettre en place en fonction des qualités physiques que nous voulions observer.

Les GPS (Global Positioning System) que nous avons à disposition mesurent des changements de position qui, lorsqu'ils sont dérivés, déterminent une vitesse. Les variations de vitesse, expriment ensuite, par dérivation, une accélération. Enfin, l'algorithme GPexe va déterminer un Profil Accélération-Vitesse (PAV). Celui-ci représente la capacité maximale d'accélération vers l'avant d'un joueur (résultant d'une force de propulsion dans la direction de la course, selon les lois de Newton) sur l'ensemble de son spectre de vitesse de course (Morin et al., 2021). D'un point de vue conceptuel, les informations fournies par le PAV in situ sont proches du Profil Force-Vitesse (PFV) (Morin et al., 2019; Samozino et al., 2016). Morin et al. (2021) déterminent que a_0 (accélération maximale théorique) et F_0 (force maximale théorique), malgré qu'elles ne soient pas identiques (2^e loi de Newton : Force = masse x Accélération), sont deux expressions de la même capacité (accélération maximale dans la direction avant du mouvement exprimée en $m.s^{-2}$ ou la composante antéro-postérieure correspondante de la force de réaction au sol par unité de masse corporelle exprimée en N/kg). L'utilisation du profil accélération-vitesse est encore récente et les études traitant de ce sujet abordent le profil force-vitesse. Par conséquent, les études que nous présenterons par la suite traiteront du profil force-vitesse.

La capacité d'accélération d'un athlète est déterminée en grande partie par la capacité à produire et à maintenir une composante de force horizontale élevée par rapport au vecteur de force totale avec une vitesse croissante (Colyer et al., 2018; Rabita et al., 2015). Cette capacité est bien décrite par la relation force-vitesse (F-V) du sprint. Le véritable atout du profil force/vitesse est que c'est un test aussi simple à mettre en place que riche en informations. La relation individuelle force-vitesse (F-V) a été proposée comme un marqueur valable du profil mécanique de l'athlète (Samozino et al., 2008), fournissant des

informations plus utiles pour la prescription de l'entraînement et le suivi des adaptations de l'entraînement que les tests de saut ou de sprint isolés (Morin & Samozino, 2016). Il peut donc permettre d'individualiser l'entraînement grâce à la richesse de son contenu. Il est important de comprendre qu'être fort ne veut pas dire grand-chose. Un athlète peut être capable de produire une grande force à vitesse lente (ex : répétition maximale au squat) mais ce dernier sera-t-il capable de produire une force importante à haute vitesse ? Le temps au sprint nous indique seulement un résultat simpliste. Nous n'aurons pas accès aux facteurs de cette performance. Le PFV permet d'accéder à un nombre d'informations bien plus importantes alors que le test sera le même : un « simple » sprint. Ces données supplémentaires obtenues seront détaillées par la suite. Sur la base des propriétés F-V initiales de l'athlète, l'objectif est de modifier la relation F-V (Figure 2) de l'athlète dans la direction souhaitée pour améliorer les performances en utilisant des modalités d'entraînement adaptés. Cela pourrait conduire à orienter la relation F-V davantage vers la vitesse ou vers la force ou à un changement plus équilibré. Ainsi, en prenant en considération les propriétés initiales de la F-V des athlètes, une approche de groupe peut être plus finement constituée voire être remplacée par une approche individualisée, ce qui peut mener à un transfert de performance plus élevé pour la population des athlètes.

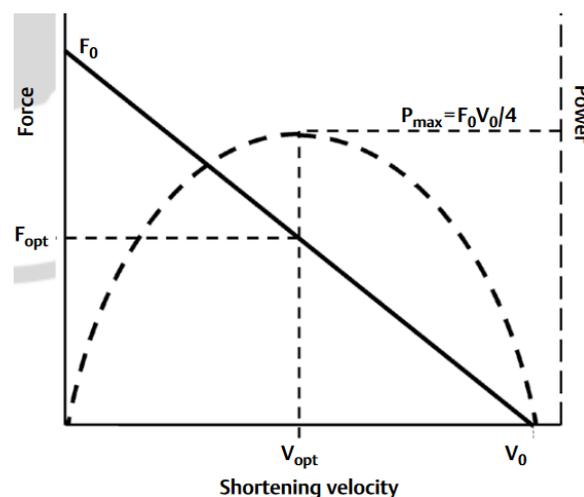


Figure 2. Relations force-vitesse et puissance-vitesse avec V_0 : Vitesse maximale théorique, F_0 : Force maximale théorique, P_{max} : Puissance maximale et F_{opt}/V_{opt} : Force et Vitesse optimal produites lors de l'atteinte de P_{max} (Jaric, 2015).

Dans le sprint, la relation force-vitesse fournit des informations concernant la production de la capacité de force. La force maximale théorique (F_0) et la vitesse maximale théorique (v_0). Il a été démontré que l'équilibre et la contribution de ces variables permettent de prédire les performances de sprint sur différentes distances (Cross et al., 2018). La production de mouvement qui va avoir pour conséquence ce déplacement, est elle-même provoquée par une succession de production de force. Cette puissance mécanique est représentée par la relation force-vitesse. Elle dépend notamment des capacités

ostéoarticulaires et neuromusculaires des athlètes à produire un très haut niveau de force, avec la plus grande vitesse possible (Morin & Samozino, 2016).

Pour bien comprendre le PFV, il est important de comprendre ces notions et variables (Morin & Samozino, 2016) :

- **HZT-F0** (N/kg) : Production de force horizontale maximale théorique extrapolée à partir de la relation F-V linéaire du sprint ; ordonnée à l'origine de la relation F-V linéaire. Elle correspond à la poussée initiale de l'athlète sur le sol pendant l'accélération du sprint. Plus la valeur est élevée, plus la production de force horizontale spécifique au sprint est importante.
- **HZT-V0** (m/s) : Vitesse de course maximale théorique extrapolée à partir de la relation linéaire F-V du sprint ; abscisse à l'origine de la relation linéaire F-V. Capacité de l'athlète à atteindre la vitesse maximale de course en sprint. Elle est légèrement plus élevée que la vitesse maximale réelle. C'est la vitesse de course maximale théorique que l'athlète serait capable d'atteindre si les résistances mécaniques (internes et externes) contre le mouvement étaient nulles. Elle représente également la capacité de produire une force horizontale à des vitesses de course très élevées.
- **HZT-Pmax** (W/kg) : Puissance mécanique maximale de sortie dans la direction horizontale, calculée comme $P_{max} = F_0 \times V_0/4$ ou comme le sommet de la relation polynomiale du 2e degré Puissance-Vitesse. C'est la capacité de production maximale de puissance de l'athlète dans la direction horizontale (par unité de masse corporelle).
- **RF** (%) : Ratio de force, calculé comme le rapport entre la composante horizontale de la force (F_h) de réaction du sol, moyennée par pas, et la force résultante correspondante (F_{tot}). C'est une mesure directe de la proportion de la production totale de force qui est dirigée dans la direction avant du mouvement, c'est-à-dire l'efficacité mécanique de l'application de la force de l'athlète. Plus la valeur est élevée, plus la partie de la production de force totale dirigée vers l'avant est importante (Annexe 1).
- **RFmax** (%) : Valeur maximale du RF (pour des temps de sprint $>0,3$ s). Efficacité théorique maximale de l'application de la force.
- **DRF** : Taux de diminution du RF avec l'augmentation de la vitesse pendant l'accélération du sprint, calculé comme la pente de la relation linéaire ratio de force - vitesse. Elle décrit la capacité de l'athlète à limiter la diminution inévitable de l'efficacité mécanique avec l'augmentation de la vitesse. C'est un indice de la capacité à maintenir une production de force horizontale nette malgré

l'augmentation de la vitesse de course. Plus la pente est négative, plus la perte d'efficacité de l'application de la force pendant l'accélération est rapide, et vice versa.

Morin & Samozino (2016) ont montré qu'en plus de la puissance mécanique maximale produite dans la direction horizontale (HZT-Pmax), les performances sur 100 mètres étaient liées à la capacité d'appliquer une force élevée dans la direction horizontale. Ces deux variables étant directement reliées mathématiquement. En ce qui concerne les sprints plus courts (c'est-à-dire des phases d'accélération uniquement, par exemple jusqu'à 10-20 mètres au rugby), des résultats récents ont montré que plus la distance était faible, plus la relation entre la performance du sprint et la production de force horizontale maximale (HZT-F0) était forte (Morin & Samozino, 2016).

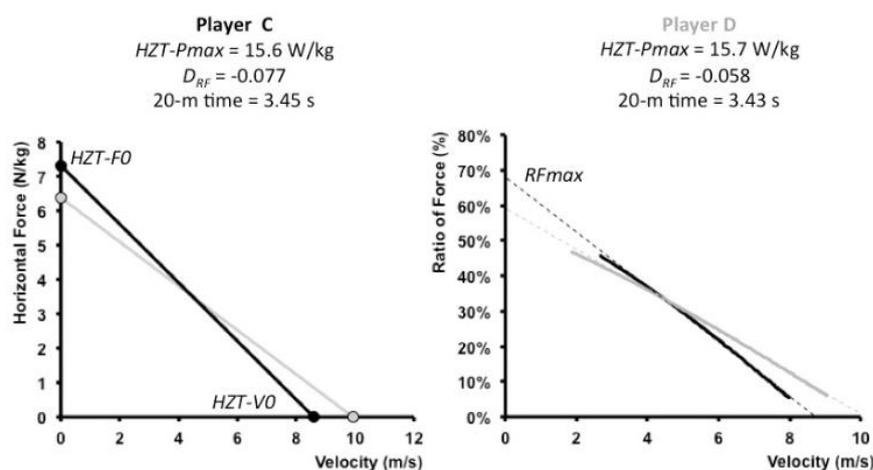


Figure 3. Profils force-vitesse horizontaux de deux joueurs de rugby élités obtenus à partir de sprints maximaux de 30 mètres (Morin & Samozino, 2016)

Sur la figure 3, nous pouvons observer deux PFV différents, alors que les athlètes en question ont effectué une performance (au temps) sur 30 mètres en sprint quasiment identique. Cela nous montre à quel point un temps seul n'explique en rien les causes d'une performance et que le PFV est une mine d'or d'informations. Ici, nous pouvons déceler qu'un athlète est plus orienté vers la force (Athlète C) tandis que l'autre l'est plus vers la vitesse (Athlète D). L'athlète D présente un ratio de force plus important (~70% contre ~60%) donc une meilleure efficacité mécanique. Les deux produisent une puissance maximale horizontale équivalente mais celle-ci s'exprimant différemment. L'athlète C (108,8kg) possède une masse plus importante que l'athlète D (86,1kg), ce qui est corrélé à une production de force plus importante.

Il est important de préciser que lorsque l'on aborde le PFV, notamment en musculation, celui-ci concerne le PFV dit vertical. Sur des exercices comme le Squat ou le Développé-couché, c'est bien à l'analyse des forces verticales que l'on procède. De ce fait, en fonction du modèle de performance de chaque

discipline, on utilisera l'un (vertical), l'autre (horizontale), ou même les deux. Dans le rugby, utiliser le PFV vertical comme horizontal est extrêmement rationnel. Le profil force-vitesse est donc un outil qui permet une individualisation accrue et de ce fait, une amélioration plus importante des performances pour l'ensemble des athlètes d'un groupe.

2.2.2. Méthodes de mesure

Les données à mesurer pour déterminer le PFV en sprint sont la masse corporelle et la taille de l'athlète, ainsi que la distance parcourue et les données de course (distance et temps de passage). Ces dernières peuvent être mesurées en utilisant une série de cellules photo-électriques (au moins 5 temps intermédiaires, par exemple 5, 10, 20, 30, 40 mètres), un dispositif laser ou radar (par exemple, le radar Stalker ATSH de ~50-Hz, Applied Concepts Inc, Plano, TX) ou encore le système de GPS (Clavel et al., 2022). La vitesse du vent, la température ambiante et la pression atmosphérique doivent également être connues pour estimer avec précision la force de frottement de l'air (Morin & Samozino, 2016). Le profil complet puissance-force-vitesse peut alors être calculé à partir de la modélisation simple de la dérivation de la courbe vitesse-temps qui conduit aux données d'accélération horizontale. De même, l'efficacité mécanique de l'application de la force peut être déterminée par la relation linéaire entre le ratio de force (RF) et la vitesse de course (Morin et al., 2011). Selon ces derniers, le plus important ne serait pas tant la quantité de force totale produite, mais la manière dont elle est orientée sur le sol d'appui pendant la phase d'accélération du sprint (Annexe 1). Cependant, ces données ne sont qu'estimées par notre matériel.

2.2.3. Profil force/vitesse : entraînement & compétition

En termes pratiques, si un programme d'entraînement est conçu pour améliorer les performances en sprint, l'accent devrait être mis sur l'augmentation de la HZT-Pmax en améliorant ses composantes (HZT-F0 et HZT-V0). Pour ce faire, il faut d'abord comparer les forces et les faiblesses relatives du profil de chaque joueur au reste de l'équipe puis en programmant le contenu de l'entraînement en fonction de la distance sur laquelle l'accélération du sprint doit être optimisée. Comme pour le profilage vertical, la principale valeur de cette approche est que le diagnostic et les interventions d'entraînement ciblées qui s'ensuivent sont individualisés. De même, est précieux le suivi fréquent des changements induits par le programme au niveau de la HZT-Pmax et ses déterminants mécaniques que peut apporter cet outil dans le temps.

A partir d'un PFV, un entraînement basé sur la vitesse (Velocity Based Training) peut être mis en place et semble être une méthodologie alternative et efficace pour améliorer la force maximale, le Countermovement Jump et la performance de sprint. Ces résultats révèlent qu'il est possible d'obtenir plus de gains avec moins de fatigue par rapport à une méthode de musculation classique (Baena-Marín et al., 2022).

2.3. Le cycle menstruel

2.3.1. Analyse physiologique

Le cycle menstruel (CM) est l'« ensemble des phénomènes physiologiques de la femme préparant son organisme à une éventuelle fécondation ». La durée habituelle du cycle menstruel est souvent comprise entre 21 et 35 jours mais il peut être plus long ou plus bref et n'est pas toujours régulier (Dawson & Reilly, 2009). Il commence à la puberté et se termine à la ménopause. Il représente un rythme biologique important chez la femme et sert à préparer l'utérus à la gestation. Il est établi qu'au cours du cycle menstruel, les femmes sont exposées à des changements rapides d'hormones sexuelles endogènes (Haggstrom, 2014; McNulty et al., 2020; Tenan, 2017). Outre, leurs rôles principaux dans la fonction de reproduction, les principales hormones ovariennes féminines (œstrogène et progestérone) circulant dans le sang vont influencer une multitude de systèmes physiologiques différents (Annexe 2).

Le cycle menstruel des femmes est étroitement contrôlé par des facteurs endocriniens, autocrines et paracrines qui régulent le développement folliculaire ovarien, l'ovulation, la lutéinisation, la lutéolyse et le remodelage de l'endomètre. Les irrégularités du cycle et l'absence d'ovulation sont très courantes chez l'adolescente post-pubertaire, notamment les deux à trois ans après le début des règles (Golden & Carlson, 2008). Malgré cela, une large étude de Maurya et al. (2022) ont détecté seulement 11,22% de CM irrégulier sur un panel de 12 000 adolescentes (10 à 19 ans) avec une variation moyenne de 2 à 3 jours entre les cycles sur l'ensemble des sujets. Ce faible pourcentage pourrait indiquer que l'irrégularité des CM diminuerait au fil du temps pour ensuite se stabiliser. Golden & Carlson (2008) nous informent que l'âge du début des règles a beaucoup diminué au cours des derniers siècles : 16-17 ans (milieu 19^e siècle) puis 12,5 ans (milieu 20^e siècle). Ces évolutions seraient expliquées notamment par une meilleure nutrition et une amélioration des conditions de vie. Aujourd'hui, selon Lalys & Pineau (2014), l'âge médian de ménarche (début des règles) en France est de $12,5 \pm 0,08$ ans. Ces âges médians varieraient légèrement en fonction des pays. A l'âge de 15 ans, 98% des filles auraient atteint la ménarche aux Etats-Unis (Golden & Carlson, 2008).

D'un point de vue biologique, durant le cycle menstruel, la muqueuse utérine s'épaissit en vue d'accueillir un embryon. Dans le même temps se produit le cycle ovarien, pendant lequel une cellule sexuelle féminine, ou ovocyte, mûrit en vue d'une fécondation. Par convention, le premier jour du cycle correspond au premier jour des règles. La croissance de l'endomètre (*muqueuse qui tapisse l'intérieur du corps de l'utérus*) recommence dès le 5^e jour et se poursuit pendant tout le cycle : de 0,5 mm à la fin de la menstruation, il passe à 3 mm au moment de l'ovulation pour atteindre 5 mm au 28^e jour du cycle.

Le cycle menstruel est traditionnellement divisé en deux phases distinctes (folliculaire et lutéale), qui sont séparées par l'ovulation (Figure 4). Ces deux phases sont définies par la fonction ovarienne et différenciées par des concentrations variables d'œstrogène et de progestérone. La phase folliculaire commence le premier jour des règles et se caractérise par de faibles concentrations d'œstrogènes et de progestérones. Les œstrogènes augmentent progressivement pendant la phase folliculaire pour atteindre un pic environ 1 jour avant l'ovulation (généralement 12-14 jours après le début des règles), qui est déclenchée par une poussée de l'hormone lutéinisante (LH). L'augmentation des œstrogènes et de la LH s'accompagne également d'une forte et brève augmentation de la testostérone, précurseur de la biosynthèse des œstrogènes et qui est considérée comme importante pour la fonction et le désir sexuel chez les femmes (Davis & Wahlin-Jacobsen, 2015). Après la période ovulatoire, la phase lutéale précoce se caractérise par une diminution des niveaux d'œstrogènes et une augmentation progressive de la progestérone. Au cours de la phase lutéale moyenne, les œstrogènes présentent une réponse biphasique, entraînant des niveaux élevés des deux hormones avant une diminution progressive au cours des 5 à 7 jours suivants.

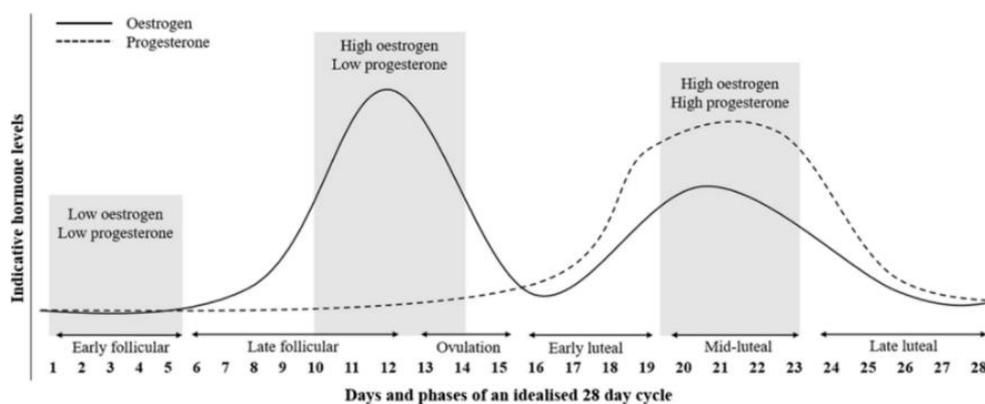


Figure 4. Schéma présentant les fluctuations hormonales principales à travers un cycle menstruel théorique de 28 jours (McNulty et al. 2020)

Bien que ce schéma de physiologie hormonale soit largement présent chez toutes les femmes possédant un cycle menstruel dit « normal », la concentration des hormones et le moment des événements du cycle présentent une grande variabilité interindividuelle (Annexe 3) (Haggstrom, 2014), ce qui rend les recherches scientifiques dans ce domaine complexes. Par conséquent, bien que de nombreuses études

aient examiné les effets de la phase du cycle menstruel sur la performance à l'exercice, il est prudent d'examiner la validité interne de ces études pour s'assurer que les conclusions générées soient exactes.

Les œstrogènes (17 β -estradiol et estrone) sont des hormones naturelles (de type stéroïdienne), sécrétées par l'ovaire, assurant la formation, le maintien et le fonctionnement des organes génitaux et des seins chez la femme (Futura Sciences, 2022a). Les œstrogènes sont responsables de la régulation d'un certain nombre de processus anaboliques importants (Hansen, 2018) et peuvent influencer la fonction du système nerveux central (Stoffel-Wagner, 2001). Au-delà de son rôle d'hormone sexuelle, l'œstrogène joue un rôle important dans le développement, la maturation et le vieillissement de tissus tels que les os (Cui et al., 2013; Hansen et al., 2012), les muscles (Dieli-Conwright et al., 2009; Enns & Tiidus, 2010) et les tissus conjonctifs (Hansen, 2018). Il est clair que les œstrogènes ont un effet considérable sur la fonction musculosquelettique, ses effets physiologiques contribuent à une diminution de la puissance et des performances (Chidi-Ogbolu & Baar, 2019).

La progestérone est une « hormone sexuelle, proche des œstrogènes, synthétisée par le corps jaune des ovaires ou dans le placenta, à partir de la prégnénolone, sous l'action de l'hormone lutéinisante (LH). Elle prépare la muqueuse utérine à la nidation de l'œuf, en cas de fécondation, et assure l'absence des contractions rythmiques des muscles utérins. Elle inhibe également de nouvelles ovulations lors de la grossesse » (Futura Sciences, 2022b). Cette hormone est connue pour exercer un effet inhibiteur net sur le système nerveux via l'augmentation de l'action de l'acide γ -aminobutyrique.

Il est important de prendre en compte l'âge des participants de notre étude : ici 15 à 18 ans. En effet, de la puberté à la ménopause, les concentrations d'hormones sexuelles féminines sont en constante variation: au long d'un cycle menstruel donné, à la suite de perturbations du cycle menstruel (e.g. *anovulation*), grossesse, supplémentation externe (e.g. contraceptifs hormonaux). Les contraceptifs hormonaux sont utilisés par environ la moitié des athlètes féminines élites (Martin et al., 2018). Au sein de notre étude, 29,4% des sujets retenus en utilisent.

Comme exprimé ci-dessus, lorsque l'on parle de cycle menstruel et donc d'hormones, il est primordial de parler de contraception. La contraception correspond à l'« *ensemble des moyens employés pour provoquer une infécondité temporaire chez la femme ou chez l'homme, c'est-à-dire les différentes méthodes qui ont pour but d'éviter une grossesse* » (Futura, 2023). Les moyens contraceptifs vont soit bloquer l'ovulation (pilule, anneau vaginal, timbre contraceptif) soit empêcher la fécondation, c'est-à-dire la rencontre entre les spermatozoïdes et l'ovule (préservatifs, spermicides, diaphragme) ou bien empêcher l'implantation d'un œuf (stérilet).

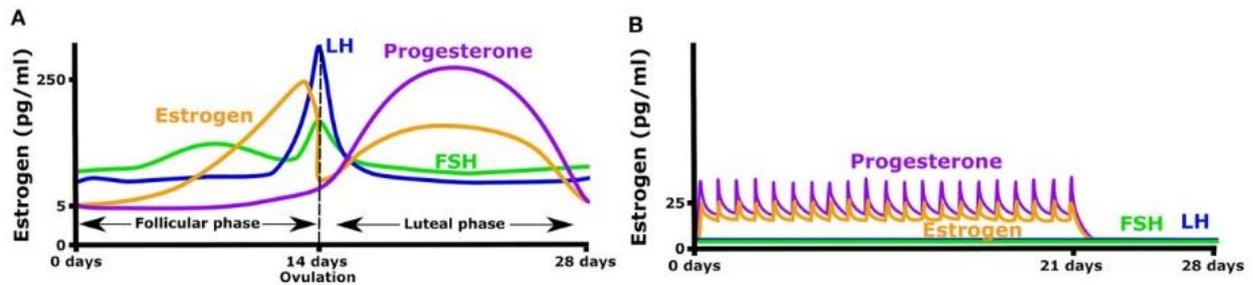


Figure 5. Fluctuations hormonales durant un cycle menstruel normal (A) ou avec prise de contraceptif contenant à la fois des œstrogènes et de la progestérone (B) (Chidi-Ogbolu & Baar, 2019).

Les facteurs contraceptifs vont dérégler fondamentalement la sécrétion d'hormone. Cela pourrait donc avoir un effet sur la performance (figure 5). De plus, les femmes qui utilisent des contraceptifs hormonaux peuvent avoir tendance à avoir des seuils de douleur plus élevés que les femmes qui n'en utilisent pas (Máximo et al., 2015). Certaines athlètes utilisent même des contraceptifs hormonaux afin de manipuler le cycle menstruel en fonction des compétitions sportives. L'utilisation de la contraception hormonale ne supprime pas la dysménorrhée (écoulement des règles douloureux), mais elle peut réduire les effets secondaires liés aux émotions selon Oxfeldt et al. (2020).

Il peut être courant d'entendre parler du phénomène synchronisation du CM au sein d'un groupe. Ce phénomène avait été identifié pour la première fois par McClintock (1971). Ce phénomène étant très controversé et serait davantage explicable par une perception que par une réalité biologique (Yang & Schank, 2006). Nous n'avons pas relevé ce phénomène au sein de nos résultats.

2.3.2. Cycle menstruel et performance

Les fluctuations d'hormones ovariennes ainsi que d'autres hormones sexuelles provoquent un grand nombre de processus biologiques. On peut alors se questionner si ces processus engendrés pourraient provoquer des variations des performances physiques et des réponses physiologiques à l'exercice au cours d'un CM (Constantini et al., 2005). Cela pourrait avoir des conséquences importantes pour l'optimisation de l'entraînement (Annexe 4). Ignorer ces phénomènes, c'est occulter tout une partie des spécificités du fonctionnement du corps humain féminin (Annexe 5).

Les œstrogènes augmentent la taille et la force des muscles, ce qui favorise les performances sportives (Chidi-Ogbolu & Baar, 2019) (pour une revue exhaustive des effets des hormones sexuelles féminines sur le système nerveux et la force musculaire, voir Tenan (2017)). Au cours d'une revue systématique et d'une méta-analyse, Blagrove et al. (2020) ont étudié les variations de force au cours du CM. Les

mesures liées à la force semblent être minimalement modifiées par les fluctuations des hormones sexuelles ovariennes qui se produisent pendant le cycle menstruel. Cependant, ce résultat doit être interprété avec prudence en raison des lacunes méthodologiques identifiées, concernant notamment l'identification des phases chez chaque participante. Les variations du niveau de testostérone au cours du cycle menstruel produisent également des effets physiologiques qui peuvent modifier les performances liées à la force. Bien que le taux absolu de testostérone soit faible chez les femmes par rapport aux hommes, une poussée de testostérone à la fin de la phase folliculaire pourrait améliorer les performances lors d'une activité de courte durée, par le biais d'une augmentation de la motivation (Bateup et al., 2002) et d'une amélioration de la cinétique du calcium dans la cellule musculaire (Estrada et al., 2003). Il est également possible que l'action thermogénique de la progestérone, qui entraîne une augmentation de la température corporelle et cutanée pendant la phase lutéale, influence positivement la vitesse de conduction nerveuse et la co-contraction antagoniste et par conséquent, peut influencer positivement les performances lors de tâches explosives liées à la force. Sur la base de ces mécanismes théoriques, il est concevable que les œstrogènes aient un effet inotrope sur les capacités liées à la force musculaire, donc bénéfique. Julian et al. (2017) ont mesuré une réduction de la performance d'endurance maximale au cours de la phase lutéale moyen du CM. Par conséquent, il peut être utile de tenir compte de la phase du cycle lors du contrôle de la capacité d'endurance d'un joueur. Cependant, le même effet n'a pas été observé pour les performances de saut et de sprint. A travers une revue systématique et méta-analyse, McNulty et al. (2020) indiquent que la performance à l'exercice pourrait être trivialement réduite pendant la phase folliculaire précoce du MC, par rapport à toutes les autres phases. Pour différentes raisons, il n'est pas possible de formuler des directives générales sur la performance à l'exercice à travers le CM. Il est plutôt recommandé d'adopter une approche personnalisée basée sur la réponse de chaque individu à la performance à l'exercice à travers le CM.

Sella & Beaven (2021) confirment qu'il existe des fluctuations de performances (Drop Jump (DJ), Counter Movement Jump (CMJ), Isometric Mid-Thigh Pull (IMPT)) mais que celles-ci varient selon les individus. Par exemple, les performances de joueuses de rugby aux CMJ, DJ et IMPT étaient plus élevées lors de la phase lutéale tardive par rapport aux phases de menstruations, folliculaire et lutéale. Les chercheurs émettent l'intérêt d'un suivi individuel précis du CM pour la prescription de la charge d'entraînement.

Malgré cela, de nombreuses études ont conclu que la performance ne varie pas entre les phases du CM. Dans les études qui ont observé un effet du cycle menstruel sur la performance, les résultats étaient contradictoires. Mais la force et la performance aérobie étaient le plus souvent diminuées pendant la fin de la phase lutéale et la performance anaérobie était le plus souvent réduite pendant la fin de la phase

folliculaire. En ce qui concerne la perception de la performance, la fin de la phase lutéale est également l'une des phases où les athlètes perçoivent une baisse de leur performance (Jacobson & Lentz, 1998; Solli et al., 2020). Les recherches qui révèlent que le CM a un rôle médiateur dans la performance physique montrent que les phases du CM affectent différemment la force, la performance aérobie et anaérobie.

Wikström-Frisén et al. (2017) se sont intéressés à la variation de la charge d'entraînement en fonction des phases du CM. Deux groupes ont effectué un entraînement de résistance sur le membre inférieur pendant deux semaines de chaque cycle menstruel durant quatre mois. Le reste du cycle, les sujets ont effectué cet entraînement une fois par semaine. Le premier groupe a effectué l'entraînement 5 fois par semaine pendant les deux premières semaines de chaque cycle (phase folliculaire) pendant que le deuxième groupe s'est entraîné les deux dernières semaines de chaque cycle (phase lutéale). Un groupe témoin a effectué le même type d'entraînement (en contenu) de manière régulière (3 fois par semaine) tout au long du cycle. Les chercheurs en ont conclu que l'entraînement en résistance du membre inférieur pendant les deux premières semaines du cycle menstruel était davantage bénéfique pour optimiser les performances que pendant les deux dernières semaines. L'entraînement en résistance pendant les deux premières semaines du cycle menstruel a même entraîné un gain de masse maigre plus important que l'entraînement régulier. Il n'y avait pas de différence significative dans les adaptations physiologiques entre les femmes avec ou sans contraceptif oral.

Antero et al. (2023) ont analysé à l'INSEP, 11 rameuses élites ont été suivies pendant trois à six mois sur 4,2 cycles en moyenne (Annexe 6, 7, 8). Parmi ces athlètes, 6 possédaient un cycle menstruel naturel (CM) et 5 prenaient des contraceptifs hormonaux (CH), formant deux groupes. La performance quotidienne auto-évaluée à l'entraînement était systématiquement plus faible pendant les menstruations chez les athlètes CM ou pendant le retrait des pilules chez les athlètes CH. Cette auto-évaluation était en corrélation avec la perception de la performance par les entraîneurs. Au cours de ces mêmes phases, les symptômes menstruels étaient les plus fréquents dans les deux groupes et étaient négativement corrélés avec la performance à l'entraînement. La qualité du sommeil, la forme physique et l'humeur fluctuent tout au long du cycle pour les rameuses du groupe CM, avec une plus grande proportion de scores favorables au milieu du cycle (autour de l'ovulation). Les indices de qualité du sommeil, de forme physique et d'humeur étaient stables tout au long des phases chez les rameuses du groupe CH. Ces résultats montrent l'importance d'évaluer les variations de bien-être et d'entraînement au cours des phases CM ou CH lors du suivi des athlètes féminines d'élite. Le potentiel positif du cycle au milieu du cycle menstruel et le potentiel négatif des phases prémenstruelles/mensuelles identifiés peuvent inciter le personnel sportif à en tenir compte pour anticiper et adapter l'entraînement en conséquence. Antero et

al. (2023) suggèrent qu'il serait important d'intégrer les données des phases CM et CH dans les systèmes de suivi des athlètes féminines. Cela pourrait aider à mieux interpréter les paramètres d'entraînement et de bien-être, puisqu'ils varient en fonction des phases du cycle et affectent la perception de l'entraînement à la fois de l'athlète et de l'entraîneur. Cette étude est la plus développée et rigoureuse que nous ayons trouvée sur ce sujet.

Findlay et al. (2020) ont cherché à explorer les expériences et perceptions de 15 joueuses internationales de rugby concernant leur CM. 67% des joueuses ont considéré leurs symptômes liés à leur CM comme nuisant à leurs performances. Cette étude mettait en exergue que non seulement le CM a un impact physique (saignements, douleurs, etc.) mais aussi psychologique (inquiétude, émotions fluctuantes, baisse de motivation). Ils soulignent que l'impact du CM est extrêmement variable en fonction des individus. Maître et al. (2021) ont mesuré que 84% des athlètes de haut-niveau sondées vivent leur période de règle comme une difficulté (douleurs, fatigue, crampes). De plus, seulement 23% déclarent avoir pu échanger sur les problèmes liés au cycle menstruel.

Dans l'ensemble, il existe une abondante littérature sur les effets des œstrogènes et de la progestérone sur les fonctions musculo-squelettiques, métaboliques et cellulaires de la femme, et tous ces effets influencent directement ou indirectement les performances. Cependant, les données sont confondues par une grande variabilité inter et intra-individuelle des concentrations d'hormones sexuelles. Étant donné que les hormones sexuelles peuvent à la fois améliorer et limiter les performances humaines, les entraîneurs et staffs médicaux doivent être conscients du statut menstruel de leurs athlètes, mais prudents lorsqu'ils tentent de tirer parti des effets des hormones sexuelles sur le système nerveux pour améliorer l'entraînement ou la rééducation (Tenan, 2017). A travers notre expérimentation au sein de ce mémoire, nous pourrions analyser de manière individuelle les variations de performances au cours des différentes phases du CM mais nous espérons aussi dégager des tendances collectives. Toutefois, si les différentes études n'obtiennent pas les mêmes résultats probablement, cela est dû à des : différences méthodologiques, irrégularités non reconnues du cycle menstruel, différences intra-individuelles et une distribution non uniforme des hormones sexuelles dans les tissus du corps humain.

2.3.3. Cycle menstruel et profil force/vitesse

Graja et al. (2022) ont étudié les variations physiologiques, biomécaniques et neuromusculaires lors de répétitions de sprint au cours de trois phases du CM : Phase Prémenstruelle (PP), Phase Folliculaire (PF) et Phase Lutéale (PL). Le pourcentage de diminution de la puissance (c'est-à-dire l'indice de fatigue) de sortie maximale sur le test cyclique de 20 × 5 secondes calculé entre les sprints 1 et 20 a diminué de

manière significative pendant la PP mais pas dans la PL ni dans la PF. La contraction volontaire maximale et l'efficacité neuromusculaire du vaste latéral et du droit fémoral étaient significativement diminuées pendant la PP par rapport aux FP et LP ($p < 0,05$). Les niveaux de créatine kinase (CK) dans le sang étaient significativement plus élevés dans la PP que dans la FP et la LP après le test ($p < 0,05$). Les résultats suggèreraient que la répétition de sprints induit une plus grande fatigue périphérique associée à des dommages musculaires au cours de la phase prémenstruelle. Cela pourrait être attribuable à la variation hormonale entre les phases menstruelles. Par conséquent, la phase folliculaire semble être le bon moment pour un entraînement intense afin d'améliorer les performances de force selon ces chercheurs.

Une relation a été envisagée entre la rigidité des muscles et des tendons des membres inférieurs et la performance lors de tests comme les sprints (Abdelsattar et al., 2018; Chelly & Denis, 2001), car une plus grande rigidité permet un meilleur stockage et une meilleure utilisation de l'énergie élastique (Abdelsattar et al., 2018). Les phases du CM pourraient également modifier la performance par le biais de changements dans la rigidité des tissus. Il a été suggéré que la concentration accrue d'œstrogènes dans certaines phases de la CM pouvait réduire la rigidité en diminuant la synthèse du collagène et donc la densité du collagène dans les muscles et les tissus conjonctifs (Yim et al., 2018). García-Pinillos et al. (2021) ont étudié les variations de performances au CMJ, DJ, Squat Jump (SJ) et au profil force-vitesse en sprint au cours du CM. Aucune différence significative n'a été relevée hormis une plus grande performance de hauteur SJ a été observée pendant la phase folliculaire par rapport à la phase de menstruations. Pour tous les autres tests les performances restaient similaires.

Le lien entre cycle menstruel et profil force-vitesse (ou profil accélération-vitesse) est encore assez incertain et très peu étudié. A travers notre étude nous nous appliquerons d'apporter davantage de précisions.

3. Problématique, objectifs et hypothèse

3.1. Problématique

La relation entre cycle menstruel et performance reste encore assez discutée. D'autant plus en se servant du profil accélération-vitesse comme indicateur de performance, du fait de ses nombreuses composantes. Comprendre les phénomènes liés au cycle menstruel nous permettrait d'adapter la charge d'entraînement

et les méthodes utilisés pour chacune des joueuses et d'optimiser les performances. Notre problématique est donc la suivante :

Existe-t-il des variations de performance significatives au profil accélération-vitesse en sprint au cours des différentes phases du cycle menstruel chez une joueuse de rugby ?

3.2. Objectifs

Les objectifs de ce mémoire sont les suivants :

- comprendre l'influence du cycle menstruel sur les performances physiques quant aux variables mesurées (a_0 , v_0 , v_{Max} , etc.) ;
- établir s'il se déroule une amélioration des performances dû à un effet temps ;
- observer s'il y existe des fluctuations dues à l'éventuelle présence de moyens de contraception hormonaux.

Chacun de ces objectifs permettront de potentiellement optimiser les performances de manière individuelle et collective.

3.3. Hypothèse

L'hypothèse de ce travail est que les phases du cycle menstruel influencent les performances en sprint chez les jeunes joueuses de rugby. Nous nous attendons donc à observer des variations mesurées au profil accélération/vitesse (a_0 , v_0 , v_{Max} , etc.) entre les différentes phases du cycle menstruel.

4. Le stage

4.1. Milieu professionnel

Cette étude se déroule à l'Académie Pôle Espoir de la Ligue des Hauts de France de Rugby. Les entraînements se déroulent au lycée polyvalent Beaupré à Haubourdin (59320). J'y travaille en tant que préparateur physique en contrat d'apprentissage depuis septembre 2022. La ligue est une structure qui dépend de la Fédération Française de Rugby (FFR). Elle propose une équipe féminine évoluant en

Cadette Elite (16 à 18 ans), une équipe mixte M14 (Super Challenge de France) et deux équipes masculines : M16 (Alamercery) et M18 (Crabos), toutes sous forme de rassemblement.

La ligue a pour mission de favoriser le développement du rugby, d'accompagner les clubs dans leur fonctionnement quotidien et d'organiser les rencontres au niveau régional. La structure accompagne des athlètes dans leur double projet (sportif et scolaire) avec un emploi du temps aménagé. Une partie des joueurs dorment à l'internat du lycée Beaupré. L'objectif est de repérer dès la catégorie moins de 13 ans, les futurs espoirs lors de compétitions dans les Hauts de France et lors de centres de suivi en moins de 15 ans. Le staff de l'Académie Pôle Espoir de Beaupré est composé d'un entraîneur et responsable de la filière masculine (Sébastien Zamia), d'un manager et entraîneur féminin (Olivier Piat), un second entraîneur masculin (Geoffrey Cazanave) et un préparateur physique (Sébastien Imbert) effectuant sa thèse de doctorat sur le sujet suivant : « Approche interdisciplinaire pour identifier les caractéristiques de la haute performance dans le rugby féminin à 7 et à XV » (CIFRE). Notre étude a été réalisée au sein de cette thèse.

Mes missions d'intervention se déroulent donc au sein de l'Académie Pôle Espoirs et du centre d'entraînement de la ligue. Cette saison, j'ai planifié, conçu et encadré les séances de préparation physique, musculation et réathlétisation, en collaboration avec Sébastien Imbert, le préparateur physique en chef. J'ai pu, de même, effectuer la préparation physique en autonomie du groupe des M14 de la ligue, ainsi qu'effectuer leur accompagnement lors des tournois nationaux. Enfin, j'ai exécuté, avec le soutien de Sébastien Imbert, le suivi et le traitement des données GPS des entraînements et des matchs.

4.2. Sujets

L'équipe féminine joue en compétition pour le club « Alliance Villeneuve » évoluant en « Féminines moins de 18 ans à XV – Elite ». Les joueuses pratiquent donc au plus haut niveau national pour leur âge. L'équipe s'entraîne chaque jour au Centre d'Entraînement de la Ligue (CEL) excepté le vendredi où les joueuses s'entraînent au club du Stade Villenuevois (59491). Une partie des joueuses (n=9) font partie du Pôle Espoir de la Ligue, les autres sujets faisant partie du CEL. Les sujets (n=17) sont des athlètes en rugby de sexe féminin. Les 17 joueuses (âge = $16,3 \pm 1,03$ ans ; masse corporelle = $66,6 \pm 10,94$ kg ; taille = $165,1 \pm 6,56$ cm étant expérimentées dans l'entraînement en rugby de $5,6 \pm 2,14$ ans). Les sujets pratiquent environ 4 entraînements technico-tactiques (6h10) et 2 entraînements en préparation physique par semaine (2h30), représentant un total d'environ 8h40 d'entraînement hebdomadaire. A cela s'ajoute un match en fin de semaine, le cas échéant. Les sujets ont été répartis dans deux groupes différents selon leur utilisation ou non de contraceptifs hormonaux. Leurs caractéristiques sont détaillées au sein de la figure 6 :

Caractéristiques des sujets		
	Groupe Sans contraception	Groupe Contraception
Effectif (n)	12	5
Age (année)	16,1 ± 1,0	17,0 ± 0,6
Masse corporelle (kg)	65,8 ± 11,8	68,6 ± 8,3
Taille (cm)	166,2 ± 6,7	162,4 ± 5,3
Expérience en rugby (année)	5,2 ± 2,2	6,6 ± 1,5

Figure 6. Tableau récapitulatif des sujets (*les données sont exprimées en moyenne ± écart-type*)

Un accord éthique a été obtenu auprès de l'Université de Lille.

4.3. Matériel, méthodes et protocole théorique

Le matériel de mesure utilisé sont des GPS (GPexe GPS Micro-technology (GPexe LT-18Hz Udine It)). Ce dernier est porté par chaque sujet par une brassière de la marque GPexe. Nous avons utilisé un terrain de rugby de type synthétique pour le déroulement des tests ainsi que des cônes pour délimiter la distance, elle-même mesuré par un odomètre. Il a été recueilli les données anthropométriques à l'aide d'une toise (taille) et d'une balance (masse).

Protocole utilisé : Un échauffement standardisé (Annexe 9) a été mis en place, dont la dernière partie peut varier afin de conserver la motivation des sujets. De même, un système de badge a été mis en place, récompensant chaque nouvelle vitesse maximale battue par le sujet. Les sujets effectuent l'échauffement puis deux sprints de 40 mètres en ligne droite à intensité maximale entrecoupé par 3 minutes de récupération passive. La distance de 40 mètres a été déterminée en reprenant le protocole de la Fédération Française de Rugby. En effet, cette distance permet d'être certain que la vitesse maximale (vMax) soit atteinte. Les participantes ont performé au total 3 sessions de deux sprints de 40 mètres à intensité maximale par semaine, durant 20 semaines (Janvier-Février-Mars-Avril-Mai-Juin). Chaque test s'est déroulé entre 17h00 et 20h00 pour éliminer l'influence du rythme circadien (Ayala et al., 2021). Les GPS sont ensuite synchronisés pour récupérer les données. L'algorithme GPexe (Morin et al., 2021) permet d'obtenir un « Profil Accélération-Vitesse » (PAV) (Annexe 10). Celui-ci est déterminé sur la base de l'accélération maximale que la joueuse peut générer pour chaque vitesse de course possible au cours du test. Une première régression linéaire est ajustée à ces points de vitesse-accélération (~70 points de données selon les individus). Ensuite, après ajustement, les résidus ont été analysés et les points aberrants ont été supprimés lorsqu'ils se trouvaient en dehors d'un intervalle de confiance de 95% des limites supérieures et inférieures autour de la fonction linéaire afin d'améliorer l'ajustement de la régression linéaire et la précision globale des variables du modèle. Les points restants ont ensuite été ajustés une nouvelle fois à l'aide d'un modèle de régression linéaire. Pour chaque test, cette procédure

fournie environ 50 points de données à partir desquels le PAV a été dérivé en utilisant le modèle de régression linéaire mis à jour. Enfin, trois variables principales ont été dérivées pour caractériser le PAV des joueuses : a_0 (accélération maximale théorique, ordonnée à l'origine de la relation linéaire accélération-vitesse), v_0 (vitesse de course maximale théorique, abscisse à l'origine) et la pente accélération-vitesse (orientation globale du PAV, calculée comme pente AV $= -a_0 / v_0$) (Morin et al., 2021). Les données de chaque test (v_{Max} , a_0 , v_0 , temps au 10, 20 et 30 mètres) sont ensuite exportées sur un tableur Excel (Annexe 11).

Critères d'inclusion des sujets :

- Être joueuse de l'équipe cadette de la ligue ;
- Avoir déjà eu ses premières menstruations ;
- Posséder un cycle menstruel compris entre 21 et 35 jours (Blagrove et al., 2020) ;
- Avoir réalisé au moins un test dans chaque phase (menstruelle, folliculaire et lutéale) sur deux cycles menstruels complets.

La population initiale était composée de 26 joueuses. Deux sujets n'avaient jamais eu de menstruations. Elles ont donc été exclues du traitement statistique (du fait de leur faible nombre). Une joueuse a arrêté de s'entraîner au sein de la structure au cours du déroulement du protocole. Enfin, six joueuses ne présentaient pas assez de données pour être incluses dans le traitement statistique, cela dû notamment à des blessures.

Nous avons défini 3 phases distinctes pour analyser les résultats (de Jonge, 2003; García-Pinillos et al., 2021) :

- Phase de menstruations : Jour 1 à 5 (dite « *phase menstruelle* »)
- Phase folliculaire (tardive) : Jour 6 à 14 (dite « *phase prolifératrice* »)
- Phase lutéale : Jour 18 à 24 (dite « *phase sécrétrice* »)

Les participantes ont été soumises à un questionnaire pour établir 2 groupes différents :

- Groupe 1 : sans moyen de contraception ;
- Groupe 2 : avec moyen de contraception.

Pour recueillir les données quant aux phases du cycle menstruel, nous avons utilisé les applications suivantes : Clue & Flo (Annexe 12). Ces applications permettent de remplir les jours de règles et de suivre les phases de leur CM.

4.4. Analyse statistique

Les données quantitatives sont exprimées en moyenne \pm écart type. La normalité de la distribution des données n'a pas été vérifiée lors du test de Shapiro-Wilk ainsi que l'homogénéité des variances via le test de Levene. Ces tests ont été effectués sur Excel via Anatsats. Ces derniers ont été utilisés pour connaître la nécessité ou non d'utiliser un test paramétrique.

Une ANOVA à trois voies pour échantillons dépendants (Maxwell et al., 2017) de type modèle mixte a été effectuée sur le logiciel Prism GraphPad Software. Notre étude possède en effet trois facteurs :

- Différentes phases (menstruelle, folliculaire et lutéale)
- Présence ou absence d'un moyen de contraception
- Temps (cycle 1 vs. cycle 2)

Les différentes variables analysées sont : l'accélération maximale théorique (a_0 en $m.s^{-2}$), la vitesse maximale théorique (v_0 en $m.s^{-1}$), la vitesse maximale réelle (v_{Max} en $m.s^{-1}$) et les temps au 10, 20 et 30 mètres (respectivement T10, T20 et T30 en secondes).

L'ANOVA à trois facteurs est une extension de l'analyse de variance à deux facteurs pour évaluer s'il y a un effet d'interaction entre trois variables catégorielles indépendantes sur une variable-réponse continue. Notre seuil de significativité étant fixé à 0,05. La sphéricité (ou circularité) a été vérifiée grâce au test de Mauchly. En effet, les corrélations entre toutes les modalités prises deux à deux du/des facteur(s) en mesures répétées sont environ équivalentes. Cela signifie que les variances des différences (sujet par sujet) entre les valeurs des modalités prises par paires sont homogènes (Noguès et al., 2022).

Le facteur temps dans l'ANOVA ne représentant que la différence entre les deux cycles, nous avons réalisé un test t de student appariés (test paramétrique) entre le début et la fin du protocole (5 mois) pour l'ensemble des variables mesurées (a_0 , v_0 , v_{Max} , T10, T20, T30) mais aussi la variable F0 (force maximale théorique déterminée par la 2^e loi de Newton ($F = m \cdot a$)). Nous avons utilisé les masses des sujets du début du protocole (janvier) et celles de fin de protocole (mai). Nous avons déterminé la puissance maximale (P_{max}) à l'aide de la relation $P_{max} = F_0 \cdot v_0 / 4$ (Morin & Samozino, 2016). Les mesures de différences significatives de P_{max} ont été calculées par le test de Wilcoxon appariés (test non paramétrique) car la normalité n'a pas été vérifiée pour cette variable.

5. Résultats

Afin de clarifier le présentation des résultats, ces derniers seront exposés en fonction des différents principaux tests :

- ANOVA à trois voies :

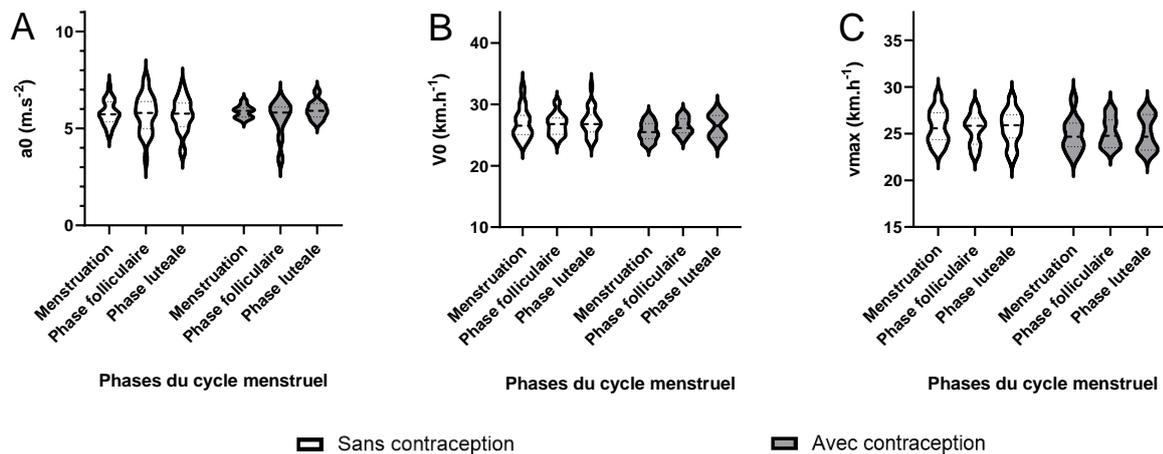


Figure 7. Comparaison des groupes avec et sans contraception des variables a_0 (A), v_0 (B) & v_{Max} (C)

Les moyennes des variables de l'ensemble des groupes et des conditions sont :

- $a_0 = 5,76 \text{ m.s}^{-2} \pm 0,77$;
- $v_0 = 26,70 \text{ km.h}^{-1} \pm 2,03$;
- $v_{Max} = 25,45 \text{ km.h}^{-1} \pm 1,73$.

Les résultats de l'ANOVA n'indiquent aucune(s) variation(s) significative(s) concernant la variable a_0 , v_0 et v_{Max} que ce soit pour le facteur Phases, le facteur Temps ou le facteur Groupe (figure 7). De même, il n'existe aucune interaction significative entre ces facteurs.

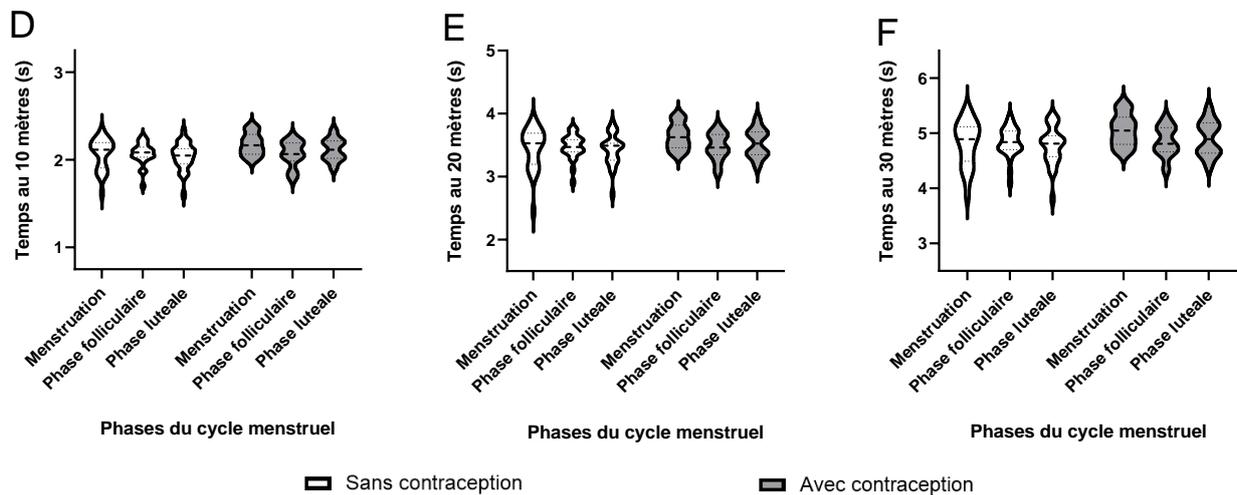


Figure 8. Comparaison des groupes avec et sans contraception des variables **T10** (D), **T20** (E) & **T30** (F)

Les moyennes des variables de l'ensemble des groupes et des conditions sont :

- T10 = 2,08s ± 0,15 ;
- T20 = 3,48 s ± 0,26 ;
- T30 = 4,84s ± 0,34.

Les résultats de l'ANOVA n'indiquent aucune(s) variation(s) significative(s) concernant la variable **T10**, **T20** et **T30** que ce soit pour le facteur Phases, le facteur Temps ou le facteur Groupe (figure 8). De même, il n'existe aucune interaction significative entre ces facteurs.

- **Test t de Student** (et Wilcoxon) :

Variable	Avant	Après	p-valeur	Taille d'effet
a0 (m/s ²)	5,94 ± 0,63	6,10 ± 0,57	0,23	0,51
v0 (km/h)	26,52 ± 1,87	27,67 ± 2,34	0,04	0,78
vMax (km/h)	25,13 ± 1,27	26,22 ± 1,45	0,0004	0,92
T10 (s)	2,11 ± 0,15	2,04 ± 0,15	0,15	0,69
T20 (s)	3,53 ± 0,25	3,41 ± 0,25	0,13	0,69
T30 (s)	4,9 ± 0,34	4,72 ± 0,36	0,1	0,72
Masse (kg)	65,45 ± 10,26	66,76 ± 10,91	0,001	0,36
F0 (N)	387,6 ± 69,9	406,8 ± 74,2	0,025	0,52
Pmax (W)	2566,8 ± 474,9	2806,1 ± 525,7	0,0002	0,71

Figure 9. Tableau récapitulatif des résultats du test t de Student et Wilcoxon

Les résultats des tests de Student et Wilcoxon (figure 9) démontrent qu'il y a eu une amélioration significative de v0, vMax, F0 et Pmax. Les temps de passage (T10, T20, T30) et a0 n'ont pas été amélioré significativement.

6. Discussion

A travers les résultats obtenus, nous n'observons aucune variation ou interaction significative concernant les facteurs phases, temps (entre cycles) ou groupe de chacune des variables analysées (a_0 , v_0 , v_{Max} , T10, T20, T30) sur les cycles analysés. Malgré cela, certaines variables se sont améliorées significativement au cours des 5 mois du protocole.

Nos résultats indiqueraient donc plusieurs éléments :

- Les différentes phases du cycle menstruel (*menstruations, phase folliculaire et phase lutéale*) caractérisée notamment par leurs sécrétions hormonales n'auraient pas d'impact significatif sur des variations de performance au sprint
- La prise ou non de contraceptif hormonal n'influerait pas différemment les performances au sprint, malgré des taux et sécrétions d'hormones différentes.
- La répétition d'exécution de sprint ($5,7 \pm 1,03$ sessions de deux sprints par mois en moyenne) sur une période notable (5 mois) a permis d'améliorer les vitesses maximales théorique et réelle, la force maximale théorique (horizontale) et la puissance maximale (horizontale). Les temps au 10, 20, 30 mètres ainsi que l'accélération théorique maximale n'ont pas été améliorés significativement.

Ces résultats sont légèrement différents de ceux de la revue systématique et méta-analyse de (McNulty et al., 2020). Ces derniers avaient conclu que les performances pourraient être trivialement réduites au cours de la phase folliculaire précoce de la CM, par rapport à toutes les autres phases. Mais les chercheurs notaient que l'effet était négligeable, que les études possédaient une grande variation méthodologique et qu'il nécessitait d'adopter une approche personnalisée basée sur la réponse de chaque individu aux performances d'exercice au cours du CM. Nos résultats vont dans le sens où la réponse aux différents processus biologiques liés aux phases du CM est individuelle et donc les variations de performance le sont aussi. Nombreuses autres études vont dans ce sens, tout comme la nôtre. D'un autre côté, la répétition d'exécution de sprint chaque semaine serait bénéfique pour améliorer certaines qualités inhérentes au sprint (vitesse maximale, puissance, force, etc.).

Niveau de performance :

Il est pertinent de comparer les performances aux tests de nos sujets par rapport à d'autres jeunes joueuses de rugby élite. Les meilleures performances mesurées entre 2006 et 2020 par la Fédération Française de Rugby (FFR) chez des joueuses de moins de 18 ans sont de :

- T10 : 1,73 s (FFR) vs. $2,08 \pm 0,15$ s (moyenne de nos sujets)
- T20 : 3,03s (FFR) vs. $3,48 \pm 0,26$ s (moyenne de nos sujets)

La plus grande vitesse maximale mesurée au Festival des 6 nations en avril 2023 (moins de 18 ans) est de 29,38 km/h. A titre comparatif, la moyenne des vMax de chaque joueuse de notre protocole est de $27,06 \pm 1,54$ km/h, la plus grande vMax étant 29,9km/h. Il est à noter que le matériel de mesure des données comparées n'est pas le même : T10 & T20 (cellules photo-électriques) et vMax (GPS Catapult) tandis que nous avons utilisé des GPS GPexe. De même, concernant les vMax, nous comparons ici une vitesse maximale atteinte en match tandis que celles de nos sujets le sont au sein d'un exercice de sprint, propice à une performance maximale. Ces résultats nous indiquent que nos sujets ne sont pas au tout meilleur niveau français féminin (moins de 18 ans) en performance de sprint mais que certaines joueuses s'en rapprochent fortement.

T. J. Gabbett (2007) a mesuré notamment les temps au 10 & 20 mètres en sprint de joueuses australiennes élite ($18,9 \pm 5,7$ ans) :

- T10 = $2,00 \pm 0,11$ s (T. J. Gabbett, 2007) vs. $2,08 \pm 0,15$ s (+4 %)
- T20 = $3,52 \pm 0,18$ s (T. J. Gabbett, 2007) vs. $3,48 \pm 0,26$ s (-1,1%)

Malgré cela, en comparant les performances de nos sujets à celle de joueuses élite, les performances au sprint de 10 et 20 mètres sont extrêmement proches de celles-ci. Une fois de plus, le matériel utilisé est différent (cellules photo-électriques).

Maturation biologique :

Les sujets n'ont pas toutes le même âge et donc le même niveau de maturation biologique ce qui pourrait influencer sur les sécrétions d'hormones. En effet, comme expliqué précédemment, les irrégularités du cycle et l'absence d'ovulation sont très fréquentes chez les adolescentes post-pubertaires (notamment les 2/3 ans après le début des règles) (Golden & Carlson, 2008; Mihm et al., 2011) (Annexe 3).

Phases du cycle menstruel :

Au sein du protocole, nous avons déterminé les différentes phases du cycle menstruel à l'aide du premier jour des règles, méthode que l'on peut retrouver dans beaucoup d'études. Cette méthode manque de précision car il existe une variabilité inter et intra-individuelle concernant la durée des cycles et des phases. Antero et al. (2023) ont combiné cette méthode à des tests salivaires pour relever les taux d'hormones de chaque participante afin de gagner en précision. En effet, à travers notre approche, si la participante est estimée théoriquement comme étant dans sa phase folliculaire alors qu'elle est biologiquement passée dans sa phase lutéale, les résultats s'en trouvent tout à fait altérés. Par ailleurs, à travers notre étude, nous n'avons pas pris en compte le type de pilule utilisée par chaque participante (monophasique, biphasique, triphasique). En effet, la modalité et temporalité des délivrances hormonales s'en trouvent foncièrement altérées (Annexe 13).

De même, deux tiers des femmes présenteraient deux vagues folliculaires et un tiers trois vagues folliculaires par cycle. Les femmes à trois vagues auraient de ce fait des cycles plus longs, une augmentation de l'œstradiol et une poussée de LH plus tardive (Mihm et al., 2011). Cette variabilité inter-individuelle diminuerait les possibilités de dégager des tendances collectives. La détermination d'un profil hormonal pour chaque athlète, c'est-à-dire notamment les durées de phases et de cycle ainsi que les niveaux de concentrations d'hormones notamment, permettrait d'individualiser de manière importante le suivi.

Plus encore, le découpage entre les phases s'est valu trop peu précis, nous n'avons sélectionné uniquement 3 phases : menstruelle (J1-J5), folliculaire (J6-J14) et lutéale (J18-J24). Ce découpage a été élaboré quant aux contraintes auxquelles nous avons fait face. Les blessures (récurrentes dans le rugby) ainsi que les vacances scolaires obstruaient la régularité de nos tests tout au long du protocole. Un découpage en six phases tel que Blagrove et al. (2020) ont proposé au sein de leur revue systématique et méta-analyse aurait été davantage propice : phase folliculaire précoce (J1-J5), phase folliculaire tardive (J6-J12), phase ovulatoire (J13-J15), phase lutéale précoce (J16-19), phase lutéale médiale (J20-J23) et phase lutéale tardive (J24-J28). Celui-ci aurait permis une précision bien plus importante.

Charge d'entraînement :

Enfin, les sujets ont subi, tout au long du protocole, une charge d'entraînement et de compétition très variable avec des différences inter-individuelles. D'une part, est élaborée tout au long de l'année une planification de l'entraînement (Annexe 14) avec un développement des différentes qualités physiques

inhérentes à la pratique du rugby ainsi qu'une oscillation de la charge d'entraînement imposée. D'autre part, les sujets ont participé à des matchs en compétition « Féminines moins de 18 ans à XV – Elite », impliquant une demande conséquente sur le plan physique et mental.

Ce qui a notamment deux conséquences importantes à prendre en compte :

- la fatigue : celle-ci étant un « état résultant de contraintes physiologiques ou psychologiques aboutissant à une diminution des performances physiques ou cognitives » (Kalsbeek, 2012). Comme expliqué, la fatigue provoquée par les entraînements et la compétition auraient donc un impact négatif sur les performances aux tests.
- les phénomènes d'adaptation : l'organisme s'est adapté aux demandes physiologiques induites par les entraînements et la compétition après avoir récupéré de la fatigue provoquée. Ces phénomènes d'adaptation devraient conduire à une augmentation des performances dans le temps.

Amélioration des performances :

Comme nous avons pu l'observer, les performances se sont améliorées entre le début et la fin du protocole. Ce phénomène a pu altérer l'analyse des variations de performance dues au cycle menstruel. Si les valeurs d'une variable augmentent au fil du temps, il est davantage complexe d'y déceler un schéma répétitif de variations (au cours des phases du CM).

A travers les limites énumérées, l'analyse des résultats se veut davantage transparente et explicite. Nous comprenons qu'avec des moyens supplémentaires (humains, temporels et financiers), nous pourrions grandement améliorer le protocole mis en place au sein de cette étude et donc affiner notre analyse.

Application sur le terrain :

Comme expliqué dans l'introduction, les avancées, analyses et innovations scientifiques doivent servir le terrain. Ce travail de recherche a, une nouvelle fois (telles que l'ont fait grand nombre de travaux de recherche), établi qu'il existe une grande variabilité inter-individuelle au regard du cycle menstruel. Ce qui n'amène pas à des conclusions probantes. D'après nos résultats et exclusivement ces derniers, il n'y aurait pas de variations sur les qualités neuromusculaires dans le plan horizontal. Les entraîneurs et préparateurs physiques pourraient donc moins adapter les charges d'entraînements quant à la période du cycle menstruel ou à un éventuel moyen de contraception d'une joueuse âgée de 15 à 18 ans par rapport à ces qualités musculaires. D'un autre point de vue, si l'on prend en compte les avancées scientifiques actuelles, telle que celles d'Antero et al. (2023), et que les moyens financiers et humains sont à la

hauteur, il serait très intéressant de suivre chaque joueuse sur son état de forme physique, son bien-être, son humeur ou encore sa qualité de sommeil en rapport avec le cycle menstruel avec notamment l'utilisation de questionnaires et différentes tests physiques.

Perspectives :

Le nombre d'étude sur le cycle menstruel chez la femme est grandissant. L'intérêt autour de ce sujet s'amplifie, notamment dans le domaine de la performance. Les résultats de ce travail de recherche ne sont que préliminaires mais nous permettent de comprendre qu'adopter une vision globale des choses seraient erronée. Au contraire, une vision bien plus individualisée permettrait d'affiner la manière d'optimiser les performances de chaque athlète féminine, notamment en élaborant des profils hormonaux individuels (Antero et al., 2023). Il serait intéressant de faire évoluer le protocole mis en place dans cette étude, particulièrement en se servant des limites existantes de celui-ci, pourrait permettre de trouver des résultats probants. Il est donc nécessaire de prendre l'athlète féminine dans son entièreté : aspects biologique & physiologique, mental, psychique, etc. L'analyse de l'impact du cycle menstruel doit s'inscrire dans cette prise en compte à 360° de l'athlète.

7. Conclusion

Le cycle menstruel est un phénomène biologique de plus en plus étudié par sa richesse du nombre de processus et d'impacts sous-jacents au sein du corps humain chez la femme. Dans un contexte d'optimisation des performances de l'athlète féminine, il se doit donc d'être étudié sous toutes les caractéristiques pour en comprendre l'impact. A travers cette étude, nous avons donc tenté d'analyser l'influence de celui-ci sur une action fondamentale au rugby : le sprint. En mettant en place le profil accélération/vitesse en sprint, nous avons eu accès à grand nombre d'informations associés à cette action. Cela nous a permis d'étudier au plus près les éventuelles variations de performance. En combinant ces données aux différentes phases du cycle menstruel et à la présence ou non de contraceptif hormonal, nous n'avons décelé aucune variation significative de performance. Les possibilités de recherche restent considérables, notamment en prenant en compte le profil hormonal de l'athlète. De même, l'analyse de l'influence du cycle menstruel sur d'autres qualités physiques telles que les qualités aérobies, la mobilité, la coordination et bien d'autres serait extrêmement pertinent et attrayant.

Bibliographie

- Abdelsattar, M., Konrad, A., & Tilp, M. (2018). Relationship between Achilles Tendon Stiffness and Ground Contact Time during Drop Jumps. *Journal of Sports Science & Medicine*, *17*(2), 223-228. <https://pubmed-ncbi-nlm-nih-gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/29769823/>
- Antero, J., Golovkine, S., Niffoi, L., Meignié, A., Chassard, T., Delarochelambert, Q., Duclos, M., Maitre, C., Maciejewski, H., Diry, A., & Toussaint, J.-F. (2023). Menstrual cycle and hormonal contraceptive phases' effect on elite rowers' training, performance and wellness. *Frontiers in Physiology*, *14*, 1110526. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1110526>
- Aubert, F. (2018). *Motricité et pilotage des appuis*. Institut de Formation de la Fédération Française de Football. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjMvKSnyb_8AhV3QaQEhf6wBQMqFnoECA0QAQ&url=https%3A%2F%2Fstaps.univ-nantes.fr%2Fmedias%2Ffichier%2Fconference-f-aubert-ii-motricite-pilotage-appuis_1523878770972-pdf%3FID_FICHE%3D1183153%26INLINE%3DFALSE&usg=AOvVaw1fAGDFyYQoiYHJ4zliOKG9
- Aubert, F. (2002). *Revue EP&S N°298, intervenants éducation physique, pratique sportive, numéro EP&S n°298—Revue EP&S*. https://www.revue-eps.com/fr/revue-ep-s-298_p-407.html
- Ayala, V., Martínez-Bebia, M., Latorre, J. A., Gimenez-Blasi, N., Jimenez-Casquet, M. J., Conde-Pipo, J., Bach-Faig, A., & Mariscal-Arcas, M. (2021). Influence of circadian rhythms on sports performance. *Chronobiology International*, *38*(11), 1522-1536. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1933003>
- Baena-Marín, M., Rojas-Jaramillo, A., González-Santamaría, J., Rodríguez-Rosell, D., Petro, J. L., Kreider, R. B., & Bonilla, D. A. (2022). Velocity-Based Resistance Training on 1-RM, Jump and

- Sprint Performance : A Systematic Review of Clinical Trials. *Sports*, **10**(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/sports10010008>
- Bateup, H. S., Booth, A., Shirtcliff, E. A., & Granger, D. A. (2002). Testosterone, cortisol, and women's competition. *Evolution and Human Behavior*, **23**(3), 181-192. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(01\)00100-3](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(01)00100-3)
- Blagrove, R. C., Bruinvels, G., & Pedlar, C. R. (2020). Variations in strength-related measures during the menstrual cycle in eumenorrheic women : A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **23**(12), 1220-1227. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.04.022>
- Bradley, E. J., Board, L., Hogg, B., & Archer, D. T. (2020). Quantification of Movement Characteristics in Women's English Premier Elite Domestic Rugby Union. *Journal of Human Kinetics*, **72**(1), 185-194. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0104>
- Chelly, S. M., & Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness : Relationship with sprint running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, **33**(2), 326-333. <https://doi.org/10.1097/00005768-200102000-00024>
- Chidi-Ogbolu, N., & Baar, K. (2019). Effect of Estrogen on Musculoskeletal Performance and Injury Risk. *Frontiers in Physiology*, **9**. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2018.01834>
- Clavel, P., Leduc, C., Morin, J.-B., Owen, C., Samozino, P., Peeters, A., Buchheit, M., & Lacombe, M. (2022). Concurrent Validity and Reliability of Sprinting Force–Velocity Profile Assessed With GPS Devices in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **17**(10), 1527-1531. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0339>
- Colyer, S. L., Nagahara, R., Takai, Y., & Salo, A. I. T. (2018). How sprinters accelerate beyond the velocity plateau of soccer players : Waveform analysis of ground reaction forces. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **28**(12), 2527-2535. <https://doi.org/10.1111/sms.13302>
- Constantini, N. W., Dubnov, G., & Lebrun, C. M. (2005). The Menstrual Cycle and Sport Performance. *Clinics in Sports Medicine*, **24**(2), e51-e82. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2005.01.003>

- Cross, M., Brown, S., Brughelli, M., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2018). Mechanical Determinants of Sprinting Acceleration in Rugby Athletes. *23rd Annual Congress of the European College of Sports Science*.
- Cui, J., Shen, Y., & Li, R. (2013). Estrogen synthesis and signaling pathways during aging : From periphery to brain. *Trends in Molecular Medicine*, **19**(3), 197-209. <https://doi.org/10.1016/j.molmed.2012.12.007>
- Cunniffe, B., Proctor, W., Baker, J. S., & Davies, B. (2009). An Evaluation of the Physiological Demands of Elite Rugby Union Using Global Positioning System Tracking Software. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, **23**(4), 1195. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a3928b>
- Davis, S. R., & Wahlin-Jacobsen, S. (2015). Testosterone in women—The clinical significance. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, **3**(12), 980-992. [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(15\)00284-3](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(15)00284-3)
- Dawson, E. A., & Reilly, T. (2009). Menstrual cycle, exercise and health. *Biological Rhythm Research*, **40**(1), 99-119. <https://doi.org/10.1080/09291010802067213>
- de Jonge, X. A. K. J. (2003). Effects of the Menstrual Cycle on Exercise Performance. *Sports Medicine*, **33**(11), 833-851. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333110-00004>
- Deleplace, R. (1979). Rugby de mouvement, rugby total. In *René Deleplace : Du Rugby de mouvement à un projet global pour l'EPS et les STAPS* (p. 229-242). Presses universitaires du Septentrion. <http://books.openedition.org/septentrion/137611>
- Dieli-Conwright, C. M., Spektor, T. M., Rice, J. C., Sattler, F. R., & Schroeder, E. T. (2009). Influence of hormone replacement therapy on eccentric exercise induced myogenic gene expression in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*, **107**(5), 1381-1388. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00590.2009>
- Duthie, G., Pyne, D., & Hooper, S. (2003). Applied Physiology and Game Analysis of Rugby Union. *Sports Medicine*, **33**(13), 973-991. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333130-00003>

- Enns, D. L., & Tiidus, P. M. (2010). The Influence of Estrogen on Skeletal Muscle. *Sports Medicine*, *40*(1), 41-58. <https://doi.org/10.2165/11319760-000000000-00000>
- Estrada, M., Espinosa, A., Müller, M., & Jaimovich, E. (2003). Testosterone Stimulates Intracellular Calcium Release and Mitogen-Activated Protein Kinases Via a G Protein-Coupled Receptor in Skeletal Muscle Cells. *Endocrinology*, *144*(8), 3586-3597. <https://doi.org/10.1210/en.2002-0164>
- Findlay, R. J., Macrae, E. H. R., Whyte, I. Y., Easton, C., & Whyte, L. J. F. (2020). How the menstrual cycle and menstruation affect sporting performance : Experiences and perceptions of elite female rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, *54*(18), 1108-1113. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-101486>
- Futura. (2023). *Définition | Contraception | Futura Santé*. Futura. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-contraception-5241/>
- Futura Sciences. (2022a). *Définition Oestrogène*. Futura. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-oestrogene-2786/>
- Futura Sciences. (2022b). *Progestérone | Futura Santé*. Futura. <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-progesterone-2820/>
- Gabbett, T. J. (2007). Physiological and Anthropometric Characteristics of Elite Women Rugby League Players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(3), 875. <https://doi.org/10.1519/R-20466.1>
- Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2010). Physiological and anthropometric correlates of tackling ability in junior elite and subelite rugby league players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(11), 2989-2995. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f00d22>
- Gabbett, T., Kelly, J., Ralph, S., & Driscoll, D. (2009). Physiological and anthropometric characteristics of junior elite and sub-elite rugby league players, with special reference to starters and non-starters. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 215-222. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2007.06.008>

- Gabbett, T., & Ryan, P. (2009). Tackling Technique, Injury Risk, and Playing Performance in High-Performance Collision Sport Athletes. *International Journal of Sports Science & Coaching*, *4*(4), 521-533. <https://doi.org/10.1260/174795409790291402>
- García-Pinillos, F., Bujalance-Moreno, P., Lago-Fuentes, C., Ruiz-Alias, S. A., Domínguez-Azpíroz, I., Mecías-Calvo, M., & Ramirez-Campillo, R. (2021). Effects of the Menstrual Cycle on Jumping, Sprinting and Force-Velocity Profiling in Resistance-Trained Women : A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094830>
- Golden, N. H., & Carlson, J. L. (2008). The Pathophysiology of Amenorrhea in the Adolescent. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1135*(1), 163-178. <https://doi.org/10.1196/annals.1429.014>
- Graja, A., Kacem, M., Hammouda, O., Borji, R., Bouzid, M. A., Souissi, N., & Rebai, H. (2022). Physical, Biochemical, and Neuromuscular Responses to Repeated Sprint Exercise in Eumenorrheic Female Handball Players : Effect of Menstrual Cycle Phases. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *36*(8), 2268-2276. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003556>
- Haggstrom, M. (2014). Reference ranges for estradiol, progesterone, luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone during the menstrual cycle. *WikiJournal of Medicine*, *1*(1), 1-5. <https://doi.org/10.3316/informit.349808160436909>
- Hamilton, D. (2012). The impact of monitoring strategies on a team sport through an Olympiad : Physical development, taper & recovery. *8th UKSCA Annual Conference*.
- Hansen, M. (2018). Female hormones : Do they influence muscle and tendon protein metabolism? *Proceedings of the Nutrition Society*, *77*(1), 32-41. <https://doi.org/10.1017/S0029665117001951>
- Hansen, M., Skovgaard, D., Reitelseder, S., Holm, L., Langbjerg, H., & Kjaer, M. (2012). Effects of Estrogen Replacement and Lower Androgen Status on Skeletal Muscle Collagen and Myofibrillar Protein Synthesis in Postmenopausal Women. *The Journals of Gerontology: Series A*, *67*(10), 1005-1013. <https://doi.org/10.1093/gerona/gls007>

- Hunter, S. K. (2014). Sex differences in human fatigability : Mechanisms and insight to physiological responses. *Acta Physiologica*, **210**(4), 768-789. <https://doi.org/10.1111/apha.12234>
- Jacobson, B. H., & Lentz, W. (1998). Perception of physical variables during four phases of the menstrual cycle. *Perceptual and Motor Skills*, **87**(2), 565-566. <https://doi.org/10.2466/pms.1998.87.2.565>
- Jaric, S. (2015). Force-velocity Relationship of Muscles Performing Multi-joint Maximum Performance Tasks. *International Journal of Sports Medicine*, **36**(09), 699-704. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1547283>
- Julian, R., Hecksteden, A., Fullagar, H. H. K., & Meyer, T. (2017). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLOS ONE*, **12**(3), e0173951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173951>
- Kalsbeek, A. (2012). *The Neurobiology of Circadian Timing*. Elsevier. <https://shop.elsevier.com/books/the-neurobiology-of-circadian-timing/kalsbeek/978-0-444-59427-3>
- Kempton, T., & Coutts, A. J. (2016). Factors affecting exercise intensity in professional rugby league match-play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **19**(6), 504-508. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.06.008>
- Krantz, N. (2012). *Vitesse : Les facteurs génériques de la performance*. DPP INSEP. https://www.insep.fr/sites/default/files/2020-03/reflexions_sport_25_light.pdf
- Krantz, N. (2017). *La prépa physique Rugby : Le développement de la Vitesse*. 4Trainer Editions. https://www.4trainer.fr/editions-4trainer/111-la-prepa-physique-rugby-le-developpement-de-la-vitesse-9791091285315.html?gclid=Cj0KCCQiAtvSdBhD0ARIsAPf8oNmSthhOJqQUmgNDcebRmKp420MeoH7wEUgc1wmFPtH7sZ2szPgybc4aAglAEALw_wcB
- La Croix. (2011, septembre 19). *Placement des joueurs de rugby sur le terrain*. <https://www.la-croix.com/Actualite/Sport/Placement-des-joueurs-de-rugby-sur-le-terrain- NG -2011-09-19-712906>

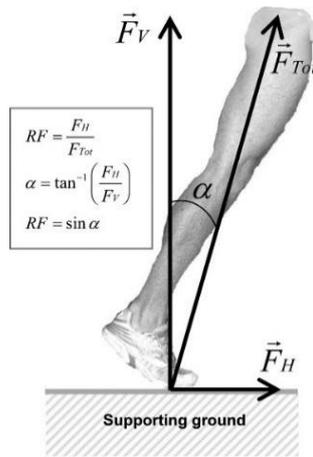
- Lacome, M., Piscione, J., Hager, J.-P., & Bourdin, M. (2014). A new approach to quantifying physical demand in rugby union. *Journal of Sports Sciences*, *32*(3), 290-300. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823225>
- Lalys, L., & Pineau, J.-C. (2014). Age at menarche in a group of French schoolgirls. *Pediatrics International*, *56*(4), 601-604. <https://doi.org/10.1111/ped.12296>
- Maître, C., Cha, S., Billard, P., Toussaint, J.-F., Anhoury-Szigeti, L., Deshayes, C., Morigny, A.-L., Burlot, F., Joncheray, H., Meignié, A., Antero, J., Tiollier, E., Racine, A., Alaphilippe, N., Blanchard, N., Anglade, M., Nestoret, M., & Debois, N. (2021). Enquête Sport de haut niveau et maternité. *Ministère chargé des sports*. <https://hal-insep.archives-ouvertes.fr/hal-03593636/document>
- Martin, D., Sale, C., Cooper, S. B., & Elliott-Sale, K. J. (2018). Period Prevalence and Perceived Side Effects of Hormonal Contraceptive Use and the Menstrual Cycle in Elite Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(7), 926-932. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0330>
- Maurya, P., Meher, T., & Muhammad, T. (2022). Relationship between depressive symptoms and self-reported menstrual irregularities during adolescence : Evidence from UDAYA, 2016. *BMC Public Health*, *22*(1), 758. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13196-8>
- Máximo, M. M., Silva, P. S., Vieira, C. S., Gonçalves, T. M., Rosa-E-Silva, J. C., Candido-Dos-Reis, F. J., Nogueira, A. A., & Poli-Neto, O. B. (2015). Low-dose progestin-releasing contraceptives are associated with a higher pain threshold in healthy women. *Fertility and Sterility*, *104*(5), 1182-1189. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2015.07.1165>
- Maxwell, S. E., Delaney, H. D., & Kelley, K. (2017). *Designing Experiments and Analyzing Data : A Model Comparison Perspective, Third Edition*. Routledge. <https://books.google.fr/books?id=NmFQDwAAQBAJ>
- McClintock, M. K. (1971). Menstrual synchrony and suppression. *Nature*, *229*, 244-245. <https://doi.org/10.1038/229244a0>

- McNulty, K. L., Elliott-Sale, K. J., Dolan, E., Swinton, P. A., Ansdell, P., Goodall, S., Thomas, K., & Hicks, K. M. (2020). The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, **50**(10), 1813-1827. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01319-3>
- Mihm, M., Gangooly, S., & Muttukrishna, S. (2011). The normal menstrual cycle in women. *Animal Reproduction Science*, **124**(3), 229-236. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.030>
- Morin, J.-B., Edouard, P., & Samozino, P. (2011). Technical Ability of Force Application as a Determinant Factor of Sprint Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, **43**(9), 1680. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318216ea37>
- Morin, J.-B., Le Mat, Y., Osgnach, C., Barnabò, A., Pilati, A., Samozino, P., & di Prampero, P. E. (2021). Individual acceleration-speed profile in-situ : A proof of concept in professional football players. *Journal of Biomechanics*, **123**, 110524. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110524>
- Morin, J.-B., & Samozino, P. (2016). Interpreting Power-Force-Velocity Profiles for Individualized and Specific Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **11**(2), 267-272. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2015-0638>
- Morin, J.-B., Samozino, P., Murata, M., Cross, M. R., & Nagahara, R. (2019). A simple method for computing sprint acceleration kinetics from running velocity data : Replication study with improved design. *Journal of Biomechanics*, **94**, 82-87. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2019.07.020>
- Noguès, X., Garenne, A., Fiévet, V., & Bouteiller, X. (2022). Fiche 66. La condition de sphéricité en ANOVA en mesures répétées. In *Biostatistique* (p. 196-197). Dunod. <https://www.cairn-sciences.info/biostatistique--9782100842865-page-196.htm>
- Oxfeldt, M., Dalgaard, L. B., Jørgensen, A. A., & Hansen, M. (2020). Hormonal Contraceptive Use, Menstrual Dysfunctions, and Self-Reported Side Effects in Elite Athletes in Denmark. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **15**(10), 1377-1384. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0636>

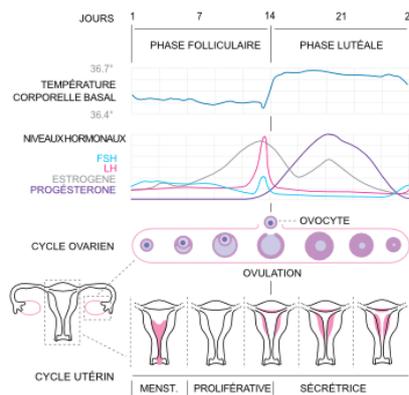
- Pitchers, G., & Elliott-Sale, K. (2019). *Considerations for coaches training female athletes*. 55. <https://www.researchgate.net/profile/Guy-Pitchers/publication/338126513/links/5e00fcdaa6fdcc28373a6f81/Considerations-for-coaches-training-female-athletes.pdf>
- Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Sàez-de-Villarreal, E., Couturier, A., Samozino, P., & Morin, J.-B. (2015). Sprint mechanics in world-class athletes : A new insight into the limits of human locomotion. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **25**(5), 583-594. <https://doi.org/10.1111/sms.12389>
- Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F., & Belli, A. (2008). A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *Journal of Biomechanics*, **41**(14), 2940-2945. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.07.028>
- Samozino, P., Rabita, G., Dorel, S., Slawinski, J., Peyrot, N., Saez de Villarreal, E., & Morin, J.-B. (2016). A simple method for measuring power, force, velocity properties, and mechanical effectiveness in sprint running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, **26**(6), 648-658. <https://doi.org/10.1111/sms.12490>
- Sarthou, J. J. (2006). *Enseigner le rugby en milieu scolaire Collège—Lycée—Broché—Jean-Jacques Sarthou—Achat Livre | fnac* (Actio, Éd.). <https://livre.fnac.com/a1875106/Jean-Jacques-Sarthou-Enseigner-le-rugby-en-milieu-scolaire>
- Sella, F. S., & Beaven, C. M. (2021). The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female rugby athletes : A case-study. *The Journal of Sport and Exercise Science*, **5**(5). <https://doi.org/10.36905/jses.2021.05.01>
- Smart, D., Hopkins, W. G., Quarrie, K. L., & Gill, N. (2014). The relationship between physical fitness and game behaviours in rugby union players. *European Journal of Sport Science*, **14**(sup1), S8-S17. <https://doi.org/10.1080/17461391.2011.635812>
- Solli, G. S., Sandbakk, S. B., Noordhof, D. A., Ihalainen, J. K., & Sandbakk, Ø. (2020). Changes in Self-Reported Physical Fitness, Performance, and Side Effects Across the Phases of the Menstrual

- Cycle Among Competitive Endurance Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, **15**(9), 1324-1333. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0616>
- Stoffel-Wagner, B. (2001). Neurosteroid metabolism in the human brain. *European Journal of Endocrinology*, **145**(6), 669-679. <http://ej.e.bioscientifica.com/view/journals/eje/145/6/669.xml>
- Tenan, M. S. (2017). Sex Hormone Effects on the Nervous System and their Impact on Muscle Strength and Motor Performance in Women. In A. C. Hackney (Éd.), *Sex Hormones, Exercise and Women: Scientific and Clinical Aspects* (p. 59-70). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-44558-8_4
- Tiller, N. B., Elliott-Sale, K. J., Knechtle, B., Wilson, P. B., Roberts, J. D., & Millet, G. Y. (2021). Do Sex Differences in Physiology Confer a Female Advantage in Ultra-Endurance Sport? *Sports Medicine*, **51**(5), 895-915. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01417-2>
- Wikström-Frisén, L., Boraxbekk, C. J., & Henriksson-Larsén, K. (2017). Effects on power, strength and lean body mass of menstrual/oral contraceptive cycle based resistance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, **57**(1-2), 43-52. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:umu:diva-112551>
- Woodhouse, L. N., Tallent, J., Patterson, S. D., & Waldron, M. (2021). Elite international female rugby union physical match demands : A five-year longitudinal analysis by position and opposition quality. *Journal of Science and Medicine in Sport*, **24**(11), 1173-1179. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2021.03.018>
- Yang, Z., & Schank, J. C. (2006). Women do not synchronize their menstrual cycles. *Human Nature*, **17**(4), 433-447. <https://doi.org/10.1007/s12110-006-1005-z>
- Yim, J., Petrofsky, J., & Lee, H. (2018). Correlation between Mechanical Properties of the Ankle Muscles and Postural Sway during the Menstrual Cycle. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **244**(3), 201-207. <https://doi.org/10.1620/tjem.244.201>

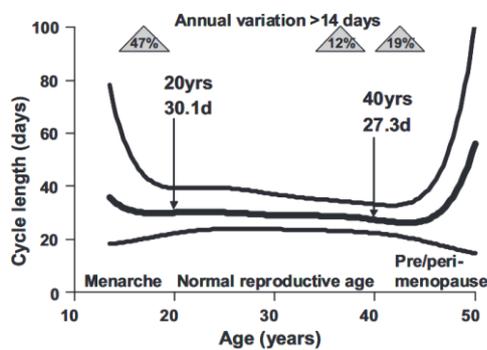
Annexes



Annexe 1. Représentation schématique du ratio de force (RF) par rapport aux forces de réaction au sol totales (F_{Tot}) et horizontales positives nettes (F_H) (Morin et al. 2011).



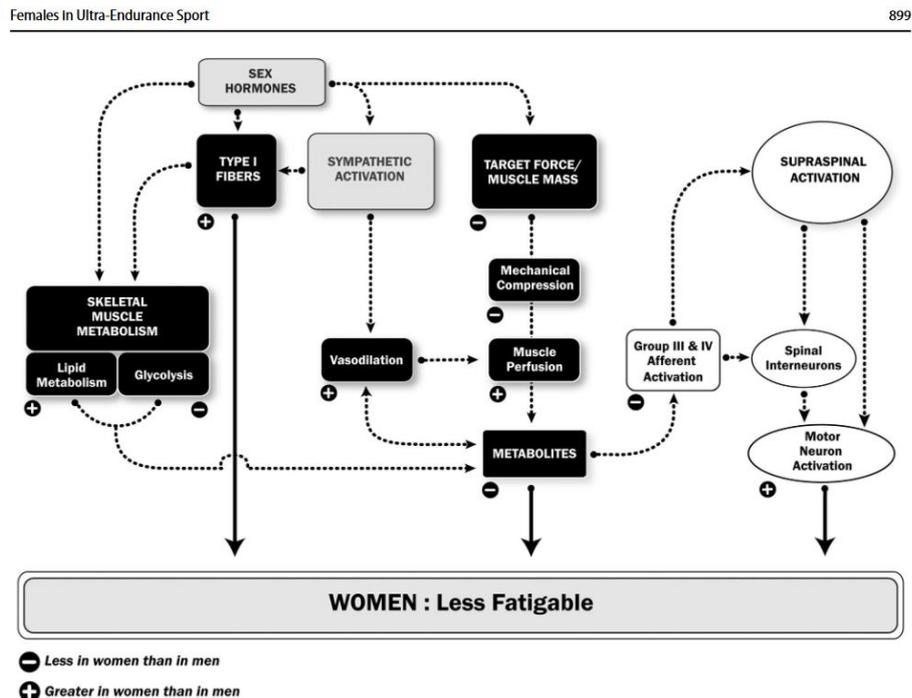
Annexe 2. Evolutions des niveaux hormonaux, de température corporelle et du cycle ovarien et utérin lors du cycle menstruel



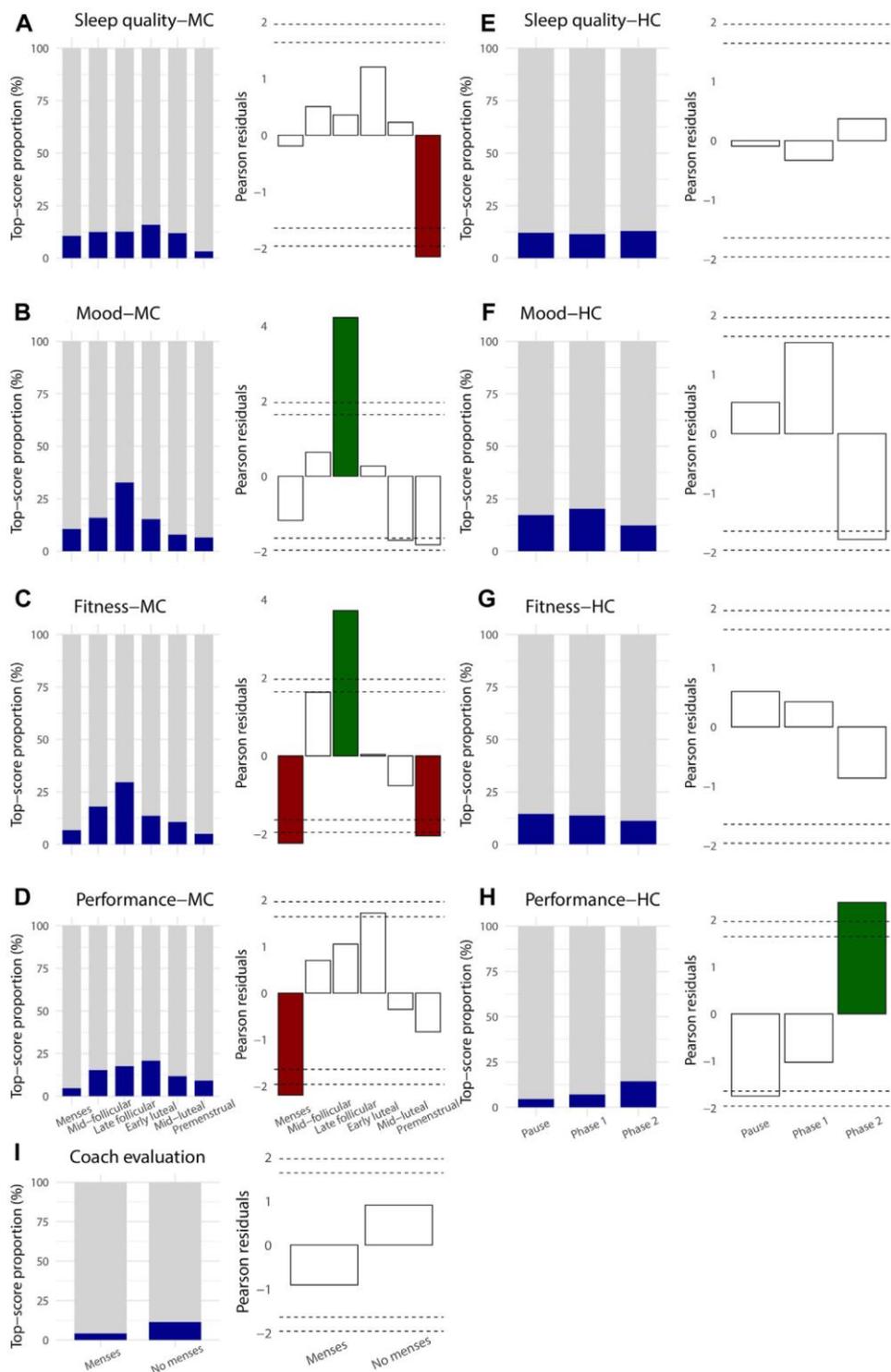
Annexe 3. Variation de la durée du cycle menstruel en fonction de l'âge chez la femme (Mihm et al., 2011)

MENSTRUAL	PHASE	HORMONE LEVEL	PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL CHANGES	EFFECT ON TRAINING	WEEKS	FOCUS	INTENSITY	PRIORITY SESSION	SIMPLE TERMS
1	Early follicular (menses)	Oestrogen, progesterone and testosterone low	Changes in mood resulting in increased stress, accidents, poor reaction times and perception of exercise. Immune depression	Eliminate skill and precision training, reduce stress and training volume	1	Regeneration	Light	Mixed early light conditioning and start loading gym	↓
2									↓
3									↓
4									↓
5									↓
6	Mid follicular	Oestrogen rising, progesterone low		Include high intensity, low volume, complex tasks, anaerobic and power-based activity, lactic acid-based work and strength training	2	Metabolic and strength	Medium	Speed	↓
7									↓
8									↓
9	Late follicular	Oestrogen peak	Increased glycogen storage, fat and protein and water and electrolyte stores	Include low intensity and high-volume aerobic work. Emphasise non-weight bearing activities and prolonged exercise	2	Aerobic and injury prevention	Medium/heavy	Conditioning	↓
10									↓
11									↓
12									↓
13									↓
14	Ovulation	Testosterone peak		Strength and power training	3	Maximal strength and power	Very heavy	Gym and speed	↑
15	↑								
16	↑								
17	↑								
18	↑								
19	Early luteal	Progesterone rising	Increased glycogen stores in liver and muscle tissue, decreased glycogen stores in blood glucose. Increase in total energy and fat intake. Depression of blood lactate concentration. Greatest retention of water, sodium, chloride and potassium	Include high intensity, low volume, complex tasks, anaerobic and power-based activity, lactic acid-based work and strength training	3				↑
20									↑
21									↑
22	Mid luteal	Oestrogen and progesterone peak	Greater protein breakdown. Muscle endurance low. Increased glycogen storage, increased fat and protein. Increased water and electrolyte stores	Include low intensity and high-volume aerobic work. Emphasise non-weight bearing activities and prolonged exercise. Ability to cope with stress	4	Aerobic and injury prevention	Medium	Conditioning heavy	↓
23									↓
24									↓
25	Late follicular	Oestrogen, progesterone and testosterone low	Changes in mood resulting in increased stress, accidents, poor reaction times and perception of exercise. Immune depression	Recovery week. Eliminate skill and precision training. Include simple tasks and low stress. Reduce stress and training volume and include strength training	5	Recovery	Light	Light mixed	↓
26									↓
27									↓
28									↓
29									↓
30									↓
31	↓								

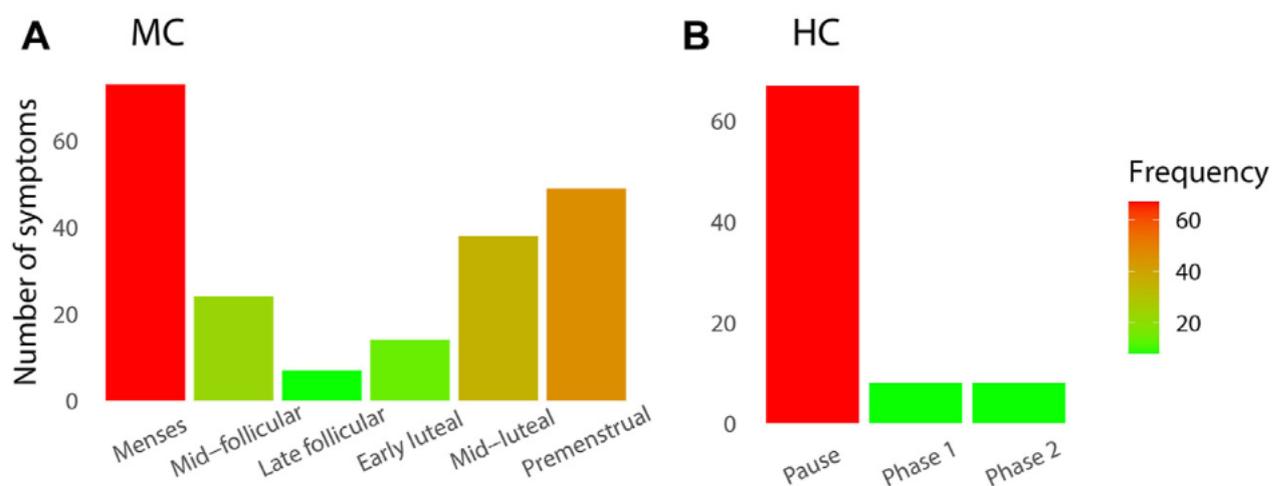
Annexe 4. Tableau récapitulatif du cycle menstruel reprenant les niveaux d'hormones, les aspects physiologiques et psychologiques, les effets sur l'entraînement ainsi que les stratégies d'entraînement à adopter pour chaque phase (Pitchers & Elliott-Sale, 2019) (adapté de Hamilton, 2012)



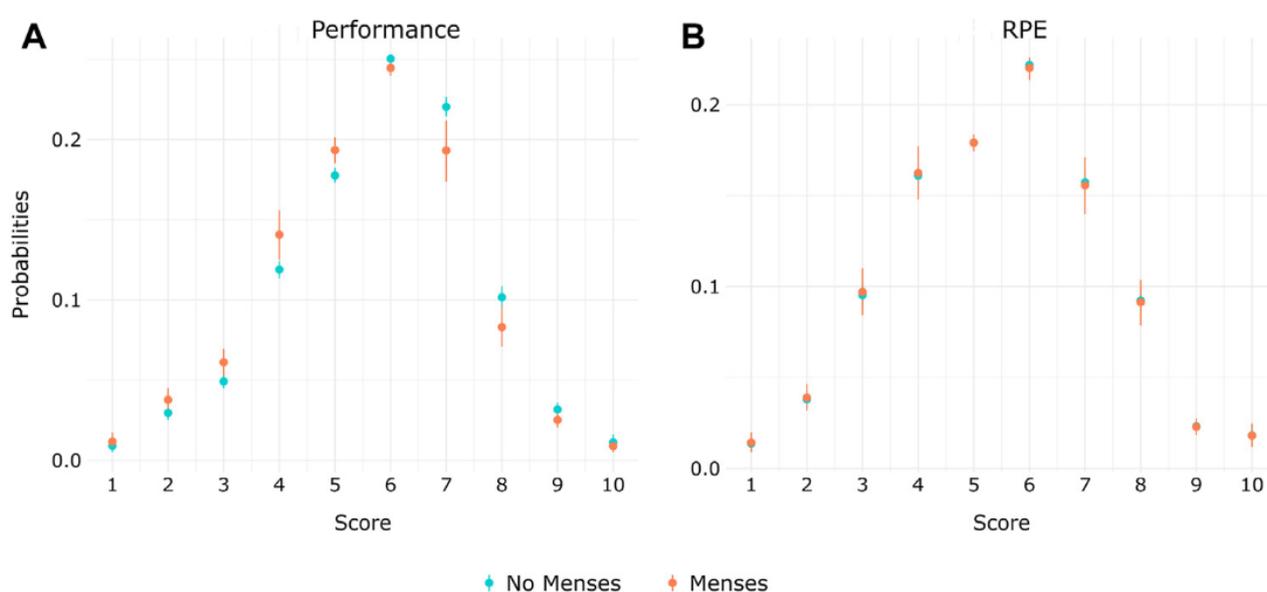
Annexe 5. Mécanismes physiologiques proposés à la base de la différence de fatigue musculaire entre les sexes, qui comprennent des différences dans : l'activation des motoneurons ; la fonction contractile des fibres activées et l'ampleur de l'accumulation de métabolites qui interfèrent avec la fonction contractile (Tiller et al., 2021).



Annexe 6. Proportion du score du quintile supérieur de l'auto-évaluation des paramètres quotidiens de bien-être (A, B, C, D, F, G) et de performance (D, H) (bleu foncé) en fonction des phases des cycles chez les rameuses CM (première colonne (A-D)) et les rameuses CH (3e colonne (E-H)). Colonne verte : proportion significativement plus élevée de scores du quintile supérieur ($z > z_{crit}$) ; colonne rouge : proportion significativement plus faible (Antero et al., 2023).



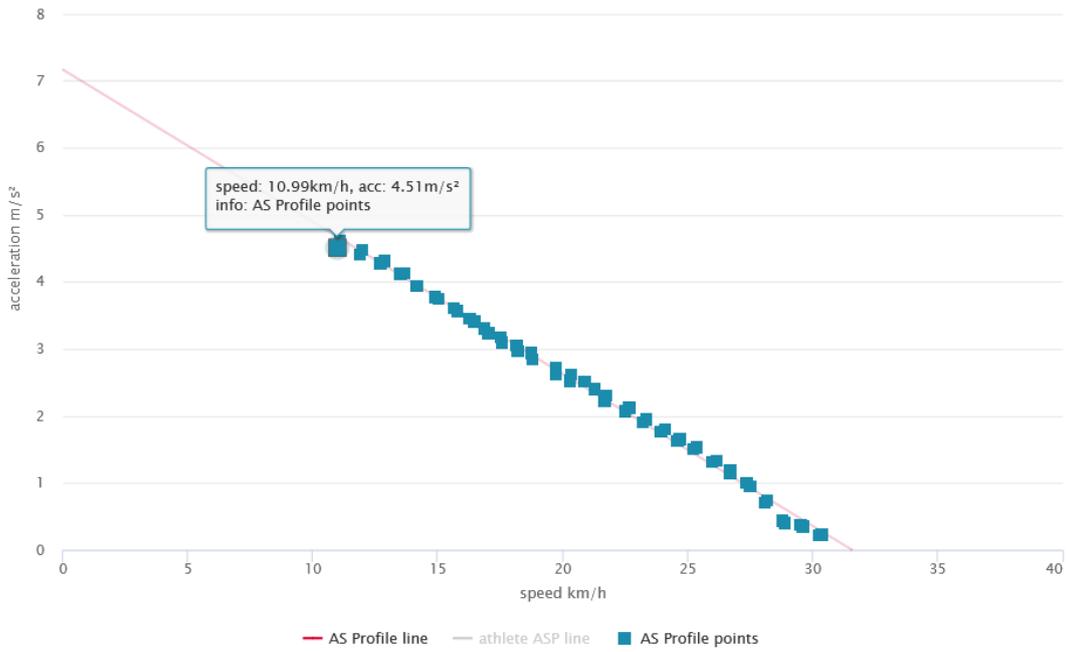
Annexe 7. Nombre de symptômes déclarés au cours du suivi longitudinal quotidien chez les rameuses élite en fonction de leur classification des phases du cycle pour le groupe CM (A) et le groupe CH (B) (Antero et al., 2023).



Annexe 8. Probabilités parmi les rameuses élite d'auto-évaluer leur performance d'entraînement quotidienne (A) et leur RPE (B) de 1 à 10 en fonction de leur état menstruel (menstruations/absence de menstruations) (No menses = pas de règles ; Menses = règles) (Antero et al., 2023).

<p>Mobilisations articulaires</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Squat profond (accent sur adducteurs) -90/90 (3 variantes) -Dos rond/dos creux -Ouverture/fermeture thoracique -Chat/Sphynx
<p>Gammes athlétiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Talons/pointes (A/R) -Pronation/supination (A/R) -Fentes avec rotation buste (A/R) -Petis bonds devant derrière & droite/gauche (Bipodal puis unipodal) -Montées de genoux (x3 séries) -Talons/fesses (x3) -Griffé (x3) -Saut de grenouille (A/R) -Foulées bondissantes (x1) -Accélération très progressive (x1)
<p>Mise en action vitesse</p>	<ul style="list-style-type: none"> -1 vs 1 départ debout/sol/en pompe -Variantes

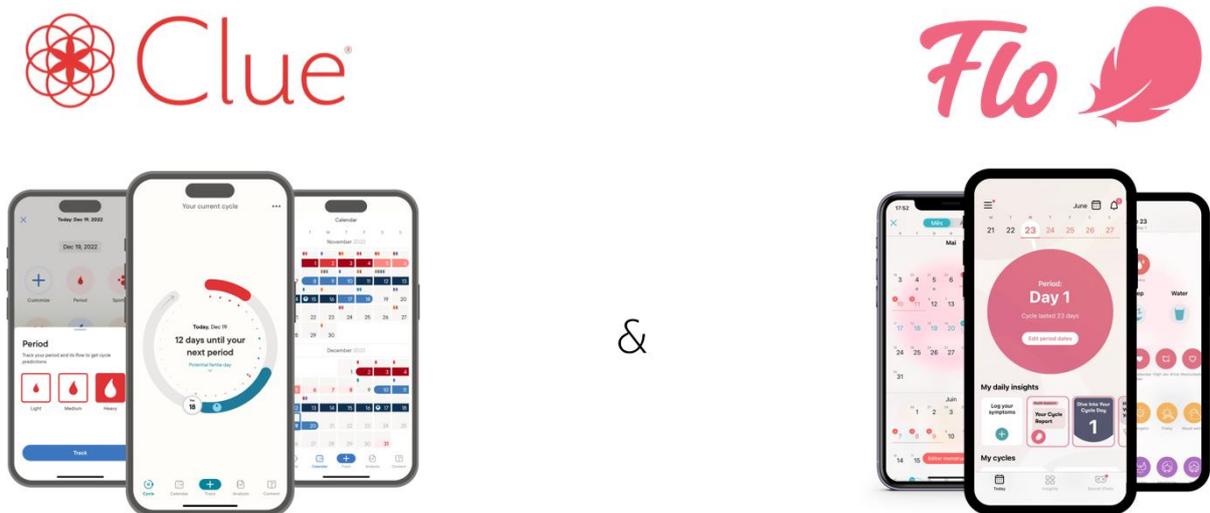
Annexe 9. Echauffement standardisé précédant le test



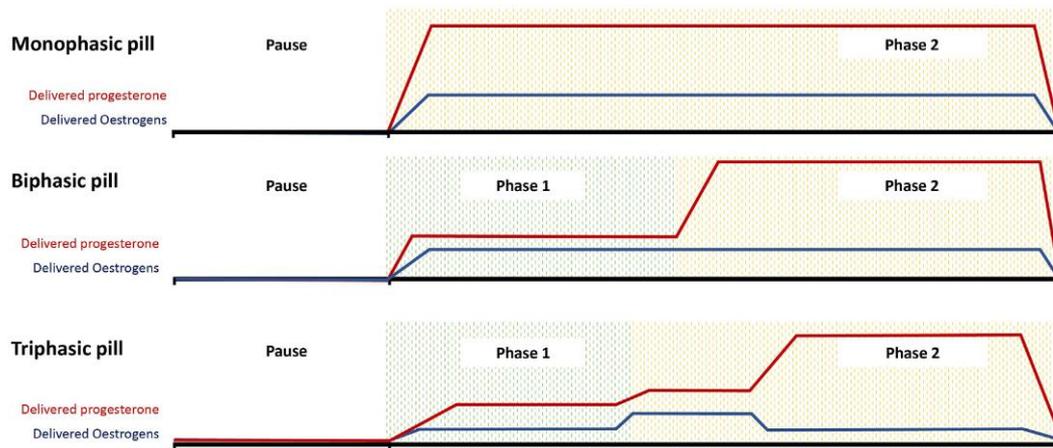
Annexe 10. Profil Accélération-Vitesse déterminé par l’algorithme GPex

Athlète	Date	Vmax réelle (km)	v0 (km/h)	a0 m/s²	tau	10m tim	20m tim	30m tim	Période du cycl	Jour du cycl	Phase du cycl	Durée des régl.	le régulier/irrégulier/ammé	Moyen de contraception	Cycle n°
1	2/2/2023	23,95	24,72	6,01	1,14	2,27	3,78	5,24	J2	J2	Menstruations	6 jours	Cycle de 29 jours	Contraception	Cycle 1
1	6/2/2023	24,7	25,61	5,81	1,23	2,16	3,62	5,03	J6	J6	Menstruations	6 jours	Cycle de 29 jours	Contraception	Cycle 1
1	7/2/2023	24,08	25,91	3,42	2,1	1,86	3,25	4,64	J+1	J7	Phase Folliculaire	6 jours	Cycle de 29 jours	Contraception	Cycle 1
1	20/2/2023	22,99	23,72	5,76	1,14	2,33	3,90	5,43	J+14	J20	Phase lutéale	6 jours	Cycle de 29 jours	Contraception	Cycle 1
1	2/3/2023	25,6	26,41	5,98	1,23	2,12	3,53	4,90	J1	J1	Menstruations	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	6/3/2023	25,44	26,44	5,59	1,31	2,07	3,48	4,84	J5	J5	Menstruations	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	7/3/2023	25,01	26,1	5,35	1,36	2,07	3,49	4,88	J6	J6	Menstruations	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	9/3/2023	24,71	25,69	6,01	1,19	2,18	3,63	5,04	J+2	J8	Phase Folliculaire	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	13/3/2023	23,85	25,18	5,3	1,32	2,14	3,61	5,05	J+6	J12	Phase Folliculaire	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	14/3/2023	24,68	26,31	5,52	1,32	2,08	3,48	4,86	J+7	J13	Phase Folliculaire	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2
1	23/3/2023	25,07	25,67	6,27	1,14	2,21	3,67	5,08	J+16	J22	Phase lutéale	6 jours	Cycle de 27 jours	Contraception	Cycle 2

Annexe 11. Tableur Excel utilisé pour la récolte des données



Annexe 12. Applications Clue ® & Flo ®



Annexe 13. Représentations des différentes délivrances hormonales en fonction du type de pilule (monophasique, biphasique, triphasique) (Antero et al., 2023)

DATES	JUILLET					AOÛT				SEPTEMBRE					OCTOBRE						
	27-3	4-10	11-17	18-24	25-31	1-7	8-14	15-21	22-28	29-4	5-11	12-18	19-25	26-2	3-9	10-16	17-23	24-30	31-6		
Compétition club													Brassage 1	Brassage 2		Brassage 3					
Compétition Acad/Sélections																				Tournoi de secteur	
Objectif technique et tactique											Travail de passe - Jeu en vert					Vacances / Programme Physique - Technique					
Objectif prépa physique musculation bas du corps / Haltérophilie	Vacances / Programme Physique										Tests physiques FFR ?	Apprentissage technique sans charge des gestes de musculation 2nde/Nouvelles - 1ères et Terminales : Apprentissage technique (haltéro puissance, ...) avec charge progressive					Vacances / Programme Physique - Technique				
Objectif prépa physique musculation haut du corps												1ère et terminale : Force endurance vers hypertrophie (réintroduction de la force) 2nd et nouvelles : Force endurance et apprentissage de la gestuelle									
Objectif prépa physique Terrain												Développement capacité aérobie + réintroduction progressive de la vitesse									
Notes											Lieu Merlimont	Reconstruire de l'énergie et se préparer à la force, reprendre attitudes contact/sol et se re-préparer aux collisions. Etre très progressif et vigilant sur les séances de vitesse (regarder les indicateurs Acel, HI et THI et Vmax sur les GPS)					Maintien du travail physique (préparation des 2 prochains matchs à la reprise des vacances)				
Séance collective	Vacances / Programme Physique										Tests physiques FFR ?	Energétique volume	Enchaînement de tâches	Energétique	Vacances / Programme Physique - Technique						
Séance lundi (haut du)												Séance endurance de force (se rapprocher de l'hypertrophie)									
Séance mercredi (bas)												Technique muscu - haltéro bas du corps					Technique Test épaulé				
Charge de travail	Maintien / Développement										Stade de rentrée - Cohésion	Réintroduction/accumulation de la charge (course + force)					Décharge	Développement		Maintien	

DATES	NOVEMBRE				DECEMBRE				JANVIER				FEVRIER			
	7-13	14-20	21-27	28-4	5-11	12-18	19-25	26-31	3-9	10-16	17-23	24-30	31-6	7-13	14-20	21-27
Compétition club	Aller 1	Aller 2				Aller 3					Aller 4		Retour 1			
Compétition Acad/Sélections			Stage de secteur							Top 50 Nord				Tournois VII inter-ligue		
Objectif technique et tactique	Jeu en rouge				Vacances / Programme Physique - Technique				Jeu en vert				Jeu à 7			
Objectif prépa physique musculation bas du corps / Haltérophilie	Apprentissage technique avec charge progressive des gestes de musculation 2nde/Nouvelles - 1ères et Terminales Apprentissage technique avec charge				Travail de Force pour se rapprocher de la 3 - 5 RM (pour les 1ères et terminales) et 5 à 10 RM pour les 2nd et nouvelles				Reprise progressive (diminution progressive du nombre de reps (8 - 5 - 5 - 5) et augmentation de la charge)				Travail de Force Max 5 RM vers 3 RM			
Objectif prépa physique musculation haut du corps	1ères et terminales : Hypertrophie vers Force max. 2nd et nouvelles : Force endurance vers hypertrophie								Tests physiques				Rappel Travail puissance aérobie			
Objectif prépa physique Terrain	Développement puissance aérobie								Rappel Travail capacité				Rappel Travail puissance aérobie			
Notes	Développer la puissance aérobie, le travail de force et de la vitesse				Maintien du travail physique/décharge proche de Noel et le jour de l'an (Match dans 5				Développer la puissance aérobie, passage Force vers Force max				Décharge sur la première semaine (post compétition à 7) puis maintien travail physique semaine 2 des			
Séance collective	Energétique puissance		Enchaînement de tâches		PP Intégrée		Vacances / Programme Physique - Technique		Tests	Enchaînement	Energétique	PP Intégrée	Energétique puissance		Vacances / Programme Physique - Technique	
Séance lundi (haut du)	Hypertrophie fonctionnelle 10 RM				Hypertrophie				Hypertrophie		Travail Force		Travail Force 3		Tests physiques	
Séance mercredi (bas)	Technique muscu - haltéro bas du corps avec charge				Estimation 3 - 5 RM				Hypertrophie		Travail		Travail Force		Travail Force 3	
Charge de travail	Développement		Décharge		Développement		Maintien (décharge sur les périodes proches de noel/jour de l'an)		Développement		Décharge		Développement		Décharge Maintien	

DATES	FEVRIER				MARS				AVRIL				MAI				JUIN			
	31-6	7-13	14-20	21-27	28-6	7-13	14-20	21-27	28-3	4-10	11-17	18-24	25-1	2-8	9-15	16-22	23-29	30-5	6-12	13-19
Compétition club	Retour 1						Retour 2	Retour 3			Retour 4			1/8 de finale	1/4 de finale		1/2 finale	Finale		
Compétition Acad/Sélections		Tournois VII inter-ligue				Top 50				Festival des 6 nations										
Objectif technique et tactique	Jeu à 7				Détection entrée CEL/APER				Jeu dans les espaces / Surnombre offensif				Jeu à 7							
Objectif prépa physique musculation bas du corps / Haltérophilie	Max 5 RM vers 3 RM		Vacances / Programme Physique		Reprise progressive - Technique		Force max vers méthode bulgare - Evaluation de profil Force-Vitesse				Vacances / Programme Physique				Travail Puissance vitesse et Puissance force					
Objectif prépa physique musculation haut du corps	Rappel Travail puissance aérobie				Travail de Vitesse								Enchaînement de tâches							
Objectif prépa physique Terrain																				
Notes	Force vers Force max		Décharge sur la première semaine (post compétition à 7) puis maintien travail physique semaine 2 des		Evaluation des profils Force / Vitesse - Passage de Force max vers Bulgare (lourd - léger)								Passage sur le travail de puissance (groupe puissance vitesse et groupe puissance force)							
Séance collective	Energétique puissance		Vacances / Programme Physique - Technique		PP Intégrée / Jeu à 7				Vacances / Programme Physique				Préparation intégrée / phases finales							
Séance lundi (haut du)	Tests physiques				Séance Force		Initiation		Initiation		Initiation		Initiation		Evaluation profil Force vitesse - Début		Puissance vitesse			
Séance mercredi (bas)					Séance Force		Initiation		Initiation		Initiation		Initiation		Evaluation profil Force vitesse - Début		Puissance vitesse			
Charge de travail	Développement		Décharge Maintien		Développement		Maintien		Décharge		Maintien		Développement		Maintien		Adaptation en fonction des résultats (qualifié ou pas)			

Annexe 14. Planification annuelle des sujets

Résumé et mots clés

Objectifs & Hypothèse : Le cycle menstruel est un ensemble de phénomènes physiologiques chez la femme qui va préparer son organisme en vue d'une éventuelle fécondation. Cela va notamment provoquer des variations de sécrétions d'hormones dont deux principales : les œstrogènes et la progestérone. Un nombre important de femmes utilisent des contraceptifs hormonaux afin de ne pas tomber enceinte. Notre but est de connaître l'influence du cycle menstruel et des contraceptifs hormonaux sur les performances.

Méthode : 17 jeunes joueuses de rugby élite réparties en deux groupes (avec ou sans contraception hormonale) ont réalisé 2 sprints de 40 mètres à intensité maximale, 3 fois par semaine pendant 5 mois. Chacune a porté un GPS de la marque GPexe, qui a déterminé via son algorithme, un profil accélération-vitesse, mesurant les variables suivantes : vitesse maximale théorique et réelle, accélération maximale théorique et temps au 10, 20 et 30 mètres. 3 facteurs ont été mis en avant dans l'analyse : l'effet du temps (entre deux cycles), le moyen de contraception et les phases du cycle menstruel. Les performances entre le début et la fin du protocole ont été analysées.

Résultats : Aucune variation ou interaction significative concernant les facteurs phases, temps (entre deux cycles) ou groupe de chacune des variables analysées (a_0 , v_0 , v_{Max} , T_{10} , T_{20} , T_{30}) n'a été relevé. Cependant, les performances concernant la vitesse maximale théorique et réelle, la force horizontale et la puissance maximale horizontale ont augmenté de manière significative.

Conclusion : Les différentes phases du cycle menstruel incluant différents processus biologiques tel que des variations d'hormones n'aurait pas un impact assez important pour faire varier significativement les performances au sprint. De même, l'utilisation de contraceptifs hormonaux n'a pas eu d'impact significatif sur les performances. Cependant, une évolution du protocole mis en place dans cette étude, particulièrement en se servant des limites existantes de celui-ci, pourrait permettre de trouver des résultats probants. Les possibilités de recherche restent considérables sur le cycle menstruel en lien avec les performances, notamment en prenant en compte le profil hormonal de l'athlète. Il est à noter que la répétition de l'exécution de sprint plusieurs fois par semaine pendant cinq mois a participé à l'amélioration des performances (avec une taille d'effet moyenne à élevée).

Mots-clés : cycle menstruel; sprint; rugby; hormones; performance.

Abstract and keywords

Purpose & Hypothesis: The menstrual cycle is a set of physiological phenomena that prepare a woman's body for the possibility of fertilization. This involves variations in hormone secretion, of which estrogen and progesterone are the two main ones. Many women use hormonal contraceptives to prevent pregnancy. Our aim is to understand the influence of the menstrual cycle and hormonal contraceptives on performance.

Methods: 17 young elite female rugby players divided into two groups (with or without hormonal contraception) carried out 2 40-metres sprints at maximal intensity, 3 times a week for 5 months. Each player wore a GPexe GPS, which used its algorithm to determine an Acceleration-Speed Profile, measuring the following variables: theoretical and actual maximum speed, theoretical maximum acceleration and time at 10, 20 and 30 metres. 3 factors were highlighted in the analysis: the effect of time (between two cycles), the method of contraception and the phases of the menstrual cycle. Performance between the start and end of the protocol was analysed.

Results: There were no significant variations or interactions in the phase, time (between cycles) or group factors for any of the analyzed variables (a_0 , v_0 , v_{Max} , T10, T20, T30). However, performance of theoretical and actual maximum speed, horizontal force and horizontal maximum power increased significantly.

Conclusion: The different phases of the menstrual cycle, including different biological processes such as hormone variations, would not have a significant impact on sprint performance. Similarly, the use of hormonal contraceptives had no significant impact on performance. However, an evolution of the protocol used in this study, particularly by making use of its existing limitations, could lead to convincing results. There remains considerable scope for research into the menstrual cycle in relation to performance, particularly by considering the athlete's hormonal profile. It should be noted that repeating the sprint several times a week for five months helped to improve performance (with a medium to high effect size).

Key words: menstrual cycle; sprint; rugby; hormones; performance.

Compétences acquises entre le début de la mise en stage et la soutenance

Accroître mes compétences de communication et d'échanges

Elargir mon savoir en termes d'utilisation d'outil d'entraînement et d'évaluation de la performance

Evaluer les capacités physiques de l'athlète : mobilité, force maximale, coordination, vitesse/vivacité

Développer mes qualités d'exécution technique

Convaincre des athlètes dans un projet d'étude

Etendre mes connaissances relatives à la préparation physique et à la programmation

Assister un préparateur physique professionnel

Diriger des séances composées de plusieurs athlètes de manière coordonnée

Entretenir une structure sportive et y **maintenir** une qualité adéquate