

Faculté des sciences de la motricité

Impact du type d'entraînement sur la relation entre l'erreur de prédiction de l'effort physique et le plaisir ressenti chez les triathlètes

Auteur : CARDARELLI Gabriel, PLACE Shana

Promoteur(s) : BREVERS Damien

Année académique 2025-2026

Master en sciences de la motricité, orientation éducation physique à finalité didactique [120.0] – EDPH2M

Remerciements

Ce présent travail de fin d'études est le fruit de nombreuses heures de travail, de recherches, d'investissement et de découvertes. La réalisation de ce mémoire a été une expérience enrichissante que nous avons eu le plaisir de mener en collaboration.

Tout d'abord, nous souhaitons adresser notre reconnaissance et nos remerciements à notre promoteur, Monsieur Damien Brevers, pour ses nombreux conseils et sa disponibilité constante. Sans lui, notre mémoire n'aurait jamais pu voir le jour. Il a partagé avec nous ses connaissances et des outils indispensables pour orienter notre réflexion.

Ensuite, la réalisation de ce mémoire a également été possible grâce à l'acceptation de notre club 3T, qui nous a permis de collaborer avec des athlètes. Ces derniers se sont gentiment prêtés au jeu de notre enquête et ont pris le temps de répondre précisément à nos sollicitations. Nous les remercions chaleureusement pour leur contribution.

Enfin, nous tenons à remercier profondément notre famille pour leur soutien constant tout au long de notre parcours académique. Nous remercions également toutes les personnes qui nous ont soutenus et encouragés ; bien qu'elles soient trop nombreuses pour être citées ici, nous espérons qu'elles se reconnaîtront dans ces lignes.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	Contexte global.....	1
1.2	Plaisir et adhésion à l'entraînement	2
1.3	Runner's high.....	3
1.4	Le « flow »	3
1.5	La notion de plaisir dans la pratique sportive	4
1.6	Erreur de prédiction et impact sur le plaisir.....	4
1.7	Influence du type d'entraînement sur l'erreur de prédiction	6
1.8	Objectifs complémentaires et variable de contrôle.....	7
1.8.1	Douleur perçue en fin d'exercice.....	7
1.8.2	Les stratégies de coping face à la douleur	8
1.8.3	Le burn-out	8
1.9	La présente étude et hypothèse	10
1.9.1	Question de recherche	10
1.9.2	Hypothèses opérationnelles	10
2	Méthode.....	11
2.1	Recrutement	11
2.2	Participants	11
2.3	Le carnet de bord.....	12
2.3.1	Description	12
2.3.2	Explications du carnet de bord	12
2.3.3	Questionnaire général.....	12
2.3.4	Questionnaire spécifique	12
2.3.5	Questionnaire avant/après	13
2.3.6	Les types de séance	14
2.3.7	Mesure de l'intensité de l'effort.....	14
2.3.8	Mesure du plaisir	15
2.3.9	Mesure de la douleur	15
2.3.10	Récoltes des carnets de bords	15
2.4	Analyses statistiques	16
3	Résultats.....	18
3.1	Analyses descriptives	18
3.2	Modèle linéaire mixte (LMM).....	18
3.2.1	Effet du type de séance.....	19
3.2.2	Effet de l'erreur de prédiction (EP).....	19
3.2.3	Effet d'interaction EP × type de séance	19
3.2.4	Analyses complémentaires : Contrôle de la douleur perçue	22

3.2.5	Analyses complémentaires : Contrôles du burn-out et des stratégies de coping.....	22
3.2.6	Analyses complémentaires : Influence des variations pré-post du burn-out et des stratégies de coping	24
4	<i>Discussion</i>	26
4.1	Limites	30
4.2	Perspectives	32
5	<i>Conclusion</i>	34
6	<i>Bibliographie</i>	35
7	<i>Annexes</i>	44
7.1	Carnet de bord	44
7.2	Questionnaire général.....	45
7.3	Questionnaire avant et après entraînement	46

Abréviation

RPE = Rating of Perceived Exertion

CPM = Conditioned Pain Modulation

HIIT = High Intensity Interval Training

MICT = Moderate Intensity Continuous Training

3T = Triathlon Tenacity Team

ABQ = Athlete Burn-out Questionnaire

CSQ-F = Coping Stratégies Questionnaire

1 Introduction

1.1 Contexte global

Le triathlon est une discipline d'endurance exigeante combinant trois disciplines à effectuer successivement : la natation, le vélo et la course à pied. Discipline olympique depuis les JO de Sydney en 2000, ce sport est en pleine expansion depuis quelques années (Etxebarria et al., 2019).

Le dernier format (XL) est plus connu sous le nom « IRONMAN ». C'est une société privée organisant des courses de triathlon au format XL et L à travers le monde. Le nombre d'athlètes participant à ces

Box 1 : Format de course

S : 500m de natation, 20km vélo et 5km en course à pied

M : 1500m de natation, 40km vélo et 10km en course à pied (seul format en lice aux Jeux olympiques)

L : 1900m de natation, 90km vélo et 21.1km en course à pied

XL : 3800m de natation, 180km vélo et 42.2km en course à pied

courses extrêmes ne fait que s'accroître au fil des années avec des courses à « inscription complète » plus d'un an à l'avance (Knechtle et al., 2016).

Au vu de l'augmentation du nombre de compétitions et l'engouement des athlètes lié à celles-ci, une majorité est en quête de performance. Dès lors, ceux-ci investissent dans du matériel de pointe : une combinaison en néoprène, une trifonction aérodynamique, un vélo de contre-la-montre optimisé, des chaussures à plaques carbone favorisant une économie musculaire non négligeable (Ruiz-Alias et al., 2023). De plus, l'aspect nutrition joue également un rôle crucial, plus communément appelé la 4^e discipline du triathlon, sur longue distance type L et XL (Jeukendrup, 2011). Evidemment, l'aspect physiologique, lié à l'entraînement physique reste le socle permettant à l'athlète de se préparer au mieux pour son épreuve d'endurance.

Un autre domaine sous-exploré est l'aspect psychologique qui va contribuer grandement à l'amélioration de la performance grâce au développement de la résistance mentale, la tolérance à la douleur et la stratégie de course de l'athlète (Koning et al., 2011).

Dans ce mémoire, nous allons donc nous focaliser sur la psychologie de l'athlète et, particulièrement, sur la notion de plaisir procuré par un entraînement en course à pied. De plus, notre démarche intègre l'exploration de la douleur perçue en fin d'exercice, du burn-out athlétique ainsi que des stratégies de coping développées par les athlètes. De notre point de vue, il est très intéressant d'explorer ce domaine, car l'ensemble de ces facteurs va conditionner l'engagement de l'athlète dans son processus d'entraînement et la réussite de son objectif final.

1.2 Plaisir et adhésion à l'entraînement

Une étude a prouvé qu'une seule séance de course à pied procure un état affectif positif lié à des émotions agréables, une sensation de bien-être et une réduction du stress (Szabo & Ábrahám, 2013). Rajoutons que ce sont ces émotions agréables comme la joie ou l'espoir qui stimulent l'engagement vers l'activité physique (Cameron et al., 2018).

Des travaux complémentaires confirment que les réponses affectives positives pendant l'exercice sont des prédicteurs puissants de l'adhésion à long terme (Williams et al., 2008). Cette étude a montré que les individus qui ressentent du plaisir lors d'une activité physique sont plus susceptibles de maintenir une pratique régulière. Cette relation est expliquée par le modèle de l'Affective-Reflective Theory (ART), qui stipule que les émotions agréables renforcent les intentions comportementales (Brand & Ekkekakis, 2018). Plus précisément, ce modèle considère la réponse à l'exercice comme le résultat de deux processus liés : les processus de type 1 qui correspondent à une réponse affective automatique et immédiate face aux stimuli et les processus de type 2, qui impliquent une évaluation cognitive et réfléchie de la séance après qu'elle se soit produite.

Bien que les deux concepts suivants (1.3 et 1.4) ne seront pas examinés comme variables dans notre recherche, il nous paraît important de souligner que, dans certains cas, l'interaction entre l'effort physique, douleur et le plaisir se manifeste par des états optimaux de performance tels que le flow et le runner's high.

1.3 Runner's high

Sur le plan physiologique, un effort prolongé (en triathlon ou course à pied) déclenche des mécanismes neurobiologiques puissants qui peuvent expliquer le plaisir ressenti (Dietrich & McDaniel, 2004). Un

Box 2 : Runner's high

État psychophysiologique d'euphorie, de réduction de l'anxiété et une élévation du seuil de la tolérance à la douleur (analgésie) qui seront déclenchées après un exercice aérobique prolongé.

effort prolongé va donc stimuler la libération d'endorphines, de dopamine et de sérotonine, hormones associées à la réduction du stress et à la sensation d'euphorie (Nogueira et al., 2018).

Ce phénomène, connu sous le nom de « runner's high », est documenté par des études en neuroimagerie montrant une augmentation des récepteurs opioïdes dans le cortex préfrontal et le système limbique après une course longue (Boecker et al., 2008). De plus, l'exercice va activer le système dopaminergique, renforçant la motivation et le plaisir. Ce neurotransmetteur est impliqué dans le circuit de récompense, ce qui explique pourquoi les athlètes associent l'effort à une expérience gratifiante et cherchent à la reproduire (Meeusen & De Meirleir, 1995).

Enfin, la pratique régulière de la course à pied et du triathlon contribue à la construction d'une identité positive de soi ; ce qui procure un plaisir durable au-delà de la performance (Vallerand, 2012).

1.4 Le « flow »

Notons par exemple, la notion de « flow » décrit par les triathlètes lors de leurs pratiques sportives comme un état de plaisir intense et d'absorption complète dans la tâche qui apparaît comme un moteur majeur dans l'adhésion à la discipline (Garcia et al., 2019). Par exemple, cet état de « flow » va se manifester lors de phases prolongées d'effort comme une sortie vélo de plusieurs heures ou une sortie longue en course à pied. Cette même étude de Garcia, menée auprès de 328 triathlètes participant à l'Ironman Brésil (Florianópolis) a mis en évidence que les dimensions du flow (« équilibre défi-compétence », « clarté des objectifs », « contrôle », « feedback immédiat ») étaient corrélées à une meilleure performance : les meilleurs athlètes présentaient un indice de flow significativement plus élevé.

1.5 La notion de plaisir dans la pratique sportive

Depuis plusieurs années, la notion de plaisir dans la pratique sportive a été largement étudiée dans les sports d'endurance et plus particulièrement, dans le triathlon longue distance. Au cœur de cette discipline reconnue pour sa rigueur et son engagement, c'est une source de plaisir profond qui va constituer l'essence même de l'adhésion et la consistance de la pratique.

1.6 Erreur de prédiction et impact sur le plaisir

En triathlon comme dans d'autres formes d'exercices physiques, un ressenti subjectif tel que le plaisir est déterminant, car il impacte la santé mentale (motivation, émotions) autant que la performance physique. Un concept clé permettant d'expliquer ce ressenti est l'erreur de prédiction. Celle-ci se définit comme étant l'écart entre nos attentes (anticipation) et ce que l'on vit réellement. Selon Schultz, le signal neuronal (dopaminergique) qui se déclenche ; quand la récompense obtenue est plus élevée que ce qui est attendu, va être appelé l'erreur de prédiction positive ; ce qui accroît le plaisir perçu. En outre, si la récompense obtenue est plus faible que prévu alors, l'erreur de prédiction sera négative et va engendrer une diminution du plaisir (Sands et al., 2023).

Il est intéressant de se pencher vers ce mécanisme d'erreur de prédiction de la récompense et savoir si celui-ci a un impact sur le plaisir ressenti lors de l'activité physique. Dans le cadre d'une activité physique et sportive, l'erreur de prédiction de la récompense est déterminée en fonction de l'intensité de l'effort anticipé et réellement perçu.

La perception de l'intensité d'effort lors d'une séance d'entraînement est individuelle et clairement définie dans la littérature scientifique. En effet, le Rating of Perceived Exertion (RPE) est une mesure subjective de l'intensité d'un effort ressentie par un individu. Celle-ci est définie par une échelle originale allant de 6, aucun effort, à 20, l'effort maximal (Borg, 1970). Cette échelle fut par la suite condensée allant de 0 à 10 (de l'effort minimal à maximal) ; ce qui permet une utilisation plus intuitive. C'est cette dernière échelle qui sera utilisée dans ce mémoire. Une étude a démontré une corrélation étroite entre le RPE et la fréquence cardiaque, la VO₂ au niveau des intensités sous maximales : ce qui permet de

valider la fiabilité de l'échelle comme un substitut empirique par rapport à des mesures physiologiques en laboratoire très coûteuses (Robertson & Noble, 1997).

Le RPE peut également être utilisé en comparant les informations sensorielles anticipées avant un exercice physique, et les informations sensorielles éprouvées à la suite d'un exercice physique. Autrement dit, il est possible d'utiliser un RPE prospectif (anticipé) et rétrospectif (vécu) à l'entraînement en montrant que l'écart entre les deux, nommé l'erreur de prédiction, va directement influencer sur l'expérience de plaisir.

La littérature liée aux neurosciences de la récompense met en évidence que la réaction face à un résultat gratifiant ne dépend pas uniquement de sa valeur absolue, mais bien de l'écart entre ce qui est attendu et réellement observé, nommée l'erreur de prédiction de la récompense.

D'un point de vue du plaisir, une étude montre que la valence affective (ressentie) est directement liée à la perception de l'effort en course. Quand l'intensité dépasse le seuil ventilatoire, la relation entre l'intensité de l'effort perçu et le plaisir ressenti est négative (Ekkekakis et al., 2011). Cela signifie que lorsque l'intensité de l'effort est supérieure à celle anticipée, alors le plaisir va diminuer. En outre, si l'intensité de l'effort perçu est inférieure à celle anticipée, alors le plaisir sera plus important.

De plus, une étude s'est focalisée sur ce mécanisme et a été menée sur des coureurs débutants. Celle-ci a comparé le RPE anticipé, noté avant chaque entraînement, et le RPE rétrospectif, renseigné après chaque entraînement. Les résultats ont démontré que lorsque l'intensité de l'exercice est plus basse que prévu (RPE rétrospectif), l'athlète ressent plus de plaisir après la course nommée erreur de prédiction positive. À l'inverse, lorsqu'un entraînement est plus intense que prévu (RPE rétrospectif), alors le plaisir ressenti va diminuer ; ce qui est appelé erreur de prédiction négative (Brevers et al., 2024).

La validation de cette hypothèse, dans cette précédente étude, nous démontre que l'utilisation du RPE rétro-prospectif constitue un outil pertinent pour évaluer au mieux les séances d'entraînement qui permettraient d'accroître ou de diminuer l'expérience de plaisir ressenti lors d'une activité physique.

1.7 Influence du type d'entraînement sur l'erreur de prédiction

Dans les sports d'endurances, plusieurs modalités d'entraînement vont co-exister : les sorties longues (>1h), les sorties courtes (<1h), les entraînements d'intervalles de hautes intensités courtes et longues (HIIT), les intervalles d'intensité modérée (MICT). Ceux-ci diffèrent d'un point de vue physiologique, mais vont influencer également la psychologie de l'athlète et son vécu subjectif, notamment le plaisir et la douleur.

Au niveau de la littérature, plusieurs études démontrent que le HIIT va générer une expérience sportive positive plus élevée que le MICT. D'après une étude menée par Bartlett, les coureurs récréatifs rapportaient plus de plaisir après une séance de HIIT en comparaison à une séance de MICT grâce à l'aspect stimulant et varié d'un entraînement intermittent (Bartlett et al., 2011).

De plus, une revue systématique a comparé plusieurs études qui portaient sur les réponses affectives pré/post séance et le niveau de plaisir entre le HIIT et le MICT. Cette méta-analyse conclut que le HIIT va produire des scores de plaisir comparable ou supérieur à ceux du MICT, même si l'état affectif pendant l'effort est moins agréable durant les intervalles (Oliveira et al., 2018).

Pour expliquer ces différences, trois facteurs sont renseignés : la présence de récupération au sein du HIIT, l'effet monotone du MICT et le sentiment d'accomplissement lié au fait de réussir un entraînement de HIIT (Thum et al., 2017).

Les résultats observés ci-dessus sont particulièrement intéressants lorsqu'on va les lier à la théorie des erreurs de prédictions. Nous avons vu précédemment que le plaisir et la douleur ressentis après une séance ne dépendaient pas uniquement de l'effort réalisé, mais de l'écart entre l'expérience anticipée et vécue. Lors du HIIT, où l'effort est attendu comme élevé, la sensation de réussite et une sous-estimation de l'effort va se traduire par une erreur de prédiction positive avec une douleur diminuée et un plaisir renforcé. À l'inverse, lors du MICT, anticipé comme facile avec un RPE prospectif faible, la difficulté peut générer une erreur de prédiction négative qui va augmenter la douleur perçue et diminuer le niveau de plaisir éprouvé.

1.8 Objectifs complémentaires et variable de contrôle

1.8.1 Douleur perçue en fin d'exercice

La douleur est : « Une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à, ou ressemblant à, des lésions tissulaires réelles ou potentielles. » (Raja et al., 2020). Dans le domaine sportif, il est capital de distinguer la douleur-blessure, signal d'alarme négatif imposant l'arrêt, de la douleur-effort. Cette dernière, qui est au centre de ce travail, est considérée comme positive. Les auteurs soulignent qu'il ne s'agit pas d'un problème à soigner, mais d'une donnée à gérer (Acapo et al., 2017).

Le triathlon est emblématique des sports d'endurance, caractérisés par un volume d'entraînement élevé et une répétition des efforts de manière quotidienne. En raison de la complexité liée au fait de s'entraîner dans les trois sports, cet enchaînement de pratiques assez différentes implique une exposition quotidienne à des sensations douloureuses liées à la fatigue musculaire, aux microtraumatismes et au stress physiologique (Vleck & Garbutt, 1997). Dans ce contexte, la douleur n'est pas seulement une conséquence de l'effort, mais un élément constitutif de la pratique sportive. Atkinson parle d'une « communauté de la douleur, où la souffrance est valorisée comme un signe d'engagement et de dépassement de soi » (Atkinson, 2020).

Dans le sport, la douleur n'est pas seulement liée à des sentiments négatifs. Elle peut être associée à des émotions positives, un sentiment d'accomplissement, de fierté et à une estime de soi élevée ; ce qui constitue un véritable paradoxe douleur-plaisir. D'une part, la douleur est perçue comme un marqueur de progrès et de dépassement, qui va symboliser les efforts investis et la progression vers ses objectifs personnels. Cette perception de la douleur va renforcer la motivation et la satisfaction personnelle (Héas & Zanna, 2015). Lorsque l'athlète éprouve de la douleur comme le signe objectif d'un travail accompli, elle contribue à la construction du sens et du goût de l'effort.

Par ailleurs, la dimension neurobiologique liée au phénomène de l'activité physique peut expliquer son association positive avec la douleur. En effet, au cours de l'effort, il y a libération d'endorphines (opioïdes naturels), de dopamine et de sérotonine (neurotransmetteurs), qui vont générer une sensation de plaisir, de bien-être et

d'euphorie (Calbet, 2018). C'est ce processus qui va consolider et renforcer le lien entre la douleur et le plaisir à l'effort (Nogueira et al., 2018).

1.8.2 Les stratégies de coping face à la douleur

Lorsque les athlètes sont confrontés à l'inconfort ou à la fatigue, ils mettent en œuvre des stratégies d'adaptation. Selon la littérature, celles-ci se caractérisent par l'ensemble des efforts cognitifs et comportementaux dynamiques d'un individu pour gérer ou atténuer les exigences externes ou internes qui pèsent sur lui (Folkman, 2013). Dans les disciplines d'endurance, l'activation de ces mécanismes s'avère indispensable pour réguler de manière proactive la perception des signaux de douleur pendant l'effort (Nicholls & Polman, 2007).

Dans le domaine scientifique, on distingue deux types de stratégies :

- Les stratégies actives (telles que l'auto-encouragement), qui aident l'athlète à gérer la douleur et à la rendre surmontable.
- À l'inverse, les tactiques passives ou centrées sur l'émotion (telles que la dramatisation) incitent l'athlète à se concentrer sur l'inconfort, modifiant ainsi son expérience de l'effort.

1.8.3 Le burn-out

Le burn-out est un phénomène complexe et influencé par la nature de l'engagement sportif. Celui-ci est défini comme un syndrome psychologique structuré autour de trois dimensions (Raedeke, 1997). La première dimension est l'épuisement physique/émotionnel. Puis, la deuxième dimension est la réduction du sentiment d'accomplissement et enfin la troisième dimension est la dévalorisation du sport. Concrètement, le burn-out survient lorsque l'athlète cesse de profiter de son sport et que cette pratique s'inscrit dans un sentiment d'obligation, transformant l'activité en contrainte plutôt qu'en plaisir.

Gustafsson et Madigan expliquent qu'un athlète exposé à des charges d'entraînement élevées ou à des attentes de performance excessives peut développer un état d'épuisement sportif, appelé burn-out. Leur étude indique que le taux le plus élevé de burn-out se retrouve dans les sports où la charge d'entraînement est la plus élevée, ce dernier étant estimé entre 10% et 20% (Gustafsson et al., 2017).

Une autre étude confirme ces observations en précisant que les sports d'endurance, tels que le triathlon, présentent un risque accru en raison d'un volume d'entraînement plus important ainsi que d'une charge mentale plus élevée liée à la gestion des trois disciplines (Moseid et al., 2023).

Les auteurs ajoutent que le burn-out est multifactoriel. Il est influencé par divers éléments tels que les blessures ou la pression de la compétition... Ce syndrome se manifeste plus fréquemment chez les sportifs de haut niveau que chez les amateurs.

Enfin, une recherche met en évidence le lien entre burn-out et plaisir. Elle démontre que le burn-out augmente chez les athlètes dont la pratique repose sur un sentiment d'obligation plutôt que sur le plaisir. À l'inverse, lorsque l'athlète éprouve du plaisir pendant son activité, le risque de burn-out diminue. Le plaisir apparaît ainsi comme un effet protecteur contre ce syndrome (Raedeke & Smith, 2001).

1.9 La présente étude et hypothèse

1.9.1 Question de recherche

En prenant en considération les éléments théoriques présentés précédemment, la question centrale de ce travail s'énonce comme suit : dans quelle mesure le type de session de course à pied module-t-il l'effet de l'erreur de prédiction de l'effort physique sur le plaisir ressenti chez des triathlètes, et de quelle manière la douleur physique vécue en fin d'exercice, le burn-out athlétique ainsi que les stratégies de coping influencent-ils ces relations en tant que variables ?

1.9.2 Hypothèses opérationnelles

Afin de répondre à cette problématique, plusieurs propositions théoriques interdépendantes ont été formulées à partir de la littérature scientifique existante.

- **Hypothèse 1** : Une erreur de prédiction de l'effort positive est associée à un niveau de plaisir ressenti plus élevé après l'exercice. Nous anticipons un effet d'interaction en fonction du type d'entraînement, cet effet étant plus marqué lors des sessions de fractionné comparativement aux sorties continues.
- **Hypothèse 2** : L'effet d'interaction de l'erreur de prédiction de l'effort et du type de séance sur le plaisir ressenti demeure significatif indépendant même après l'inclusion de la douleur perçue à la fin de la séance.
- **Hypothèse 3** : Le modèle englobe des dimensions psychologiques individuelles. Nous présumons qu'un indice de burn-out élevé, témoignant d'un épuisement croissant, aura pour conséquence de réduire la sensibilité aux aspects positifs de la séance. À l'inverse, l'utilisation de stratégies de coping actives, comme l'auto-encouragement, renforce le plaisir de l'athlète.

2 Méthode

2.1 Recrutement

Le recrutement des participants s'est d'abord effectué via les réseaux sociaux, l'ensemble des membres du club de triathlon nommé 3T (Triathlon Tenacity Team) a reçu un message contenant les informations relatives à l'étude. Les volontaires intéressés ont ensuite été conviés à un rendez-vous sur la piste d'athlétisme de Fleurus, lieu habituel d'entraînement du club. Lorsqu'ils donnaient leur accord, le questionnaire leur était alors transmis. Les informations relatives à l'étude ainsi qu'au consentement étaient clairement présentées dès la première page de chaque questionnaire distribué. Le recrutement ainsi que la collecte des carnets de bord ont eu lieu entre avril 2025 et octobre 2025. L'éligibilité à l'étude reposait sur la pratique du triathlon au sein du club 3T. Il était en outre essentiel d'inclure des triathlètes disposant d'un minimum d'expérience, afin de garantir la pertinence de leurs réponses et d'assurer une expertise suffisante dans l'évaluation des paramètres étudiés. Un groupe Facebook du club ainsi que notre compte personnel constituaient des canaux de communication permettant aux participants de nous contacter et de poser d'éventuelles questions relatives à l'étude.

2.2 Participants

Dans le cadre de notre étude, seuls les questionnaires remplis de manière complète ont été pris en compte. Parmi les questionnaires distribués (n=50), plusieurs abandons ont été constatés. Sur l'ensemble des participants initialement recrutés, 16 n'ont pas respecté les consignes de l'étude. Plus précisément, quatre ont dû interrompre leur participation en raison d'une blessure ou d'un problème de santé, trois se sont retirés pour manque de temps ou par oubli, tandis que 9 n'ont pas donné suite malgré plusieurs relances.

L'échantillon retenu est constitué de participants ayant complété le questionnaire de manière adéquate. Celui-ci se compose de 34 individus, dont 22 hommes et 12 femmes.

2.3 Le carnet de bord

2.3.1 Description

Chaque participant s'est vu remettre un carnet de bord comprenant un ensemble de questionnaires répartis en trois sections distinctes : un questionnaire général, un questionnaire spécifique et un questionnaire pré/post-séance.

2.3.2 Explications du carnet de bord

Les explications relatives à l'étude ainsi qu'au consentement figuraient en première et en deuxième page du document, permettant aux participants de disposer de l'ensemble des informations nécessaires.

2.3.3 Questionnaire général

La troisième page du carnet de bord contenait le questionnaire général, composé de 8 questions principales. Celles-ci étaient formulées sous forme de réponses courtes et/ou de choix multiples. Ce questionnaire a permis de recueillir des informations relatives à l'âge, au sexe, aux habitudes de course à pied, aux lieux d'entraînement, d'éventuelles blessures ainsi que la catégorie de distance envisagée pour la saison.

2.3.4 Questionnaire spécifique

Les questionnaires spécifiques devaient être complétés au début et à la fin de l'étude pour mesurer le burn-out sportif et la douleur.

Le burn-out

Pour mesurer le burn-out sportif, nous avons utilisé l'Athlète Burn-out Questionnaire (ABQ) (Raedeke & Smith, 2001).

L'ABQ original se compose de 15 items répartis en trois dimensions :

- l'épuisement physique et émotionnel (ex : « Je me sens lassé ») ;
- la réduction du sentiment d'accomplissement (ex : « Je n'arrive pas à grand-chose ») ;
- la dévalorisation du sport (ex : « Je ressens du dégoût envers mon sport »).

Chaque item est évalué sur une échelle de 7 (1 : jamais/ 2 : très rarement/ 3 : rarement/ 4 : parfois/ 5 : souvent/ 6 : très souvent/

7 : toujours) ; cela permettra de mesurer la fréquence des sentiments associés au burn-out.

Les stratégies de coping face à la douleur

Pour évaluer la tolérance et la gestion de la douleur, nous avons utilisé le Coping Stratégies Questionnaire (CSQ-F) - version française (Irachabal et al., 2008). Ce modèle est l'un des plus fréquemment utilisés dans ce domaine.

La version révisée de CSQ-F contient 21 items et 5 sous-échelles présentés ci-dessous.

- Stratégie de distraction en 5 items (ex : « J'essaie de penser à quelque chose d'agréable »)
- Dramatisation en 6 items (ex : « C'est terrible que j'ai l'impression que jamais ça n'ira mieux »)
- Ignorance des sensations en 5 items (ex : « Je fais comme si ça ne faisait pas partie de moi »)
- Réinterprétation des sensations douloureuses en 4 items (ex : « J'imagine que la douleur est en dehors de mon corps »)
- Auto-encouragement en 4 items (ex : « Je me dis d'être courageux et de continuer malgré la douleur »)

Les sujets devaient indiquer la fréquence à laquelle ils utilisaient chacune de ces 5 stratégies pour faire face à la douleur éprouvée, en se basant sur une échelle de type Likert en quatre sous-points : (1 = jamais / 2 = parfois / 3 = souvent / 4 = très souvent).

2.3.5 Questionnaire avant/après

Les questionnaires avant/après sont à compléter immédiatement après chaque entraînement, et ce, durant une période de quatre semaines. Dans le questionnaire préalable à l'entraînement, il était demandé aux participants de préciser le type de séance réalisée. Les catégories proposées étaient les suivantes : type 1 = fractionné court (intervalle < 2') ; type 2 = sortie courte (<10km) ; type 3 = fractionné long (intervalle > 2') ; type 4 = sortie longue (> 10km) ; type 5 = fartlek ; type 6 = autres.

Il leur était également demandé d'indiquer l'intensité perçue de l'effort au moyen de l'échelle de Borg, et ce, dans les questionnaires administrés avant et après

l'entraînement. Par ailleurs, le questionnaire post-entraînement comprenait des items supplémentaires relatifs à la douleur ressentie ainsi qu'au niveau de plaisir éprouvé pendant la séance, évalués à l'aide d'une échelle numérique allant de 0 à 10. Les participants étaient invités à compléter ces questionnaires avant et immédiatement après chaque séance d'entraînement de course à pied.

2.3.6 Les types de séance

Concernant les types de séance, les triathlètes avaient la possibilité de choisir librement le format d'entraînement en course à pied qu'ils souhaitaient réaliser. Le carnet de bord proposait cinq catégories prédéfinies, assorties d'une option « autres ». Les catégories proposées étaient les suivantes : type 1 = fractionné court (intervalle < 2') ; type 2 = sortie courte (<10km) ; type 3 = fractionné long (intervalle > 2') ; type 4 = sortie longue (> 10km) ; type 5 = fartlek ; type 6 = autres.

Le fractionné court est une séance composée d'efforts très intenses (vitesse élevée) et de courtes durées (intervalle < 2 minutes), entrecoupées de phases de récupération à vitesse faible. Le fractionné long suit la même logique, mais avec une durée d'effort prolongé étant supérieure à 2 minutes.

Les sorties courtes et longues consistent en des séances de course continue visant principalement le développement de l'endurance aérobie. Les sorties courtes n'excèdent pas 10km, tandis que les sorties longues se déroulent sur des distances supérieures à 10km.

Le fartlek correspond à un type d'entraînement caractérisé par une alternance de phases rapides et de phases plus lentes, parfois associées à des variations de terrain, permettant de travailler à la fois l'endurance et la capacité de changement de rythme.

Enfin, la catégorie « autres » donne aux participants la possibilité de réaliser un type de séance ne figurant pas parmi celles proposées.

2.3.7 Mesure de l'intensité de l'effort

L'intensité perçue de l'entraînement a été évaluée à l'aide de l'échelle de perception de l'effort CR-10 de Borg (Borg, 1998), une échelle numérique standardisée dont les valeurs s'échelonnent de 0 (« repos total ») à 10 (« effort maximal »). Cette échelle devait être renseignée par les participants avant et immédiatement après

chaque séance d'entraînement. Avant la séance, la question posée était : « Quelle intensité d'effort attendez-vous à ressentir ? ».

Cette échelle se décline comme suit : 0 = repos total ; 1 = très très léger ; 2 = très léger ; 3 = léger ; 4 = modéré ; 5 = assez difficile, 6 = difficile ; 7 = très difficile ; 8 = extrêmement difficile ; 9 = presque maximal ; 10 = maximal. Une fois la séance terminée, la question a été posée de nouveau aux participants afin d'obtenir une évaluation rétrospective de l'effort perçu. La question formulée était : « Quelle a été l'intensité ressentie durant votre séance ? ». Cette double mesure, avant et après l'entraînement, permet de comparer l'intensité anticipée avec l'intensité réellement perçue.

2.3.8 Mesure du plaisir

Le niveau de plaisir ressenti lors de l'entraînement a été évalué au moyen d'une échelle numérique allant de 0 à 10. Les valeurs étaient interprétées comme suit : 0 = aucun plaisir ; 1 = très faible plaisir ; 2 = faible plaisir ; 3 = plaisir léger ; 4 = plaisir modéré ; 5 = plaisir moyen ; 6 = plaisir relativement élevé ; 7 = plaisir élevé ; 8 = très fort niveau de plaisir ; 9 = plaisir très intense ; 10 = plaisir maximal.

2.3.9 Mesure de la douleur

Le niveau de douleur ressenti lors de l'entraînement a également été évalué à l'aide d'une échelle numérique allant de 0 à 10. Le recours à ce format d'évaluation s'appuie sur les travaux de (Cook et al., 1997), qui ont développé et validé une échelle numérique similaire à 11 points afin de quantifier la douleur musculaire liée à l'exercice physique. Cette même échelle a été utilisée afin d'assurer la cohérence avec l'évaluation du plaisir et de faciliter la compréhension pour les participants. Les valeurs de l'échelle étaient interprétées comme suit : 0 = absence totale de douleur ; 1 = douleur très faible, 2 = douleur faible ; 3 = douleur légère ; 4 = douleur modérée ; 5 = douleur moyenne ; 6 = douleur relativement intense ; 7 = douleur forte ; 8 = douleur très forte ; 9 = douleur très intense ; 10 = douleur maximale. Les participants rapportaient ce score immédiatement à la fin de chaque séance de course à pied dans leur carnet de bord.

2.3.10 Récoltes des carnets de bords

Les carnets de bord ont été distribués au mois d'avril. Les participants étaient libres de les entamer à leur convenance, sous réserve du respect de certaines consignes.

Idéalement, il leur était demandé de commencer la complétion du carnet un mois avant un triathlon de leur choix. À partir de ce point de référence, ils disposaient de quatre semaines pour renseigner le questionnaire avant et après chaque séance de course à pied.

La collecte des carnets a été organisée de manière différenciée selon la disponibilité des participants. Dans un premier temps, nous avons sollicité l'entraîneur du club des 3T afin de centraliser la majorité des carnets lors des divers entraînements. Les participants pouvaient ainsi les remettre soit à la piste d'athlétisme, soit à la piscine de Charleroi. Une fois cette première étape réalisée, un rendez-vous a été fixé avec l'entraîneur afin de récupérer l'ensemble des carnets collectés. L'ensemble des participants a été informé de la date limite de remise des carnets de bord, fixée à la fin du mois de novembre 2025. Toutefois, certaines personnes n'ayant pas pu respecter cette échéance, un délai supplémentaire leur a été accordé afin de permettre la transmission de leur carnet.

2.4 Analyses statistiques

Pour évaluer notre hypothèse, nous avons eu recours à un modèle linéaire mixte (linear mixed model, LMM). Cette approche statistique constitue actuellement une alternative robuste de plus en plus répandue aux ANOVA à mesures répétées dans les recherches expérimentales en psychologie (Magezi, 2015) (Hesselmann, 2018).

Dans le cadre de notre étude, qui s'intéresse aux effets de l'erreur de prédiction absolue (EP) et du plaisir de courir en fonction du type de séance d'entraînement, notre choix d'un LMM présente deux avantages majeurs par rapport à une ANOVA à mesures répétées.

D'une part, les modèles linéaires mixtes permettent de tenir compte des différences individuelles entre les participants en intégrant des effets aléatoires. En modélisant explicitement cette variabilité, ils fournissent des estimations plus précises et plus fiables des effets étudiés.

D'autre part, contrairement à l'ANOVA à mesures répétées, la méthode LMM gère naturellement les données manquantes, ainsi que les déséquilibres dans le nombre d'observations par individu. Dans notre étude, le nombre et le type de séances de

course à pied réalisés variaient considérablement d'un individu à l'autre. Le LMM permet de prendre en compte cette variabilité sans recourir à l'exclusion de données.

Pour l'ensemble de ces raisons (flexibilité, meilleure modélisation des variances interindividuelles, et gestion des données déséquilibrées), le recours à un modèle linéaire mixte s'imposait comme la méthode la plus pertinente pour analyser nos résultats.

Pour l'analyse statistique, nous avons utilisé un modèle linéaire mixte au moyen du package *lme4* (Bates et al., 2015) intégré dans Jamovi. Afin d'obtenir les valeurs p associées aux effets fixes, nous avons recouru au package *lmerTest* (Kuznetsova et al., 2017). Ce package *lmerTest* permet de calculer les degrés de liberté selon l'approche de Satterthwaite, cette méthode est couramment utilisée pour les modèles mixtes.

Le modèle testé analysait l'influence de l'erreur de prédiction (*prediction_error*), du type de séance (*session_type*), ainsi que de leur interaction, sur le plaisir de la course à pied. L'effet des participants était pris en compte via un intercept aléatoire, permettant de considérer les différences interindividuelles dans les scores de plaisir. La structure finale du modèle était donc :

$$\text{running_pleasure} \sim \text{prediction_error} + \text{session_type} + \\ \text{prediction_error}:\text{session_type} + (1 \mid \text{participant})$$

Afin de tester les hypothèses 2 et 3, des modèles linéaires mixtes complémentaires ont été estimés. Dans chacun de ces modèles, la douleur post-séance, les dimensions du burn-out (ABQ) et les stratégies de coping (CSQ-F) ont été ajoutées comme covariables afin de contrôler leur influence potentielle sur la relation entre l'erreur de prédiction, le type de séance et le plaisir.

3 Résultats

3.1 Analyses descriptives

Parmi les 352 séances, nous avons décidé de nous concentrer sur quatre types d'entraînements étant les suivants : « Type 1 = Fractionné court », « type 2 = Sortie courte », « type 3 = Fractionné long », « type 4 = Sortie longue ». Un autre type d'entraînement : « Fartlek » a été exclu, car il représente une fréquence de 3 (0.008% du total des séances) ; ce qui est beaucoup trop faible. L'impact de ce type de séance n'est donc pas représentatif. Les analyses statistiques suivantes ont donc été effectuées sur les 349 séances suivantes.

3.2 Modèle linéaire mixte (LMM)

Dans un premier temps, nous avons estimé un modèle nul incluant uniquement un intercept aléatoire par participant, avec le plaisir comme variable dépendante. Ce modèle avait pour objectif d'évaluer la part de variance attribuable aux différences interindividuelles.

Les résultats montrent un ICC de 0.0369, ce qui signifie que 3,6 % de la variance du plaisir s'explique par des différences entre les participants, tandis que la majorité de cette variation provient des fluctuations intra-individuelles.

Même si cet ICC est faible, il reste supérieur à zéro, ce qui justifie l'utilisation d'un modèle linéaire mixte plutôt qu'un modèle simple. En effet, cela indique que les observations ne sont pas totalement indépendantes, car elles sont regroupées par participant (mesures répétées). Un modèle mixte est donc mieux adapté qu'un modèle classique.

Dans un deuxième temps, nous avons introduit l'effet fixe de l'erreur de prédiction (EP), du type de séance, ainsi que leur interaction. Le modèle estimé est donc :

$$plaisir = 1 + EP + type_séance + EP \times type_séance + (1 | participant).$$

Les indices de qualité d'ajustement mentionnent un modèle performant (AIC = 1181 ; BIC = 1285), avec un R^2 marginal de 0.475 et un R^2 conditionnel de 0.494. Ces scores montrent que les effets fixes expliquent une grande partie de la variance du plaisir.

Afin de tester notre première hypothèse, nous avons examiné les effets du type de séance, de l'erreur de prédiction (EP) ainsi que leur interaction sur le plaisir ressenti lors de l'entraînement. Les résultats de ces analyses sont présentés dans les sections suivantes (voir Tableau 1).

3.2.1 Effet du type de séance

Le type de séance exerce un effet significatif sur le plaisir, $F(3, 330) = 47.4$, $p < .001$, indiquant que certaines séances sont associées à des niveaux de plaisir différents.

En prenant le fractionné court comme catégorie de référence, les résultats montrent que les sorties courtes sont associées à un niveau de plaisir significativement inférieur ($b = -1.41$, $p < .001$). À l'inverse, les fractionnés longs sont associés à un niveau de plaisir significativement supérieur à celui des fractionnés courts ($b = 0.60$, $p = .009$). En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les sorties longues et les fractionnés courts ($b = -0.22$, $p = .215$).

Les estimations du modèle à $EP = 0$ suggèrent néanmoins un ordre croissant de plaisir moyen : sorties courtes, sorties longues, fractionnés courts et fractionnés longs. Toutefois seules les comparaisons avec la catégorie de référence peuvent être interprétées directement à partir du modèle présenté.

3.2.2 Effet de l'erreur de prédiction (EP)

L'erreur de prédiction de l'effort a un effet principal fortement significatif sur le plaisir ressenti, $F(1, 328) = 98.1$, $p < .001$. Une EP plus élevée est globalement associée à un plaisir plus élevé ($b = 0.5988$, $p < .001$).

3.2.3 Effet d'interaction $EP \times$ type de séance

L'interaction entre l'erreur de prédiction de l'effort et le type de séances est significative, $F(3, 337) = 17.5$, $p < .001$, indiquant que la relation entre l'EP et le plaisir varie selon la modalité d'entraînement.

- **Fractionné court (condition de référence)** : Une augmentation de l'EP est associée à une augmentation significative du plaisir ($b = 0.60$, $p < .001$).
- **Sortie courte** : L'effet d'interaction est négatif et significatif ($b = -0.96$, $p < .001$), ce qui indique que l'association entre l'EP et le plaisir est significativement plus faible que lors des fractionnés courts. La pente simple

estimée pour les sorties courtes est de $-0,373$ ($\beta = 0,60 - 0,96$), suggérant une absence d'augmentation du plaisir lorsque l'EP augmente.

- **Fractionné long** : L'effet d'interaction n'est pas significatif ($b = 0.08$, $p = .699$), indiquant que la relation entre l'EP et le plaisir ne diffère pas significativement de celle observée pour les fractionnés courts. Dans ces deux types de séances, une augmentation de l'EP est associée à une augmentation similaire du plaisir.
- **Sortie longue** : L'interaction est négative et significative ($b = -0.49$, $p = .009$). Ainsi, l'effet positif de l'EP sur le plaisir demeure présent, mais il est significativement moins marqué que lors des fractionnés courts.

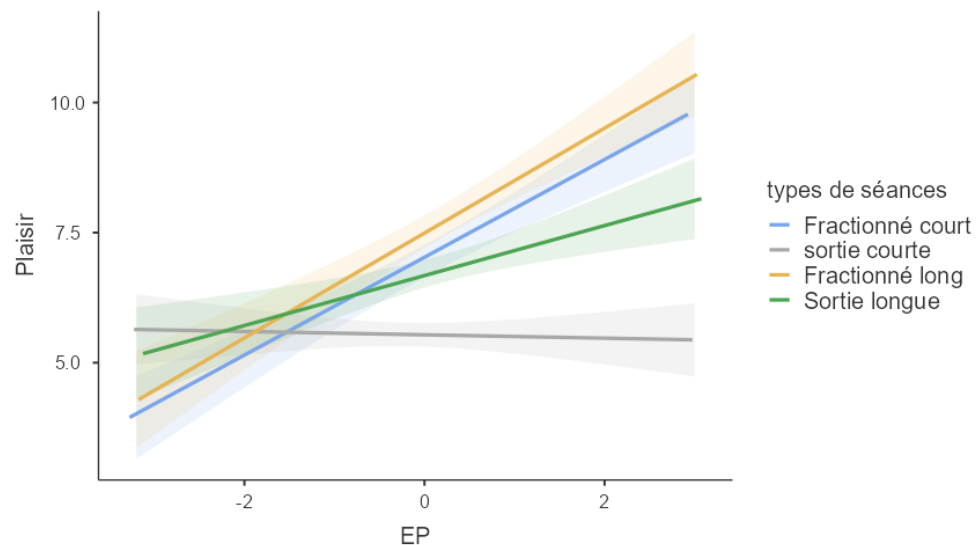


Figure 1. Interaction entre l'erreur de prédiction de l'effort (EP) et le type de séance sur le plaisir ressenti. Les lignes représentent les valeurs prédites du plaisir pour chaque type de séance (fractionné court, sortie courte, fractionné long et sortie longue). Les bandes ombrées représentent les intervalles de confiance à 95%. **Source** : Elaboration personnelle à partir des données de l'étude.

Pour résumer, comme l'illustre la Fig. 1, une EP plus élevée est associée à une augmentation du plaisir ressenti lors des séances de fractionné court et de fractionné long, ces dernières présentant l'association la plus marquée. Pour les sorties longues, l'EP est également associée à une légère augmentation du plaisir, bien que cet effet soit plus modeste. En revanche, pour les sorties courtes, l'EP ne semble pas associée à une augmentation du plaisir, la pente observée étant nulle ou légèrement négative.

Table 1 : Main model

Results of the LMM examining the effect of session type and prediction error (EP) on pleasure

Model Component Variable	Estimate (SE)	95% CI
Intercept	6.68 (0.08)***	[6.52, 6.83]
SC – FC	-1.41 (0.19)***	[-1.78, -1.05]
FL – FC	0.60 (0.22)**	[0.17, 1.03]
SL – FC	-0.22 (0.20)	[-0.62, 0.17]
EP	0.60 (0.06)***	[0.48, 0.72]
Session1 (SC/FC) × EP	-0.96 (0.16)***	[-1.28, -0.64]
Session2 (FL/FC) × EP	0.08 (0.18)	[-0.27, 0.43]
Session3 (SL/FC) × EP	-0.49 (0.18)**	[-0.84, -0.14]
Variance components		
Within-participant variance	1.3974	
Intercept variance	0.0536	
Additional information		
ICC	0.0369	
Log-likelihood	-563	
AIC	1181	
BIC	1285	
Marginal R ²	0.475	
Conditional R ²	0.494	

Note. Nombre total de séances = 349, nombre de participants = 34. Values in parentheses are standard errors. Significance: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$. SC = sortie courte, SL = sortie longue, FL = fractionné long, FC = fractionné court (condition de référence), EP = erreur de prédiction. CI = intervalle de confiance.

3.2.4 Analyses complémentaires : Contrôle de la douleur perçue

Afin de tester notre seconde hypothèse, un second modèle linéaire mixte a été estimé en y intégrant la douleur vécue en fin de séance comme variable de contrôle. Le but était d'examiner si la douleur ressentie a un impact sur la relation établie entre l'erreur de prédiction et le plaisir (voir Tableau 2).

Les résultats indiquent qu'il n'y a pas d'association significative entre la douleur et le plaisir ressenti, $\beta = -0.003$ $SE = 0.046$, $t = -0.06$, $p = .954$.

Néanmoins, l'effet principal de l'erreur de prédiction demeure significatif, $F(1,332) = 95.16$, $p < .001$, tout comme l'interaction entre l'erreur de prédiction et le type de séance, $F(3,336) = 17.48$ $p < .001$. Ces observations indiquent que le lien entre l'erreur de prédiction et le plaisir ne s'explique pas par le degré de douleur ressentie pendant la séance.

3.2.5 Analyses complémentaires : Contrôles du burn-out et des stratégies de coping

Afin de tester notre troisième hypothèse, nous avons estimé divers modèles linéaires mixtes pour évaluer dans quelle mesure les traits psychologiques individuels des triathlètes influençaient la relation entre l'erreur de prédiction et le plaisir lors de l'effort (Tableau 2).

D'une part, trois modèles complémentaires intégrant les scores de l'Athlète Burnout Questionnaire (ABQ) ont été testés. L'analyse révèle qu'aucune des composantes du burn-out n'était significativement liée au plaisir ressenti :

- L'accomplissement personnel réduit : $F(1,34.7) = 0.147$, $p = .704$;
- La dévalorisation du sport : $F(1,34.0) = 0.539$, $p = .468$;
- L'épuisement physique et émotionnel : $F(1,33.8) = 0.003$, $p = .959$.

Dans les trois modèles, l'effet principal de l'erreur de prédiction demeurait significatif ($p < .001$). Cela indique que les conclusions principales restent robustes après avoir contrôlé les aspects du burn-out.

D'autre part, cinq modèles similaires ont été mis en œuvre en incorporant les scores des stratégies de coping face à la douleur, telles qu'évaluées par le questionnaire sur les stratégies de Coping (CSQ-F).

Dans l'évaluation des cinq sous-échelles, seule la dramatisation a exhibé une relation statistiquement significative avec le plaisir ($\beta = 0.446$; $p = .048$). Les autres stratégies de coping n'étaient pas significativement reliées au plaisir éprouvé par les sportifs : la distraction ($p = .233$) ; l'ignorance des sensations ($p = .140$) ; la réinterprétation des sensations douloureuses ($p = .383$) ; l'auto-encouragement ($p = .531$). Pour tous les modèles évalués, l'impact majeur de l'erreur de prédiction demeurerait significatif (tous les $p < .001$), tout comme l'interaction entre l'erreur de prédiction et le type de séance (tous les $p < .001$). Ces résultats indiquent que l'association entre l'erreur de prédiction et le plaisir demeure significative indépendamment des stratégies de coping évaluées chez ces triathlètes.

Table 2 : Baseline covariates

Results of the LMMs examining the effect of psychological covariates and post-session pain on running pleasure

Model Component Variable	Estimate (β)	p
Post-session pain	-0.003	.954
Reduced sense of accomplishment	0.073	.704
Sport devaluation	0.096	.468
Physical and emotional exhaustion	-0.007	.959
Catastrophizing	0.446	.048*
Distraction	-0.185	.233
Ignoring pain sensations	-0.263	.140
Reinterpreting pain sensations	-0.098	.383
Self-encouragement	-0.077	.531

Note. Each covariate was entered separately into an additional linear mixed model including prediction error (EP), session type and the EP x session type interaction. * $p < .05$

3.2.6 Analyses complémentaires : Influence des variations pré-post du burn-out et des stratégies de coping

Afin d'examiner si l'évolution des dimensions du burn-out athlétique et des stratégies de coping face à la douleur influençait la relation entre l'erreur de prédiction et le plaisir ressenti, des modèles linéaires mixtes complémentaires ont été estimés à partir des scores de variation pré-post (Δ). Chaque score de variation a été introduit séparément comme covariable dans le modèle principal (voir Tableau 3).

Aucune des dimensions du burn-out n'était significativement associée au plaisir ressenti : la variation de l'accomplissement personnel réduit ($\beta = -0.291$; $p = .156$), la variation de la dévalorisation du sport ($\beta = 0.015$; $p = .943$) ainsi que la variation de l'épuisement physique et émotionnel ($\beta = -0.194$; $p = .401$) ne présentaient aucune association significative avec le plaisir.

Concernant les stratégies de coping face à la douleur, seule la variation de la dramatisation présentait une association significative avec le plaisir ($\beta = 0.554$; $p = .007$). Les variations de distraction ($\beta = 0.301$; $p = .229$), d'ignorance des sensations ($\beta = 0.177$; $p = .461$), de réinterprétation des sensations douloureuses ($\beta = 0.090$; $p = .660$) et d'auto-encouragement ($\beta = 0.176$; $p = .370$) n'étaient pas associées significativement au plaisir ressenti.

Dans l'ensemble des modèles testés, l'effet principal de l'erreur de prédiction demeurait significatif (tous les $p < .001$), tout comme l'interaction entre l'erreur de prédiction et le type de séance (tous les $p < .001$). Ces résultats suggèrent que l'association entre l'erreur de prédiction et le plaisir demeure significative indépendamment des variations observées dans les dimensions du burn-out et les stratégies de coping. Les résultats détaillés sont présentés dans le tableau 3 (voir Table 3).

Table 3 : Pre-post change scores (Δ)**Results of the LMMs examining the effect of pre-post changes in burnout and coping variables on running pleasure**

Model Component Variable		
	Estimate (β)	p
Δ Reduced sense of accomplishment	-0.291	.156
Δ Sport devaluation	0.015	.943
Δ Physical and emotional exhaustion	-0.194	.401
Δ Catastrophizing	0.554	.007**
Δ Distraction	0.301	.229
Δ Ignoring pain sensations	0.177	.461
Δ Reinterpreting pain sensations	0.090	.660
Δ Self-encouragement	0.176	.370

Note. Δ = pre-score minus post-score. Each change score was entered separately into an additional linear mixed model including prediction error (EP), session type and the EP x session type interaction. Positive coefficients indicate higher running pleasure. **p < .01

4 Discussion

La présente étude a pour objectif d'examiner si l'impact du type d'entraînement module l'effet de l'erreur de prédiction de l'effort physique sur la perception du plaisir et de la douleur ressentie en triathlon.

Conformément à notre première hypothèse et aux travaux de (Brevers, Martinent, Öz, Desmedt, & De Geus, 2024), nos résultats montrent qu'une erreur de prédiction positive est associée à une augmentation du plaisir ressenti après l'entraînement. Lorsque l'effort perçu est inférieur à l'effort anticipé, l'athlète semble vivre une expérience plus positive, ce qui soutient les modèles neurobiologiques selon lesquels les erreurs de prédiction positives génèrent un signal de récompense dopaminergique susceptible d'accroître le plaisir (Sands et al., 2023).

Le fractionné long apparaît comme le format le plus sensible à l'effet de l'erreur de prédiction positive. Cette observation peut être interprétée à la lumière de la théorie de l'autodétermination (Ryan & Deci, 2017), selon laquelle les sentiments de compétence, d'autonomie et de progression favorisent le plaisir. Une seconde explication, plus exploratoire, repose sur le concept de flow (Garcia et al., 2019). Bien que cette variable n'ait pas été mesurée dans la présente étude, les caractéristiques du fractionné long (objectif clair, défi adapté aux compétences) pourraient favoriser l'apparition d'états proches du flow et contribuer à expliquer l'augmentation du plaisir observé.

Comme l'a souligné notre introduction, le plaisir sert de prédicteur puissant de l'adhésion à long terme (Williams et al., 2008). Nos résultats suggèrent que l'erreur de prédiction constitue l'un des mécanismes cognitifs susceptibles de contribuer au plaisir ressenti après l'entraînement. Cette observation s'inscrit dans le cadre de l'Affective-Reflective Theory (ART) (Brand & Ekkekakis, 2018), selon laquelle les évaluations cognitives réalisées après l'exercice participent à la construction de l'expérience affective globale. Une meilleure calibration des attentes avant l'entraînement pourrait ainsi favoriser une expérience plus positive après l'effort.

Nos résultats, concernant le fractionné court, rejoignent ceux de (Bartlett et al., 2011) et (Thum et al., 2017) qui montrent que le HIIT peut provoquer un niveau de plaisir plus élevé que le MICT. Les périodes de récupération, le sentiment d'accomplissement et le renforcement de la compétence perçue provoqué par la

réussite d'intervalles courtes et intensives pourraient contribuer à expliquer cette relation.

Concernant les sorties longues, les résultats ont montré une tendance similaire à celle observée pour le fractionné court et long, mais avec une pente plus faible. Ceci peut être expliqué par le fait que l'intensité est plus stable et prévisible. Or, plus une situation est stable, plus l'amplitude de l'erreur de prédiction diminue et donc le plaisir ressenti peut lui aussi se stabiliser ce qui réduit la pente EP-plaisir. Des études en psychologie montrent que la prédictibilité et l'habituation réduisent « l'effet surprise » (information gain) au fur et à mesure des expositions répétées (Ueda et al., 2021).

A l'inverse, les sorties courtes constituent le type de séance le moins plaisant et ne semblent pas bénéficier d'une erreur de prédiction positive. Leur caractère monotone, associé à un faible sentiment de progression ou d'accomplissement, pourrait expliquer cette observation. Ce résultat rejoint les travaux d'Ekkekakis selon lesquels les activités de faible intensité et de courte durée sont généralement associées à un niveau de satisfaction plus faible (Ekkekakis et al., 2011).

Dans l'ensemble, nos résultats soutiennent notre première hypothèse selon laquelle une erreur de prédiction positive est associée à une augmentation du plaisir ressenti, et montrent que cet effet dépend du type de séance considéré.

Concernant notre deuxième hypothèse, la douleur ne semble pas expliquer la relation observée entre l'erreur de prédiction et le plaisir. Ce résultat est cohérent avec le Dual-Mode Model qui postule que la douleur ressentie à la fin de l'entraînement ne gâche pas le plaisir de la séance (Ekkekakis, 2003). Lors d'un effort d'endurance de haute intensité, bien que les signaux nociceptifs liés à la douleur soient fortement présents, leur influence négative sur la valence affective peut être modulée par des mécanismes cognitifs. En effet, chez les athlètes expérimentés, la douleur est davantage perçue comme un signe d'engagement dans l'effort que comme une menace (Leknes & Bastian, 2014). Dès lors, elle n'altère pas nécessairement le caractère plaisant de l'expérience d'entraînement. Cette explication semble d'autant plus plausible chez les triathlètes, régulièrement exposés à des sensations d'inconfort physique dans leur pratique. Plusieurs travaux ont en effet montré que les athlètes d'endurance présentent des capacités de

modulation de la douleur supérieures à celles observées dans la population générale (Geva & Defrin, 2013) (Tesarz et al., 2013). De ce fait, la douleur ressentie durant une séance pourrait être interprétée comme la conséquence logique d'un effort efficace et utile à la progression et non comme un signal négatif. Ces résultats soutiennent donc notre deuxième hypothèse, selon laquelle l'association entre l'erreur de prédiction et le plaisir demeure significative après prise en compte de la douleur perçue après l'effort.

Contrairement à notre troisième hypothèse, nos résultats ne montrent qu'aucune des trois dimensions du burn-out évaluées par l'ABQ n'affecte significativement le plaisir ressenti ou la force de la relation EP-plaisir. Bien que la littérature scientifique établit généralement un lien entre le burn-out et une diminution globale de la motivation et du plaisir (Cresswell & Eklund, 2005), nos résultats suggèrent que le mécanisme d'erreur de prédiction de la récompense demeure présent ; indépendamment des dimensions du burn-out évaluées dans notre échantillon. Une première explication pourrait résider dans le faible niveau moyen de burn-out observé chez nos participants, qui étaient des triathlètes amateurs engagés volontairement dans leur pratique. Cela pourrait avoir limité la variabilité des scores de burn-out et réduit notre capacité à détecter son influence sur le plaisir ressenti.

De plus, la majorité des stratégies de coping évaluées ne modifient pas significativement la relation entre l'erreur de prédiction et le plaisir. En outre, de manière inattendue, la dramatisation apparaît positivement associée au plaisir ressenti. Ce résultat est contre-intuitif au regard de la littérature sur le coping de la douleur qui considère généralement la dramatisation comme stratégie peu adaptative liée à une expérience plus négative de la douleur (Sullivan et al., 1995, 2001). Une explication possible serait que, les triathlètes les plus investis porteraient une attention particulière aux sensations corporelles générées par l'effort. Dans ce contexte spécifique, un score élevé de dramatisation pourrait témoigner d'une sensibilité importante aux signaux corporels plutôt que d'une vulnérabilité psychologique. Les athlètes plus investis pourraient ainsi rapporter simultanément une attention plus importante aux sensations d'effort et un niveau de plaisir plus élevé. Cette hypothèse demeure néanmoins exploratoire et mérite d'être investiguée dans de futurs travaux.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus confirment la première hypothèse et soutiennent la deuxième, tout en infirmant partiellement la troisième. Plus précisément, le plaisir ressenti lors des séances de course à pied semble être principalement associé à l'erreur de prédiction, et ce indépendamment du niveau de douleur perçu. À l'inverse, les variables psychologiques prises en compte dans cette étude présentent une influence plus modeste que celle qui avait été envisagée initialement.

D'un point de vue appliqué, nos résultats suggèrent que les entraîneurs et les athlètes gagneraient à formuler des attentes réalistes avant les séances d'entraînement. En effet, une évaluation inadéquate de la difficulté de la séance peut altérer l'expérience vécue. À l'inverse, des attentes mieux ajustées aux exigences réelles de l'effort semble favoriser un ressenti positif après la séance. Cet aspect paraît particulièrement important dans le cadre des séances de fractionné, pour lesquelles l'influence de l'erreur de prédiction s'est révélée la plus marquée.

Enfin, nos résultats confirment ceux obtenus dans le mémoire de GUIBERT Louise & POULET Lilou en ce qui concerne les fractionnés longs, les sorties longues et les sorties courtes. En revanche, nos résultats sont en contradiction avec ceux rapportés dans leur mémoire pour les fractionnés courts. En effet, la tendance obtenue dans leur étude est inversée par rapport à la nôtre et va donc à l'encontre du mécanisme décrit dans la littérature selon lequel une erreur de prédiction positive (effort ressenti inférieur à l'effort anticipé) est associée à une augmentation du plaisir, et inversement (Öz et al., 2026).

Cette contradiction peut être expliquée par plusieurs facteurs. D'une part, des différences au niveau des profils des participants (niveau d'expertise, d'entraînement) rendent variable la capacité à anticiper des efforts courts et intenses. D'autre part, des variations au niveau des protocoles (durée des fractions, temps de récupération, consignes relatives au RPE) peuvent affecter la précision liée à l'anticipation de l'effort et, par conséquent, modifier le lien observé entre EP et plaisir. Ces divers éléments seront discutés et intégrés dans les limitations de notre étude afin de mieux comprendre pourquoi nos résultats sont en cohérence avec ceux obtenus dans la littérature, mais opposés au mémoire de Guibert & Poulet.

4.1 Limites

Notre mémoire comporte plusieurs limites qu'il convient de souligner dans le but d'interpréter les résultats de la manière la plus cohérente possible.

Tout d'abord, notre protocole ne permet pas d'établir un lien de causalité entre l'erreur de prédiction et les réponses affectives (plaisir, douleur). De ce fait, les associations significatives observées, doivent être interprétées comme corrélationnelles et non comme une relation de cause à effet (Levin, 2006).

En effet, dans notre protocole, les participants doivent renseigner le RPE rétrospectif, le plaisir et la douleur ressentis pendant l'activité, et ce, immédiatement après la séance. Le fait que ces données soient mesurées dans le même temps reflète un risque de variance partagée entre l'évaluation subjective de l'EP et les résultats affectifs (Öz et al., 2026). Autrement dit, toutes les évaluations peuvent être influencées par un état affectif global post-exercice. Il est donc difficile de déterminer l'influence entre l'effort physique, le RPE, le plaisir et la douleur.

Ensuite, les mesures utilisées sont subjectives en étant liées directement au ressenti de la personne notamment le RPE prospectif et rétrospectif, le niveau de douleur et de plaisir de l'activité noté sur une échelle de 1 à 10. Celles-ci sont donc sensibles au biais d'interprétation, de motivation, d'humeur et au contexte de vie actuel du participant ce qui peut altérer la fiabilité des données obtenues (Kahneman & Krueger, 2006).

Concernant le burn-out sportif, une limite majeure de notre étude réside dans la faiblesse des scores obtenus à l'ABQ, traduisant un effet de plancher statistique. Bien que nos participants soient impliqués dans une discipline d'endurance rigoureuse, ils présentaient globalement peu de signes d'épuisement psychologique. Cette faible variabilité des scores a probablement réduit notre capacité à détecter une éventuelle influence du burn-out sur le plaisir ressenti ou sur la relation entre l'erreur de prédiction et le plaisir.

Une autre limite concerne la composition de notre échantillon. L'ensemble des participants provenait d'un même club de triathlon (3T). Les conditions d'entraînement, les valeurs véhiculées ainsi que le niveau d'expertise des athlètes peuvent différer d'un club à l'autre. Cette homogénéité relative de l'échantillon limite donc la généralisation des résultats à l'ensemble des triathlètes.

De plus, la validité du calcul de l'erreur de prédiction repose sur le fait que le RPE prospectif et rétrospectif soit noté immédiatement avant et après la séance. Tout décalage temporel dans la cotation va altérer la perception réelle du plaisir, de la douleur et de l'intensité de l'effort. Chez une population de triathlètes, les transitions pour se rendre au lieu d'entraînements (piste, sentier, bois, ravel...) rendent difficile la vérification du respect strict des consignes de cotation par l'ensemble des participants.

Il convient de noter que le plaisir ressenti n'est pas uniquement le produit de la charge de travail, mais qu'il est également tributaire de facteurs exogènes. Des variables telles que le cadre environnemental (Coon et al., 2011), l'usage de la musique (Hutchinson et al., 2018) ou les conditions météorologiques (Wagner et al., 2019) sont susceptibles d'altérer significativement l'expérience subjective de l'athlète. L'absence de contrôle de ces variables constitue donc une limite importante dans l'interprétation de nos résultats.

Par ailleurs, notre recherche s'est concentrée uniquement sur les entraînements en course à pied, occultant les deux autres disciplines du triathlon. Par exemple, la course à pied engendre une charge excentrique et des impacts répétés sur le système ostéo-articulaire, ce qui est lié à des niveaux de dommages musculaires et de douleurs perçues plus élevées que les sports à faible impact tels que le cyclisme ou la natation (Burt et al., 2023). Les contraintes physiologiques, le type de fatigue musculaire, le plaisir ainsi que l'exposition à la douleur varient considérablement d'un sport à l'autre.

Enfin, notre mémoire a évalué le plaisir et la douleur ressentis pendant l'effort physique. Or, ces mesures ont été réalisées de manière rétrospective, c'est-à-dire juste après la séance. De ce fait, elles reflètent donc un jugement global plutôt que les fluctuations affectives réellement ressenties durant l'effort (Ekkekakis et al., 2008). De plus, même à très court terme, ce type d'évaluation demeure exposé à des biais de mémoire tels que « l'effet pic-fin » selon lequel le rappel est disproportionnellement influencé par les moments les plus intenses (pic) et par la fin de l'expérience (Kahneman et al., 1993).

4.2 Perspectives

La première limite identifiée dans notre étude concerne le caractère rétrospectif des mesures. Comme nous l'avons précisé précédemment, le fait que les athlètes consignent leurs ressentis après la séance nous expose inévitablement à un biais de mémoire. Cette limite est renforcée par le fait que certains individus complétaient parfois leurs données avec un délai de 48 heures après l'effort, ce qui augmente le risque d'oubli et réduit la précision des informations rapportées.

Afin de limiter ce biais, il serait intéressant d'intégrer l'utilisation des technologies portables telles que les montres connectées et les applications mobiles afin d'automatiser le recueil des ressentis. Une application dédiée pourrait permettre de recueillir les niveaux de plaisir et de douleur en temps réel ou immédiatement après la séance grâce à l'envoi de notifications automatisées, tout en réduisant le risque de données manquantes ou différées.

Par ailleurs, dans un contexte d'entraînement encadré (sur piste ou en présence d'un coach), une interaction directe pourrait être envisagée afin de recueillir le ressenti de l'athlète à différents moments clés de la séance. Lors des séances de fractionné, l'individu aurait la possibilité, durant les phases de récupération active, d'évaluer son état de fatigue, le plaisir ou la douleur ressentis pendant l'effort. Une telle approche permettrait également de réduire l'influence de l'effet « pic-fin » décrit par Kahneman (1993), en capturant plus fidèlement les fluctuations affectives au cours de la séance.

Dans la continuité de cette étude, l'intégration de mesures physiologiques objectives (vitesse, puissance, fréquence cardiaque ou la concentration en lactate) aux évaluations subjectives de l'effort (RPE) pourrait apporter un éclairage complémentaire. La mise en relation de ces indicateurs permettrait de mieux comprendre l'origine de l'erreur de prédiction et d'identifier la part attribuable aux contraintes physiologiques réelles par rapport à celle liée à la perception qu'a l'athlète de son effort.

Une seconde perspective consisterait à limiter l'influence des facteurs environnementaux susceptibles de biaiser les réponses affectives. Pour ce faire, il serait pertinent de standardiser davantage les conditions de réalisation des séances. Par exemple, en imposant un environnement d'entraînement commun, des

consignes identiques ou une limitation de certains facteurs externes tels que l'utilisation de la musique. Un tel protocole permettrait de réduire l'influence des variables environnementales tout en conservant des conditions proches de la pratique habituelle des triathlètes.

Concernant le burn-out, afin de surmonter l'effet de plancher observé chez nos triathlètes, les futures études devraient recruter des populations de sportifs traversant des phases de surcharge d'entraînement importante. À cet égard, il serait judicieux de cibler spécifiquement les blocs d'entraînement intensif. La littérature scientifique démontre que les symptômes d'épuisement, de fatigue neuro-endocrinienne et de perte de motivation atteignent leur paroxysme durant les phases de volume ou de charge les plus élevées, précédant de peu les périodes d'affûtage (Meeusen et al., 2013).

Afin de surmonter la focalisation exclusive sur la course à pied, une approche de recherche particulièrement stimulante consisterait à étendre ce dispositif expérimental aux trois sports qui composent le triathlon. La natation, le cyclisme et la course à pied présentent des contraintes physiologiques, biomécaniques et psychologiques différentes. Il serait donc intéressant d'examiner si l'effet de l'erreur de prédiction sur le plaisir demeure stable d'une discipline à l'autre ou si certaines activités se montrent plus sensibles à ce mécanisme. Une telle approche permettrait de mieux comprendre la généralisation de nos résultats à l'ensemble de la pratique du triathlon.

Enfin, bien que notre échantillon de 34 triathlètes montre des résultats significatifs, il reste restreint pour garantir une généralisation des résultats. Les futures recherches gagneraient à recruter un plus grand nombre de participants issus de plusieurs clubs, régions ou niveaux de pratique. Une telle diversification permettrait d'évaluer la stabilité des résultats observés au sein de populations plus hétérogènes.

5 Conclusion

Pour conclure, ce mémoire visait à examiner dans quelle mesure l'erreur de prédiction de l'effort influence le plaisir ressenti chez les triathlètes en fonction du type d'entraînement, tout en explorant le rôle de la douleur perçue, du burn-out sportif et des stratégies de coping face à la douleur.

Les résultats montrent que l'erreur de prédiction constitue un déterminant important du plaisir ressenti et que cet effet varie selon le type de séance réalisé. Les entraînements de fractionné, particulièrement les fractionnés longs, semblent être les plus sensibles à ce mécanisme : lorsque l'effort perçu est inférieur à l'effort anticipé, le plaisir ressenti tend à augmenter. À l'inverse, les sorties courtes apparaissent comme les séances les moins agréables et ne bénéficient pas de cet effet. Les sorties longues occupent une position intermédiaire, avec une augmentation du plaisir présente mais moins prononcée.

Les analyses complémentaires indiquent également que la relation entre l'erreur de prédiction et le plaisir reste significative après prise en compte de la douleur perçue ainsi que des différentes dimensions du burn-out. Ces résultats suggèrent que ce mécanisme reste relativement indépendant de ces variables. Concernant les stratégies de coping, seule la dimension de la dramatisation présente une association positive avec le plaisir ressenti. Bien que ce résultat doive être interprété avec prudence, il souligne l'intérêt d'explorer davantage l'influence de certains mécanismes psychologiques sur l'expérience affective de l'effort.

Malgré certaines limites méthodologiques, cette étude contribue à une meilleure compréhension des mécanismes psychologiques impliqués dans le plaisir ressenti à l'entraînement. Elle met notamment en lumière le rôle des attentes liées à l'effort et leur influence potentielle sur l'expérience sportive du triathlète.

6 Bibliographie

- Acapo, S., Seyrès, P., & Savignat, E. (2017). Définition et évaluation de la douleur. *Kinésithérapie, la Revue*, 17(186), 44-55.
<https://doi.org/10.1016/j.kine.2017.02.132>
- Atkinson, M. (2020). Pain and Injury: From the Unidimensional to the Multidimensional. In *Sport Injury Psychology*. Routledge.
- Bartlett, J., Close, G., Maclaren, D., Gregson, W., Drust, B., & Morton, J. (2011). High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence. *Journal of sports sciences*, 29, 547-553.
<https://doi.org/10.1080/02640414.2010.545427>
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical Software*, 067(i01).
<https://ideas.repec.org/a/jss/jstsof/v067i01.html>
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2(2), 92-98.
<https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Human Kinetics.
- Brand, R., & Ekkekakis, P. (2018). Affective–Reflective Theory of physical inactivity and exercise: Foundations and preliminary evidence. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(1), 48-58.
<https://doi.org/10.1007/s12662-017-0477-9>
- Brevers, D., Martinent, G., Öz, İ. T., Desmedt, O., & de Geus, B. (2024). Do prediction errors of perceived exertion inform the level of running pleasure? *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 13(4), 307-324.
<https://doi.org/10.1037/spy0000362>

- Burt, D., Doma, K., & Connor, J. (2023). The effects of exercise-induced muscle damage on varying intensities of endurance running performance : A systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 38(7), 647-662. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2022.04.003>
- Calbet, J. (2018, mai 29). Endorphins and mood. Pleasure and pain. *Neuroquotient*. <https://neuroquotient.com/en/endorphins-and-mood-pleasure-and-pain/>
- Cameron, D. S., Bertenshaw, E. J., & Sheeran, P. (2018). Positive affect and physical activity : Testing effects on goal setting, activation, prioritisation, and attainment. *Psychology & Health*, 33(2), 258-274. <https://doi.org/10.1080/08870446.2017.1314477>
- Cary, M. A., & Gyurcsik, N. C. (2021). Differences in adaptive and maladaptive psychosocial responses to chronic pain among adults with varying physical activity levels. *British Journal of Pain*, 15(3), 259-269. <https://doi.org/10.1177/2049463720942535>
- Cook, D. B., O'Connor, P. J., Eubanks, S. A., Smith, J. C., & Lee, M. (1997). Naturally occurring muscle pain during exercise : Assessment and experimental evidence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 999-1012. <https://doi.org/10.1097/00005768-199708000-00004>
- Coon, J. T., Boddy, K., Stein, K., Whear, R., Barton, J., & Depledge, M. (2011). Does participating in physical activity in outdoor natural environments have a greater effect on physical and mental wellbeing than physical activity indoors? A systematic review. *J Epidemiol Community Health*, 65(Suppl 2), A38-A38. <https://doi.org/10.1136/jech.2011.143586.85>
- Cresswell, S. L., & Eklund, R. C. (2005). Motivation and burnout in professional rugby players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 76(3), 370-376. <https://doi.org/10.1080/02701367.2005.10599309>

- Dietrich, A., & McDaniel, W. (2004). Endocannabinoids and exercise. *British Journal of Sports Medicine*, 38(5), 536-541.
<https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.011718>
- Ekkekakis, P. (2003). Pleasure and displeasure from the body : Perspectives from exercise. *Cognition and Emotion*, 17(2), 213-239.
<https://doi.org/10.1080/02699930302292>
- Ekkekakis, P., Hall, E. E., & Petruzzello, S. J. (2008). The relationship between exercise intensity and affective responses demystified : To crack the 40-year-old nut, replace the 40-year-old nutcracker! *Annals of Behavioral Medicine*, 35(2), 136-149. <https://doi.org/10.1007/s12160-008-9025-z>
- Ekkekakis, P., Parfitt, G., & Petruzzello, S. J. (2011). The Pleasure and Displeasure People Feel When they Exercise at Different Intensities. *Sports Medicine*, 41(8), 641-671. <https://doi.org/10.2165/11590680-000000000-00000>
- Etzebarria, N., Mujika, I., & Pyne, D. B. (2019). Training and Competition Readiness in Triathlon. *Sports*, 7(5), 101.
<https://doi.org/10.3390/sports7050101>
- Folkman, S. (2013). Stress : Appraisal and Coping. In *Encyclopedia of Behavioral Medicine* (p. 1913-1915). Springer, New York, NY.
https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1005-9_215
- Garcia, W. F., Codonhato, R., Mizoguchi, M. V., do Nascimento Junior, J. R. A., Aizava, P. V. S., Ribas, M. L., Caruzzo, A. M., Vissoci, J. R. N., & Fiorese, L. (2019). Dispositional Flow and Performance in Brazilian Triathletes. *Frontiers in Psychology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02136>
- Geva, N., & Defrin, R. (2013). Enhanced pain modulation among triathletes : A possible explanation for their exceptional capabilities. *PAIN®*, 154(11), 2317-2323. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.06.031>

- Gustafsson, H., DeFreese, J., & Madigan, D. J. (2017). Athlete burnout : Review and recommendations. *Current Opinion in Psychology, Sport psychology*, 16, 109-113. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.05.002>
- Héas, S., & Zanna, O. (2015). L'exercice sportif : Entre douleur et plaisir. *Revue des Sciences sociales*, (53), 110. <https://doi.org/10.4000/revss.2858>
- Hesselmann, G. (2018). Applying Linear Mixed Effects Models (LMMs) in Within-Participant Designs With Subjective Trial-Based Assessments of Awareness—A Caveat. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00788>
- Hutchinson, J. C., Jones, L., Vitti, S. N., Moore, A., Dalton, P. C., & O'Neil, B. J. (2018). The influence of self-selected music on affect-regulated exercise intensity and remembered pleasure during treadmill running. *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 7(1), 80-92. <https://doi.org/10.1037/spy0000115>
- Irachabal, S., Koleck, M., Rascle, N., & Bruchon-Schweitzer, M. (2008). Stratégies de coping des patients douloureux : Adaptation française du coping strategies questionnaire (CSQ-F). *L'Encéphale*, 34(1), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2006.11.002>
- Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports : Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, 29 Suppl 1, S91-99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>
- Kahneman, D., Fredrickson, B. L., Schreiber, C. A., & Redelmeier, D. A. (1993). When More Pain Is Preferred to Less : Adding a Better End. *Psychological Science*, 4(6), 401-405.

- Kahneman, D., & Krueger, A. B. (2006). Developments in the Measurement of Subjective Well-Being. *Journal of Economic Perspectives*, 20(1), 3-24. <https://doi.org/10.1257/089533006776526030>
- Knechtle, B., Nikolaidis, P., Rosemann, T., & Rüst, C. (2016). The Ironman triathlon. *Praxis, in print*. <https://doi.org/10.1024/1661-8157/a002369>
- Koning, J. J. de, Foster, C., Bakkum, A., Kloppenburg, S., Thiel, C., Joseph, T., Cohen, J., & Porcari, J. P. (2011). Regulation of Pacing Strategy during Athletic Competition. *PLOS ONE*, 6(1), e15863. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0015863>
- Kuznetsova, A., Brockhoff, P. B., & Christensen, R. H. B. (2017). lmerTest Package : Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software*, 82, 1-26. <https://doi.org/10.18637/jss.v082.i13>
- Leknes, S., & Bastian, B. (2014). The Benefits of Pain. *Review of Philosophy and Psychology*, 5(1), 57-70. <https://doi.org/10.1007/s13164-014-0178-3>
- Levin, K. A. (2006). Study design III : Cross-sectional studies. *Evidence-Based Dentistry*, 7(1), 24-25. <https://doi.org/10.1038/sj.ebd.6400375>
- Magezi, D. A. (2015). Linear mixed-effects models for within-participant psychology experiments : An introductory tutorial and free, graphical user interface (LMMgui). *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00002>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome : Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European Journal of Sport Science*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.1080/17461391.2012.730061>

- Moseid, N. F. H., Lemyre, N., Roberts, G. C., Fagerland, M. W., Moseid, C. H., & Bahr, R. (2023). Associations between health problems and athlete burnout : A cohort study in 210 adolescent elite athletes. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 9(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2022-001514>
- Nicholls, A. R., & Polman, R. C. J. (2007). Coping in sport : A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), 11-31. <https://doi.org/10.1080/02640410600630654>
- Nogueira, A., Molinero, O., Salguero, A., & Márquez, S. (2018). Exercise Addiction in Practitioners of Endurance Sports : A Literature Review. *Frontiers in Psychology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01484>
- Oliveira, B. R. R., Santos, T. M., Kilpatrick, M., Pires, F. O., & Deslandes, A. C. (2018). Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training : A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 13(6), e0197124. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197124>
- Öz, İ. T., de Geus, B., Thonon, B., & Brevers, D. (2026). Examining the role of route familiarity in modulating the effect of prediction error of perceived exertion on retrospective running pleasure. *Performance Enhancement & Health*, 14(2), 100422. <https://doi.org/10.1016/j.peh.2026.100422>
- Raedeke, T. D. (1997). Is Athlete Burnout More than Just Stress? A Sport Commitment Perspective. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 19(4), 396-417. <https://doi.org/10.1123/jsep.19.4.396>
- Raedeke, T. D., & Smith, A. L. (2001). Development and Preliminary Validation of an Athlete Burnout Measure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 23(4), 281-306. <https://doi.org/10.1123/jsep.23.4.281>
- Raja, S. N., Carr, D. B., Cohen, M., Finnerup, N. B., Flor, H., Gibson, S., Keefe, F. J., Mogil, J. S., Ringkamp, M., Sluka, K. A., Song, X. J., Stevens, B.,

- Sullivan, M. D., Tutelman, P. R., Ushida, T., & Vader, K. (2020). The revised International Association for the Study of Pain definition of pain : Concepts, challenges, and compromises. *Pain*, 161(9), 1976-1982.
<https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001939>
- Robertson, R. J., & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion : Methods, mediators, and applications. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 25, 407-452.
- Ruiz-Alias, S. A., Molina-Molina, A., Soto-Hermoso, V. M., García-Pinillos, F., Ruiz-Alias, S. A., Molina-Molina, A., Soto-Hermoso, V. M., & García-Pinillos, F. (2023). A systematic review of the effect of running shoes on running economy, performance and biomechanics : Analysis by brand and model. *Sports Biomechanics*, 22(3), 388-409.
<https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2089589>
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2017). *Self-Determination Theory : Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness*. Guilford Publications.
- Sands, L. P., Jiang, A., Liebenow, B., DiMarco, E., Laxton, A. W., Tatter, S. B., Montague, P. R., & Kishida, K. T. (2023). Subsecond fluctuations in extracellular dopamine encode reward and punishment prediction errors in humans. *Science Advances*, 9(48), eadi4927.
<https://doi.org/10.1126/sciadv.adi4927>
- Sullivan, M. J. L., Bishop, S. R., & Pivik, J. (1995). The Pain Catastrophizing Scale : Development and validation. *Psychological Assessment*, 7(4), 524-532.
<https://doi.org/10.1037/1040-3590.7.4.524>

- Sullivan, M. J. L., Rodgers, W. M., & Kirsch, I. (2001). Catastrophizing, depression and expectancies for pain and emotional distress. *Pain*, 91(1), 147-154.
[https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(00\)00430-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(00)00430-9)
- Szabo, A., & Ábrahám, J. (2013). The psychological benefits of recreational running : A field study. *Psychology, Health & Medicine*, 18(3), 251-261.
<https://doi.org/10.1080/13548506.2012.701755>
- Tesarz, J., Gerhardt, A., Schommer, K., Treede, R.-D., & Eich, W. (2013). Alterations in endogenous pain modulation in endurance athletes : An experimental study using quantitative sensory testing and the cold-pressor task. *PAIN®*, 154(7), 1022-1029.
<https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.03.014>
- Thum, J. S., Parsons, G., Whittle, T., & Astorino, T. A. (2017). High-Intensity Interval Training Elicits Higher Enjoyment than Moderate Intensity Continuous Exercise. *PLoS ONE*, 12(1), e0166299.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166299>
- Ueda, K., Sekoguchi, T., & Yanagisawa, H. (2021). *How predictability affects habituation to novelty.* e0237278.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237278>
- Vallerand, R. (2012). Intrinsic and Extrinsic Motivation in Sport and Physical Activity : A Review and a Look at the Future. *Handbook of Sport Psychology*.
https://www.academia.edu/80740764/Intrinsic_and_Extrinsic_Motivation_in_Sport_and_Physical_Activity_A_Review_and_a_Look_at_the_Future
- Vleck, V.-E., & Garbutt, G. (1997). *Le surentraînement en triathlon.*
<https://doi.org/10.3406/insep.1997.1289>

- Wagner, A. L., Keusch, F., Yan, T., & Clarke, P. J. (2019). The impact of weather on summer and winter exercise behaviors. *Journal of Sport and Health Science*, 8(1), 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.07.007>
- Williams, D. M., Dunsiger, S., Ciccolo, J. T., Lewis, B. A., Albrecht, A. E., & Marcus, B. H. (2008). Acute affective response to a moderate-intensity exercise stimulus predicts physical activity participation 6 and 12 months later. *Psychology of Sport and Exercise*, 9(3), 231-245. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2007.04.002>

7 Annexes

7.1 Carnet de bord



Carnet de bord



TRIATHLON



Nom :
Prénom :

Date : / /

Enquête entraînement course à pied

L'objectif de cette étude est d'analyser la relation entre l'effort physique et le plaisir perçu pendant la performance sportive. Vos réponses resteront entièrement anonymes et vos données seront traitées conformément à la législation sur la protection des données. Votre participation est totalement volontaire et vous êtes libre de l'interrompre à tout moment. Nous vous demandons de répondre aux questions en restant concentré et de vous assurer de ne pas être dérangé durant ce processus.

Ce questionnaire comprend 3 points : le questionnaire général, le questionnaire spécifique et le questionnaire avant/après la séance.

Le « questionnaire général » devra être rempli une seule fois au début de l'étude (page 2).

Le « questionnaire spécifique » est à remplir au début (page 3 à 7) et à la fin (page 28 à 32) de l'étude.

Le « questionnaire avant l'entraînement », devra être rempli avant chaque séance d'entraînement et le « questionnaire après l'entraînement » sera à remplir immédiatement après chaque entraînement, et ce, pendant une période de 4 semaines. Idéalement, nous vous demandons de le remplir 1 mois avant votre triathlon. Cela doit être fait pour chaque séance d'entraînement en course à pied.

Déclaration de consentement

J'ai été informé.e par écrit des objectifs et du déroulement de cette étude.

Je suis conscient.e que je participe à cette étude de manière totalement anonyme et volontaire et que je peux retirer ma participation à tout moment sans donner de motif et sans aucun inconvénient en découlant.

J'ai eu l'occasion d'obtenir des réponses à mes questions éventuelles.

Veuillez sélectionner une réponse :

- ☐ Je marque mon accord de participer à cette étude
☐ Je ne marque pas mon accord de participer à cette étude



7.2 Questionnaire général

Questionnaire général

- Âge :
- Sexe : Homme ☐ Femme ☐
- Depuis combien de temps pratiquez-vous du triathlon ?
.....
- Quelle est la fréquence de vos entraînements de course à pied /semaine ?
.....
- Où vous entraînez-vous en général ?
 - ☐ Piste ☐ Montagne
 - ☐ Route ☐ Plage/ Bord de mer
 - ☐ Sentier/Forêt ☐ Autre :
- Actuellement :
 - ☐ Je suis blessé.e
 - ☐ Je suis blessé.e et en phase de rééducation
 - ☐ J'ai été blessé.e et je me réentraîne
 - ☐ J'ai été blessé.e, je me réentraîne et de retour à la compétition
 - ☐ Je ne me suis pas récemment blessé.e
- Quel type de distance de triathlon préparez-vous ?
 - ☐ Sprint ☐ Half Ironman
 - ☐ Olympique ☐ Ironman
- Quelle est la date de votre premier triathlon ?
.....



2

7.3 Questionnaire avant et après entraînement

Et

Date : / /

Questionnaire avant l'entraînement

- Quel type de séance allez-vous réaliser ?
☐ Fractionné court (intervalle <2') ☐ Sortie courte (< 10km)
☐ Fractionné long (intervalle >2') ☐ Sortie longue (> 10km)
☐ Fartlek ☐ Autres :
- Comment avez-vous réalisé la séance ?
☐ Seul ☐ à 2 ☐ en groupe (+ de 2)
- Quelle intensité d'effort attendez-vous à ressentir ?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Questionnaire après l'entraînement

- Quelle a été l'intensité ressentie durant votre séance ?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Nul Maximum
- Quelle intensité de plaisir avez-vous ressentie durant la séance ?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Nul Maximum
- Avez-vous ressenti de la douleur ?
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
Nul Maximum
- Si vous avez ressenti de la douleur, cela est-il dû à une blessure ?
☐ Oui ☐ Non ☐ Pas de douleur (score de 0 à l'échelle ci-dessus)

8

UCLouvain FSM : Déclaration d'utilisation des aides et outils Intelligence Artificielle (IA)

J'ai utilisé l'IA pour ce projet : ☒ Oui
☐ Non

Si vous avez utilisé l'IA dans ce travail, veuillez préciser comment ci-dessous :

Texte (par exemple, vérification orthographique, génération de texte, production d'idées, ...)

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Vérification orthographique, production d'idées

Images

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Code, aide à la programmation, ou algorithmes

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Autres utilisations

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Je connais les règles de l'UCLouvain en matière d'intelligence artificielle. Je déclare que toute utilisation d'aides ou d'outils d'intelligence artificielle est explicitement mentionnée dans le présent formulaire de déclaration.

Nom	Cardarelli- Place	Prénom	Gabriel- Shana
-----	-------------------	--------	----------------

Résumé :

Le triathlon est une discipline d'endurance exigeante où les aspects psychologiques ont une importance cruciale pour l'engagement des athlètes. Ce mémoire examine l'impact du type d'entraînement (fractionnés courts/longs, sorties courtes/longues) sur les effets de l'erreur de prédiction de l'effort physique sur le plaisir ressenti chez les triathlètes, tout en explorant le rôle de la douleur physique, du burn-out athlétique et des stratégies de coping.

Trente-quatre triathlètes ont complété un carnet de bord pendant plusieurs semaines, permettant de recueillir les données de 349 séances d'entraînement au total. Dans ce carnet, les participants évaluaient l'intensité de l'effort et le plaisir avant et après chaque session, tandis que la douleur perçue était mesurée uniquement après l'effort.

Les résultats (modèles linéaires mixtes) montrent qu'une erreur de prédiction positive augmente significativement le plaisir. Cet effet dépend fortement du type de séance : il est élevé pour le fractionné long, modéré pour le fractionné court et la sortie longue, mais ne se manifeste pas pour la sortie courte. Les analyses montrent que ni la douleur ni le burn-out n'altèrent cette relation. Étonnement, seule la dramatisation présente un lien positif avec le plaisir. Cette recherche souligne l'importance des attentes cognitives liées à l'effort dans l'expérience sportive.