



Année universitaire 2024-2025

☐ 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'imagerie motrice au service de l'amélioration du mouvement
d'arraché chez les CrossFiteurs.

Par : Mathis BOUILLET

Sous la direction de : Yohan Roussel

Soutenu au Département des Sciences du Sport et
de l'Éducation Physique le : 27/06/2025



« Le département des Sciences du Sport et de l'Éducation Physique de l'UFR3S n'entend donner aucune approbation aux opinions émises dans les mémoires ; celles-ci sont propres à leurs auteurs. »

Remerciements :

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, Monsieur Yohan ROUSSEL, pour son encadrement, ses conseils avisés et son soutien tout au long de ce travail. Je tiens également à adresser mes remerciements les plus sincères à tous les professeurs et intervenants de l'université de Lille, ainsi qu'à toutes les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont enrichi mes réflexions et ont accepté de me rencontrer pour répondre à mes interrogations durant mes recherches. J'aimerais particulièrement remercier Aymeric Guillot d'avoir pris le temps de répondre à mes questions.

Je suis particulièrement reconnaissant envers mon tuteur de mémoire, Hugo MARQUILLY, qui m'a chaleureusement accueilli au sein de sa structure et m'a guidé tout au long de ce projet. Je souhaite également saluer l'ensemble de l'équipe (Steeve, Ophelio, Maxime, Melissa et Hugo) ainsi que tous les adhérents de MADMA pour leur collaboration précieuse.

Je n'oublie pas mes très chers parents, Éric et Geneviève, qui m'apportent un soutien indéfectible. Je remercie également ma compagne Lison, ainsi que mes frères Hugo et Théo, pour leur présence et leurs encouragements. Enfin, mes amis Garis, Simon et Marie méritent une mention spéciale pour leur soutien constant et leurs encouragements, qui ont été d'une aide précieuse.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements les plus chaleureux, ainsi que mon respect et ma reconnaissance.

Sommaire :

1.	Introduction :	1
2.	Revue de littérature :	2
2.1.	Le CrossFit® :	2
2.2.	L'haltérophilie :	5
2.3.	L'imagerie mentale :	11
3.	Problématique :	15
4.	Objectifs :	16
5.	Hypothèses :	16
6.	Stage :	17
6.1.	Milieu professionnel :	17
6.2.	Sujets :	18
6.3.	Matériel et techniques de mesure :	18
7.	Protocole :	20
8.	Analyses statistiques :	22
9.	Résultats :	22
9.1.	Evolution du 1RM à l'arraché :	22
9.2.	Résultats au questionnaire d'imagerie motrice (MIQ-3f) :	24
9.3.	Evaluation technique (analyse vidéo) :	24
9.4.	Résultats du capteur Enode Pro Sensor :	25
10.	Discussion :	26
10.1.	Interprétation :	26
10.2.	Limites :	28
10.3.	Perspectives :	29
11.	Conclusion :	30
12.	Références bibliographiques :	32
13.	Annexes :	38
14.	Résumés français et anglais (350 mots), (5) mots clés :	44
15.	3 compétences acquises :	46

Glossaire :

1RM : 1 Répétition Maximale

CHCD : Club d'Haltérophilie Cominois Decottignies

FBB : Fonctionnal Body Building (Musculature Fonctionnelle)

FFHM : Fédération Française d'Haltérophilie Musculation

H0 : Hypothèse 0

H1 : Hypothèse 1

H2 : Hypothèse 2

IM : Imagerie Mentale

IMo : Imagerie Motrice

MIQ-3f : Movement Imagery Questionary - third French version (questionnaire en imagerie du mouvement – troisième version française)

RPE : Rated Perceived Exertion (échelle de perception de l'effort)

RM : Record Maximale

VBT : Velocity Based Training (entraînement basé sur la vitesse)

WOD : Workout Of the Day (entraînement du jour)

T1 : Test 1 (Pré-Test)

T2 : Test 2 (Test-Intermédiaire)

T3 : Test 3 (Post-Test)

Rx : Niveau élite du CrossFit

1. Introduction :

« La recherche du meilleur geste devient une part essentielle du quotidien des pratiquants haltérophiles, avec toutes les sensations que cette discipline peut procurer (plaisir, fierté, angoisse...) » (Ndicka Matam, 2023). Dans le domaine du CrossFit, cette quête de perfection technique est omniprésente (Cabanas, 2024). Méthode d'entraînement qui met l'accent sur des mouvements fonctionnels de haute intensité constamment variés (Glassman, 2002), le CrossFit mobilise des exercices issus de l'haltérophilie, de la gymnastique et du conditionnement métabolique.

L'un des mouvements les plus exigeants du CrossFit est l'arraché, un geste complexe nécessitant puissance, coordination, explosivité et précision posturale (Pourcelot, 2013). Ce mouvement, composé de six phases distinctes (Drechsler, 1998), demande une synchronisation optimale afin d'éviter les déséquilibres, favoriser une activation musculaire efficiente et réduire le risque de blessure. Pourtant, les contraintes de temps et la variabilité des séances en CrossFit ne permettent pas toujours un apprentissage technique approfondi.

Pour y remédier, la préparation mentale, et en particulier l'imagerie motrice (IMo), représente une alternative complémentaire prometteuse. Définie comme la représentation mentale d'un geste sans exécution physique concomitante (Guillot, 2024), l'IMo active des circuits neuronaux similaires à ceux impliqués dans le mouvement réel (Decety, 1996 ; Lotze & Halsband, 2006), renforçant ainsi les schémas moteurs sans générer de fatigue physique. De nombreuses études ont démontré les bénéfices de l'IMo sur la performance sportive, y compris sur la force (Lebon et al., 2010) et la précision technique (Behm et al., 2024).

Cependant, peu d'études ont porté sur l'utilisation de l'IMo dans un contexte CrossFit, particulièrement appliquée à l'arraché. Cette discipline présente des spécificités (volume, intensité, fatigue chronique) qui peuvent influencer l'efficacité de l'intervention mentale (Kanthack et al., 2016 ; Jaquet et al., 2020 ; Marcora et al., 2009).

Ce mémoire propose donc d'évaluer les effets de l'imagerie motrice sur la performance à l'arraché chez des pratiquants intermédiaires de CrossFit. Nous explorerons son impact sur la force maximale, la technique, la trajectoire et la vitesse de la barre. Cette démarche s'inscrit dans une vision intégrée du coaching sportif, où la performance repose autant sur la préparation physique que sur la maîtrise mentale du geste.

Nous commencerons par faire un état des lieux des connaissances scientifiques afin d'expliquer les modèles et les études réalisées sur les différents sujets de ce mémoire : le CrossFit, l'haltérophilie et l'imagerie motrice. Ensuite nous poserons la problématique, les objectifs et les hypothèses. Enfin, nous présenterons la structure Madma CrossFit, ses adhérents et les sujets du mémoire. Pour finir, nous ferons l'analyse statistique et discuterons des résultats avant de conclure.

2. Revue de littérature :

Nous pouvons nous demander, quelles sont les recherches qui ont déjà été réalisées autour de l'imagerie motrice ? Quelles études ont déjà été faites et que reste-t-il à expérimenter ? Ce cadre théorique permettra de présenter les notions importantes : le CrossFit, l'haltérophilie et l'imagerie motrice.

Etant en alternance dans une salle de coaching, Madma CrossFit (Cf Annexes photo 1). Il est important de comprendre la discipline du CrossFit, la méthode, son histoire et son fonctionnement.

2.1. Le CrossFit® :

2.1.1. Les chiffres :

Le CrossFit se définit comme une méthode d'entraînement qui contient des mouvements fonctionnels de haute intensité constamment variés (Glassman, 2002). Le CrossFit a été créé dans les années 1970 par Greg Glassman. La première salle affiliée de CrossFit® se situait à Santa Cruz aux Etats Unis et a ouvert en 1995. C'est en 2007 que s'est déroulée la première compétition mondiale, les CrossFit Games. A partir des années 2010 cette méthode d'entraînement devient très connue. Aujourd'hui c'est la plus grande chaîne de Fitness au monde avec plus de 14 000 salles affiliées dans les quatre coins du monde (142 pays). La France est deuxième après les Etats Unis, avec environ 200 000 adhérents en 2023 (France).

L'entreprise publie sur le site CrossFit.com des entraînements tous les jours depuis 2003, ce qui en fait la plus grande réserve d'entraînements du monde avec plus de 240 000 WOD (Workout Of the Day) l'entraînement du jour.

2.1.2. La méthode CrossFit :

Comme expliqué ci-dessus cette méthode comprend des mouvements fonctionnels, afin de préparer le corps aux exercices du quotidien. Avec une exposition à la haute intensité relative à chaque individu en fonction de ses capacités actuelles. Le CrossFit se veut inclusif et s'adapte à tous les profils : jeunes ou âgés, débutant ou sportif de haut niveau. Avec des méthodes et exercices constamment variés. La variété est due à la vision du CrossFit qui se veut être capable de s'adapter à toute situation dans la vie de tous les jours.

Le CrossFit se compose de plusieurs disciplines : la gymnastique, la course à pied, la calisthénie, l'haltérophilie, la force athlétique... Le CrossFit regroupe toutes ces disciplines en 3 catégories de mouvements (Glassman, 2007) :

- Les mouvements de gymnastique :
 - o Les mouvements au poids de corps : squats, push ups, sit-ups, burpees.
 - o Les mouvements suspendus : pull ups, muscle ups, toes to bar
 - o Les mouvements renversés : handstand push ups, handstand walk.
- Les mouvements « cardio » ou le conditionnement métabolique : les mouvements cycliques avec la course à pied (running), la nage (swimming), les ergomètres (bike erg, echo bike, row erg, ski erg, air runner).
- Les mouvements d'haltérophilie : les mouvements avec port de charge comme le thruster, le snatch (arraché), le clean and jerk (épaulé jeté), le deadlift, le wall ball, le strict press.

Selon la méthode CrossFit il y a 9 mouvements fondamentaux d'haltérophilie répartis en 3 catégories :

- Les Pull (tirages) : DeadLift, Sumo DeadLift High Pull, MedBall Clean
- Les Press (poussés) : Shoulder Press, Push Press, Push Jerk
- Les Squat (flexions) : Air Squat, Front Squat, OverHead Squat

Dans le CrossFit Level 1 (manuel accessible à tous gratuitement), l'entreprise expose les fondements et fondamentaux de la méthode. Selon ses auteurs le CrossFit développe 10 qualités physiques générales : endurance cardiovasculaire et respiratoire, résistance, force, souplesse, puissance, vitesse, coordination, agilité, équilibre et précision. « Votre fitness est proportionnel à votre compétence dans chacune de ces dix habiletés. Un entraînement développe le fitness dans la mesure où il améliore chacune de ces dix habiletés. ». Ils préconisent de « s'entraîner » pour améliorer l'endurance, la résistance, la force et la souplesse. Ils conseillent de « pratiquer » afin d'obtenir des changements organiques et mesurables ainsi que pour améliorer la coordination, l'agilité, l'équilibre et la précision. Pour finir, ils recommandent de

« s'entraîner » et de « pratiquer » pour améliorer la puissance et la vitesse et obtenir des changements dans le système nerveux.

Dans ce même guide l'entreprise explique le modèle de fitness du CrossFit avec le modèle de Hopper : Ce modèle part du principe que la condition physique idéale permet de réussir n'importe quelle tâche physique, quelle qu'elle soit. Imaginez un grand récipient rempli d'une infinité de défis physiques aléatoires. Si l'on vous demande d'en accomplir plusieurs sans savoir à l'avance lesquels, alors votre capacité à les réussir mieux que d'autres devient une mesure de votre niveau de forme.

Ce concept implique que pour être véritablement « fit », il faut être performant dans tous les types de situations, même les plus inattendues et les plus complexes. Concrètement, cela signifie s'affranchir des formats d'entraînements classiques, comme les séries fixes, les temps de repos préétablis, les exercices systématiques ou les programmes rigides. Puisque la vie réelle est pleine d'imprévus, l'objectif est de s'y préparer en sollicitant le corps de façon toujours nouvelle et variée. Ceci explique la non-spécification des entraînements de CrossFit autrement dit la constante variété des exercices et méthodes.

Les pratiquants de CrossFit ont un grand sentiment d'appartenance et une motivation intrinsèque à la discipline (Claudino, 2018).

Il n'y a pas ou peu de méthode utilisée pour monitorer la charge d'entraînement en CrossFit®. Dans cette discipline aucun facteur ne sont pris en compte à part parfois la fréquence cardiaque pour les seuils d'entraînement, la fatigue (Rated Perceived Exertion / RPE) et le rythme séance / repos. Mangine et al. (2022) ont cherché à créer une méthode pratique et facile pour monitorer la charge d'entraînement en CrossFit. Ils ont trouvé qu'il serait intéressant de regarder le nombre de répétitions par seconde et par minute afin de facilement connaître l'intensité et le volume de la séance. Ce résultat serait facilement comparable aux autres athlètes. En réalité cette méthode est peu utilisée dans les box de CrossFit, seuls les athlètes rx (élites) l'utilisent. Le CrossFit® est une discipline qui utilise peu de technologie pour monitorer la charge d'entraînement. Cependant tous les pratiquants sont sensibles à leur récupération. Ils pratiquent rapidement d'eux-mêmes, une bonne alimentation et un bon sommeil. Ils achètent des boissons de récupération, réalisent des bains froids, des étirements et des massages sportifs.

D'un point de vue des blessures, le CrossFit cause peu de blessures s'il est appliqué de manière progressive et adaptée par rapport aux autres activités physiques de haute intensité. 2,3 blessures pour 1000 heures de pratique en France (Gile, 2020).

Il ne faut pas oublier que le terme CrossFit® est une marque déposée et qu'un business conséquent tourne autour. Il dépasse le milliard de dollars de chiffres d'affaires. La marque n'hésite donc pas à promouvoir ses bienfaits et cherche constamment à attirer de nouveaux clients. C'est pourquoi une prise de recul doit être faite concernant les propos avancés sur les sites de la marque.

Grâce au CrossFit l'haltérophilie n'a jamais été aussi populaire et devient à la mode. C'est un sport accessible qui procure du plaisir ([Ndicka Matam, 2023](#)).

2.2. L'haltérophilie :

L'haltérophilie est une discipline qui existe depuis très longtemps. Lors des premiers Jeux Olympiques de 1896, l'haltérophilie était déjà présente. Ce sport consiste à lever au-dessus de sa tête, bras tendus la charge la plus lourde. A l'époque les mouvements étaient réalisés avec des haltères, deux boules rondes attachées à une barre. Les mouvements se réalisaient à un bras et à deux bras ([Cf Annexes photo 2](#)). Aujourd'hui l'haltérophilie se réalise avec une barre olympique de 20 kilos pour les hommes et de 15 kilos pour les femmes, chargée avec des disques et se réalise à deux bras ([Cf Annexes photo 3](#)). Il y a deux mouvements en compétition, dit mouvements « olympiques » : l'arraché et l'épaulé jeté ([Ndicka Matam, 2023](#)). Pour l'arraché la barre est au sol, l'athlète saisit la barre avec ses deux mains et emmène la barre au-dessus de sa tête, bras tendu, en un temps. L'épaulé jeté se compose de deux temps, la barre est emmenée aux clavicules puis au-dessus de la tête avec une réception en fente ou en flexion. Nous allons nous intéresser seulement à l'arraché (snatch) dans ce mémoire.

2.2.1. Description de l'arraché :

Voici une description spécifique avec les 6 différentes phases d'un arraché ([Ndicka Matam, 2023](#)) :

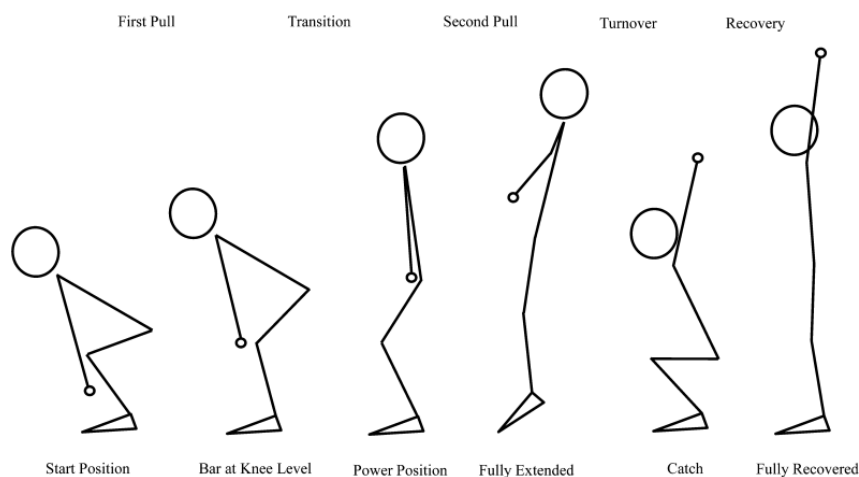


Figure 1 : schéma représentant un arraché (snatch) par Ho et al. 2014

1. Position de départ (start position) :

C'est le placement initial de l'athlète. La barre est tenue en pronation avec une prise large. Le dos est droit, respectant ses courbures naturelles. Les bras sont tendus, les pieds écartés à la largeur du bassin et orientés vers l'extérieur. Les épaules sont placées en avant des genoux, eux-mêmes positionnés devant la barre. Le torse est ouvert et les omoplates fixées. L'angle entre la cheville et le tibia est le plus fermé possible afin de permettre une poussée efficace des jambes dans les phases suivantes, en s'appuyant sur la plante des pieds.

2. Premier Tirage (first pull) :

Cette phase correspond à la première accélération, du sol jusqu'aux genoux. Depuis la position de départ, l'athlète pousse avec les jambes sans modifier l'inclinaison du dos. Les bras restent tendus, et les genoux se reculent légèrement, favorisant un recentrage des centres de gravité et réduisant les bras de levier. Cette phase contrôlée mobilise les quadriceps, les fessiers et les ischio-jambiers, tandis que les muscles spinaux, dorsaux et para-vertébraux travaillent en isométrie.

3. Transition (transition) :

Cette phase, également appelée phase d'ajustement, est marquée par le réengagement des genoux sous la barre. Le dos se redresse légèrement. Le mouvement est plus lent, la barre glisse jusqu'aux trois quarts des cuisses, au niveau du point de puissance. Cette étape prépare la seconde accélération, plus explosive que la précédente.

4. Deuxième Tirage (second pull) :

C'est la phase d'extension finale. L'athlète pousse fortement sur les jambes, se hisse sur la pointe des pieds, et redresse le dos. Cette combinaison d'actions ouvre le bassin (engagement) et propulse la barre vers le haut. L'impulsion permet le tirage des bras (montée des épaules, puis des coudes), juste avant de passer sous la barre. Cette coordination musculaire – entre les muscles dorsaux, para-vertébraux, quadriceps, fessiers, ischios, mollets et bras – est essentielle pour exécuter un mouvement précis et efficace, tout en minimisant la dépense énergétique. À la fin de cette extension, les articulations (chevilles, genoux, hanches, épaules) s'alignent verticalement. La puissance de cette extension est cruciale pour garantir une trajectoire verticale optimale de la barre.

5. Passage sous la barre (turnover) :

C'est la phase de chute sous la barre, cruciale pour l'équilibre final dans un polygone de sustentation élargi par rapport à la position de départ. Comme les étapes précédentes, sa réussite dépend de leur

exécution. Le saut déclenché par l'extension permet à l'athlète de se placer sous la barre. Cette phase comprend trois étapes distinctes : d'abord, les bras, épaules et trapèzes tirent la barre vers le haut ; ensuite, l'athlète passe sous la barre en s'appuyant sur elle ; enfin, il réceptionne la charge. La réception se fait bras tendus, avec un déplacement latéral des pieds, dans une coordination parfaite entre mains et pieds. Les ischios agissent comme freins, tandis que les épaules, bras, muscles dorsaux et para-vertébraux se contractent en isométrie. Le tronc est gainé, stabilisé par l'action conjointe des spinaux et des abdominaux, permettant un placement du bassin en antéversion. Lors de cette phase, la barre monte pendant que le corps descend : leurs trajectoires se croisent verticalement. La vitesse de la barre devient nulle à son sommet, moment précis où l'athlète prend appui.

6. Redressement (recovery) :

C'est le redressement du corps. Trop souvent négligée, cette phase est pourtant déterminante : de nombreuses tentatives échouent ici en raison d'une remontée trop rapide des fesses, d'un relâchement du gainage ou d'une perte de fixation des épaules. L'athlète doit donc se redresser en tendant les jambes (contraction concentrique des quadriceps et des fessiers), tout en replaçant les pieds dans leur position initiale. Les bras, restés tendus, maintiennent la barre légèrement en arrière de la tête grâce à une contraction isométrique.

Voici un exemple de trajectoire sagittale idéale de la barre selon AkkuS, 2012.

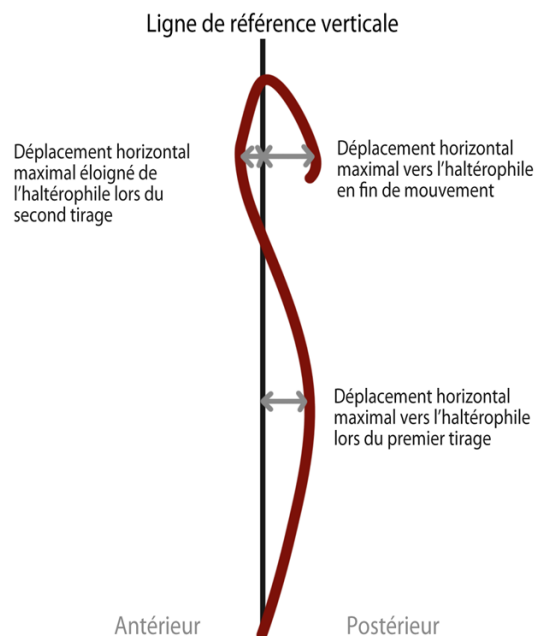


Figure 2 : schéma représentant la trajectoire de barre idéal de l'arraché (snatch) selon AkkuS en 2012

AkkuS conclut que le premier tirage est une phase relativement lente et orientée vers le développement de la force, tandis que le second tirage est une phase plus rapide et orientée vers la production de

puissance. La flexion des genoux réalisée lors de la phase de transition permettrait, comme lors d'un saut vertical, d'emmagasiner de l'énergie potentielle élastique au niveau des muscles extenseurs du genou et de la hanche et qui serait restituée lors de la seconde extension des genoux lors du second tirage. Ces résultats confirment l'importance de l'augmentation de la vitesse lors du tirage vertical de la barre pour maximiser la production de puissance, afin de passer plus rapidement sous la barre.

Il a comparé les trajectoires sagittales des barres des championnes du monde de 2010.

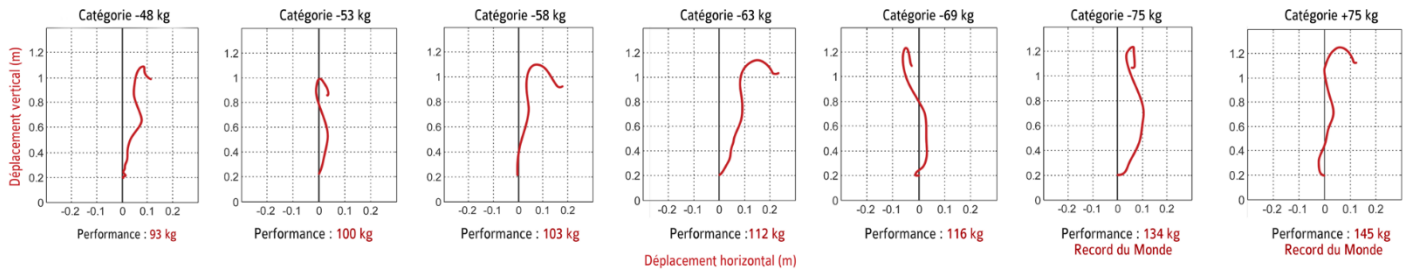


Figure 3 : schéma représentant les résultats de l'étude de AkkuS 2012, représentant les 7 trajectoires des arrachés de 7 championnes à la coupe du monde d'haltérophilie de 2010.

On peut remarquer qu'aucune trajectoire n'est similaire selon les catégories de poids. La performance n'est peut-être pas uniquement dépendante d'une trajectoire optimale. Les paramètres cinétiques comme la production de puissance sont tout aussi importants voire plus. Il conclut son étude en disant que la phase de transition entre le premier et le second tirage est cruciale pour la vitesse de la barre.

L'haltérophilie est une discipline très spécifique où se succèdent plusieurs phases, voici un schéma qui illustre les vitesses des différentes phases (Ho et al., 2014).

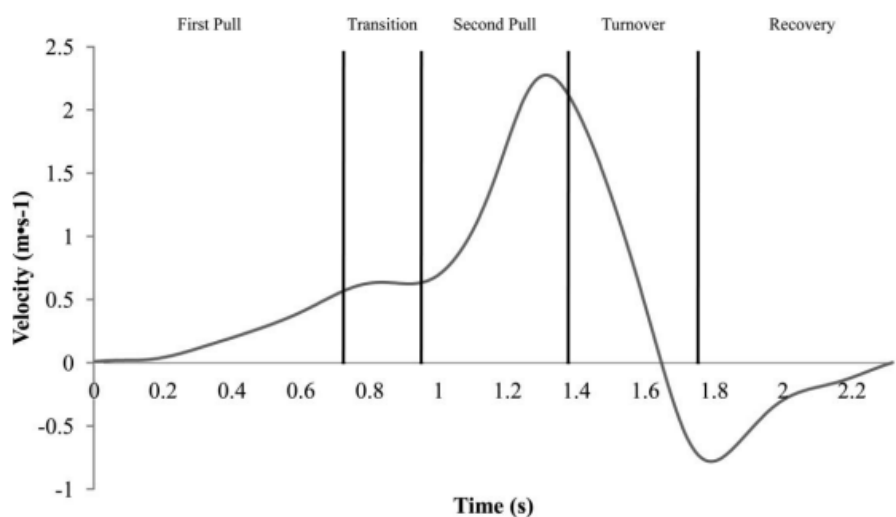


Figure 4 : schéma représentant la vitesse de barre (velocity) en mètre par seconde, en fonction du temps (time) en seconde, durant les différentes phases de l'arraché ; Ho et al. 2014

Lors du premier tirage, la vitesse augmente lentement afin de maintenir le dos placé. Lors de la transition, la vitesse est constante. Puis durant le second tirage, la vitesse augmente rapidement (jusqu'à 2 mètres par seconde). Enfin la vitesse chute brusquement durant l'envol (les pieds décollent du sol) et la vitesse finit par se rétablir. Le mouvement complet dure environ 2 secondes. On comprend donc qu'il y a des grandes phases d'accélération et de décélération avant le rétablissement.

Il existe donc un pic de vitesse (moment où la barre se déplace le plus vite) situé à la fin du Second Tirage.

Sandau et Granacher (2023) dans une récente étude montrent qu'en haltérophilie, la performance maximale est déterminée par les capacités neuromusculaires de l'athlète. Afin de produire une puissance élevée associée à une technique de levage bien spécifique. La maîtrise technique et l'efficacité lors de la montée de la barre, coïncident avec la vitesse seuil verticale. Cela garantit une distance de déplacement vertical et un temps de vol suffisant à la fin de la phase d'accélération. Celui-ci permet à l'athlète de chuter sous la barre et de la « verrouiller » au-dessus de sa tête.

L'haltérophilie est une discipline qui complète et enrichit d'autres sports sans entrer en concurrence avec eux. De nombreuses disciplines intègrent ainsi l'haltérophilie dans leurs programmes de préparation physique, car ses spécificités permettent de développer la force et l'explosivité. Ces qualités sont essentielles pour de nombreux athlètes souhaitant progresser dans leur propre domaine sportif (Ndicka Matam, 2023).

2.2.2. Qualités physiques développés par l'haltérophilie

L'haltérophilie développe bon nombre de qualités physiques : Force, Vitesse, Puissance, Souplesse et Coordination.

La force, qualité physique qui désigne la capacité d'un muscle ou d'un groupe musculaire à produire une tension pour vaincre ou résister à une charge. Cette capacité peut se manifester sous différentes formes selon les objectifs, comme soulever des charges, maintenir une posture ou réaliser un mouvement explosif. Selon Zatsiorsky et Kraemer (2006), la force musculaire est définie comme "la capacité d'un système neuromusculaire à produire une force contre une résistance externe." Cette définition inclut les facteurs musculaires, nerveux et mécaniques qui influencent la production de force. De plus, Vander (2013), précise que "la force est directement liée à la capacité de contracter les fibres musculaires et à l'efficacité du système nerveux central à recruter ces fibres de manière coordonnée.". Paradoxalement cette qualité physique n'est pas la principale développée. En haltérophilie la vitesse

développée pour élever la barre est très importante. La force maximale se développe avec des vitesses très lentes.

La vitesse, qualité physique qui désigne la capacité à exécuter un mouvement ou une action motrice dans le temps le plus court possible. Elle est essentielle en haltérophilie, sport nécessitant des actions rapides et efficaces. Selon Schmidt et Lee (2019), la vitesse est définie comme "la capacité d'un système neuromusculaire à générer un mouvement rapide, impliquant la coordination entre les muscles, la force produite et le temps de réaction."

Dans le cadre sportif, la vitesse est souvent segmentée en plusieurs composantes, comme l'indiquent Zatsiorsky et Kraemer (2006) :

- Vitesse de réaction : Temps nécessaire pour répondre à un stimulus.
- Vitesse d'exécution : Rapidité avec laquelle un mouvement est réalisé.
- Vitesse maximale : Vitesse la plus élevée atteinte lors d'un mouvement.

En haltérophilie ces 3 types de vitesses sont développés. Nous nous intéresserons qu'à la vitesse maximale lors de ce mémoire.

La puissance, qualité physique qui combine la force et la vitesse pour produire un mouvement fort dans un temps limité. Elle représente la capacité à générer une force maximale rapidement et est souvent exprimée comme le produit de la force et de la vitesse. Selon Newton et Kraemer (1994), la puissance est définie comme "le taux de production d'énergie mécanique ou la capacité d'exécuter rapidement un travail physique."

En termes mathématiques : $Puissance = Force \times Vitesse$

Cela indique que l'augmentation de la puissance peut passer soit par une amélioration de la force musculaire, soit par une augmentation de la vitesse de contraction musculaire.

L'haltérophilie se définit alors comme le sport idéal pour développer la puissance. C'est pourquoi ce sport est souvent utilisé en préparation physique.

La souplesse, qualité physique qui désigne la capacité des articulations à effectuer des mouvements avec une amplitude maximale sans gêne ni douleur. Elle dépend de l'élasticité des muscles, des tendons et des ligaments, ainsi que de la structure articulaire. Selon Alter (2004), la souplesse est définie comme "l'amplitude maximale d'un mouvement dans une articulation ou un groupe d'articulations, obtenue sans provoquer de blessure.". La souplesse est essentielle en haltérophilie afin d'augmenter l'amplitude du mouvement et de limiter le risque de blessure.

La coordination, capacité à exécuter des mouvements complexes de manière harmonieuse, précise et efficace, en mobilisant différentes parties du corps. Elle repose sur la communication entre les systèmes sensoriel, nerveux et musculaire pour optimiser le contrôle des gestes. Selon Schmidt et Lee (2019), la coordination est définie comme "l'organisation spatio-temporelle des mouvements pour atteindre un objectif moteur spécifique, en intégrant des processus perceptifs et neuromusculaires.". D'après Magill (2016), elle implique la capacité du système nerveux central à ajuster la posture, la force et le timing des mouvements en réponse à des stimuli internes et externes. En ce sens l'haltérophilie demande beaucoup de coordination entre toutes les différentes parties du corps. Ce qui en fait un sport complexe qui nécessite beaucoup de technique. Technique qui peut être améliorée par de la pratique mentale.

L'haltérophilie demande aussi des qualités mentales telle que la concentration, la confiance en soi, la gestion du stress et la motivation. Ndicka Matam (2023), nous explique qu'il y a 2 grandes qualités chez un haltérophile : la première est son mental et la seconde est son physique. Il explique ensuite qu'il est important d'avoir un mental solide et que l'utilisation de l'imagerie mentale est une possibilité pour améliorer sa technique.

2.3. L'imagerie mentale :

L'aspect mental est un domaine très intéressant qui me passionne beaucoup. Il touche à la sphère psychologique, très complexe et actuellement beaucoup étudiée. Le domaine de la préparation mentale est d'actualité, bon nombre d'athlètes et de club se professionnalisent en se formant à la préparation mentale. La préparation mentale est une « préparation à la compétition par un apprentissage d'habiletés mentales et d'habiletés cognitives, et dont le but principal est d'optimiser la performance personnelle de l'athlète tout en promouvant le plaisir de la pratique et en favorisant l'atteinte de l'autonomie » Jean Fournier, 1998. L'autonomie et le bien-être sont les deux principes essentiels de ce domaine.

« Acquérir de nouvelles habiletés, améliorer sa gestuelle, renforcer son potentiel technique, améliorer sa lecture de la compétition, corriger certains défauts, amplifier ses sensations sont autant d'objectifs que l'entraînement mental permet d'atteindre. » (Le Deuff, 2016).

2.3.1. Présentation générales Imagerie Mentale :

Dans le domaine de la préparation mentale, la visualisation ou plutôt l'imagerie mentale (IM) est un exercice souvent réalisé car il permet d'être dans un bureau, chez soi ou dans un vestiaire et de travailler une partie spécifique de l'athlète : un geste technique, la confiance en soi... L'imagerie mentale consiste

à créer des images, de les visualiser et de les manipuler pour un objectif précis (cf annexe photo 4). L'IM se définit comme un processus cognitif par lequel un individu évoque consciemment des représentations internes, en l'absence de stimulus sensoriel direct (Guillot, 2024). Elle peut être motrice, lorsqu'elle cible l'évocation d'un mouvement global (par exemple imaginer un arraché complet, du tirage à la réception), ou technique, lorsqu'elle se concentre sur un aspect spécifique du geste (par exemple la trajectoire de la barre ou la flexion des genoux).

2.3.2. Les systèmes et modèles de l'imagerie motrice :

Lors d'un travail d'imagerie mentale, il est important de comprendre qu'il y a plusieurs aspects travaillés, notamment les 5 sens. C'est le système VAKOG :

- Visuel : imaginer ce que l'on voit (la barre qui monte, le placement du corps), se voir faire le mouvement,
- Auditif : entendre le cliquetis des disques ou les encouragements du coach,
- Kinesthésique : ressentir la tension musculaire, l'équilibre sur les appuis,
- Olfactif et gustatif : plus rares, mais par exemple l'odeur de la magnésie ou le goût métallique de la concentration intense.

Cette richesse sensorielle permet de rendre l'IM la plus proche possible de la réalité, condition essentielle pour renforcer l'apprentissage moteur. Ce qui nous intéresse ce sont les imageries kinesthésiques, elles consistent à évoquer mentalement les sensations perçues lors de l'exécution réelle.

On dit qu'une imagerie est multimodale, car elle doit être la plus proche de la réalité possible (Guillot, 2024).

En parallèle, le modèle MIMS (Holmes et Collins, 2001) structure l'IM autour de quatre composantes :

- Motivation, l'IM doit être orientée par des objectifs motivants et reliée à des émotions positives,
- Imagerie, la création des représentations mentales précises du geste à réaliser,
- Mouvement mimés (micromouvements), réaliser de légers déplacements corporels ou placement articulaires pendant l'IM. Ces mouvements activent les boucles sensori-motrices et rendent l'IM plus incarnée,
- Sensations, se concentrer sur le ressenti internes (tension musculaire, position des segments, rythme respiratoire) ce qui renforce la précision proprioceptive et la mémorisation des schémas moteurs.

Combiner ces quatre dimensions permet de dépasser une simple IMo statique et passive, et d'induire une activation neuronale plus proche de celle observée pendant le geste réel. Ce modèle souligne l'intérêt d'enrichir les séances d'IMp par des micromouvements ou une verbalisation associée, qui consiste à se

répéter mentalement ou à voix basse des consignes techniques (par exemple « vitesse après les genoux »), renforçant ainsi la connexion entre cognition et action (Callow & Hardy, 2004).

Il existe quatre différents domaines d'application de l'imagerie mentale d'après (Guillot, 2024).

La dimension psychologique / personnelle, elle inclut la confiance en soi, la motivation, le stress, les émotions et l'anxiété. La rééducation fonctionnelle, elle comprend les effets psychologiques / physiologiques et les effets sportifs. La dimension stratégique / tactique, elle contient l'approbation, la compréhension, la mémorisation et le conditionnement. Enfin, le perfectionnement technique, avec l'apprentissage, l'automatisation et la correction technique. Tous ces domaines d'application sont très spécifiques et demandent une utilisation maîtrisée afin d'en tirer les meilleurs effets. Dans ce mémoire, nous allons nous intéresser principalement au perfectionnement technique, grâce à l'imagerie motrice (IMo) qui est définie comme la représentation mentale d'une action sans aucun mouvement corporel concomitant (Guillot, 2024).

2.3.3. L'imagerie motrice en pratique :

Il y a plusieurs méthodes pour pratiquer l'imagerie motrice, elle peut se faire de manière contextualisée ou décontextualisée. Elle peut se pratiquer dans différentes positions immobiles (allongé, assis, debout) ou de manière dynamique (en bougeant les doigts ou mains). Faire une imagerie sur une image ou des sensations, au ralenti ou en accéléré. Nous réaliserons principalement de l'IMo contextualisée, statique, en position debout, en nous concentrant sur les sensations kinesthésiques lors des séances d'haltérophilie. Lors des séances à domicile, nous pratiquerons de l'IMo décontextualisée.

Imaginer une barre lourde ou une barre légère active une zone différente du cerveau (Mizuguchi et al., 2014). C'est en fonction de l'intensité de l'imagerie que le cerveau répond. Selon le niveau des athlètes l'IMo n'est pas la même. Une différence est trouvée entre un haltérophile olympique et un haltérophile amateur au niveau de l'activité cérébrale quand ils imaginent un mouvement technique. Cette différence est due au bagage technique des différents sportifs. Un athlète aura plus de finesse technique et de connaissance, ce qui activera des aires cérébrales précises lors de l'imagerie. On appelle ce phénomène l'efficacité neuronale, le coût énergétique de l'attention de l'expert sera plus faible comparé à un débutant. (Di Rienzo et al., 2016). C'est pour ces raisons que nous réaliserons une phase d'apprentissage technique, afin d'augmenter les connaissances théoriques et pratiques à l'arraché durant la période de contrôle.

Une caractéristique majeure de l'IMo est la chronométrie mentale. Elle correspond au fait que la durée du mouvement imaginé doit être proche de celle du mouvement réel (Guillot & Collet, 2005). Par exemple, si un arraché complet met environ 2 secondes à être réalisé physiquement, l'athlète bien entraîné en IMo reproduira mentalement une durée identique. Cette synchronie temporelle reflète la précision des représentations internes, souvent corrélée à la qualité de la commande motrice (Decety & Jeannerod, 1995). Des écarts importants entre temps imaginé et réel peuvent signaler un schéma moteur mal consolidé et impact négativement la performance.

Un autre concept clé est celui de l'équivalence neuro-fonctionnelle. Ce principe, largement documenté par la neuroimagerie, indique que l'IMo active en grande partie les mêmes réseaux cérébraux que l'exécution réelle du mouvement. Ainsi, lors d'une IMo de l'arraché, les régions corticales motrices (aire prémotrice, cortex moteur primaire), les ganglions de la base et le cervelet montrent une activité comparable à celle observée pendant la levée effective Hanakawa et al. (2008). Dans une étude plus récente, Henschke et Pakan (2023) précisent que des preuves convergentes suggèrent qu'un réseau cérébral global commun est impliqué à la fois dans l'exécution du mouvement et dans l'imagerie motrice. Selon Guillot 2024, « c'est certainement l'une des raisons qui explique le mieux pourquoi visualiser un geste permet d'espérer un impact sur son exécution réelle ».

Par ailleurs, l'IM induit des phénomènes de plasticité cérébrale, c'est-à-dire des modifications durables de la connectivité synaptique. Ruffino et al. (2017) ont montré qu'un entraînement par IMo favorise des adaptations neuro-fonctionnelles semblables à celles d'un entraînement physique, consolidant ainsi les programmes moteurs en mémoire à long terme.

La connectivité fonctionnelle, c'est-à-dire la communication entre les différentes régions cérébrales, sont également similaires lors de l'imagerie et lors du mouvement réel (Henschke et Pakan 2023).

Pour résumer, imaginer un mouvement engage de façon fortement comparable les régions du système nerveux qui sont en principe activées pour la préparation, l'exécution et le contrôle du mouvement réel.

L'étude de Kanthack et al. (2016) comparent l'efficacité des imageries réalisées de manière statique ou dynamique avec ou sans fatigue physiologique. Ils trouvent une meilleure efficacité de l'imagerie dynamique lorsqu'elle est réalisée sans fatigue physiologique et inversement une meilleure efficacité de l'imagerie statique lorsqu'elle est réalisée avec de la fatigue physiologique. Nous utiliserons dans ce mémoire de l'imagerie motrice statique car les sujets auront une fatigue physique importante due à l'entraînement, afin de limiter les interférences entre état physiologique et mouvement imaginé.

Guillot, 2024, préconise de réaliser 10 à 20 minutes d'imagerie par séances si ce sont des imageries techniques, tactiques ou stratégiques. Il s'agit de les réaliser de manière intégrée aux séances, entre les séries durant la récupération.

L'étude de Jacquet et al. (2020) montrent qu'une imagerie motrice prolongée peut altérer la commande motrice par la suite. Ce qui signifie que l'imagerie motrice a un coût énergétique physique et / ou cognitif important. Peu d'informations sont encore disponibles à ce sujet. Nous réaliserons des imageries de courte durée (environ 20 secondes) entre chaque séries et répétitions.

Lors de la planification d'un entraînement par imagerie, il y a 5 étapes à suivre (Guillot, 2024) :

- La découverte, phase d'initiation.
- La détermination des objectifs.
- L'évaluation des capacités, la phase de test, questionnaire.
- La phase de routine d'entraînement et d'enrichissement, l'entraînement mental.
- La phase de réajustement et d'évaluation, le re-test.

Les recherches actuelles mettent en lumière le rôle essentiel de l'imagerie motrice dans l'amélioration des performances sportives. Cependant, peu d'études ont examiné son application dans le contexte spécifique du CrossFit, particulièrement pour le mouvement d'arraché. Ces lacunes soulignent l'importance d'explorer comment cet outil mental peut être intégré pour optimiser l'exécution du mouvement.

3. Problématique :

Les pratiquants de CrossFit sont en quête de progression. Les coaches ont pour mission de les aider à progresser, en améliorant leur technique, en leur donnant confiance en eux et en les motivant. Beaucoup de coaches réalisent des formations afin d'optimiser leur pédagogie et leurs méthodes d'entraînement. Dans les séances d'haltérophilie proposées dans une salle de CrossFit, nous pouvons nous demander : Comment optimiser une heure de coaching ?

Nous pensons que les périodes de repos peuvent s'accompagner d'un travail non physique. De manière classique, la récupération est complète (physique et mentale). Cette récupération permet d'améliorer la progression, de limiter la fatigue ainsi que le risque de blessure.

Est-ce qu'utiliser de l'imagerie motrice durant la récupération permettrait une amélioration plus importante de la progression ? Même si cela ajoute de la fatigue mentale.

Dans le mouvement d'arraché plusieurs points peuvent être améliorés :

- La technique, soit la trajectoire sagittale de la barre.
- La puissance, en partie la vitesse maximale de la barre.
- La charge levée, soit le record maximal (RM) lié en partie à la force.

À partir de ces constats, nous formulons la problématique suivante : Dans quelle mesure l'imagerie motrice peut-elle optimiser l'exécution du mouvement d'arraché chez les pratiquants de CrossFit ?

4. Objectifs :

Après vous avoir présenté notre problématique, nous allons vous présenter les objectifs de ce mémoire :

- Aider les coachs, les préparateurs physiques et les entraîneurs à faire progresser leurs athlètes grâce à de l'imagerie motrice.
- Aider les athlètes à améliorer leur technique et leur RM en arraché grâce à l'imagerie motrice.
- Optimiser le temps de récupération avec de la pratique d'imagerie motrice.
- Tester l'imagerie motrice sous fatigue physiologique.
- Prouver que l'imagerie motrice optimise les performances en haltérophilie : amélioration de la vitesse, de la charge et de la trajectoire du mouvement.

5. Hypothèses :

Nos objectifs sont clairs, nous souhaitons améliorer le coaching et surtout améliorer le mouvement d'arraché. Nous attendons une amélioration de la force (test de 1RM), de la vitesse (une meilleure vitesse maximale et moyenne mesuré avec le ENODE pro Sensor), de la technique (trajectoire de la barre mesurée avec une analyse vidéo). Nous espérons aussi une amélioration des sensations et de la représentation du mouvement (imagerie kinesthésique, visuelle interne et externe) mesuré avec le MIQ-3f.

Nous émettons les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 0 (H0) : Les athlètes n'améliorent pas leur arraché (aucun élément n'est amélioré significativement).
- Hypothèse 1 (H1) : Les athlètes améliorent partiellement leur arraché (soit leur 1RM, soit la vitesse de la barre, soit la trajectoire de la barre, soit la représentation mentale du mouvement).

- Hypothèse 2 (H2) : Les athlètes améliorent complètement leur arraché (leur 1RM, la vitesse de la barre, la trajectoire de la barre et la représentation mentale du mouvement).

6. Stage :

A la suite de ma licence STAPS option haltérophilie, musculation, force athlétique, j'ai longtemps cherché un lieu où je pouvais coacher du fitness (musculation) et de l'haltérophilie, mes deux passions. Le CrossFit m'a paru une évidence. J'ai donc réalisé 1 an de stage pour mon Master 1 chez Madma CrossFit. Ensuite, je suis devenu alternant en Master 2. A côté du CrossFit je pratique de l'haltérophilie en compétition au Club d'Haltérophilie Cominois Decottignies (CHCD) depuis 5 ans.

6.1. Milieu professionnel :

Chez Madma, j'ai pour mission d'accompagner les adhérents dans leur progression afin qu'ils puissent atteindre leurs objectifs. La box (salle) compte 220 adhérents mensuels avec une répartition quasi parfaite entre les hommes (49%) et les femmes (51%). Le profil des adhérents est varié, certains ont la vingtaine (29%), d'autres sont jeunes parents (45%) et quelques-uns sont à la retraite (5%). Les adhérents sont de tous les milieux professionnels.

La plupart des adhérents ne sont pas compétiteurs, ils viennent au CrossFit pour se dépenser et se faciliter le quotidien. Cependant ils sont très à l'écoute de leur progression et s'engagent beaucoup dans la pratique.

Anthropométrie	Moyenne	Ecart Type
Âge (années)	34	+/- 9
Taille (mètres)	1,73	+/- 0,05
Masse (kilos)	74,6	+/- 12,9

Tableau 1 : Caractérisation de la population de la structure avec les mesures anthropométrique de 99 adhérents

Dans la vision défendue par Madma il y a un esprit de bienveillance et un accompagnement global est primordial pour l'équipe de coaches. L'entreprise se veut être proche de ses adhérents, en les connaissant tous. Nous apprenons leur prénom dès leurs premières venues. Nous écoutons et suivons de manière individuelle chaque adhérent. Selon l'approche proposée par Madma, la pratique du CrossFit est envisagée comme un véritable soutien au bien-être quotidien. L'accent est mis sur la qualité du mouvement, considérée comme un moyen de rendre les gestes de tous les jours plus simples et plus sûrs qu'il s'agisse de porter des charges, de bouger avec un enfant ou de ramasser un objet au sol. Cette vision inclusive vise à rendre la discipline accessible à toutes et tous, quels que soient l'âge ou le niveau.

L'expérience se veut collective, conviviale, sans pression de performance extérieure, chacun progressant à son rythme, soutenu par l'énergie du groupe.

Chez Madma, les adhérents sont libres de choisir à quel cours ils s'inscrivent, comme le cours spécifique d'haltérophilie par exemple. Ils choisissent un abonnement qui leur donne la possibilité de venir à 2, 3, 4, entraînements d'1 heure coachée par semaine. Nous proposons 8 types de cours différents qui sont changés toutes les semaines : WOD, Gymnastique, Haltérophilie, Cardio Training, Hyrox, Renforcement Musculaire, Functional Body Building, Pilates, Run.

La salle est ouverte de 7 heures 30 à 21 heures en semaine et de 9 heures à 12 heures le week-end. Il y a des cours dès 7 heure 30 et jusque 20 heures et tout au long de la journée notamment le matin, le midi et en fin de journée (Cf Annexes Abonnement et planning).

La motivation des adhérents à Madma CrossFit est principalement intrinsèque pour améliorer leur condition physique et leur santé (64%). Une envie de challenge individuel réside dans leur esprit. Cependant seulement 21% sont motivés pour améliorer leurs performances sportives.

Le niveau de pratique à MADMA CrossFit est intermédiaire, il y a très peu d'athlète CrossFit ou compétiteur. C'est pourquoi nous allons nous intéresser aux sportifs intermédiaires (environ 2 ans d'expérience).

6.2. Sujets :

Nous avons proposé à tous les adhérents de participer à l'étude. 20 adhérents se sont portés volontaires. Finalement 11 sujets ont été disponible tout au long du protocole, 7 femmes et 4 hommes. Ils ont des niveaux variés et une expérience en haltérophilie de débutant à intermédiaire.

Anthropométrie	Unité	Moyenne	Ecart Type
Âge	Année	32,36	7,65
Taille	Mètre	1,70	0,09
Masse	Kilogramme	70,64	14,69

Tableau 2 : Mesures anthropométriques des sujets du protocole de mémoire.

6.3. Matériel et techniques de mesure :

Pour réaliser ce mémoire, nous allons utiliser des questionnaires, des tests physiques et mentaux avec différents moyens de mesure.

Utilisation du questionnaire MIQ-3f (Movement Imagery Questionary - third French version). Ce questionnaire permet de mesurer les capacités d'imagerie. Il a été traduit, adapté et validé par Robin et al., en 2020. Il y a 4 mouvements physiques (lever le genou, sauter, flexion/souplesse avant, déplacer le bras) et juste après refaire le mouvement en imagerie (imagerie kinesthésique, imagerie visuelle interne et imagerie visuelle externe) ensuite il faut estimer la facilité ou la difficulté de la tâche mentale (imagerie) sur une échelle de 1 à 7 (de très facile à visualiser à très difficile à visualiser). Ce questionnaire présente une grande pertinence dans le cadre de notre recherche, dans la mesure où il évalue précisément la dimension que nous cherchons à explorer. Dans le contexte de l'imagerie motrice appliquée au mouvement d'arraché, notre objectif est de cibler les sensations corporelles associées à l'exécution du geste. Ce questionnaire permet ainsi de mesurer la capacité du sujet à percevoir et ressentir le mouvement, c'est-à-dire sa dimension kinesthésique.

Afin d'évaluer objectivement la performance des participants sur le mouvement d'arraché, le test de 1RM (une répétition maximale) a été retenu comme outil de mesure principal. Ce test consiste à déterminer la charge maximale qu'un individu peut soulever une seule fois, avec une exécution correcte du mouvement, sans assistance. Il s'agit d'un test maximal jusqu'à l'échec, c'est-à-dire que la charge est progressivement augmentée jusqu'à ce que le sujet ne parvienne plus à réaliser une répétition complète dans les standards techniques requis. Ce protocole permet de mesurer de manière directe la force maximale spécifique au mouvement étudié, tout en tenant compte de la coordination, de la vitesse d'exécution et de la technique, éléments essentiels à la réussite d'un arraché. Le 1RM constitue donc un indicateur fiable et pertinent pour quantifier les effets d'une intervention sur la performance motrice maximale dans une discipline comme l'haltérophilie intégrée au CrossFit.

Ce test est largement validé dans la littérature comme méthode de référence pour évaluer la force maximale dynamique dans les mouvements polyarticulaires, notamment en haltérophilie (Cormie et al., 2007).

Lors de ce test de 1RM les sujets seront filmés et la barre sera équipée d'un capteur Enode Pro Sensor. Nous réaliserons une analyse qualitative des vidéos des mouvements sur l'application Kinovea. Cette application permet de réaliser des pauses, des ralentis, des tracés et annotations. Ça nous permettra de comparer les athlètes entre eux (avant et après) afin d'observer si la trajectoire de la barre est meilleure.

Pour noter la technique du mouvement, nous nous sommes basés sur des critères précis :

Une note sur 4 points sera donnée pour chaque phase du mouvement (6 phases).

- 1 Point = Position incorrecte
- 2 Points = Position partiellement correcte avec DES axes d'améliorations

- 3 Points = Position correcte avec UN élément d'amélioration
- 4 Points = Position parfaite

Toutes ces notes sont additionnées pour obtenir une note technique sur 24.

Le capteur Enode Pro Sensor (Cf Annexes photo 5) a été utilisé afin de mesurer avec précision les variables cinématiques du mouvement d'arraché : vitesse maximale, vitesse moyenne et distance verticale parcourue par la barre. Ce capteur inertiel permet de collecter des données objectives en temps réel, directement fixé à la barre, sans gêner l'exécution du mouvement. Ces mesures offrent une évaluation fiable de la production de puissance, de l'efficacité technique et de la trajectoire du mouvement. En haltérophilie, la vitesse de la barre au cours du second tirage, ainsi que la distance verticale optimale, sont des indicateurs clés de performance. Plusieurs travaux ont validé l'utilisation de capteurs linéaires ou inertiels comme outils de mesure de la performance en musculation et en haltérophilie. Notamment, le capteur VmaxPro a montré une fiabilité élevée et une excellente validité pour l'analyse du déplacement de la barre lors d'exercices de force et de puissance (Weakley et al., 2021). Intégrer ce type de mesure permet d'objectiver les évolutions de performance au-delà du simple test de 1RM, en analysant les paramètres qui sous-tendent l'exécution motrice.

7. Protocole :

Nous allons réaliser un protocole à mesures répétées, 1 groupe de 11 sujets qui participera à une période contrôle (témoin) et à une période expérimentale (test). Les mêmes sujets seront le groupe contrôle et le groupe expérimental.

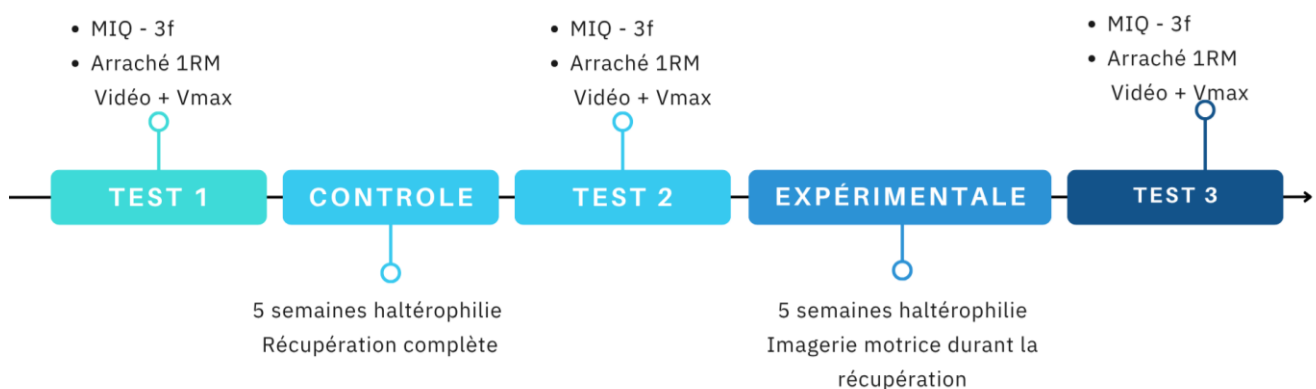


Figure 5 : Protocole, exprimé sous la forme d'une frise chronologique

Le protocole s'étend sur une durée totale de 13 semaines, structuré en trois phases distinctes ponctuées par trois tests principaux.

Semaine 1 – Test 1 (pré-test)

La première séance débute par le recueil de l'état de forme subjectif via un questionnaire. Ensuite, le questionnaire MIQ-3f (Movement Imagery Questionnaire – version française) est administré en groupe. Un échauffement standardisé est ensuite réalisé, suivi d'une montée en charge progressive, répartie en cinq paliers, jusqu'à atteindre 100 % de la charge maximale. Les participants disposent de trois essais pour déterminer leur charge maximale (1RM) à l'arraché. Les mouvements sont filmés latéralement, et un capteur ENODE Pro est fixé à la barre afin d'analyser la trajectoire ainsi que la vitesse maximale de celle-ci. À la fin de la séance, le RPE (Rate of Perceived Exertion) est évalué à l'aide de l'échelle de Borg modifiée CR10.

Semaines 2 à 6 – Phase contrôle

Durant cette période de cinq semaines, les sujets poursuivent un entraînement classique en haltérophilie d'une heure par semaine (Cf Annexes séance). Aucune intervention spécifique n'est introduite. Une récupération complète, à la fois physique et mentale, est respectée entre les répétitions et séries.

Semaine 7 – Test 2 (test intermédiaire)

Un second test, identique au protocole du test 1, est réalisé au début de la septième semaine, à l'issue de la phase contrôle.

Semaines 8 à 12 – Phase expérimentale

Au cours de cette seconde période d'entraînement, également de cinq semaines, les participants suivent le même programme d'haltérophilie à ordre d'une heure par semaine. Toutefois, une intervention d'imagerie motrice est introduite pendant les phases de récupération (Cf Annexes séance). En complément, les sujets doivent réaliser un travail d'imagerie motrice d'une durée de 20 minutes par semaine à domicile à réaliser en une fois.

Semaine 13 – Test 3 (post-test)

Un dernier test est conduit selon le même protocole que les précédents afin d'évaluer l'évolution des performances à l'issue de l'intervention. Les sujets pourront utiliser librement les outils cognitifs qu'ils auront développés comme l'imagerie motrice avant de réaliser leur 1RM.

8. Analyses statistiques :

Une analyse quantitative a été menée à partir de mesures répétées au sein d'un même groupe (modèle apparié), comportant trois temps d'évaluation : pré-test, test intermédiaire et post-test. Les variables analysées comprennent la charge maximale soulevée (1RM), les résultats au questionnaire MIQ-3f (imagerie kinesthésique, imagerie visuelle interne et externe), ainsi que les données issues du capteur Enode (vitesse maximale, vitesse moyenne, distance parcourue par la barre). Nous utiliserons le logiciel Excel avec AnaStats pour toutes les statistiques.

La normalité des distributions a été vérifiée à l'aide du test de Shapiro-Wilk, et l'homogénéité des variances au moyen du test de Levene. Si les conditions paramétriques sont respectées, une analyse de variance à mesures répétées (ANOVA) sera utilisée. En cas de non-respect des conditions paramétriques, le test non-paramétrique de Friedman sera appliqué. Le seuil de significativité retenu est fixé à $p < 0,05$, avec un risque alpha de 5 %.

Par ailleurs, une analyse qualitative du mouvement a été conduite à partir des enregistrements vidéo. Ceux-ci ont permis d'attribuer une notation technique aux gestes réalisés par les participants. Ces données qualitatives seront soumises aux mêmes conditions d'analyse statistique afin d'assurer la cohérence des comparaisons entre les temps de mesure.

9. Résultats :

Dans cette partie, nous présentons les résultats obtenus à l'issue des différents tests réalisés tout au long du protocole : le test de force maximale (1RM à l'arraché), le questionnaire d'imagerie motrice MIQ-3f, l'évaluation technique (via analyse vidéo), ainsi que les données issues du capteur Enode Pro Sensor.

9.1. Evolution du 1RM à l'arraché :

L'analyse du 1RM à l'arraché révèle une évolution progressive des charges maximales soulevées entre les trois temps de mesure. La moyenne passe de 45 kg au T1 (pré-test), à 46,4 kg au T2 (test intermédiaire), puis à 48,5 kg au T3 (post-test) (cf Annexes tableau 3).

La période T1–T2 correspond à une phase de pratique classique de l’arraché avec récupération passive, tandis que la période T2–T3 intègre une intervention basée sur l’imagerie motrice durant les phases de récupération.

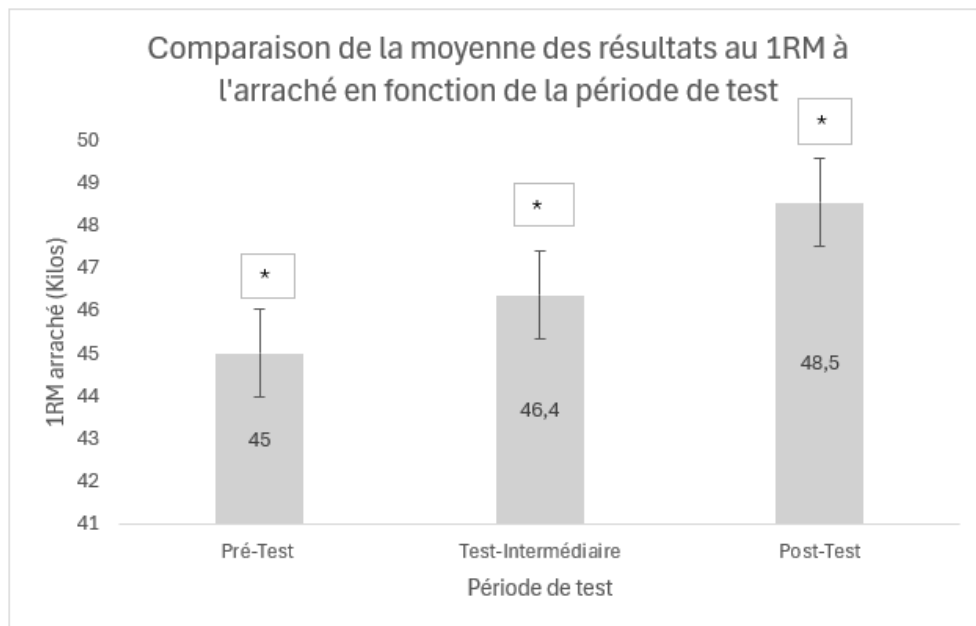


Figure 6 : Graphique représentant les moyennes au 1RM selon les périodes de test, * = significativement différent

Une série de tests statistiques a été appliquée pour analyser les résultats :

Le test de normalité de Shapiro-Wilk a révélé une distribution non normale ($p < 0,05$) pour certaines variables. Le test de Levene a permis de vérifier l’homogénéité des variances. En conséquence, le test non-paramétrique de Friedman a été retenu. Il indique une différence significative entre les trois temps de mesure ($\alpha < 0,05$). Des comparaisons post-hoc à l’aide du test de Wilcoxon ont permis d’évaluer le taux de progression entre les périodes.

Les résultats montrent une progression significative entre T1 et T2 ($\alpha = 0,015$) et une progression encore plus marquée entre T2 et T3 ($\alpha = 0,0059$). Cette tendance suggère une amélioration plus importante durant la période incluant l’imagerie motrice.

Pour compléter ses résultats, nous avons réalisé un D de Cohen qui nous donne la taille de l’effet de la progression du 1RM. Nous obtenons un $D = 0,1$ pour la période T1-T2, correspondant à un très petit effet et un $D = 0,2$ pour la période T2-T3, ce qui correspond à un petit effet.

Au niveau des pourcentages nous obtenons 3,11% de progression entre T1 et T2 et 4,53% entre T2 et T3.

9.2. Résultats au questionnaire d'imagerie motrice (MIQ-3f)

Le MIQ-3f a été administré aux trois temps de l'expérimentation. Bien que l'on observe une amélioration des scores d'imagerie motrice entre T1, T2 et T3, aucune différence significative n'a été mise en évidence.

Fait notable, une augmentation est observée entre T1 et T2, malgré l'absence de toute intervention en imagerie motrice pendant cette période, ce qui suggère un possible effet d'apprentissage ou de familiarisation au questionnaire.

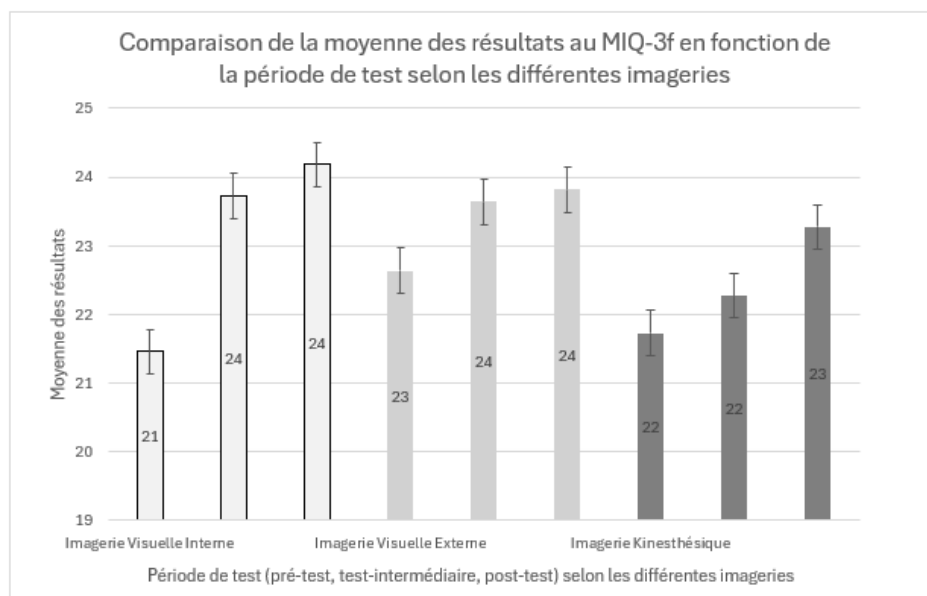


Figure 7 : Graphique représentant les moyennes des résultats au MIQ-3f en fonction des périodes de test sur les différentes catégories d'imageries (visuelle interne & externe et kinesthésique)

Selon la normalité et l'homogénéité des données, des tests paramétriques (ANOVA à mesures répétées) ou non paramétriques (test de Friedman) ont été utilisés. Dans tous les cas, les analyses ont montré des valeurs de p supérieures à 0,05, indiquant l'absence de différences significatives (Cf Annexes tableau 4).

9.3. Evaluation technique (analyse vidéo)

Les notes techniques attribuées à partir des enregistrements vidéo révèlent une amélioration moyenne entre T2 et T3, sans que celle-ci n'atteigne le seuil de significativité statistique.

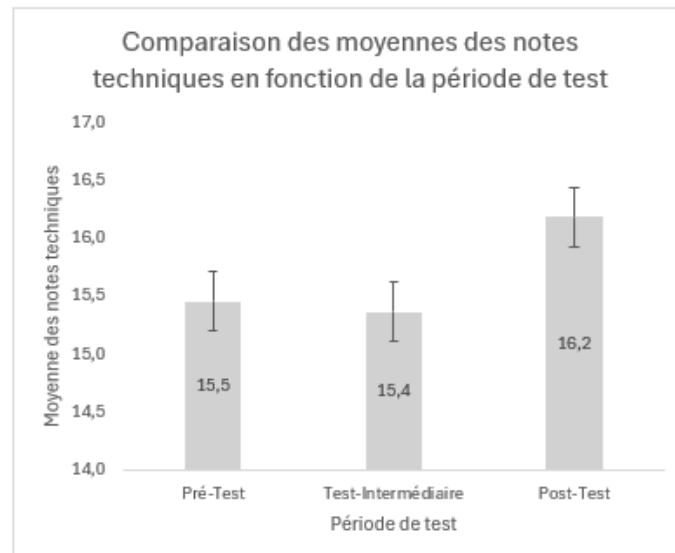


Figure 8 : Graphique représentant la moyenne des notes techniques en fonction des périodes de test.

Une ANOVA à mesures répétées a été réalisée, avec un résultat de $p = 0,29$, supérieur au seuil de 0,05. Cela confirme l'absence de différence significative d'un point de vue statistique (Cf Annexes tableau 5).

9.4. Résultats du capteur Enode Pro Sensor

Les trois figures suivantes présentent les données collectées par le capteur Enode Pro Sensor (vitesse, trajectoire, distance). Aucune des variables mesurées n'a montré de différence significative entre les différentes périodes de test.

Toutefois, on observe une réduction moyenne de la distance parcourue par la barre, ce qui pourrait être interprété comme une flexion des membres inférieurs plus marquée lors de la phase de réception (Cf Annexes tableau 6).

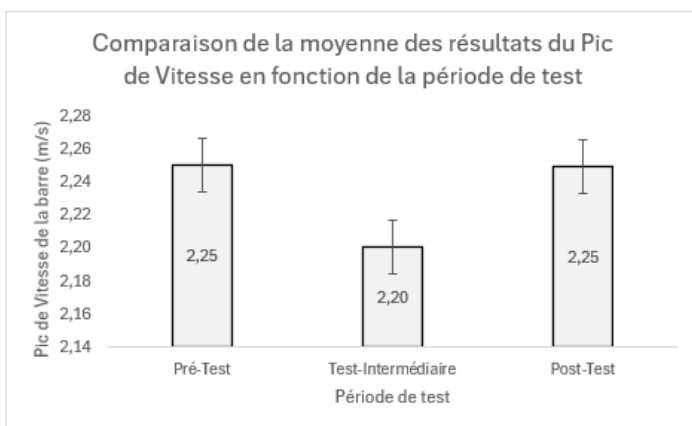


Figure 9 : graphique représentant les moyennes de pic de vitesse de la barre (V max) avec le capteur Enode en fonction des périodes de test.

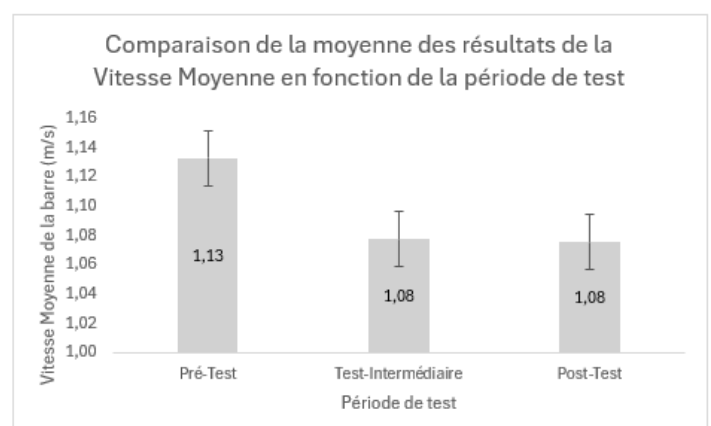


Figure 10 : graphique représentant les moyennes de vitesse moyenne de la barre avec le capteur Enode en fonction des périodes de test.

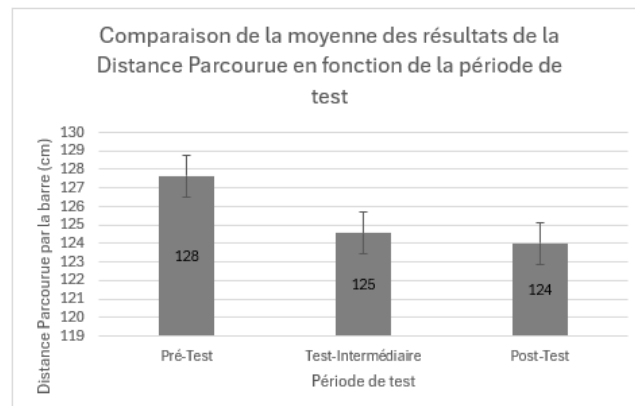


Figure 11 : graphique représentant les moyennes de distance parcourue par la barre avec le capteur Enode en fonction des périodes de test.

10. Discussion :

L'objectif de ce mémoire était d'évaluer l'effet de l'intégration de l'imagerie motrice (IMo) durant les phases de récupération entre les séries d'un entraînement à l'arraché chez des pratiquants de CrossFit. Les résultats mettent en évidence une amélioration significative de la force maximale (1RM à l'arraché). En revanche, les autres mesures (MIQ-3f, analyse technique, capteurs Enode) n'ont pas montré de différence significative.

10.1. Interprétation :

10.1.1 Effets de l'imagerie motrice sur la performance en force

L'augmentation significative du 1RM à l'arraché durant la période incluant l'IMo est cohérente avec la littérature. Plusieurs études ont démontré que l'imagerie motrice peut renforcer l'efficacité neuromusculaire et favoriser les gains de force, en particulier lorsqu'elle est combinée à une pratique physique réelle ([Lebon et al., 2010](#) ; [Guillot & Collet, 2008](#)). L'activation corticale lors de l'IMo implique notamment le cortex moteur, le cortex prémoteur, le cervelet et les ganglions de la base, zones également impliquées dans le contrôle moteur réel ([Decety, 1996](#) ; [Lotze & Halsband, 2006](#)). De plus, en sollicitant ces réseaux neuronaux pendant la récupération, il est possible de renforcer les schémas moteurs sans provoquer de fatigue musculaire supplémentaire, ce qui pourrait expliquer les gains observés sur la force maximale. Il est aussi pertinent de noter que l'IMo est plus efficace lorsqu'elle est dirigée vers des mouvements déjà maîtrisés techniquement ([Wakefield & Smith, 2012](#)), ce qui semble être le cas dans notre échantillon composé de pratiquants réguliers de CrossFit.

10.1.2 Absence d'effets significatifs sur les mesures subjectives d'imagerie motrice (MIQ-3f)

Bien que l'on observe une amélioration des scores au MIQ-3f entre les trois temps de mesure, aucune progression significative n'a été relevée. Cela pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs. D'abord, le MIQ-3f mesure l'aptitude perçue à imaginer, et non la vivacité de l'imagerie réalisée pendant l'intervention. Une amélioration du 1RM ne suppose donc pas nécessairement une amélioration de l'auto-évaluation des capacités d'imagerie. Enfin, les participants n'ayant pas été entraînés spécifiquement à l'utilisation du MIQ-3f ou un effet de familiarisation au questionnaire entre T1 et T2 peuvent expliquer l'augmentation initiale sans lien avec l'IMo.

10.1.3 Données techniques : analyse vidéo et capteurs Enode

Les évaluations techniques issues de l'analyse vidéo n'ont pas permis de dégager de différence significative, bien qu'une amélioration visuelle entre T2 et T3 soit perceptible. Il est possible que l'amélioration technique soit trop subtile pour être détectée par un système de notation subjective sur un échantillon restreint. Par ailleurs, l'amélioration de la force pourrait précéder une réelle transformation du geste technique.

Les données issues des capteurs (vitesse, distance, trajectoires) montrent une réduction moyenne de la distance parcourue par la barre, pouvant traduire une trajectoire plus verticale et techniquement plus propre. Néanmoins, l'absence de significativité statistique pourrait être liée à la variabilité interindividuelle élevée ou à une puissance statistique insuffisante (faible effectif, durée d'intervention limitée).

10.1.4 Comparaison des effets de l'IMo dans des contextes de CrossFit

À ce jour, peu d'études ont exploré l'application de l'imagerie motrice dans un contexte spécifique au CrossFit. Néanmoins, des recherches récentes tendent à intégrer les outils cognitifs dans la planification de l'entraînement fonctionnel. Une étude de Wiersma et al. (2022) a mis en évidence que l'intégration de stratégies mentales, telles que l'IMo et la fixation d'objectifs, amélioreraient la constance dans les performances de WOD (Workouts of the Day) chez des athlètes amateurs.

Dans notre mémoire, la pratique régulière de l'IMo pendant les périodes de récupération a peut-être favorisé le renforcement des représentations motrices, et donc une amélioration de la performance sans fatigue additionnelle. Ce résultat est d'autant plus pertinent dans le contexte du CrossFit, où la gestion

de la récupération est un facteur clé pour éviter le surentraînement (Tibana et al., 2018). En utilisant ces temps morts de manière productive grâce à l'IMo, les athlètes peuvent maintenir ou améliorer leurs performances sans surcharge physiologique.

10.2. Limites :

Plusieurs limites doivent être soulignées :

Le faible effectif réduit la puissance des tests statistiques, rendant difficile la détection de différences significatives.

La durée de l'intervention (cinq semaines pour l'IMo) peut être trop courte pour générer des changements mesurables au niveau technique ou proprioceptif. Surtout avec seulement 1 heure par semaine de pratique d'haltérophilie.

La spécificité du CrossFit implique également des défis méthodologiques. Les mouvements sont souvent complexes, composés et dynamiques. Le snatch (arraché), par exemple, demande une coordination fine entre plusieurs chaînes musculaires et un timing précis. Or, comme le soulignent Paine et al. (2010), l'apprentissage technique en haltérophilie nécessite un temps d'intégration important. Il est donc possible que la durée relativement courte de l'intervention dans notre étude n'ait pas permis de générer des modifications techniques détectables par l'analyse vidéo ou le capteur Enode, même si la performance brute s'est améliorée.

L'absence de mesure de l'adhérence réelle à l'imagerie motrice (qualité de l'imagerie, concentration, fréquence) constitue un biais. Des outils comme les électroencéphalogrammes ou l'IRM fonctionnelle permettraient de vérifier l'activation neuronale attendue (Munzert et al., 2009).

Enfin, plusieurs facteurs interindividuels ou contextuels ont pu influencer les résultats. Tout d'abord, la sensibilité à l'imagerie motrice varie fortement selon les individus. Certaines personnes sont naturellement plus aptes à générer des images mentales claires et précises, tandis que d'autres éprouvent des difficultés à activer les réseaux sensorimoteurs de manière efficace (Guillot & Collet, 2005). Cette variabilité influence directement l'efficacité de l'intervention en imagerie motrice, puisque les bénéfices dépendent en grande partie de la vivacité et de la précision des représentations mentales (Moran et al., 2012).

De plus, le bagage technique initial des participants était hétérogène, ce qui constitue une autre source de variabilité. Les pratiquants plus expérimentés disposent déjà d'un schéma moteur relativement stable

et automatisé, ce qui pourrait limiter leur marge de progression par imagerie, tandis que les moins expérimentés peuvent avoir besoin d'un encadrement plus présent pour que l'imagerie soit pertinente (Holmes & Collins, 2001). Cette différence de niveau technique rend l'interprétation des résultats plus complexe, notamment lorsqu'on cherche à attribuer les effets observés à la seule variable expérimentale.

En outre, certains facteurs externes non contrôlés ont pu interférer avec la performance et l'engagement des participants. La fatigue physique ou mentale accumulée au fil de la semaine, en particulier dans un contexte de pratique régulière de CrossFit, peut affecter la qualité de l'imagerie ainsi que les performances motrices (Marcora et al., 2009). De même, les événements de vie personnels, stress, manque de sommeil, préoccupations professionnelles ou familiales constituent des variables latentes susceptibles de perturber l'implication dans l'entraînement et la concentration nécessaire à la pratique de l'imagerie motrice (Peluso & Andrade, 2005).

Ces éléments soulignent l'importance de mieux contrôler, dans de futures recherches, les différences individuelles et les variables contextuelles susceptibles d'agir comme des facteurs confondants.

10.3. Perspectives :

Les résultats de ce travail ouvrent des perspectives concrètes pour l'optimisation de la performance dans le cadre de l'entraînement en CrossFit. L'intégration de l'imagerie motrice au sein des séances, notamment pendant les phases de récupération, souvent négligées sur le plan cognitif, représente une opportunité stratégique à la fois simple à mettre en œuvre, peu coûteuse en énergie, et potentiellement très efficace sur le plan neuromoteur.

Cette approche pourrait s'inscrire dans une logique innovante de périodisation cognitive, complémentaire à la périodisation physique traditionnelle. Là où cette dernière vise à organiser les charges d'entraînement physique pour favoriser la progression tout en prévenant la fatigue et les blessures, la périodisation cognitive consisterait à structurer des moments dédiés à l'imagerie motrice selon les objectifs techniques, les phases de récupération, ou encore les besoins spécifiques du pratiquant. Une telle organisation permettrait d'optimiser le transfert des apprentissages moteurs sans solliciter davantage les systèmes musculaires et nerveux centraux.

Par ailleurs, l'usage de l'imagerie motrice pourrait également trouver sa place dans d'autres temps forts de l'entraînement, tels que les échauffements, les jours de repos actifs ou les phases de retour de blessure. En période de réathlétisation, par exemple, la pratique mentale pourrait permettre de maintenir

l'activation des réseaux neuronaux impliqués dans l'exécution des mouvements, facilitant ainsi la reprise technique et réduisant la perte d'efficacité motrice.

À plus long terme, l'approfondissement de cette stratégie dans le CrossFit pourrait s'accompagner du développement d'outils pédagogiques adaptés, comme des scripts audios ou des vidéos guidées d'imagerie motrice spécifiquement conçus pour les mouvements complexes (snatch, clean & jerk, muscle-up, etc.). Ces supports permettraient aux coachs d'intégrer plus facilement l'imagerie dans leurs séances, tout en assurant une meilleure qualité de pratique pour les athlètes.

Enfin, une piste de recherche intéressante réside dans la personnalisation de l'imagerie motrice en fonction du profil de chaque athlète : son niveau technique, ses préférences sensorielles (visuelles, kinesthésiques), et sa capacité d'imagerie. En somme, l'utilisation structurée de l'imagerie motrice dans le CrossFit ouvre la voie à une vision plus intégrative et neurocognitive de l'entraînement, où le développement de la performance ne reposerait plus uniquement sur l'intensité physique, mais également sur l'intelligence du geste, la qualité de l'apprentissage moteur, et la mobilisation de ressources mentales ciblées.

11. Conclusion :

Les résultats de ce mémoire mettent en évidence qu'un entraînement spécifique à l'arraché conduit à une amélioration significative du 1RM de ce mouvement, confirmant l'efficacité du travail ciblé dans un contexte de pratique du CrossFit. Par ailleurs, bien que l'imagerie motrice n'ait pas montré d'effets statistiquement significatifs sur le plan technique et mental, les tendances observées suggèrent un potentiel intéressant. Ces observations ouvrent la voie à l'hypothèse que l'imagerie motrice pourrait constituer un outil complémentaire pertinent pour optimiser la performance, notamment dans les mouvements complexes comme en haltérophilie. Les athlètes ont partiellement amélioré leur arraché.

Cependant, les limites méthodologiques du mémoire telles qu'un échantillon restreint, une durée d'intervention relativement courte et l'utilisation d'outils d'évaluation aux sensibilités limitées appellent à la prudence dans l'interprétation des résultats. Il serait donc pertinent de poursuivre les investigations en mettant en place des protocoles de recherche à plus grande échelle, sur des périodes plus longues, et intégrant des instruments de mesure plus fins, notamment sur les plans neurophysiologique et psychologique.

En somme, ce mémoire ouvre des perspectives prometteuses quant à l'utilisation de l'imagerie motrice dans l'entraînement en CrossFit, et plus largement dans l'optimisation des performances motrices. Elle constitue une première étape vers une meilleure compréhension des interactions entre préparation physique et préparation mentale dans le développement de la performance.

12. Références bibliographiques :

- AkkuS, H. (2012). Kinematic Analysis of the Snatch Lift With Elite Female Weightlifters During the 2010 World Weightlifting Championship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 897–905. https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/04000/kinematic_analysis_of_the_snatch_lift_with_elite.3.aspx
- Alter, M.J. (2004). *Science of Flexibility*. Relié.
- Behm, D. G., Cools, E., & Haff, G. G. (2024). The effects of motor imagery on tennis serve performance: A systematic review and meta-analysis. *Behavioral Sciences*, 14(3), 207. <https://doi.org/10.3390/bs14030207>
- Cabanas, E. (2024). CrossFit and Self-Optimization in CrossFit's Popular Literature. *Historical Social Research / Historische Sozialforschung*, 49(3), 30–59. <https://www.jstor.org/stable/27331434>
- Claudino, J.G., Gabbett, T.J., Bourgeois, F., et al. (2018). CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine – Open*, 4, 11. <https://doi.org/10.1186/s40798-018-0124-5>
- Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2007). Developing maximal neuromuscular power: Part 1—biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 37(1), 17–38. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737010-00002>
- Decety, J. (1996). The neurophysiological basis of motor imagery. *Behavioural Brain Research*, 77(1–2), 45–52. [https://doi.org/10.1016/0166-4328\(95\)00225-1](https://doi.org/10.1016/0166-4328(95)00225-1)
- Di Rienzo, F., & Debarnot, U. (2016). Online and Offline Performance Gains Following Motor Imagery Practice: A Comprehensive Review of Behavioral and Neuroimaging Studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00315>
- Drechsler, A. (1998). *The Weightlifting Encyclopedia: A Guide to World Class Performance*. A is A Communications.
- Fournier, J. (1998). *Entraînement mental et sport de haute performance*. Cahier de l'INSEP.

Gile, M., Petit, J., & Gremeaux, V. (2020). Évaluation du taux de blessures chez les pratiquants de CrossFit en France. *Journal de traumatologie du sport*, 37(1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2019.12.002>

Glassman, G. (Sous presse). Guide de l'entraînement de niveau 1. CrossFit Training. https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_L1_Guide_french.pdf

Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Garas, A., & Mavromatis, G. (2009). Unsuccessful vs. Successful Performance in Snatch Lifts: A Kinematic Approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 486–494. https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2009/03000/unsuccessful_vs_successful_performance_in_snatch.19.aspx

Guillot, A. (2024). Les pouvoirs insoupçonnés de la visualisation. Manuel ultime de préparation mentale intégrée des sportifs. Éditions Solar.

Guillot, A., & Collet, C. (2005). Duration of mentally simulated movement: A review. *Journal of Motor Behavior*, 37(1), 10–20. <https://doi.org/10.3200/JMBR.37.1.10-20>

Guillot, A., & Collet, C. (2008). Construction of the motor imagery integrative model in sport: A review and theoretical investigation. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(1), 31–44. <https://doi.org/10.1080/17509840701823139>

Hanakawa, T., Dimyan, M.A., & Hallett, M. (2008). Motor planning, imagery, and execution in the distributed motor network: a time-course study with functional MRI. *Cerebral Cortex*, 18(12), 2775–2788. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn036>

Henschke, J.U., & Pakan, J.M.P. (2023). Engaging distributed cortical and cerebellar networks through motor execution, observation, and imagery. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2023.1165307>

Ho, L.K., Lorenzen, C., Wilson, C.J., Saunders, J.E., & Williams, M.D. (2014). Reviewing current knowledge in snatch performance and technique: the need for future directions in applied research. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(2), 574–586. https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2014/02000/reviewing_current_knowledge_in_snatch_performance.33.aspx

- Holmes, P. S., & Collins, D. J. (2001). The PETTLEP approach to motor imagery: A functional equivalence model for sport psychologists. *Journal of Applied Sport Psychology*, 13(1), 60–83. <https://doi.org/10.1080/10413200109339004>
- Jaquet, T., Lepers, R., Poulin, B., Bard, P., Pfister, P., & Pageaux, B. (2020). Mental fatigue induced by prolonged motor imagery increases perception of effort and the activity of motor areas. *Neuropsychologia*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2020.107701>
- Kanthack, T.F.D., Guillot, A., Altimari, L.R., Nagy, S.N., Collet, C., & Di Rienzo, F. (2016). Selective Efficacy of Static and Dynamic Imagery in Different States of Physical Fatigue. *PLoS One*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149654>
- Le Deuff, H. (2016). Entraînement mental et coaching du sportif - Apprendre à mieux se connaître et à créer les conditions optimales de performance. Broché.
- Lebon, F., Collet, C., & Guillot, A. (2010). Benefits of motor imagery training on muscle strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1680–1687. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d8e936>
- Lotze, M., & Halsband, U. (2006). Motor imagery. *Journal of Physiology – Paris*, 99(4–6), 386–395. <https://doi.org/10.1016/j.jphysparis.2006.03.012>
- Magill, R. (2016). Motor Learning and Control: Concepts and Applications. Broché.
- Mangine, G.T., & Seay, T. (2022). Quantifying CrossFit®: Potential solutions for monitoring multimodal workloads and identifying training targets. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.949429>
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91324.2008>
- Mizuguchi, N., Nakata, H., & Kanosue, K. (2014). Activity of right premotor-parietal regions dependent upon imagined force level: an fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00810>

Moran, A., Guillot, A., MacIntyre, T., & Collet, C. (2012). Re-imagining motor imagery: Building bridges between cognitive neuroscience and sport psychology. *British Journal of Psychology*, 103(2), 224–247. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.2011.02068.x>

Munzert, J., Lorey, B., & Zentgraf, K. (2009). Cognitive motor processes: The role of motor imagery in the study of motor representations. *Brain Research Reviews*, 60(2), 306–326. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.12.024>

Ndicka Matam, S. (2023). *Haltérophilie en 50 correctifs – le guide pour ajuster le geste technique*. 4 Trainers Editions.

Newton, R.U., & Kraemer, W.J. (1994). Developing Explosive Muscular Power: Implications for a Mixed Methods Training Strategy. *Strength and Conditioning Journal*, 16(5), 20–31. https://journals.lww.com/nsca-scj/citation/1994/10000/developing_explosive_muscular_power_implications.2.aspx

Paine, J., Voight, M. L., & Wages, J. J. (2010). Role of the hip in the snatch and clean. *Strength & Conditioning Journal*, 32(3), 44–50. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181e7f7a4>

Peluso, M. A. M., & Andrade, L. H. S. G. (2005). Physical activity and mental health: The association between exercise and mood. *Clinics*, 60(1), 61–70. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322005000100012>

Pourcelot, C. (2013). *100 % cross-training : Guide des mouvements, planification, méthodologie*. Paris : Édition Amphora.

Robin, N., Coudeville, G.R., Guillot, A., & Toussaint, L. (2020). Validation de la traduction française du « Movement Imagery Questionnaire-third version (MIQ-3f) ». *Science & Motricité*, 108, 23–31. <https://doi.org/10.1051/sm/2019035>

Ruffino, C., Papaxanthis, C., & Lebon, F. (2017). Neural plasticity during motor learning with motor imagery practice: Review and perspectives. *Neuroscience*, 341, 61–78. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.11.023>

Sandau, I., & Granacher, U. (2020). Effects of the Barbell Load on the Acceleration Phase during the Snatch in Elite Olympic Weightlifting. *Sports*, 8(5), 59. <https://doi.org/10.3390/sports8050059>

Sandau, I., & Granacher, U. (2023). Optimal barbell force-velocity profiles can contribute to maximize weightlifting performance. *PLoS One*, 18(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290275>

Schmidt, R., & Lee, T.D. (2019). *Motor Learning and Performance: From Principles to Application*. Broché.

Tibana, R. A., de Sousa, N. M. F., Prestes, J., et al. (2019). Monitoring training load, well-being, heart rate variability, and competitive performance of a functional-fitness female athlete: A case study. *Sports*, 7(2), 35. <https://doi.org/10.3390/sports7020035>

Vander, A.J. (2013). *Physiologie Humaine* (6ème éd.). Broché.

Wakefield, C., & Smith, D. (2012). Perfecting practice: Applying the PETTLEP model of motor imagery. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 1(4), 283–293. <https://doi.org/10.1037/a0027528>

Weakley, J. J. S., Mann, B., Banyard, H. G., McLaren, S. J., Scott, T., Garcia-Ramos, A., & Cronin, J. B. (2021). Velocity-Based Training: From Theory to Application. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 31–49. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000580>

Williams, S. E., Cumming, J., & Hall, C. (2012). The use of imagery to manipulate challenge and threat appraisals. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 34(5), 783–801. <https://doi.org/10.1123/jsep.34.5.783>

Zatsiorsky, V., & Kraemer, W.J. (2006). *Science and Practice of Strength Training*. Relié.

Webographie :

Site de la fédération française d'haltérophilie : <https://www.ffhalterer.fr/pratiquer/decouvrir-lhalterophilie/>

Site CrossFit.Com, s'y trouve toute les formations coach et les données chiffrés de la discipline : <https://www.crossfit.com/>

Site Madma Move, lieu de réalisation du protocole de mémoire : <https://www.madmamove.com/>

CrossFit Level 1 : Manuel Guide en Français :

https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_L1_Guide_french.pdf?_ga=2.268576945.1787653371.1749202879-

[1794392614.1732870556&_gl=1*1dv8012*_gcl_au*NDkwNzgyNTM1LjE3NDc5MTk1ODk.*_ga*MTc5NDM5MjYxNC4xNzMyODcwNTU2*_ga_YMP4SGMLNT*czE3NDkyMDI4NzkkbzYkZzEkdDE3NDkyMDI4OTYkajQzJGwwJGgxMjY0OTM2OTg3](https://library.crossfit.com/free/pdf/CFJ_L1_Guide_french.pdf?_ga=2.268576945.1787653371.1749202879-1794392614.1732870556&_gl=1*1dv8012*_gcl_au*NDkwNzgyNTM1LjE3NDc5MTk1ODk.*_ga*MTc5NDM5MjYxNC4xNzMyODcwNTU2*_ga_YMP4SGMLNT*czE3NDkyMDI4NzkkbzYkZzEkdDE3NDkyMDI4OTYkajQzJGwwJGgxMjY0OTM2OTg3)

13. Annexes :

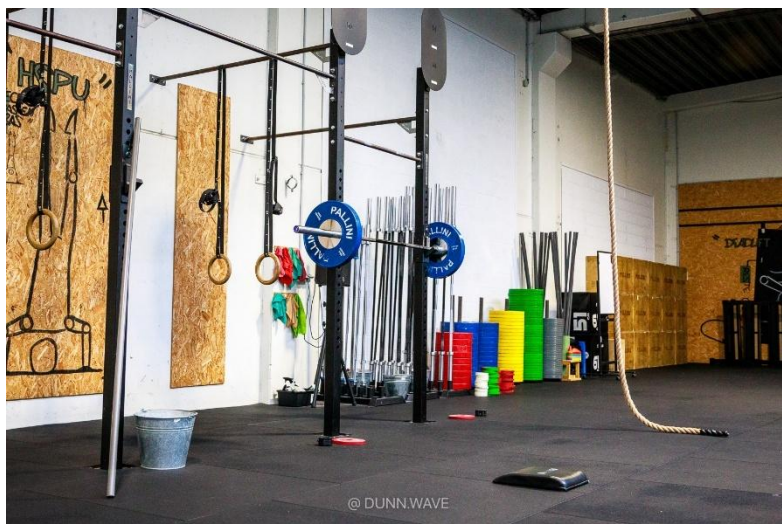


Photo : 1 : salle de CrossFit avec structure de gymnastique, anneaux, sol en dalle, barre et poids d'haltérophilie, mur en composite ... crédit @Dunn Wave, MADMA Move.



Photo : 2 : Edmond Deccottignies athlète français, arraché à 1 bras 1924.



Photo : 3 : Romain Imadouchene athlète français se présentant devant une barre de 200 kilos, 2024. crédit @FFHM



Photo : 4 : Athlete qui se prépare à faire un arraché après avoir réalisé une imagerie motrice crédit @Dunn Wave, MADMA Move.



Photo : 5 : Enode Pro Sensor aimanté sur une barre olympique

	Pré-Test	Test- Intermédiaire 1RM (kilos)	Post-Test
Sujets			
1	40	42	45
2	40	42	42
3	34	35	35
4	60	61	62
5	72	70	75
6	34	35	37
7	45	47	50
8	35	38	38
9	55	55	62
10	40	42	43
11	40	43	45
Moyenne	45	46,4	48,5
Ecart Type	12,2	11,2	12,6
Shapiro-Wilk	P = 0,02	P = 0,07	P = 0,10
Levene	Ne sont pas significativement hétérogènes		
Friedman	Alpha 0,01% = significativement différent		
Post Hoc	T1 - T2	T2-T3	T1-T3
Wilcoxon	1,50%	0,59%	0,17%

Tableau 3 : Résultats du 1RM à l'arraché, selon les 3 périodes (pré-test, test-intermédiaire, post-test), test de normalité (shapiro-wilk) P<0,05= rouge, significativement différent car Friedman = Alpha 0,01%, test post hoc (Wilcoxon).

MIQ-3F	Pré-Test	Test- Intermédiaire	Post-Test	Pré-Test	Test- Intermédiaire	Post-Test	Pré-Test	Test- Intermédiaire	Post-Test
Sujet	Imagerie Visuelle Interne			Imagerie Visuelle Externe			Imagerie Kinesthésique		
1	24	24	22	26	26	28	21	21	19
2	26	26	27	27	26	27	27	27	27
3	14	26	24	16	20	21	26	23	27
4	19	24	24	19	19	13	20	24	23
5	25	23	24	24	21	24	23	24	23
6	21	25	26	25	28	27	23	25	26
7	16	21	22	17	24	22	14	18	20
8	26	26	28	26	26	28	27	27	28
9	21	23	22	20	22	22	19	18	21
10	17	17	20	22	22	24	12	12	15
11	27	26	27	27	26	26	27	26	27
Moyenne	21	24	24	23	24	24	22	22	23
Ecart-Type	4,50	2,76	2,56	4,06	2,98	4,38	5,20	4,65	4,17
Shapiro-Wilk	P = 0,36	P = 0,014	P = 0,48	P = 0,15	P = 0,29	P = 0,03	P = 0,14	P = 0,12	P = 0,23
Levene	Ne sont pas significativement hétérogènes			Ne sont pas significativement hétérogènes			Ne sont pas significativement hétérogènes		
Friedman ANOVA à mesures répétées	Alpha = 9,12% : pas significativement différent			Alpha = 23,59% : pas significativement différent			P = 0,06 : pas significativement différent		

Tableau 4 : récapitulatif des résultats obtenus au MIQ-3f. Aucune différences significatives trouvées

Analyse Vidéo - Notes techniques			
Sujet	Pré-Test	Test- Intermédiaire	Post-Test
1	16	16	16
2	16	15	15
3	18	18	19
4	13	13	11
5	15	15	15
6	17	16	20
7	14	15	19
8	14	15	16
9	12	12	13
10	16	18	18
11	19	16	16
Moyenne	15,5	15,4	16,2
Ecart-Type	2,1	1,8	2,7
Shapiro-Wilk	P = 0,95	P = 0,27	P = 0,64
Levene	Ne sont pas significativement hétérogènes		
ANOVA à mesures répétées	P = 0,29 : pas significativement différent		

Tableau 5 : Récapitulatif des résultats des notes techniques selon les 3 périodes de test. P>0,05 = non significatif

Enode Pro Sensor	Pré-Test	Test-Intermédiaire	Post-Test	Pré-Test	Test-Intermédiaire	Post-Test	Pré-Test	Test-Intermédiaire	Post-Test
Sujet	Pic de Vitesse (m/s)			Vitesse moyenne (m/s)			Distance parcourue par la barre (cm)		
1	2,53	2,53	2,14	1,2	1,2	1	140	140	129
2	2,42	1,95	2,12	0,91	1,06	1,14	112	108	114
3	1,98	2,14	2,17	1,1	1,06	1,07	123	88	133
4	2,35	2,35	2,79	1,02	1,02	1,24	134	134	151
5	2,22	2,18	1,97	1,26	1,24	1,1	138	130	122
6	2,18	2,1	2,15	1,11	0,73	1,09	128	119	125
7	2,26	2,6	2,87	1,31	1,58	1,18	138	124	123
8	2,28	2,15	2,08	1,33	0,84	0,96	117	140	105
9	2,23	2,22	2,2	1,29	1,37	1,25	131	131	129
10	2,28	2,05	2,24	1,13	0,93	0,93	116	107	118
11	2,02	1,94	2,01	0,8	0,82	0,87	127	149	115
Moyenne	2,25	2,20	2,25	1,13	1,08	1,08	128	125	124
Ecart-Type	0,16	0,21	0,30	0,17	0,25	0,12	9,67	17,85	12,02
Shapiro-Wilk	P = 0,77	P = 0,28	P = 0,001	P = 0,40	P = 0,80	P = 0,80	P = 0,47	P = 0,62	P = 0,62
Levene	Ne sont pas significativement hétérogènes			Ne sont pas significativement hétérogènes			Ne sont pas significativement hétérogènes		
Friedman ANOVA à mesures répétées	Alpha = 13,53% : pas significativement différent			P = 0,75 : pas significativement différent			P = 0,58 : pas significativement différent		

Tableau 6 : Récapitulatif des résultats obtenus avec le capteur Enode (pic de vitesse, vitesse moyenne, distance parcourue) en fonction des 3 périodes de test. Pas de différences significatives.

- 1) Conférence booster l'apprentissage et la performance par la visualisation - <https://www.youtube.com/watch?v=T5tnKEjckgs>
- 2) <https://simplifaster.com/articles/enode-pro-review/> voici un site intéressant pour comprendre comment fonctionne et ce que mesure le capteur ENODE Pro.
- 3) <https://www.youtube.com/watch?v=tfqxsvmn1Fw> vidéo d'une description complète du mouvement d'arraché
- 4) Planning MADMA CrossFit

	LUNDI		MARDI		MERCREDI		JEUDI		VENDREDI		SAMEDI		DIMANCHE	
8h à 9h	HYROX		WOD 7h30		WOD GYM		WOD 7h30		HALTERO					
9h à 10h	WOD		WOD GYM		HYROX		FUNCTIONAL BODYBUILDING		WOD		WOD		HYROX	
10h à 11h											HYROX		WOD TEAM	
11h à 12h											FBB	HALTERO	WOD TEAM	
12h30 à 13h30	WOD	FBB	WOD		WOD TEAM		WOD GYM	PILATES	HYROX	HALTERO	CROSSFIT TEENS 12h15 à 13h15			
15h30 à 16h30					CROSSFIT KIDS									
17h à 18h	WOD		WOD		FUNCTIONAL BODYBUILDING		WOD		WOD GYM	PILATES				
18h à 19h	WOD	CARDIO T.	RENFO M.	WOD	WOD TEAM		HALTERO	WOD GYM	WOD					
19h à 20h	WOD	RENFO M.	HALTERO	WOD GYM	HYROX		CARDIO T.	RENFO M.	WOD					
20h à 21h	WOD		HYROX		WOD GYM		WOD							

5) Tarif abonnement MADMA CrossFit



6) Pour découvrir et avoir un aperçu de l'haltérophilie selon la FFHM
<https://www.ffhaltero.fr/pratiquer/decouvrir-lhalterophilie/>

7) Séances du protocole

Ensemble des séances d'entraînement en haltérophilie (programmation et planification) :

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-K5s1JLFJhMY4gmUSbaVyZzOrUsQC_Wt7zNSAxhi8ks/edit?usp=sharing

Séance 1 d'Imagerie Motrice (à la maison) : introduction à l'IM, présentation de quelques concepts et pratique décontextualisé :

https://www.canva.com/design/DAGg21KXSR8/IVNfsFNNW6LX8Qw3mNQUqw/edit?utm_content=DAGg21KXSR8&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Séance 2 IM (à la maison) : introduction à l'IM, explications de quelques concepts et pratique décontextualisé :

https://www.canva.com/design/DAGiR2fyBCg/GstgI9Cd61wEACBd0qN5gw/edit?utm_content=DAGiR2fyBCg&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Séance 3 IM (à la maison) : approfondissement des connaissances en l'IM et pratique décontextualisé :

https://www.canva.com/design/DAGjF8wmpQY/bDP43KLd1pb0eVFkQIW9Tw/edit?utm_content=DAGjF8wmpQY&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Séance 4 IM (à la maison) : approfondissement des connaissances en l'IM grâce à une vidéo et pratique décontextualisé :

https://www.canva.com/design/DAGjkQop4Z8/duUj5FvX_E2zhSTeQP37Pg/edit?utm_content=DAGjkQop4Z8&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Séance 5 IM (maison) : mise en pratique de l'IM grâce à une vidéo et pratique décontextualisé :

https://www.canva.com/design/DAGkrwYnpAA/qNaTurHDnFm3_dOP5fKiOg/edit?utm_content=DAGkrwYnpAA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Exemple d'une séance d'Haltérophilie avec de l'Imagerie Motrice associé guidé :

<https://docs.google.com/document/d/1D5q2bQrUYcmn5Bid2rqJvTqXq4EaTyWWXGGeP15Q-OU/edit?usp=sharing>

8) Movement Imagery Questionary – 3 versions

Questionnaire en Imagerie du Mouvement-3

Robin, N., Coudeville, G.R. Guillot, A., & Toussaint, L. (2020). French Translation and Validation of the Movement Imagery Questionnaire–third Version (MIQ-3f). *Movement and Sport Science*. doi : 10.1051/sm/2019035

Instructions

Ce questionnaire envisage deux façons de se représenter *mentalement* les mouvements. Elles sont utilisées par certaines personnes plus que d'autres et sont plus applicables à certains types de mouvements qu'à d'autres. La première est d'essayer de former une image visuelle ou une image du mouvement dans votre esprit. La seconde consiste à sentir la représentation d'un mouvement sans réellement l'effectuer. Dans ce questionnaire, il vous est demandé de réaliser l'une et l'autre de ces tâches mentalement pour une variété de mouvements et ensuite d'apprécier combien vous trouvez ces tâches faciles ou difficiles. Les estimations que vous donnez ne sont pas conçues pour évaluer la bonne ou la mauvaise qualité de la façon dont vous exécutez ces tâches mentales. Elles visent à mettre en évidence la capacité que les sujets manifestent pour se représenter ces tâches dans des mouvements différents. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises estimations ou d'estimations meilleures que d'autres.

Chacun des énoncés suivants décrit une action ou un mouvement particulier. Lisez chaque énoncé attentivement et exécutez ce mouvement tel qu'il est décrit. Exécutez ce mouvement une seule fois. Revenez à la position de départ du mouvement comme si vous alliez exécuter l'action une deuxième fois. Ensuite en fonction de ce qu'il vous est demandé de faire : (1) soit former une image mentale visuelle aussi claire et vive que possible du mouvement que vous venez d'exécuter selon une perspective interne (i.e., selon une perspective à la 1^{ère} personne, comme si vous étiez à l'intérieur de votre propre corps et vous voyiez les actions avec vos yeux), (2) soit former une image mentale visuelle aussi claire et vive que possible du mouvement que vous venez d'exécuter selon une perspective externe (i.e., selon une perspective à la 3^{ème} personne, comme si vous vous regardiez vous même sur un DVD), ou soit (3) essayer de vous sentir en train de réaliser le mouvement exécuté sans réellement le faire.

Après avoir accompli la tâche mentale exigée, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous avez été capable de l'effectuer. Faites votre estimation à partir des échelles suivantes. Soyez aussi précis que possible et prenez le temps qui vous est nécessaire pour arriver à l'estimation adéquate de chaque mouvement. Vous choisirez la même estimation pour chaque mouvement « visualisé » ou « senti » et il n'est pas nécessaire d'utiliser la totalité de la longueur de l'échelle.

ECHELLES D'EVALUATION

Echelle d'Imagerie Visuelle

1	2	3	4	5	6	7
Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

Echelle d'Imagerie Kinesthésique

1	2	3	4	5	6	7
Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

1. **Position de départ** : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

Action : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **sentir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

2. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

Action : Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras le long du corps

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective interne**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

3. **Position de départ** : Élevez latéralement (sur le côté) le bras de votre main non-dominante afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

Action : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective externe**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale et l'angle à partir duquel l'image était observée (voir la page annexe donnant la liste totale des différents angles).

Score : _____

4. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras complètement étendus au-dessus de la tête.

Action : **Lentement**, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **sentir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

5. **Position de départ** : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

Action : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective interne**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

6. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

Action : Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras le long du corps

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective externe**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale et l'angle à partir duquel l'image était observée (voir la page annexe donnant la liste totale des différents angles).

Score : _____

7. **Position de départ** : Élevez latéralement (sur le côté) le bras de votre main non-dominante afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

Action : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **sentir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

8. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras complètement étendus au-dessus de la tête.

Action : **Lentement**, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective interne**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

9. **Position de départ** : Debout, pieds joints, bras le long du corps.

Action : Montez votre genou aussi haut que possible afin de vous tenir sur une jambe. Le genou de la jambe levée doit être maintenu fléchi. Maintenant abaissez votre jambe jusqu'à ce que vous vous retrouviez en position pieds joints. Exécutez ces actions **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective externe**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale et l'angle à partir duquel l'image était observée (voir la page annexe donnant la liste totale des différents angles).

Score : _____

10. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras le long du corps.

Action : Fléchissez complètement les jambes et sautez verticalement aussi haut que possible avec les deux bras étendus au dessus de votre tête. Réceptionnez vous pieds légèrement écartés en abaissant latéralement les bras le long du corps

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **sentir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter sans le faire réellement. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

11. **Position de départ** : Élevez latéralement (sur le côté) le bras de votre main non-dominante afin qu'il soit parallèle au sol, la paume vers le bas.

Action : Déplacez votre bras parallèlement au sol jusqu'à ce qu'il soit directement devant vous. Gardez votre bras tendu pendant le mouvement et faites le mouvement **lentement**.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective interne**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale.

Score : _____

12. **Position de départ** : Debout, pieds légèrement écartés, bras complètement étendus au-dessus de la tête.

Action : **Lentement**, fléchissez le haut du corps vers l'avant au niveau de la taille et essayez de toucher vos orteils avec le bout de vos doigts (ou si possible, touchez le sol avec le bout de vos doigts ou vos mains). Maintenant revenez à la position de départ en vous redressant avec les bras tendus au-dessus de votre tête.

Tâche Mentale : Prenez la position de départ. Essayez de vous **voir** en train de faire le mouvement que vous venez d'exécuter selon une **perspective externe**. Maintenant, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous étiez capable de faire cette tâche mentale et l'angle à partir duquel l'image était observée (voir la page annexe donnant la liste totale des différents angles).

Score : _____

Questionnaire en Imagerie du Mouvement-3

Formulaire de réponse (si les consignes et les items sont lus aux participants)

Après avoir accompli la tâche mentale exigée, estimez la facilité ou la difficulté avec laquelle vous avez été capable de l'effectuer. Faites votre estimation à partir des échelles suivantes. Soyez aussi exact que possible et prenez le temps qui vous est nécessaire pour arriver à l'estimation adéquate de chaque mouvement. Vous choisirez la même estimation pour chaque mouvement « visualisé » ou « senti » et il n'est pas nécessaire d'utiliser la totalité de la longueur de l'échelle.

ECHELLES D'EVALUATION

Echelle d'Imagerie Visuelle

1	2	3	4	5	6	7
Très difficile à visualiser	Difficile à visualiser	Assez difficile à visualiser	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à visualiser	Facile à visualiser	Très facile à visualiser

Echelle d'Imagerie Kinesthésique

1	2	3	4	5	6	7
Très difficile à sentir	Difficile à sentir	Assez difficile à sentir	Neutre (ni facile ni difficile)	Assez facile à sentir	Facile à sentir	Très facile à sentir

- | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| 1) Elévation du genou | Score : _____ | 7) Mouvement de bras | Score : _____ |
| 2) Saut | Score : _____ | 8) Flexion du buste | Score : _____ |
| 3) Mouvement de bras | Score : _____ | 9) Elévation du genou | Score : _____ |
| 4) Flexion du buste | Score : _____ | 10) Saut | Score : _____ |
| 5) Elévation du genou | Score : _____ | 11) Mouvement de bras | Score : _____ |
| 6) Saut | Score : _____ | 12) Flexion du buste | Score : _____ |

Questionnaire en Imagerie du Mouvement-3

Calcul des Scores

Sous-échelles	Items
Imagerie Visuelle Interne	Item 2 + Item 5 + Item 8 + Item 11 = /4
Imagerie Visuelle Externe	Item 3 + Item 6 + Item 9 + Item 12 = /4
Imagerie Kinesthésique	Item 1 + Item 4 + Item 7 + Item 10 = /4

14. Résumés français et anglais (350 mots), (5) mots clés :

5 mots clés : CrossFit – Arraché – Imagerie Motrice – Performance – Entraînement

Résumé français :

Ce mémoire explore les effets de l'imagerie motrice (IM) sur l'amélioration du mouvement d'arraché chez les pratiquants de CrossFit. L'arraché est un mouvement complexe et très technique de l'haltérophilie, dont l'exécution optimale repose sur la coordination de six phases distinctes. Dans un contexte où les crossfiteurs sont souvent en quête de progression, l'intégration de techniques de préparation mentale comme l'imagerie motrice semble prometteuse.

L'étude a été conduite au sein de la structure MADMA CrossFit auprès de 11 participants. Un protocole expérimental en mesures répétées a été mis en place, avec une phase contrôle (entraînement habituel) et une phase expérimentale (ajout d'IM pendant les temps de récupération). Les performances ont été évaluées à l'aide de tests de 1 répétition maximale (1RM), de questionnaires d'imagerie (MIQ-3f), d'analyses vidéo, et de mesures de vitesse via capteur (Enode Pro Sensor).

Les résultats montrent une amélioration significative de la force maximale (1RM) entre la phase témoin et la phase avec imagerie, suggérant une efficacité de l'IM pour renforcer les schémas moteurs sans surcharger physiquement l'athlète. Toutefois, les autres paramètres (vitesse, trajectoire, technique et score au MIQ-3f) n'ont pas montré de différences statistiquement significatives, bien que des tendances positives aient été observées.

Ces résultats indiquent que l'imagerie motrice pourrait être un outil utile pour optimiser les performances en haltérophilie, particulièrement dans le cadre du CrossFit. Néanmoins, la taille réduite de l'échantillon, la durée de l'intervention (5 semaines) et la variabilité interindividuelle constituent des limites à considérer.

Ce travail ouvre des perspectives d'intégration de la préparation mentale dans les pratiques de coaching sportif, en particulier dans des disciplines exigeantes comme l'haltérophilie. Il encourage à poursuivre les recherches sur les effets de l'IM avec des protocoles plus longs, des groupes plus larges et des outils de mesure plus sensibles.

Résumé anglais :

5 keywords : CrossFit – Snatch – Motor Imagery – Performance – Training

This thesis investigates the effects of motor imagery (MI) on improving the snatch technique among CrossFit athletes. The snatch is a complex and highly technical Olympic lift that requires precise coordination across six distinct phases. In a context where CrossFit practitioners seek constant progress, integrating mental training techniques such as MI appears to be a promising strategy.

The study was conducted at MADMA CrossFit with 11 voluntary participants. A repeated-measures experimental protocol was implemented, including a control phase (standard training) and an experimental phase (MI during recovery). Performance was assessed using one-repetition maximum (1RM) testing, motor imagery questionnaires (MIQ-3f), video analysis, and bar velocity measurement via Enode Pro Sensor.

Results revealed a significant improvement in 1RM during the MI phase compared to the control phase, suggesting that MI may enhance motor pattern reinforcement without inducing physical fatigue. However, no statistically significant differences were observed in other parameters (velocity, bar trajectory, technique scores, MIQ-3f), although positive trends were noted.

These findings indicate that motor imagery could be a valuable tool to optimize weightlifting performance, especially within the CrossFit context. However, limitations such as the small sample size, the short intervention duration (5 weeks), and high individual variability should be considered.

This research opens avenues for integrating mental preparation into sports coaching practices, particularly in disciplines that demand high coordination and precision like Olympic weightlifting. It encourages further exploration of MI effects through longer-term protocols, larger participant samples, and more sensitive assessment tools.

15. 3 compétences acquises :

*Compétence n°1 : **Apprendre***

J'ai approfondi mes connaissances techniques sur le mouvement d'arraché, en analysant les phases du geste, les erreurs fréquentes et les principes biomécaniques pour optimiser la performance des pratiquants.

*Compétence n°2 : **Organiser***

J'ai conçu un protocole expérimental structuré (planification, outils, consignes, collecte de données) afin d'évaluer l'effet de l'imagerie motrice sur les performances des crossfiteurs.

*Compétence n°3 : **Motiver***

J'ai su instaurer un climat de confiance avec les participants en adaptant ma communication, en étant attentif à leurs ressentis, et en les accompagnant de manière positive tout au long du protocole.