

Faculté des sciences de la motricité

Effet d'un entraînement de sprints répétés en condition chaude ou tempérée sur la thermorégulation chez les 2 sexes

Auteur : Scaillet Estelle

Promoteur(s) : Piperi Anna

Co-promotrice : Deldicque Louise

Année académique 2024-2025

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

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):

--

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 l'ai utilisé pour mieux comprendre certains articles.

Je connais les règles de de la Faculté des sciences de la motricité 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	Scaillet	Prénom	Estelle
-----	----------	--------	---------

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier les personnes qui m'ont permis de réaliser ce mémoire:

Je remercie en premier, Madame Piperi, ma promotrice qui m'a permis de mettre en œuvre la partie pratique de ce mémoire, qui m'a aidé et guidé du début à la fin de l'écriture de ce mémoire.

Ensuite, je suis reconnaissante envers l'ensemble des personnes ayant pris part à cette recherche que ce soit les sujets, les doctorants du laboratoire qui ont permis à cette recherche d'être réalisée.

Je remercie l'ensemble de mon entourage (famille, amis) qui ont été présents pour m'encourager et me motiver.

Enfin, je remercie l'ensemble des enseignants de l'université qui m'ont transmis leurs connaissances.

Table des matières

1	Introduction	1
1.1	L'évolution des femmes au sein du sport et de la littérature.....	2
1.2	Différences entre les 2 sexes.....	3
1.2.1	Anatomique, hématologique, physiologique.....	3
1.2.2	Cycle menstruel.....	4
1.2.3	Influence du cycle menstruel sur la thermorégulation	6
1.2.4	Thermorégulation	7
1.3	Effets de l'Acclimatation à la chaleur.....	8
1.3.1	Adaptations physiologiques	8
1.3.2	Adaptations de performances	10
1.4	Sprints répétés	11
1.4.1	Influence sur la performance	12
1.4.2	Adaptations.....	12
1.5	Effet d'un entraînement combinant des sprints répétés et la chaleur	12
1.6	But du mémoire	14
2	Méthodes	15
2.1	Participants	15
2.2	Study design	16
2.3	Séances d'entraînements.....	17
2.4	Tests	20
2.5	Statistiques :.....	25
3	Résultats	26
3.1	Mesures de thermorégulation:	26
3.1.1	La gravité spécifique de l'urine (USG)	26
3.1.2	Taux de transpiration	27
3.1.3	La fréquence cardiaque maximale.....	27

3.1.4	Différence température centrale et cutanée finale et initiale	28
3.1.5	Concentration de sodium dans la sueur	29
3.1.6	Mesures subjectives	30
3.2	Mesures de performance :	31
3.2.1	Puissance moyenne de tous les sprints	31
3.2.2	Puissance moyenne lors des séries	32
3.2.3	Puissance maximale de tous les sprints	33
3.2.4	Puissance maximale lors des séries	33
4	Discussion	34
4.1	Le taux de transpiration	34
4.2	La concentration de sodium dans la sueur du front et du corps entier	37
4.3	La différence de température centrale et cutanée initiale et finale.	38
4.4	La fréquence cardiaque maximale.....	40
4.5	La puissance moyenne et maximale.....	42
4.6	Le RPE	44
4.7	La sensation thermique.....	46
4.8	Limites de l'étude	46
4.9	Applications pratiques	47
5	Conclusion.....	47
6	Bibliographie.....	48
7	Annexes	58

1 Introduction

Les femmes sont de plus en plus nombreuses dans les compétitions sportives notamment au plus haut niveau (1). Pourtant la proportion d'hommes qui font partie des sujets dans les articles sur l'exercice physique reste beaucoup plus élevée que celle des femmes (2). Ce que la littérature scientifique préconise dans ce domaine n'est donc potentiellement valable que pour les hommes (2). Sachant qu'il existe de nombreuses différences physiologiques, anatomiques entre les sujets masculins et féminins (3), il semble important de vérifier si la femme réagit de façon similaire à des entraînements de tout type.

Ensuite, les études ayant pour thème la thermorégulation sont également un domaine où la femme est minoritaire (4). Hors une différence majeure entre les hommes et les femmes est la présence du cycle menstruel qui a une influence sur différents paramètres (5). Il a été démontré que les performances notamment en condition chaude sont supérieures suite un processus d'acclimatation à la chaleur avec des modifications physiologiques qui en découlent (6). Cependant, hommes et femmes n'ont peut-être pas besoin du même temps d'exposition pour s'adapter (7). Les sprints répétés sont la répétition de sprints très brefs inférieurs ou égaux à 10 secondes avec un délai de récupération de moins d'une minute (8), des séances de ce type ont fait leurs preuves avec des gains de performance (9).

Enfin, la combinaison des sprints répétés et de la chaleur n'a pas encore été beaucoup étudiée dans la littérature mais semble bénéfique en provoquant des adaptations physiologiques et des gains de performances (10). Néanmoins, à ce jour, aucune recherche n'a étudié la réponse des femmes à ce type d'entraînement. Il paraît dès lors essentiel d'inclure des femmes dans une étude combinant les sprints répétés et la chaleur. De plus, étant donné les différences entre les 2 sexes, il semble intéressant d'approfondir le sujet pour mieux conseiller les femmes. Ce mémoire a donc pour but d'évaluer l'impact sur la thermorégulation, de sessions de sprints répétés en condition de chaleur, sur les individus masculins et féminins.

1.1 L'évolution des femmes au sein du sport et de la littérature

Moins de femmes que d'hommes font partie des différentes recherches scientifiques sur la physiologie du sport (11). Costello et al. (2014) (11) ont pu mettre en évidence que sur 6 millions de sujets provenant de 1382 études, les femmes ne représentent que 39%, contre 61% pour les hommes (11). En ce qui concerne les recherches qui n'incluent que des femmes, cela ne représente que 4 à 13 % du total, contre 18 à 34% pour les hommes (11). Dans une enquête plus récente (2), 10 ans plus tard, cela n'a pas évolué. Cowley et al.(2021) ont trouvé des résultats similaires avec une inégalité toujours présente dans la proportion de femmes et d'hommes inclus dans ce domaine d'étude (2). Pour les protocoles d'acclimatation à la chaleur, ils ont mis en évidence que le pourcentage de participantes était de 13% sur un total de 7707 personnes (12). La proportion d'articles réalisés uniquement sur des femmes était de 5% contre 74% pour les hommes (12).



Fig. 1: La proportion (%) d'hommes et de femmes dans les recherches sur l'acclimatation à la chaleur. Male v female (MvF) compare les 2 sexes (12).

Au niveau des études ayant pour sujet la thermorégulation (4), le taux de sujets féminins en 2019 était de 30%. Pourtant, au fur et à mesure des années, la fraction de participantes est devenue plus importante, 0.7% de plus par an. Il est à noter que moins de recherches effectuées exclusivement sur des hommes en serait la cause (4). Pourtant, de plus en plus de personnes se mettent au sport, notamment le sexe féminin (13). Au plus haut niveau, le pourcentage d'athlètes féminines aux Jeux Olympiques a fortement évolué, pour atteindre 50% aux Jeux de Paris contre 44 % en 2012 (1). Au sein des fédérations sportives (Wallonie-Bruxelles), les inscriptions féminines sont passées de 160.469 à 251.116 en 10 ans (13). Cependant hommes et femmes n'ont pas la même physiologie et anatomie (14).

1.2 Différences entre les 2 sexes

1.2.1 Anatomique, hématologique, physiologique

Tout d'abord, en ce qui concerne la composition corporelle et l'anatomie, les hommes ont une proportion de graisse plus faible que les femmes, de 9-10% en moyenne (15). A l'inverse, la masse maigre est supérieure chez les sujets masculins (15). De plus, les hommes ont une taille supérieure aux femmes (16).

Au niveau cardiovasculaire, l'homme possède, des ventricules avec une masse supérieure (3) et un cœur avec un diamètre plus élevé (14). Par conséquent, le volume d'éjection systolique est plus élevé pour lui (3) au repos et à l'exercice, et même rapporté à la surface corporelle (16). Par ces différences cardiovasculaires, l'homme possède un débit cardiaque maximal supérieur (3), même lors de l'exercice (16). En revanche, les 2 sexes atteignent le même plateau de fréquence cardiaque maximale (14). Concernant les paramètres hématologiques, notamment l'hématocrite et l'hémoglobine (14,16) ainsi que la masse de celle-ci sont inférieures chez la femme (14).

En outre, les types de fibres musculaires sont différents entre les sexes (17). Davantage de fibres lentes (type I) sont mises en évidence chez les femmes et plus de fibres rapides (type II) chez l'homme (17). Le calibre des fibres (I et II) est également supérieur chez l'homme (17). De plus, les hommes ont une baisse plus importante de la performance avec la fatigue que les femmes à cause d'une réduction plus importante de l'oxygène au sein des muscles (18). Au niveau du métabolisme, les hommes présentent une densité de lipides intra myocellulaire inférieure aux femmes avant ou après l'exercice (15). En concordance avec cela, lors de l'exercice d'endurance, les hommes possèdent un ratio des échanges respiratoires (RER) plus élevé (15). En effet, les lipides sont mis à contribution de façon plus importante chez les femmes, cela est dû à leur typologie musculaire mais également à leur capillaires plus présents (3).

Au niveau aérobie, une VO_2 max plus basse a été mise en évidence chez les femmes que ce soit rapporté au poids du corps (16) ou non (3,16). Cette différence s'explique par les éléments cités ci-dessus (paramètres hématologiques et cardiaques supérieurs chez l'homme) (3). Lors d'un test Wingate, les hommes développent une puissance absolue et relative maximale et moyenne plus grande que les femmes avec un pic de lactate plus élevé également (19). Il a été démontré

qu'un sujet obtiendra potentiellement de meilleure performance anaérobie s'il a beaucoup de fibre rapides, avec 2 enzymes fortement actives (phosphocréatine kinase et la lactate déshydrogénase) (20). Les performances anaérobie, sont inférieures chez la femme, à cause notamment de la lactate déshydrogénase moins active que chez l'homme (20). De plus, la force développée par les hommes est supérieure ce qui est une conséquence de la typologie musculaire et du calibre supérieur des muscles (14). Ensuite, la testostérone est une hormone qui promeut le développement de la masse musculaire. Elle est beaucoup plus présente chez l'homme que chez les femmes (14). Celles-ci ont une variation de leur hormones sexuelles due au cycle menstruel (21).

1.2.2 Cycle menstruel

Tout d'abord, le cycle menstruel peut être scindé en 2 phases, folliculaire et lutéale. Lors du cycle, la concentration d'œstrogènes est maximale juste avant l'ovulation (21). Après celle-ci, leur concentration sera importante surtout en milieu de lutéale, il en est de même pour la progestérone (21).

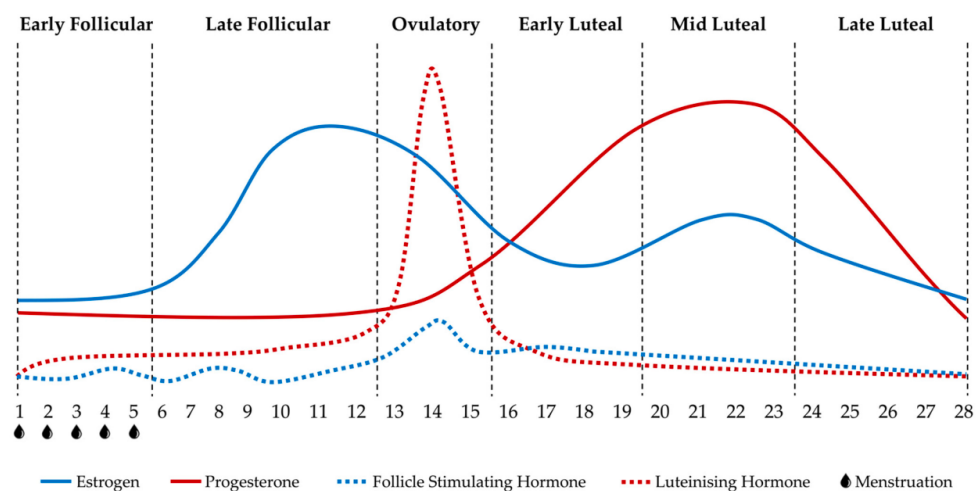


Fig. 2: Cycle menstruel (22).

Le cycle menstruel modifie le métabolisme de la femme (23). En effet, une étude récente (23) a mis en évidence que lors de la phase lutéale une réduction de l'emploi des hydrates de carbone a lieu lors d'un exercice sous-maximal ainsi que de leur oxydation. Et en opposition, les lipides sont davantage mobilisés et oxydés lors de cette même période par rapport à celle folliculaire. Ces résultats sont liés à une plus grande présence d'œstradiol (23). Une revue systématique énonce d'ailleurs que les sujets en période lutéale obtiennent un RER plus bas qu'en folliculaire pour des

activités physiques de faible ou de haute intensité uniquement où cette dernière reste stable (24).

Au niveau des paramètres physiologiques à l'exercice, en période lutéale vis-à-vis de la folliculaire moyenne (25) ou tardive (5), certains auteurs énoncent une hausse de la ventilation (5,21), des équivalents ventilatoires, de la fréquence cardiaque et du volume courant (25). Cela est induit par l'action de la progestérone (5,21,25). Une modification a été constatée pour l'économie de course qui est supérieure en phase folliculaire par rapport à la lutéale moyenne (5).

D'après une récente méta-analyse, au début de la période folliculaire, une baisse des performances (aérobie, anaérobie, force) peut être induite par le cycle menstruel (26). Alors que pour d'autres il n'y a pas de modification notamment pour la fréquence cardiaque (5,21) en période lutéale par rapport au début ou la fin de la folliculaire et la ventilation (21,25) en période lutéale par rapport au début de la folliculaire ou de la folliculaire moyenne. Il semble que la littérature reste peu concluante concernant les effets du cycle menstruel sur la performance et les paramètres physiologiques, c'est pourquoi des recherches supplémentaires sont nécessaires sur ce sujet.

Les pilules contraceptives modifient le cycle hormonal (27). En effet, une source extérieure d'œstrogènes et de progestatifs est ingérée et l'œstradiol et la progestérone fabriqués par le corps sont diminués (27).

Au niveau du métabolisme, l'oxydation des lipides est supérieure sous contraceptifs oraux d'après certaines recherches de par notamment les hormones de croissance, mais aucun consensus n'existe pour l'instant (28). D'ailleurs, dans une autre étude (29), par rapport aux femmes réglées naturellement, celles sous contraceptifs oraux, emploient moins d'hydrates de carbone au cours d'un exercice sous-maximal. Toutefois l'utilisation totale de lipides n'était pas différente. Sous contraceptifs oraux ou non, le RER ne diffère pas la majorité du temps mais par moment, il est supérieur pour les femmes réglées naturellement (29). Ces différences pourraient être le résultat de la multitude de contraceptifs oraux existant avec différents dosages (28).

Sous contraceptifs oraux, à l'exercice sous-maximal il semble que, la ventilation, la fréquence respiratoire ainsi que les équivalents ventilatoires soient également

affectés en étant plus élevés (lors de la période où le comprimé exerce son action) (25). En revanche, la fréquence cardiaque reste similaire lors de l'utilisation de contraceptifs oraux (25). Selon une méta-analyse (27), les performances (force, VO₂ max, capacité anaérobie) peuvent potentiellement être faiblement inférieures lors de la prise de contraceptifs oraux vis-à-vis des femmes qui n'en prennent pas, mais cela n'est pas constant. En revanche, sous contraceptifs oraux, les résultats aux tests ne varient pas durant le cycle (27). Un autre paramètre influencé par le cycle menstruel est la température centrale (5).

1.2.3 Influence du cycle menstruel sur la thermorégulation

La température corporelle est réduite, la dilation des vaisseaux sanguins pour perdre davantage de chaleur est soutenue et une meilleure sudation a lieu sous l'influence des œstrogènes. Ses mécanismes seront inversés avec la progestérone (30). En relation avec cette fluctuation des hormones, la température centrale est donc supérieure en période lutéale moyenne via la progestérone (5). De plus, il a été mis en évidence que la dilatation des vaisseaux sanguins au niveau de la peau et la production de sueur mettront plus de temps pour se déclencher en période lutéale avec une hausse du seuil (31).

Au niveau de l'impact de ces changements de température en condition chaude, une méta-analyse incluant des études en condition humide (3 études) et sèche (6 études) énonce que la température de départ et de fin d'exercice est inférieure en phase folliculaire vis-vis de la lutéale, mais la température cutanée, le taux de transpiration et la fréquence cardiaque restent similaires entre les 2 périodes (32).

Néanmoins, dans l'étude suivante (33) qui s'est déroulée au sein d'un milieu chaud (32°C) et humide (80% humidité relative (RH)), davantage de sueur est produite à l'exercice en période lutéale par rapport à la folliculaire et la température rectale initiale est plus importante à cette période. Ces modifications semblent liées à la progestérone. En effet, les variations ont été remarquées lorsque plus de 3ng/ml de progestérone (dans le sérum) étaient présents (33).

Au niveau des électrolytes dans la sueur, lors du cycle menstruel, le sodium et le chlorure varient pour la moitié des sujets étudiés et 2 schémas sont possibles (34). En phase lutéale ou bien en fin de folliculaire, au repos davantage de sodium et de chlorure sont présents dans la sueur. Juste avant les menstruations (3-5 jours) ou

après l'ovulation, la concentration de ces ions est réduite (34). Un autre auteur (35) s'y oppose, les pertes de sodium, de potassium et de chlorure dans la sueur sont constantes lors du cycle (sous 48°C dry bulb). Toutefois ces 2 études (34,35) sont assez anciennes et ne vérifiaient pas le cycle via une prise de sang. La thermorégulation varie également entre les hommes et les femmes (36).

1.2.4 Thermorégulation

En premier lieu, les femmes présentent un taux métabolique absolu de repos plus faible que les hommes (37). En second lieu, la surface spécifique, qui est le rapport entre la surface et la masse du corps, est supérieure pour les femmes (38). Cela permet une meilleure dissipation de la chaleur via la dilatation des vaisseaux sanguins. Par exemple, dans une étude de Notley et al. (2017) (38) les participants ont été invités à pédaler 45 minutes à différentes intensités (28°C et 36% RH). Les auteurs ont déduit que, au plus la surface spécifique est élevée, au plus ces personnes-là employaient davantage la dilatation des vaisseaux sanguins au niveau de la peau pour se refroidir. A l'opposé, les autres sujets mettent à contribution de façon plus importante le mécanisme de sudation (38).

Le taux de production de la sueur est plus bas chez les femmes (36,38) via différents éléments, par exemple une thermosensibilité plus faible ou un taux de production de la sueur pour certaines parties du corps inférieur, ce qui s'explique par des glandes sudoripares qui génèrent une plus faible quantité de transpiration (36). Dès lors, les femmes recrutent une quantité supérieure de glandes localement. Cela se marque surtout pour les taux de production de chaleur plus élevés sous 40°C et 24% RH. Cependant le seuil de sudation est le même pour les 2 sexes (36).

Au niveau de la composition de la sueur lors de l'exercice non maximal, davantage de minéraux, sodium (39,40) et chlorure sont présents pour les hommes, sauf pour la perte exprimée par kg de poids corporel/heure (40). En ce qui concerne le potassium, il ne varie pas (40). Barnes et al. (2019) (41) n'ont constaté aucune différence pour le sodium dans la sueur réunissant l'ensemble du corps mais seulement pour sa perte en mmol/h avec l'exercice, supérieure chez l'homme (41). Ces études (39–41) se sont déroulées en chaleur (25°C à 42°C et de 18% à 65% humidité).

Enfin, lorsque le milieu est humide (90% et 35°C) à l'exercice (marche), une étude a mis en évidence que les hommes perdent davantage de sueur (g/h/m^2) par rapport aux femmes, et ils ont une température rectale en fin de test plus élevée (42). En revanche, en condition sèche, les femmes démontrent une fréquence cardiaque et une température rectale supérieures à celles des hommes. Les sujets ont subi une période d'acclimatation au milieu chaud et sec au préalable (42). Les hommes semblent donc moins bien supporter la chaleur avec une humidité élevée que les femmes (42).

1.3 Effets de l'Acclimatation à la chaleur

1.3.1 Adaptations physiologiques

Différents types d'acclimatation sont possibles : celle de moins de 7 jours, entre 8 et 14 jours et celle supérieure à 14 jours (43). Lors de l'acclimatation à la chaleur, différents paramètres vont se modifier au fur et à mesure (31). En premier lieu, une baisse de la fréquence cardiaque et de la température centrale se produit et le volume plasmatique devient plus important (6,31,44). Ensuite, avec un délai un peu plus long après 14 jours, la sudation subit des modifications avec une production de sueur supérieure (6,31) et un seuil qui est plus bas (6). La dilatation des vaisseaux sanguins au niveau de la peau suit le même principe avec un seuil plus bas (6). Neuf à quatorze jours en moyenne sont nécessaires pour qu'un sujet soit adapté (31).

Concernant la composition de sueur, moins de sodium et de chlorure seront présents dans la sueur dès le 3ème entraînement chez les 2 sexes (45). La baisse atteint 60% après 10 jours (45). Le potassium est, lui, constant après 10 jours (45). Dans cette étude (45), l'acclimatation à la chaleur a duré 10 jours successifs en préservant la température rectale à 38,5°C.

Au niveau de la perception, dans une méta-analyse en majorité sur des hommes (6), il a été démontré une baisse de la sensation thermique et de la perception de la difficulté de l'effort (rating of perceived exertion/RPE) avec un effet modéré. Chez les femmes, lors d'un test en chaleur, une baisse du RPE a également été constatée, ainsi que du confort thermique et de la sensation thermique après 5 jours (46).

Une méta-analyse (47) uniquement sur les femmes a obtenu les mêmes adaptations sauf pour le volume plasmatique qui reste constant. Les températures centrale et

cutanée sont plus basses à l'exercice et au repos, la fréquence cardiaque au repos et à l'exercice suit le même principe et la sudation s'accroît. D'après eux (47), l'acclimatation était plus bénéfique si elle était journalière durant 8 à 14 jours (451 à 900 minutes), le sujet doit être exposé à plus de 23°Cmin sur l'ensemble des jours et au-dessus de 3,5Kcal/min en ce qui concerne l'activité physique (intensité). Il semble que la température centrale à l'exercice et la fréquence cardiaque soient plus basses, même après 7 jours, chez la femme (47) et chez l'homme (6) et que la sueur demande plus de temps pour être modifiée à la hausse (8-14 jours) chez la femme également (47).

Néanmoins l'étude suivante a comparé les 2 sexes, l'auteur (7) a démontré qu'ils s'adaptent mais pas de façon identique. Après un protocole de 5 jours d'exercice sous 40°C, 40%RH (1h30), lors du test en chaleur, plusieurs éléments étaient significativement inférieurs chez l'homme uniquement : la température rectale au repos et le pic à l'exercice. De même, le pic de fréquence cardiaque atteint était plus bas chez l'homme mais pas la fréquence cardiaque au repos. En revanche, une amélioration, présente chez la femme uniquement, est un gain dans la sudation. Malgré cela au 5^{ème} entraînement, la sueur en g/h/m² est plus élevée chez les 2 sexes mais cette adaptation n'est mise en évidence au test en chaleur que chez la femme. Il en est de même pour la température centrale au repos plus basse pour les 2 sexes au 5^{ème} entraînement. La fréquence cardiaque de repos est, elle, inférieure au 10^{ème} jour par rapport au 5^{ème}. Pour un protocole plus long de 10 jours lors du post-test en condition chaude, les femmes présentent une baisse du pic de la fréquence cardiaque, du pic de la température rectale et de celle-ci au repos. Les hommes transpirent davantage par rapport au pré-test. Les 2 sexes obtiennent une fréquence cardiaque plus basse au repos au post-test après 10 jours. Pour les 2 sexes, les auteurs ont observé un pic de température cutanée plus bas après 5 jours, lors du

test en chaleur. Les adaptations de la température et de la fréquence cardiaque demandent plus de temps à se mettre en place chez la femme (7).

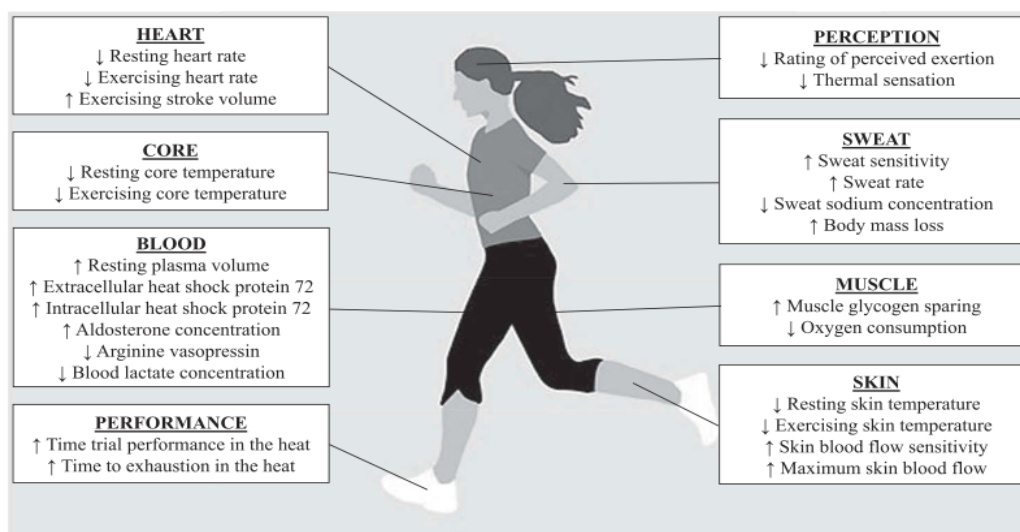


Fig. 3: Effets de l'acclimation à la chaleur sur le corps humain (48).

1.3.2 Adaptations de performances

Au niveau de la performance en condition chaude, elle est meilleure suite à une période d'acclimation même de 7 jours (6). Une amélioration de la VO_2 max relative (44) lors d'un test en chaleur ou sous 13°C , a été mise en évidence chez les 2 sexes ce qui n' a pas lieu pour le groupe contrôle (44). Dans une autre étude (49), la VO_2 max absolue et relative est plus élevée vis-à-vis du groupe contrôle suite à une acclimation. Les sujets sont également plus rapides dans un test contre la montre dans un environnement froid et chaud, suite à l'acclimation de 10 jours, à l'inverse du groupe contrôle qui est constant (44). Cela se confirme chez la femme avec une méta-analyse (47) qui démontre une hausse des performances lors de tests en condition chaude même après de courtes acclimations.

Au niveau anaérobie, lors d'un test sous 31°C et 50% RH alternant de la course à différentes intensités et un sprint sur cyclo-ergomètre répété plusieurs fois, suite à l'acclimation de 5 jours, les sujets, qui étaient des femmes, n'ont pas amélioré significativement leur puissance absolue maximale et moyenne (46). Le même auteur a réalisé une étude similaire sur des hommes et ces derniers développent une puissance moyenne supérieure, lors des 3 derniers sprints en post-test (50). Une seconde étude (51) sur des hommes a mis en évidence que lors du test de sprints répétés sous 33°C et 53% RH (avec une récupération de 115 secondes entre les

sprints), la puissance maximale absolue était supérieure après 10 jours d'entraînement en chaleur.

Enfin, concernant les paramètres hématologiques, un autre auteur (49) a mis en évidence chez les 2 sexes, que le groupe en condition chaude obtient une masse d'hémoglobine et un volume de sang supérieurs, mais moins d'hémoglobine vis-à-vis du groupe contrôle à la suite d'entraînements en condition de chaleur (50 minutes, 5x par semaine) pendant 5 semaines (49).

1.4 Sprints répétés

Le repeated sprint ability (RSA) est la faculté à réitérer des sprints très brefs, inférieurs ou égaux à 10 secondes, avec une durée de récupération entre chaque sprint inférieure à 1 minute (8). Dans une étude (52) réalisée sur des joueuses élites, celles-ci réalisent en moyenne 26 sprints répétés de façon collective ce qui correspond à 4 par personne lors d'une rencontre. En moyenne 4 sprints sont réalisés au cours d'un sprint répété. Le temps de récupération est très court, environ 15 secondes de façon passive en majorité. Toutes les 33 secondes, une des joueuses sur le terrain effectue un sprint, d'environ 2 secondes sur moins de 10m en général (52).

Cela témoigne de l'intérêt de cette habileté à répéter des sprints, notamment au sein des sports collectifs (53). Des auteurs ont mis en évidence une relation entre les performances et cette habileté: la durée moyenne des sprints lors d'un test de sprints répétés est en relation avec les courses à une intensité très élevée et la longueur de sprint lors d'un match de football (54).

D'un point de vue métabolique, un des facteurs limitant la performance sera l'énergie délivrée via les 3 filières (53). La fatigue sera également enclenchée par la production d'ion H^+ et l'activité musculaire réduite (53). Gantois et al. (2017) (55) ont pu mettre en évidence chez les hommes que les paramètres anaérobies (la réserve anaérobie) de la personne sont liés avec cette habileté aux sprints répétés. En effet, ce paramètre est corrélé avec le temps total et moyen ainsi que celui des sprints 1 à 3. Au niveau aérobie, le temps des sprints 2 à 6 et moyen est relié avec la VO_2 peak relative. La corrélation était plus forte au dernier sprint (6^{ème}) qu'au 2^{ème} (55).

1.4.1 Influence sur la performance

Suite à des séances de sprints répétés, différents paramètres sont supérieurs, le saut en contre-mouvement, les sprints sur courte distance 10-20-30m (9). Pour les performances aux sprints répétés, les sujets sont également meilleurs (9). Pour un test de sprints répétés sur vélo cette fois, les individus ont pu améliorer la puissance moyenne absolue développée lors des sprints, mais ils n'ont pas fait davantage de sprints (56). Les individus étaient également meilleurs pour le test Wingate, alors que pour le groupe contrôle, les valeurs en post-test pour les 2 tests étaient similaires à celles du pré-test. (56). Ces recherches (9,56) ont été effectuées sur des hommes en majorité.

Un auteur (57) a comparé la réponse des hommes et des femmes. Des performances supérieures ont été obtenues en post-test et par rapport au groupe contrôle, suite à des séances de sprints répétés pour le test YO-YO IR1, Illinois, le sprint sur 20m, le saut vertical, la puissance maximale absolue et la VO₂ max relative (57).

1.4.2 Adaptations

Au niveau des adaptations subies par l'organisme après des entraînements de sprints répétés courts (≤ 10 secondes), le métabolisme utilisera davantage la glycolyse anaérobie (58). Les enzymes glycolytiques telles que la glycogène phosphorylase, la phosphofructokinase et la lactate déshydrogénase sont plus actives (58). Cependant, les enzymes impliquées dans le métabolisme oxydatif telle que la citrate synthase n'évoluent pas, tout comme la créatine kinase (58). Concernant la typologie musculaire, les fibres rapides IIa deviennent plus importantes avec, à l'inverse, une baisse des fibres lentes de type I et les fibres rapides IIb (59). Ces 2 recherches (58,59) ont été réalisées sur des hommes avec 6 ou 7 semaines d'entraînement avec 3 ou 4 séances par semaine. Aucune étude n'a comparé les 2 sexes à ce jour.

Des séances de ce type associées à la chaleur engendrent différents changements (10).

1.5 Effet d'un entraînement combinant des sprints répétés et la chaleur

Quelques auteurs (10,60–62) se sont intéressés aux conséquences d'un programme de sprints répétés dans un environnement chaud sur les hommes. Dans plusieurs études, une adaptation récurrente est le taux de production de sueur (60,61) ou son

volume supérieur (10). Les électrolytes sont également moins présents notamment le sodium (10).

Pour plusieurs paramètres, les résultats divergent. Une baisse de la fréquence cardiaque a été mise en évidence pour une étude au repos et à l'exercice, mais aussi dans le groupe contrôle (60). Selon une autre recherche, à l'exercice, elle n'évolue pas avec l'acclimatation (10). Les auteurs sont également mitigés sur l'évolution de la température centrale. La température centrale ne subit aucune modification à l'exercice (61) et au repos (60) selon certains et pour d'autres, elle diminue à l'exercice (60) ou au repos (10). Concernant la température cutanée à l'exercice, pour un auteur celle-ci a baissé (60) et pour un autre elle reste similaire (61).

Au niveau des perceptions, d'après 1 auteur (60), une réduction de la sensation thermique a été constatée suite à cette période d'entraînement et elle n'évolue pas selon un autre (61). Quant au RPE, il reste identique (10,61).

Concernant la performance aux sprints répétés, les sujets ont développé une puissance moyenne absolue (10,60,61), relative (61), maximale absolue (10,60), un travail total supérieurs (10,61) et la perte de puissance maximale et moyenne était moindre (60). Il est à noter que dans l'étude de Périard et al. (2020) (60), le groupe contrôle a répondu de façon similaire à ce test et aux adaptations sauf pour le taux de production de sueur qui reste similaire au pré-test et la température cutanée qui a une baisse moins importante. La sensation thermique est également moins élevée pour le groupe en chaleur vis-à-vis du contrôle (60).

Concernant les performances aérobies, à la suite du programme, une hausse de la VO_2 max relative (10) a été constatée ainsi que la distance parcourue au Yo Yo (60). Une autre étude est plus mitigée avec une VO_2 max relative qui n'évolue pas (60). Une autre recherche (62) menée sur des hommes également n'a pas calculé de p valeur mais juste la taille de l'effet. Selon eux, entre la 1^{ère} et dernière séance, une taille d'effet petite a été constatée pour la fréquence cardiaque, le RPE et la puissance moyenne et maximale absolue. Avec respectivement une baisse des 2 premiers paramètres et une hausse du dernier. Vis-à-vis du groupe contrôle, aucun effet n'a été mis en évidence (62).

Aucune étude n'a inclus de femmes lors de sprints répétés en chaleur. Une étude (63) avec un programme de type intermittent en chaleur sur des femmes entraînées,

a démontré une réduction de la fréquence cardiaque pour toutes, sauf le groupe contrôle en post-test. Pour les participantes ayant réalisé l'intermittent en chaleur uniquement, une diminution de la température rectale dans la partie initiale du post-test mais une croissance en fin de test, a été constatée. Le taux de production de sueur (L/h), la température rectale au repos et le RPE sont analogues au pré-test pour les 3 groupes. Ils ont utilisé 3 groupes, un contrôle, un utilisant l'intermittent en condition chaude (30° C et 24% RH) et un autre en condition tempérée (18° C et 41% RH). L'acclimatation a duré 10 jours avec 4 entraînements. Les mesures ont été prises lors d'un test intermittent en courant sous 30° C et 27% RH (63).

1.6 But du mémoire

Il semble qu'aucun consensus n'existe sur ce type d'entraînement sur les hommes d'après ces études. De plus, les femmes ne sont pas présentes et les recherches n'ont donc pas évalué la réponse des 2 sexes. Il semble donc essentiel de réaliser une recherche sur les hommes et les femmes. Évaluer les adaptations de la thermorégulation des sujets masculins et féminins à la suite de plusieurs séances de sprints répétés en chaleur est donc le but de ce mémoire.

2 Méthodes

2.1 Participants

Cinquante-et-une personnes ont participé à cette recherche. Les sujets étaient des volontaires qui pratiquent des sports/activités physiques en loisirs (par exemple vélo, rugby, course à pied, football, etc). Plusieurs critères d'inclusion et d'exclusion ont été mis en place.

Critères d'inclusion :

- Être une femme (avec ou sans contraception hormonale) ou un homme dans la tranche d'âge de 18 à 40 ans.
- Trois heures de sport hebdomadaire et 6 mois de pratique minimum avant le début de l'étude étaient requis.

Critères d'exclusion :

- Être fumeur.
- Avoir été exposé à une température supérieure à 25 degrés le mois précédant l'étude pendant plus de 7 jours consécutifs.
- Être blessé ou avoir un problème médical qui entraîne des risques sécuritaires pour la personne lors des séances.
- Prendre des médicaments incompatibles avec un entraînement de haute intensité
- La réalisation de sprints répétés 2 fois ou plus par semaine en plus de ceux réalisés lors de l'étude.

Une autorisation pour réaliser l'étude a été délivrée par le comité d'éthique Hospitalo-facultaire Saint- Luc- UCLouvain avant d'entamer les tests.

Leurs caractéristiques ont été reprises dans la table 1.

Table 1 : Caractéristiques des candidats

	Contrôle (n=25)		Chaleur (n=26)	
	Femmes (N=13)	Hommes (N=12)	Femmes (N=14)	Hommes (N=12)
Age (années)	25,3 ± 1,9	22,4 ± 0,6	25,8 ± 0,7	25,7 ± 1,3
Taille (cm)	165 ± 1***	180 ± 2	169 ± 2***	182 ± 1
Masse corporelle (Kg)	60,7 ± 2,7**	71,6 ± 3,2	61,1 ± 1,7**	77,4 ± 3,9

Activité physique (h)	5,4 ± 0,7*	8,5 ± 0,9	6,2 ± 0,8*	8,6 ± 0,9
Pourcentage de graisse (%)	23,3 ± 1,3***	10,1 ± 0,7	21,3 ± 1,4***	10,3 ± 1,7
Masse maigre (kg)	45,4 ± 1,8***	62,7 ± 2,6	46,9 ± 1,3***	67,3 ± 1,9
VO ₂ peak (ml/kg/min)	42 ± 2*	50 ± 2	41 ± 2***	55 ± 3
VO ₂ peak (ml/kg de masse maigre/min)	55 ± 2	57 ± 2	53 ± 1,7*	62 ± 2
Puissance maximale absolue (W) lors du sprint de 10 secondes	617 ± 40**	837 ± 6 2	673 ± 38**	937 ± 50
Puissance maximale relative (W/kg de masse maigre) lors du sprint de 10 secondes	13,6 ± 0,6	13,2 ± 0,6	14,3 ± 0,5	13,9 ± 0,5

Moyenne ± erreur standard de mesure.

*p≤0,05, **p<0,01, ***p<0,001 différences avec les hommes dans le même milieu.

2.2 Study design

Le protocole de l'étude, était basé sur l'article de Piperi et al. (2024) (64), et le design utilisé est contrôlé randomisé. L'étude a été réalisée en 3 périodes expérimentales, de février à avril 2024 pour la 1^{ère} période puis de avril à juin 2024 pour la seconde et de octobre à décembre 2024 pour la dernière. Des questionnaires (Annexe 1) ainsi qu'une visite médicale ont été employés pour juger si les sujets répondaient aux exigences de l'étude, en veillant à leur sécurité. Cela a été réalisé en amont du début de la recherche. L'accord de participation écrit des sujets a été récolté avant de composer les groupes expérimentaux aléatoirement. Deux groupes ont été formés pour réaliser les sessions de sprints répétés en condition tempérée (hommes, N=12 ; femmes, N=13), ou bien en condition de chaleur (hommes, N=12, femmes, N =14).

Un pré-test a été réalisé, ensuite, 7 semaines d'entraînement en sprints répétés à raison de 1h, 2 fois par semaine ont été suivies par les sujets. Au cours des entraînements 1 et 12, des mesures de thermorégulation, telles que la température centrale et cutanée, la perte de sueur, la concentration d'électrolytes dans la sueur

et l'état d'hydratation ont été mesurés. Enfin, un post-test a été réalisé pour comparer l'effet de l'entraînement.

Trois séances sur trois jours différents, ont été effectuées pour les tests en pré et post. Le 1^{er} jour de tests (J1), les participants ont été soumis à une prise de sang pour déterminer l'hémoglobine, l'hématocrite et les œstrogènes (17 β oestradiol). Pour mesurer la masse maigre et le pourcentage de graisse, un DEXA scan a été employé ainsi que la méthode des plis adipeux cutanés. Leur masse corporelle et la taille des participants ont également été évaluées. Le second jour de test (J2), 2 tests ont été effectués espacés de 60 minutes. La VO₂ peak a été testée en 1^{er} et ensuite la masse d'hémoglobine a été évaluée. Le dernier jour de tests (J3), un test Wingate a été effectué 1h après la fin du test RSA. Un jour de récupération a été donné entre le 2^{ème} et 3^{ème} jour de test. La pièce a été réglée pour atteindre entre 18 et 20 degrés pour la semaine de test et le pourcentage d'humidité relative était approximativement de 55%.

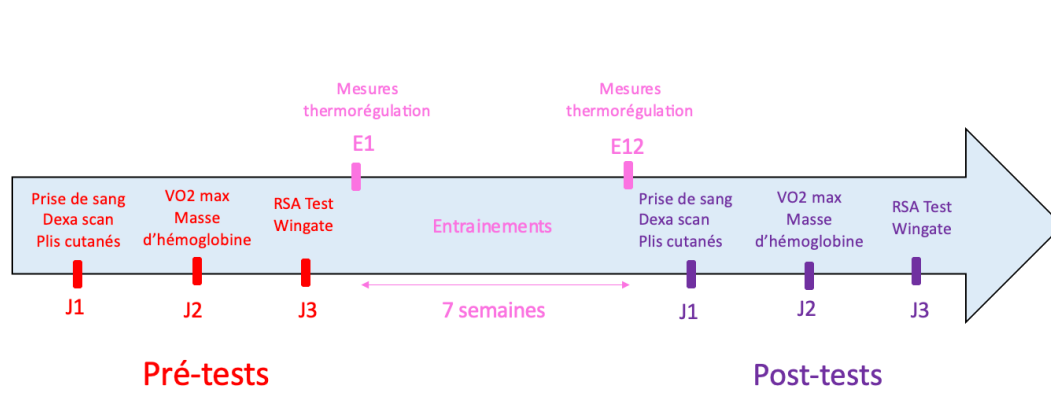


Fig. 4 : Planning des tests

2.3 Séances d'entraînements

Au total, 14 séances ont été réalisées par les sujets sur un vélo ergomètre (Cyclus II ; RBM Electronics, Leipzig, Allemagne). Les entraînements consistaient à accomplir des sprints répétés, ils étaient bihebdomadaires et duraient 1h /session. Au moins un jour de récupération a été accordé entre les 2 sessions. Dans la semaine qui a suivi les tests, les séances ont débuté. Elles se déroulaient au centre d'aide à la performance sportive à l'UCLouvain. Le système utilisé par la chambre (High altitude system B-Cat, Tiel, Pays-bas) permettait de manipuler les conditions environnementales. Pour le groupe de contrôle, la température et l'humidité relative ont été fixées à 20 degrés et 55% respectivement, alors que pour le groupe de chaleur, elles ont été fixées à 30 degrés et 60%. Lors des entraînements en condition

de chaleur, un radiateur (Sencys, Amsterdam, Pays-bas) avec une puissance de 2,5KW et une lampe chauffante (Mo-el Fiore black 766NP, Montecchio Emilia, Allemagne) avec une puissance de 1200W ont également été allumés 2h avant le début de la session.

La session commençait dans la chambre par une exposition de 20 minutes au repos, afin que les participants puissent s'acclimater à la température. Un maximum de 4 personnes ont été inscrites au même créneau horaire. Ensuite, 10 minutes d'échauffement sur cyclo-ergomètre ont été effectuées à 50% de la VO_2 peak par les participants. Deux sprints y étaient inclus avec une résistance égale à $4.2 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ de masse maigre et une durée de 5 secondes, le premier après 5 minutes et le 2^{ème}, 3 minutes plus tard. Après l'échauffement, 15 sprints d'une durée de 10 secondes ont été effectués, ils étaient répartis en 3 séries espacées de 5 minutes de récupération. Chaque série comprenait donc 5 sprints. Vingt secondes de récupération était accordées entre chaque sprint. Lors de ces phases, les sujets continuaient de pédaler à 30% de la VO_2 peak. La résistance pour les sprints était la même qu'à l'échauffement. Dans le but de réduire la fatigue pour le post-test, lors les 2 derniers entraînements, il a été demandé aux participants de réaliser seulement 2 séries et, la résistance pour les sprints a été réduit à était $3.7 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ de masse maigre.

L'échelle de Borg allant de 6-20 a été utilisée pour mesurer la difficulté de l'effort perçu (Annexe 2A) et une autre échelle (ASHRAE 7-Points Thermal Sensation scale) débutant à -3 (très froid) jusqu'à +3 (très chaud), a été utiliser pour mesurer la sensation thermique après les 3 séries de sprints (Annexe 2B). Pour terminer, une récupération de 10 minutes à 30% de la VO_2 peak a été effectuée. Durant la session, un capteur de fréquence cardiaque (Cardiosport TP5D ;Waterlooville, United Kingdom) ainsi qu'un capteur mesurant la température centrale et cutanée (CORE, greenTEG, Rümlang, Suisse) ont été utilisés et connectés à une tablette via l'application VO2 master. Un appareil mesurait la température (sèche, globe, et Wet Bulb Temperature (WBT)), et l'humidité au sein de la pièce. (QUESTemp36, TSI, Marseille, Allemagne). Les participants pouvaient boire de l'eau ad libitum pendant les séances d'entraînement.

Les sujets ont été invités à poursuivre leurs entraînements hors du laboratoire comme à leur habitude. Il a été demandé aux candidats de tenir à jour un cahier avec

leurs exercices physiques (Annexe 3), toute la durée de l'étude durant les 7 semaines d'entraînements.

Lors du premier et 12^{ème} entraînement, avant de réaliser l'échauffement, un extrait d'urine a été demandé aux participants dans le but de mesurer leur niveau d'hydratation grâce à la méthode Urine specific gravity (USG). Cette méthode utilise un réfractomètre (PAL-10S, Atago, Japon) pour mesurer la concentration des solutés dans l'urine. Il a été demandé aux participants de boire de l'eau en suffisance au préalable des entraînements (les 2 heures précédentes), plus précisément 700ml et 1L pour les sujets féminins et masculins respectivement (Annexe 4). A leur arrivée, les participants sont allés se peser sans vêtement dans les vestiaires et ils ont reproduit cela après la séance. Lors de l'entraînement, ils pouvaient boire sans restriction après l'échauffement mais la quantité d'eau ingérée a été mesurée grâce à une balance (Dymo M5, Berkeley, Etats-Unis). Il a été conseillé aux participants de boire la même quantité d'eau au 12^{ème} entraînement qu'au premier. La comparaison des masses du sujet récoltées en intégrant la quantité d'eau bue pendant la séance a été utilisée comme méthode pour déterminer le taux de sudation. Au niveau de l'avant-bras droit en position anatomique et du front ont été collés des patchs (Tegaderm + Pad 5 × 7 cm transparent film dressing ; 3M, Minnesota, USA) absorbant la transpiration. La distance entre le poignet et le patch a été mesurée pour qu'il soit placé au même endroit en post-test. Les patchs ont été enlevés s'ils ne collaient plus ou à la fin de l'entraînement et ils ont été placés dans des tubes. Ils ont été centrifugés (ALC, PK121 R, Allemagne) pour permettre la séparation de la sueur et des patchs. Ensuite, la concentration en sodium a pu être mesurée via le radiomètre (ABL90 Flex ; Radiometer, Brønshøj, Dannemark).

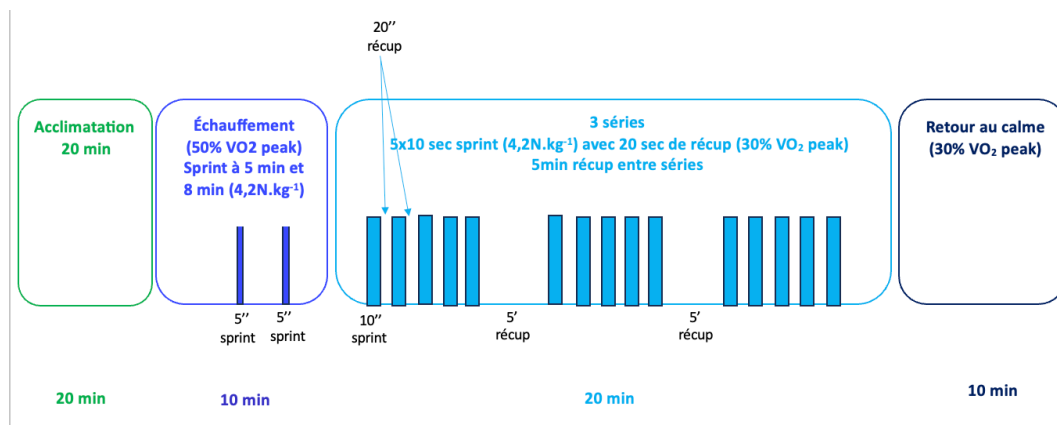


Fig. 5 : Séance classique d'entraînement menée durant 7 semaines.

2.4 Tests

Le maintien d'une alimentation semblable a été exigé les 72 heures avant les tests que ce soit avant la phase d'entraînement ou après celle-ci. Trois jours avant d'entamer la phase de test et jusqu'au dernier jour de test, les participants ont noté leur alimentation dans un cahier (Annexe 5). Durant la semaine de tests, la prise de repas identiques a été suggérée entre le pré et post-test. Il a été déconseillé aux candidats de prendre de la caféine ou des boissons alcoolisées la veille (24h avant) des tests et éviter un exercice physique d'une intensité élevée dans les 48 heures précédant le test. Les sujets ont été invités à conserver leur régime alimentaire habituel durant les 9 semaines. Les pré et post-tests ont été effectués à la même heure. En J2 et J3, à leur arrivée au laboratoire, il a été demandé aux sujets de compléter un questionnaire pour évaluer leur état de forme lors du test. Un test détectant l'ovulation (Sensitest LH ; Sensitest, EJ Delfgauw, Pays-bas) a été réalisé en J1, J2 et J3 par les participantes. Les sujets féminins ont reçu un carnet menstruel à compléter toute la durée de la recherche (Annexe 6). Pour les tests physiques sur cyclo-ergomètre, les réglages ont été conservés en pré- et post-tests et la même taille de vélo a été réutilisé. Pour le test de sprint répétés et le Wingate, le lactate a été prélevé. Pour le mesurer, le lactate Pro 2 (LT-1730 ; Arkray, Kyoto, Japon) a été utilisé en perçant l'extrémité de l'oreille et en récoltant 0,3 µL au préalable du test, à la fin puis toutes les 2 minutes pendant 6 minutes. Un capteur cardiosport (Cardiosport TP5D ; Waterloo, United Kingdom) a été employé pour monitorer le rythme cardiaque pour les tests VO₂ max, RSA et Wingate. Celui-ci a été connecté à l'application VO₂ master sur tablette. Les pré et post-tests ont été effectués à la même heure.

Jour 1 :

Visite médicale + prise de sang

Différents paramètres ont été évalués comme la taille (Seca 222 wall-mounted stadi- omer ; Seca Deutschland) ainsi que le poids (Seca Alpha, model 770 ; Seca Deutschland, Hambourg, Germany). Deux tubes sanguins de 8 ml ont été également collectés. Un analyseur d'hématologie (ABX Micros 60 ; HORIBA Medical, Kyoto, Japon) a été utilisé pour mesurer la concentration d'hémoglobine et d'hématocrite. Dans un second temps, pour dissocier le plasma des autres éléments, les 2 échantillons sanguins ont été centrifugés (ALC, PK121 R, Allemagne) durant 15 minutes à 4 degrés. La conservation des tubes s'est faite au frigo dont la température était égale à -80°. Cela a permis d'évaluer par après les œstrogènes (17 β oestradiol) via un ELISA kit spécifique (17 β -Estradiol ELISA Kit ; Abcam, Cambridge, United Kingdom).

Dexa scan (dual energy X-ray absorptiometry)

Après la visite médicale et la prise de sang, la répartition des composants corporels a été estimé à l'aide du Dexa scan (Hologic Discovery, QDR series ; Hologic, Marlborough, MA). Tous les objets métalliques ont été retirés. Il a été demandé aux sujets de se rendre aux toilettes avant l'examen, s'ils en ressentaient le besoin. Pour réaliser le scan, les hommes étaient vêtus d'un t-shirt et d'un short de sport, et les femmes d'une brassière de sport et d'un short de sport. Ils ont ensuite été positionnés en couché dorsal, bras le long du corps et pieds vers l'intérieur reliés au niveau des orteils. Le DEXA scan a ensuite été lancé en demandant aux participants de rester immobile durant environ 7 minutes. Une fois celui-ci terminé, la masse maigre, la densité osseuse et le pourcentage de graisse ont été enregistrés.

Plis cutanés

Une pince spécifique (Plicomètre scientifique traditionnel, CESCORF, Porto, Allemagne) a été utilisée pour mesurer les plis cutanés du côté droit. Les plis ont été mesurés 2 fois à plusieurs endroits : le supra-iliaque, le triceps, l'abdomen et au niveau de la cuisse. Lorsque l'écart entre les 2 données récoltées pour un pli était supérieur à 0,4mm, une 3^{ème} évaluation des plis était exécutée. Le pourcentage de graisse a pu dès lors être calculé avec les équations suivantes (65) :

Homme: % graisse corporelle = $0.29288 \times \text{somme} - 0.0005 \times \text{somme}^2 + 0.15845 \times \text{âge} - 5.76377$

Femme: % graisse corporelle = $0.29669 \times \text{somme} - 0.00043 \times \text{somme}^2 + 0.02963 \times \text{âge} + 1.4072$

Jour 2 :

VO₂ peak

Le test a été effectué sur un cyclo-ergomètre qui a été réglé sur une résistance de 1,2 W.kg⁻¹ de masse maigre, précédemment mesuré par le DEXA scan. A chaque intervalle de 2 minutes, 0,6 W.Kg⁻¹ de masse maigre ont été ajoutés à la résistance. L'ergocard n°2 a été utilisé (Ergocard Clinical ; Medisoft, Sorinnes, Allemagne) pour estimer la consommation maximale d'oxygène.

Deux calibrations ont été réalisées (volume et gaz) avant de commencer et une vérification de l'étanchéité du masque a été mise en place par l'expérimentateur. Lors du test, la cadence devait rester comprise entre 75 et 85 tours par minute. Les candidats ont été priés de garder un contact avec la selle toute la durée, de regarder devant eux et de ne pas parler. L'écran a été caché aux sujets sauf la cadence durant le test. Trente secondes avant la fin de chaque palier, le rythme cardiaque, le volume de CO₂, le volume d'O₂ et la ventilation étaient encodés. Les participants ont été encouragés pendant le test. Le test s'est arrêté si les sujets ne parvenaient plus à garder une cadence de minimum 75 ou s'ils le réclamaient. L'échelle de Borg (6-20) et l'échelle visuelle analogique (VAS, Annexe 2C) pour mesurer l'effort perçu et la douleur dans les jambes respectivement ont été demandés.

Masse d'hémoglobine

Le test mesurant la masse d'hémoglobine a pu être réalisé, 60 minutes après le test de VO₂ peak. Lors de celui-ci, du monoxyde de carbone (CO) a été inspiré par les sujets.

Au niveau du matériel, un spiromètre (Blood Tec GMBH, Bayreuth, Allemagne) a été utilisé (Annexe 7). Sept tubes de 70 µL, un dräger (Dräger Pac 5500 ; Single-Gas Detection Device, Dräger, Lübeck, Allemagne) avec un embout buccal, un radiomètre (ABL90 Flex ; Radiometer, Brønshøj, Danemark) et un chronomètre étaient également nécessaires.

Tout d'abord, la procédure a été expliquée au participant, la température, la pression atmosphérique ont été mesurées. Ensuite, l'extrémité d'un doigt a été piquée pour remplir 5 tubes de 70 μL de sang. Ces tubes ont été insérés dans le radiomètre pour évaluer la proportion de carboxyhémoglobine. Une évaluation de la concentration en monoxyde de carbone au préalable de l'inhalation de celui-ci a été effectuée. Il a été demandé au participant de réaliser une expiration et d'achever celle-ci après 10-15 secondes, en plaçant l'embout buccal connecté au Dräger PAC 5500, dans sa bouche. Cela a été réalisé avec un pince nez. Un essai sans inhalation de monoxyde de carbone a été effectué pour habituer la personne. Si l'essai était réussi alors le test avec le monoxyde de carbone était réalisé.

Avant d'entamer le test, la seringue a été remplie de monoxyde de carbone (1ml. Kg^{-1} de poids corporel), le test a été réalisé avec un pince nez,. Il a été demandé au participant de réaliser une expiration maximale hors de l'embout buccal et le sujet devait ensuite clôturer celle-ci dans l'embout. La grande valve a été ouverte par le sujet en fin d'expiration. Il a dès lors inspiré, au même moment, l'expérimentateur a libéré le monoxyde de carbone de la seringue. La respiration a été bloquée par le participant après l'inspiration pour une durée de 5 secondes avant de réaliser une expiration complète. Pour une durée de 2 minutes, l'inspiration et l'expiration du participant ont été reprises avec un rythme normal. Pour finir, lorsqu'il restait 10 secondes, il a été demandé aux participants d'inspirer de façon maximale suivi d'une expiration maximale. La main du sujet a été levée en fin d'expiration et la grande valve a dès lors été tournée pour fermer le système. Pour terminer le test, une nouvelle mesure du CO a été effectuée avec le Dräger après 4 minutes. A l'aide du radiomètre, 2 tubes de sang préalablement collectés ont été analysés, un après 6 minutes et l'autre après 8 minutes. Enfin, le ballon a été placé sous une hotte et connecté au Dräger, pour mesurer la quantité de monoxyde de carbone présent.

Jour 3 :

RSA

Il s'agit d'un test de sprints répétés sur vélo. Le but est de faire le plus de sprints maximaux jusqu'à épuisement. Lors de celui-ci, l'appareil NIRS (near infrared spectroscopy) (Portamon ; Artinis Medical Systems, Elst, the Netherlands), a été employé pour mesurer le niveau d'oxygénation musculaire.

Lorsque le participant est arrivé, le pli cutané de sa cuisse droite a été mesuré à l'endroit de fixation du NIRS. Sur le vaste latéral à mi-distance entre le grand trochanter et le ménisque latéral, le NIRS a été positionné. Une bande adhésive de la marque Mefix a recouvert l'appareil et un short noir a été enfilé par-dessus le NIRS. Pour le post-test, le NIRS a été fixé à un emplacement identique. Avant de commencer l'échauffement, le lactate a été prélevé. La position assise immobile, genoux à 90 degrés sur un siège, sur une durée de 3 minutes, a été utilisée pour mesurer le niveau d'oxygénation de départ.

Dix minutes d'échauffement ont été exécutées par les participants sur un cycloergomètre. La consigne donnée aux sujets était de pédaler à 50% de VO_2 peak avec une fréquence de pédalage entre 75-85 tours par minute, entrecoupé de 2 sprints d'une durée de 5 secondes à 5 minutes et 3 minutes après. La résistance pour les sprints a été fixée à $0,8 \text{ (N.m).kg}^{-1}$. Ensuite, le participant devait une seconde fois rester assis durant 3 minutes dans la même position que précédemment. Le test commence avec une période de 20 secondes pour laquelle la résistance est de 30% de VO_2 peak suivie d'un sprint de 10 secondes à fond avec une résistance de $0,8 \text{ (N.m).kg}^{-1}$ de poids corporel. Les sprints sont entrecoupés de 20 secondes de récupération en pédalant à 30% de la VO_2 peak. Le plus de répétitions possible à effort maximal étaient demandées jusqu'à ce que le sujet désire arrêter ou si la cadence lors d'un sprint était inférieure à 70 tours par minute pour une durée supérieure à 5 secondes. Les candidats ont été encouragés par les expérimentateurs. Après le test, un retour au calme de 10 minutes a été effectué avec la même résistance que lors des phases de récupération et le lactate a été mesuré tout de suite à la fin du test et toutes les 2 minutes pendant 6 minutes. L'expérimentateur a également récolté le niveau d'effort perçu (RPE) et la douleur dans les jambes (VAS).

Un suivi du tissue saturation index (TSI) a été réalisé du début à la fin du RSA test.

Wingate

Ce test a permis d'évaluer la puissance produite lors d'un effort de 30 secondes. Il a été réalisé 60 minutes après la fin du test précédent. Tout d'abord, une mesure du lactate a été prise au niveau de l'oreille. Une fois celle-ci effectuée, un échauffement de 10 minutes a été suivi par le participant sur un cycloergomètre. Le sujet a pédalé durant 10 minutes à 50% de VO_2 peak, entrecoupé de 2 sprints ($0,8 \text{ (N.m).kg}^{-1}$) de

5 secondes à 5 minutes et à 8 minutes. La résistance lors du test était de $0,075 \text{ Kg.kg}^{-1}$. Le sujet a été motivé par des encouragements des expérimentateurs pendant les 30 secondes de sprint en position assise. Le lactate a été mesuré tout de suite à la fin du test et toutes les 2 minutes pendant 6 minutes. Le niveau de l'effort perçu (RPE) et de la douleur dans les jambes (VAS) ont été évalués.

2.5 Statistiques :

Pour analyser les résultats, le logiciel SPSS (SPSS v.28.0.1.1 ; IBM, Armonk, NY) a été utilisé. En premier lieu, la normalité a été vérifiée grâce au test de Shapiro-wilk pour l'ensemble des données. Si la p valeur était supérieure à 0,05, les résultats suivaient une loi normale. Dans l'ensemble des tests, l'intervalle de confiance a été réglé sur 95%. Ensuite, pour le tableau des caractéristiques, si les données étaient normales, un test Anova a été réalisé. Si la p valeur était inférieure ou égale à 0,05, les différences étaient significatives et un post hoc (Bonferroni) a été employé. Si les résultats n'étaient pas normaux, le test kruskall-Wallis a été employé. Pour l'ensemble des données évaluées au 1^{er} et au 12^{ème} entraînement, le t-test apparié a été employé en cas de normalité et le Wilcoxon dans le cas contraire. Pour comparer les 2 sexes, si les données suivaient une loi normale, un t-test pour échantillons indépendants a été utilisé sinon le test de Man-Whitney a été effectué. Graphpad (v.9.0.0 ; GraphPad Software, Boston, MA) a été employé pour créer les graphiques ci-dessous. Les moyennes et l'erreur standard sont mises en évidence.

3 Résultats

3.1 Mesures de thermorégulation:

Les valeurs obtenues à l'entraînement 1 et 12 ont été comparées pour les 4 groupes ainsi que les 2 sexes d'une même condition à chaque session (1-12) (Annexe 8, Table 2).

3.1.1 La gravité spécifique de l'urine (USG)

Concernant la gravité spécifique de l'urine (fig. 6), pour l'ensemble des groupes, la variation entre les 2 entraînements n'était pas significative : femmes contrôle, $p=0,552$; hommes contrôle, $p=0,433$; femmes en chaleur, $p=0,084$; hommes en chaleur, $p=0,937$.

Par rapport aux hommes, les sujets féminins, ont obtenu une valeur plus basse dans le groupe en chaleur à l'entraînement 1 ($1,007 \pm 0,002$ femmes vs $1,016 \pm 0,003$ hommes ; $p=0,035$). Le groupe contrôle ne démontrait pas d'écart entre les hommes et les femmes aux 2 entraînements respectivement ($p=0,550$; $p=0,192$), de même pour le groupe en chaleur à la session 12 ($p=0,354$) (fig.6).

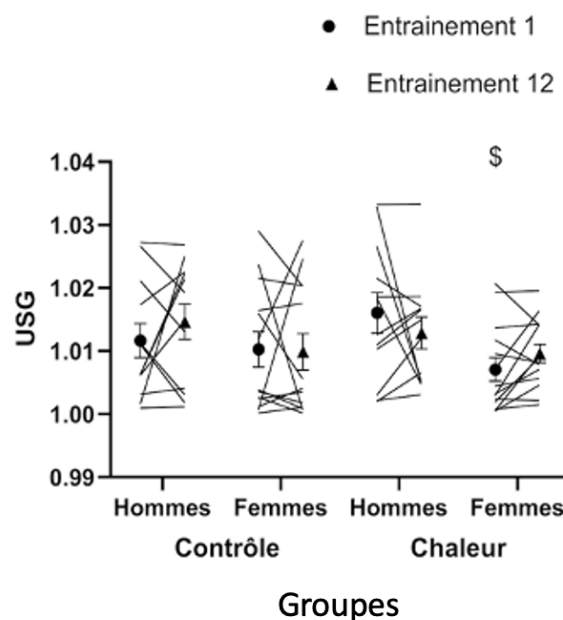


Fig. 6 : USG, gravité spécifique de l'urine à l'entraînement 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. \$ $\leq 0,05$, par rapport aux hommes du même groupe.

3.1.2 Taux de transpiration

Le groupe hommes contrôle uniquement a démontré une modification significative entre l'entraînement 1 et 12, avec une baisse du taux de transpiration ($0,9 \pm 0,2$ mmol/L vs $0,5 \pm 0,1$ mmol/L ; $p=0,017$). Les 3 autres groupes n'ont montré aucune évolution : femmes contrôle, $p=0,423$; femmes en chaleur, $p=0,875$; hommes en chaleur, $p=0,844$ (fig. 7).

A l'entraînement 12, le taux de transpiration était supérieur chez les hommes en condition chaude par rapport aux femmes du même groupe ($0,7 \pm 0,2$ mmol/L femmes vs $1,4 \pm 0,1$ mmol/L hommes ; $p=0,002$). Les valeurs pour le groupe contrôle sont restées similaires entre les 2 sexes lors des 2 séances respectivement ($p=0,430$; $p=0,142$). Il en a été de même pour le groupe en chaleur au 1^{er} entraînement ($p=0,057$) (fig. 7).

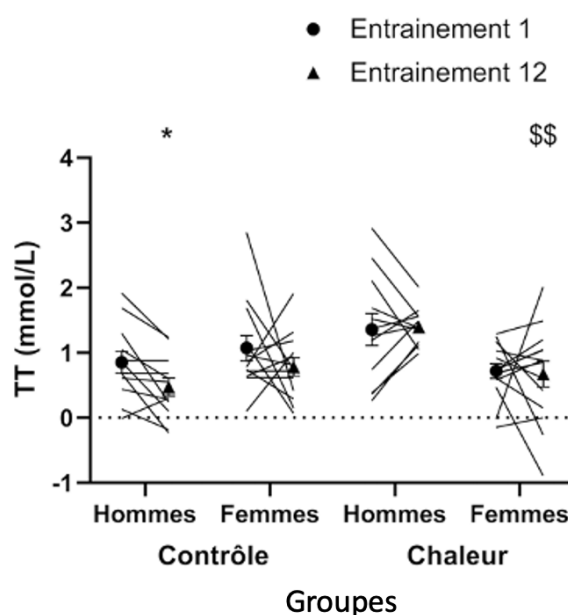


Fig. 7 : TT en mmol/L, taux de transpiration à l'entraînement 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. * $p \leq 0,05$ par rapport à l'entraînement 1. \$ $\leq 0,05$, \$\$ $p < 0,01$ par rapport aux hommes du même groupe.

3.1.3 La fréquence cardiaque maximale

La fréquence cardiaque maximale a diminué lors de l'entraînement 12 comparé au 1^{er} pour tous les groupes sauf les femmes contrôle ($p=0,059$). Voici les valeurs pour les différents groupes : les hommes contrôle (184 ± 3 bpm vs 180 ± 2 bpm ;

$p=0,045$) ; les femmes en chaleur (182 ± 2 bpm vs 178 ± 2 bpm ; $p=0,004$) et enfin les hommes en chaleur (184 ± 3 bpm vs 179 ± 4 bpm ; $p=0,028$) (fig. 8).

Les individus masculins et féminins n'ont pas démontré d'écart que ce soit en condition chaude ou tempérée à l'entraînement 1 ou 12 : Groupe contrôle entraînement 1, $p=0,683$ et entraînement 12, $p=0,849$; groupe chaleur entraînement 1, $p=0,351$ et entraînement 12, $p=0,805$ (fig. 8).

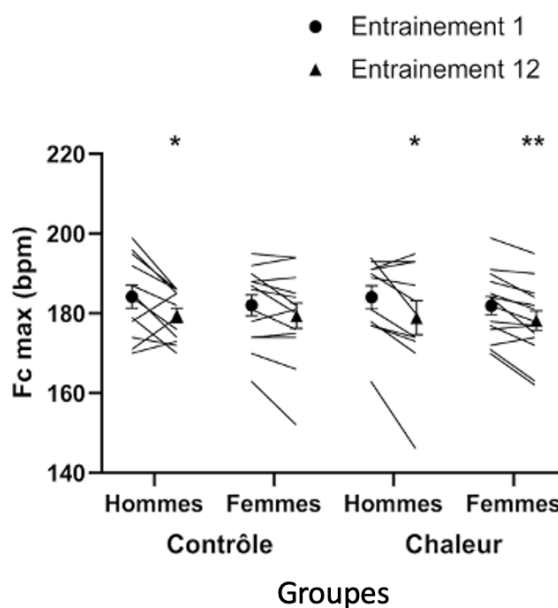


Fig. 8 : FC max en bpm, fréquence cardiaque maximale à l'entraînement 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$ par rapport à l'entraînement 1.

3.1.4 Différence température centrale et cutanée finale et initiale

Le delta entre la température finale et initiale centrale n'a pas varié entre les 2 sessions : femmes contrôle, $p=0,507$; hommes contrôle, $p=0,937$; femmes en chaleur, $p=0,102$; hommes en chaleur, $p=0,109$ (fig 9A). Il en a été de même pour la température cutanée : femmes contrôle, $p=0,331$; hommes contrôle, $p=0,415$; femmes en chaleur, $p=0,254$; hommes en chaleur, $p=0,069$ (fig. 9B).

Pour la température centrale, les variations entre les sujets masculins et féminins n'étaient pas significatives dans l'ensemble des groupes : groupe contrôle entraînement 1, $p=0,430$; entraînement 12, $p=0,663$; groupe chaleur entraînement 1, $p=0,935$; entraînement 12, $p=0,891$. (fig. 9A).

Pour la température cutanée, en condition tempérée (contrôle), les femmes avaient un delta plus élevé que les hommes uniquement au 1^{er} entraînement ($0,99 \pm 0,14^{\circ}\text{C}$ femmes vs $0,69 \pm 0,08^{\circ}\text{C}$ hommes ; $p=0,04$). Sinon les valeurs étaient similaires entre les sexes pour le groupe contrôle entraînement 12 ($p=0,090$) et en chaleur aux 2 entraînements ($p=0,415$; $p=0,470$) (fig. 9B).

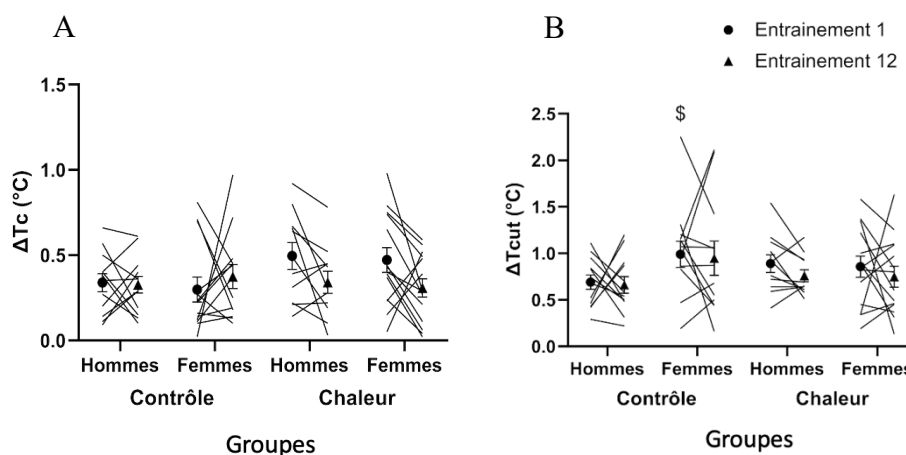


Fig. 9 : Différence entre la température finale et initiale en $^{\circ}\text{C}$ (A) ΔT_c , centrale et (B) ΔT_{cut} , cutanée à l'entraînement 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. $\$ \leq 0,05$ par rapport aux hommes du même groupe.

3.1.5 Concentration de sodium dans la sueur

Les hommes en chaleur (80 ± 8 mmol/L vs 69 ± 7 mmol/L ; $p=0,015$) ainsi que les femmes en chaleur (61 ± 4 mmol/L vs 56 ± 5 mmol/L ; $p=0,022$) avaient des valeurs de concentration de sodium présent dans la sueur de leur front plus faible au 12^{ème} entraînement que lors du 1^{er}. Les 2 autres groupes n'ont pas démontré de changement : femmes contrôle, $p=0,415$; hommes contrôle, $p=0,507$ (fig10A). Concernant la concentration de sodium dans la sueur pour l'ensemble du corps, le même constat a été fait avec une réduction pour 2 groupes : les hommes en chaleur (46 ± 5 mmol/L vs 39 ± 4 mmol/L ; $p=0,015$) ainsi que les femmes en chaleur (34 ± 3 mmol/L vs 31 ± 3 mmol/L ; $p=0,022$). Les 2 groupes contrôle (hommes ; $p=0,507$ / femmes ; $p=0,415$) ont obtenu des valeurs similaires entre les 2 entraînements (fig.10B).

Les individus masculins du groupe contrôle présentaient davantage de sodium dans leur sueur du front à l'entraînement 1 (41 ± 3 mmol/L femmes vs 63 ± 7 mmol/L hommes ; $p=0,022$) et 12 (41 ± 5 mmol/L femmes vs 65 ± 8 mmol/L hommes ; $p=0,016$) que les femmes. En condition chaude, les variations entre les 2 sexes

étaient non significatives : entraînement 1, $p=0,06$; entraînement 12, $p=0,184$. Le même constat a été fait pour le sodium dans la sueur pour l'ensemble du corps. Groupe contrôle entraînement 1 (22 ± 2 mmol/L femmes vs 35 ± 4 mmol/L hommes ; $p=0,022$) ; entraînement 12 (22 ± 3 mmol/L femmes vs 37 ± 5 mmol/L hommes ; $p=0,016$) ; groupe chaleur entraînement 1, $p=0,06$; entraînement 12, $p=0,184$ (fig. 10).

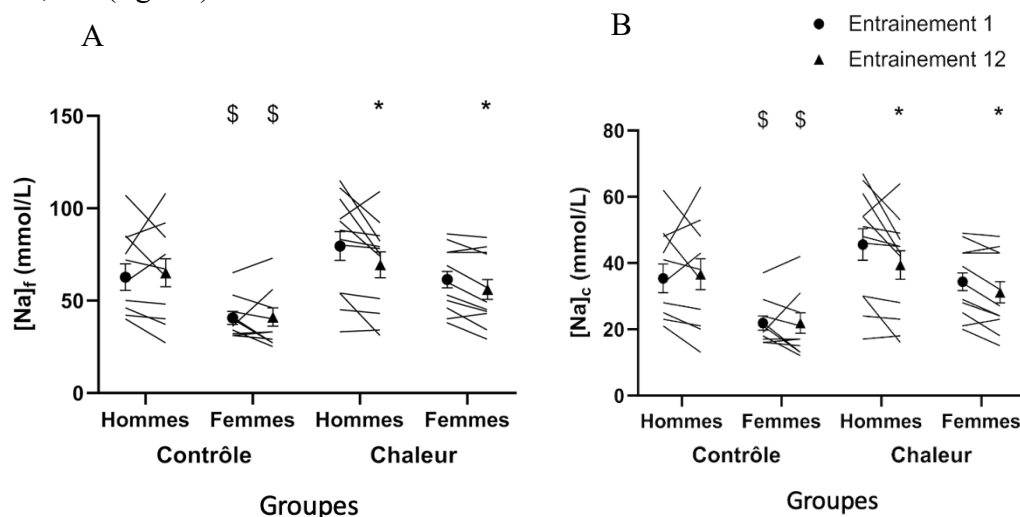


Fig. 10 : Concentration de sodium dans la sueur en mmol/L (A)[Na]_f, du front (B) [Na]_c, pour l'ensemble du corps à l'entraînement 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. * $p \leq 0,05$ par rapport à l'entraînement 1. \$ $\leq 0,05$ par rapport aux hommes du même groupe.

3.1.6 Mesures subjectives

3.1.6.1 RPE

Lors de la 12^{ème} séance, au niveau de la perception de l'effort final, une réduction a été mise en évidence pour les femmes en chaleur par rapport à la 1^{ère} session (17 ± 0 vs 16 ± 0 ; $p=0,026$). Les autres groupes n'ont pas évolué : femmes contrôle, $p=0,229$; hommes contrôle, $p=0,252$; hommes en chaleur, $p=0,223$ (fig.11A).

Un RPE supérieur a été mis en évidence chez les sujets masculins dans le groupe contrôle par rapport aux femmes que ce soit au 1^{er} entraînement (15 ± 1 femmes vs 16 ± 0 hommes ; $p=0,026$) ou au 12^{ème} (15 ± 0 femmes vs 17 ± 0 hommes ; $p=0,013$). En condition chaude, lors de la 1^{ère} séance, l'inverse se produit, les hommes avaient un RPE plus bas que les femmes (17 ± 0 femmes vs 16 ± 1 hommes ; $p=0,035$). A la 12^{ème} session, les 2 sexes ont obtenu des valeurs similaires ($p=0,398$) (fig. 11A).

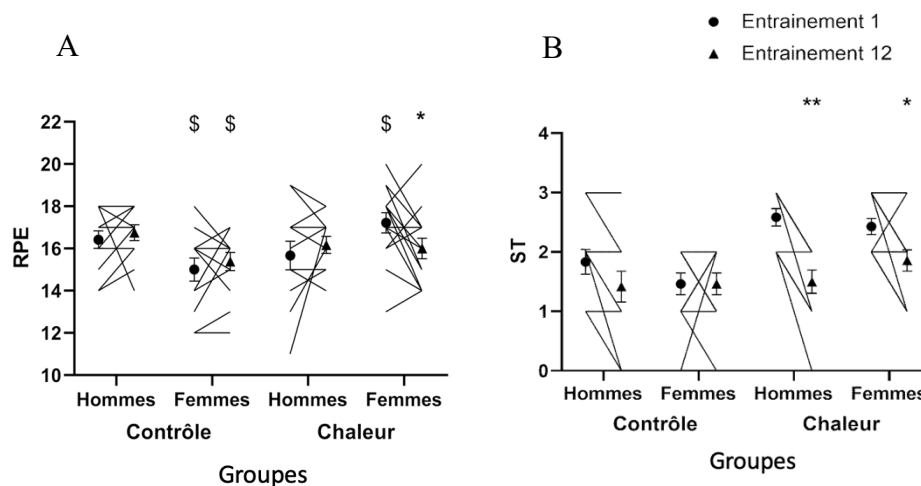


Fig. 11: (A) RPE, rating of perceived exertion/ évaluation de l'effort perçu (B) ST, sensation thermique à la séance 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$ par rapport à l'entraînement 1. \$ $p \leq 0,05$ par rapport aux hommes du même groupe.

3.1.6.2 Sensation thermique

Une baisse au 12^{ème} entraînement a été constatée pour les femmes en chaleur ($2,4 \pm 0,1$ vs $1,9 \pm 0,2$; $p=0,021$) et les hommes en chaleur ($2,6 \pm 0,1$ vs $1,5 \pm 0,2$; $p=0,002$) par rapport au 1^{er} entraînement. Les valeurs pour les femmes contrôle ($p=1,000$) et les hommes contrôle ($p= 0,059$) sont restées similaires à l'entraînement 1 (fig. 11B).

Les 2 sexes avaient des valeurs similaires dans les 2 conditions et aux 2 entraînements : groupe contrôle entraînement 1, $p=0,252$; entraînement 12, $p=0,882$; groupe chaleur entraînement 1, $p=0,440$; entraînement 12, $p=0,244$ (fig. 11B).

3.2 Mesures de performance :

Les femmes ont développé une puissance moyenne (fig.12A) et maximale (fig.12B) inférieures aux hommes aux 2 entraînements et dans les 2 groupes ($p=0,000$) (Annexe 8, Table 3).

3.2.1 Puissance moyenne de tous les sprints

Le groupe homme contrôle a développé une puissance moyenne supérieure lors de la séance 12 comparée à la 1^{ère} (577 ± 25 W vs 598 ± 28 W ; $p=0,041$). Pour les femmes contrôle ($p=0,087$), les femmes en chaleur ($p= 0,433$) et les hommes en

chaleur ($p=0,099$), les résultats étaient similaires entre les 2 entraînements (fig. 12A).

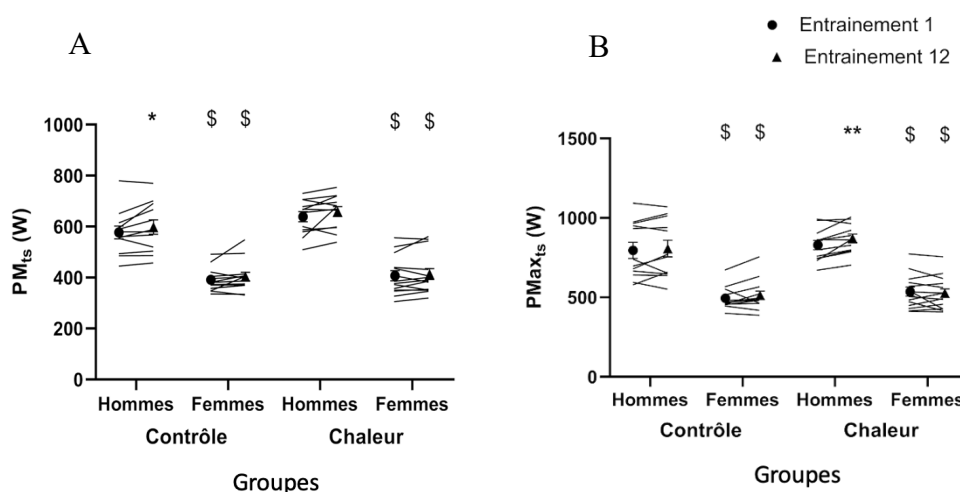


Fig. 12 : Puissance absolue en watts (A)PM_{ts}, moyenne, (B)PM_{Max}_{ts}, maximale développées sur l'ensemble des sprints à la séance 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$ par rapport à l'entraînement 1. \$ $< 0,001$ par rapport aux hommes du même groupe.

3.2.2 Puissance moyenne lors des séries

La puissance moyenne lors de la 1^{ère} ou de la 2^{ème} série respectivement est restée similaire entre les 2 entraînements pour l'ensemble des groupes : les femmes contrôle, $p=0,917$, $p=0,064$; les hommes contrôle $p=0,308$, $p=0,158$; les femmes en chaleur, $p=0,551$, $p=0,245$ et les hommes en chaleur, $p=0,638$, $p=0,136$.

En revanche, lors de la 3^{ème} série, les hommes contrôle (545 ± 22 W vs 581 ± 24 W ; $p=0,015$) et les hommes en chaleur (623 ± 21 W vs 661 ± 20 W ; $p=0,015$) ont progressé par rapport à la 1^{ère} séance. Pour les femmes que ce soit en condition tempérée ($p=0,075$) ou en condition chaude ($p=0,096$), la puissance moyenne n'a pas évolué entre les 2 séances (fig. 13A). La figure 14 en annexe 9 détaille l'évolution de la puissance moyenne lors de l'entraînement pour chaque sprint.

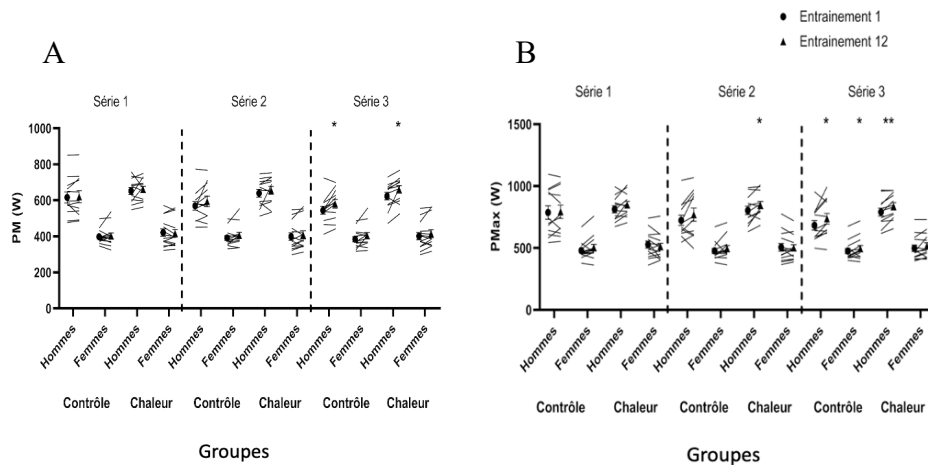


Fig. 13 : Puissance absolue en watts (A)PM, moyenne, (B)PMax, maximale par série à la session 1 et 12 chez les 2 sexes en condition de chaleur ou tempérée. *p ≤0,05, **p<0,01 par rapport à l'entraînement 1.

3.2.3 Puissance maximale de tous les sprints

La puissance maximale pour l'ensemble des sprints était plus élevée pour les hommes en chaleur (829 ± 30 W vs 871 ± 27 W ; $p=0,003$) au 12^{ème} entraînement que lors du 1^{er}. Les femmes contrôle ($p=0,092$), les hommes contrôle ($p=0,259$) et les femmes en chaleur ($p=0,22$) avaient des puissances similaires entre l'entraînement 1 et 12 (fig.12B).

3.2.4 Puissance maximale lors des séries

Au cours de la 1^{ère} série, les différents groupes n'ont pas obtenu de variation significative : les femmes contrôle, $p=0,064$; les hommes contrôle, $p=0,783$; les femmes en chaleur, $p=0,433$; les hommes en chaleur, $p=0,108$.

En revanche, lors du 12^{ème} entraînement, pour la 2^{ème} série, la puissance maximale des hommes en condition chaude était supérieure (804 ± 33 W vs 846 ± 29 W ; $p=0,023$) par rapport à la puissance du 1^{er} entraînement. Les 3 autres groupes n'ont pas évolué : les femmes contrôle, $p=0,196$; les hommes contrôle, $p=0,126$; les femmes en chaleur, $p=0,778$.

Lors de la dernière série, tous les groupes sauf les femmes en chaleur ($p=0,068$) ont développé une puissance maximale plus importante à la 12^{ème} session qu'à la 1^{ère} : les femmes contrôle (475 ± 21 W vs 495 ± 26 W ; $p=0,046$), les hommes contrôle (683 ± 38 W vs 736 ± 43 W ; $p=0,019$) et les hommes en chaleur (790 ± 32 W vs 837 ± 30 W ; $p=0,001$) (fig. 13B). La figure 15 en annexe 9 détaille l'évolution de la puissance maximale lors de l'entraînement pour chaque sprint.

4 Discussion

Ce mémoire avait pour but d'évaluer les potentielles adaptations physiologiques à la suite de plusieurs séances de sprints répétés en condition chaude, pour les 2 sexes. Un deuxième but était de comparer la réponse des sujets masculins et féminins. Cette recherche a pu mettre en évidence que la fréquence cardiaque maximale, la sensation thermique semblent réduites grâce à l'entraînement en chaleur et le sodium dans la sueur moins présent. Cependant, le delta pour la température centrale et cutanée, ainsi que le taux de transpiration ne semblent pas affectés par cet entraînement. En revanche, les 2 sexes ont l'air de s'adapter de façon similaire, sauf pour le RPE qui diminue chez la femme, en condition chaude, et à l'inverse, la puissance maximale qui s'accroît chez l'homme, en chaleur.

4.1 Le taux de transpiration

Ce mémoire n'a mis en évidence aucun changement pour le taux de transpiration à la suite de l'entraînement en chaleur, chez les hommes et les femmes, ce qui diffère de la littérature (60,61). En effet, le taux de transpiration est supérieur suite à l'acclimatation à la chaleur chez les 2 sexes (6,47) et avec un protocole de sprints répétés en chaleur (60,61). Alors que dans ce mémoire, le taux de transpiration reste similaire à la suite du protocole, comme énoncé dans l'étude de Petersen et al.(2010)(66). Pour cet auteur (66), les sprints duraient 20 secondes, ce qui est plus long que la définition du RSA. Les adaptations sont influencées par le milieu, le temps passé en condition chaude et l'intensité (31). Un premier élément de réponse est la durée potentiellement trop courte pour générer cette adaptation. En effet, minimum 14 jours sont nécessaires dans une méta-analyse avec une majorité d'hommes et l'effet sur la sudation est corrélé avec ce paramètre (6). Chez la femme entre 8 et 14 jours sont requis (47). Étant donné que les sujets se sont entraînés au total 11 fois en condition chaude (1h), cela n'a peut-être pas été suffisant pour engendrer les adaptations concernant la sudation. De plus, il semble que 1h par séance soit le minimum pour provoquer des adaptations (67). Cependant certaines études ont obtenu une hausse de la sudation après moins de 14 jours (60,61). Dans une méta-analyse ayant obtenu un gain dans la production de sueur, la durée des séances était supérieure en moyenne avec 78 à 119 minutes (6). Au niveau de la durée totale, entre 451 et 900 minutes semblent nécessaires pour des adaptations de la sudation chez la femme (47), et entre 433 et 1186 chez l'homme (6), ce mémoire compte 660 minutes. Cependant, dans 2 études de sprints répétés en condition

chaude 300 (60) à 324 minutes (61) ont permis des améliorations, ce qui est bien moins que ce mémoire. La durée des études avec une amélioration variait de 5 à 8 séances entre 33 minutes et 1h (60,61). Cependant, le nombre de séries est supérieur avec au moins 4 (60,61) voir 7 séries (61) alors que dans ce mémoire, 3 séries ont été réalisées.

Le 2^{ème} paramètre qui pourrait expliquer cette différence avec la littérature est la température. Dans ce mémoire, elle était de 30°C alors que dans les études, elle est supérieure entre 35 et 40°C (60,61). Cela est en accord avec la méta-analyse de Tyler et al.(2016) (6), où elle était égale à 40°C en moyenne et celle-ci est corrélée avec l'effet sur la sudation. Il est d'ailleurs mis en évidence qu'au plus le wet bulb globe temperature est important, au plus le taux de transpiration sera accru (68).

Cependant, une étude sur des hommes a comparé les adaptations suite à 5 jours dans une humidité variée (20% RH et 43°C ou 80% RH et 32°C) (69). Ils ont mis en évidence un taux de transpiration légèrement supérieur en milieu sec, mais pas en milieu humide (69). La moyenne est d'ailleurs de 37 à 42% RH dans la méta-analyse de Tyler et al.(2016) (6). Néanmoins, l'humidité était variable entre 40 et 60% pour les 2 études ayant démontré une amélioration (60,61) .

Une quatrième possibilité est que les séances étaient bihebdomadaires alors que des séances quotidiennes semblent nécessaires pour induire une hausse du taux de transpiration, chez la femme en tout cas (47). Ce qui était le cas dans la méta-analyse de Tyler et al.(2016), cet élément est associé avec l'effet sur la sudation (6). Toutefois, que l'acclimatation soit réalisée tous les jours ou en laissant un jour de repos, le taux de production de sueur était supérieur (61).

Enfin, dans la littérature, les seuils de la sudation et de la hausse de l'apport de sang cutané sont inférieurs après une période d'adaptation en condition chaude (6). Ces éléments exercent une influence sur la thermorégulation (31) et ils n'ont pas été mesurés. D'ailleurs, la méta-analyse sur des femmes énonce que davantage de sueur serait évaporée sans en produire plus, ce qui provoquerait une meilleure déperdition de chaleur et abaisserait les températures centrale et cutanée après acclimatation à la chaleur (47).

Comme énoncé dans l'introduction, la production de sueur régionale est plus basse chez la femme (36), ce qui se confirme dans ce mémoire seulement au 12^{ème} entraînement en chaleur. Au 1^{er} entraînement, la p valeur est très proche du seuil avec 0,057. Cette différence entre les sexes a également été mise en évidence dans la littérature, après acclimatation à la chaleur lors d'un test en milieu humide mais pas sec (42). Il est bien établi dans la littérature que le taux de production de la sueur est plus bas chez les femmes (36,38) via différents éléments, une thermosensibilité plus faible, un taux de production de la sueur pour certaines parties du corps inférieur, ce qui s'explique par des glandes sudoripares qui génèrent une plus faible quantité de transpiration (36). Étant donné que cela se marque surtout pour les taux de production de chaleur plus élevés dans cette étude (36), il semble logique que ce ne soit pas le cas dans le groupe contrôle.

En second lieu, comme mentionné dans l'introduction, la surface spécifique supérieure des femmes leur fait employer davantage la dilatation des vaisseaux sanguins au niveau de la peau pour se refroidir (38).

Troisièmement, étant donné qu'une corrélation existe entre le poids, la masse maigre et la chaleur métabolique générée lors d'un exercice de course à pied (70), celle-ci est potentiellement supérieure chez les hommes, vu leur poids et leur masse maigre plus élevés (15), cela influence la thermorégulation (31). Un dernier élément est l'humidité où les femmes ont un taux de production de sueur inférieur (42).

Chez les hommes du groupe contrôle, une baisse du taux de production de sueur a eu lieu. Cela va à l'encontre de la littérature, le groupe contrôle (hommes) obtient des valeurs similaires avant et après un protocole de sprints répétés (60). Cependant le test était réalisé en chaleur (60). Cela ne semble pas logique car il est reconnu que les personnes entraînées ont un taux de production de sueur supérieur par rapport aux non entraînées (71). Une hausse aurait été plus cohérente. Les femmes contrôle n'ont pas d'évolution dans ce mémoire. Une étude (72) a constaté une diminution de la température centrale. La sudation et l'augmentation de l'apport de sang au niveau de la peau se déclenchent pour une température inférieure suite à 8 semaines de musculation et d'exercices aérobies chez des sédentaires. Cependant les sujets ne transpiraient pas plus ou moins (72). Dans une autre recherche sur des

sprints en intervalle, les paramètres de la thermorégulation et la sudation restent similaires au test initial (73). L'explication à ce phénomène reste à élucider mais pourrait être liée à une meilleure thermorégulation à l'exercice, comme dans cette étude (72) et donc à un besoin moins important d'évaporer et de transpirer, toutefois cela reste hypothétique.

4.2 La concentration de sodium dans la sueur du front et du corps entier

Les 2 sexes ont démontré une baisse de la concentration de sodium dans la sueur du front et du corps entier à la suite de la période d'entraînement en chaleur. Les hommes et les femmes ne démontrent pas de différence entre eux. Au vu des résultats observés uniquement dans le groupe en condition de chaleur, il semble que ce soit grâce à l'acclimatation à la chaleur que cette baisse du sodium se soit produite. Les résultats obtenus dans cette étude sont en accord avec la littérature, pour les 2 sexes (31,45,74) avec une baisse de la concentration de sodium suite à une période d'acclimatation à la chaleur. Cela a également été mis en évidence après un protocole de sprints répétés en condition chaude (10). Une première hypothèse pour expliquer ce phénomène serait liée à l'aldostérone (31). En effet, le cortex surrénalien produit cette hormone qui a comme effet de conserver davantage de sodium par les glandes responsables de la production de sueur (31). Tyler et al.(2016), énoncent que l'aldostérone au repos s'accroît légèrement suite à la répétition d'exposition à la chaleur (6). Celle-ci est d'ailleurs corrélée avec le sodium présent dans la sueur chez les hommes (75).

En revanche, une autre hypothèse (74) énonce que la réduction de sodium dans la sueur, serait due à des glandes sudoripares avec une sensibilité supérieure pour l'aldostérone. Par contre, ils ont mis en évidence que l'aldostérone au repos ne varie pas (74). Au niveau de la comparaison entre les sexes, ils s'adaptent de façon identique, ce qui est cohérent avec cette étude (45) qui a mis cela en évidence chez chaque sexe. Il est à noter que la gravité spécifique de l'urine qui démontre le niveau d'hydratation (66) est restée similaire aux 2 entraînements dans ce mémoire ce qui n'a pas influencé la concentration en sodium. Une étude a démontré que les hommes hydratés correctement ont une concentration de sodium dans la sueur, inférieure à celle de ceux qui sont déshydratés lors d'un exercice (76).

Pour le groupe contrôle, les hommes ont une concentration supérieure de sodium dans la sueur du front et du corps entier à celle des femmes aux 2 entraînements. Cela est en accord avec certains auteurs (39,40) qui ont testé cela en chaleur lors d'un seul exercice. Cependant Barnes et al. (2019)(41) n'ont constaté aucune différence pour le sodium dans la sueur réunissant l'ensemble du corps mais seulement pour sa perte en mmol/h avec l'exercice, supérieure chez l'homme (41). Dans la littérature, les résultats de ce mémoire seraient liés à la sudation supérieure chez l'homme (39). Cependant, le taux de production de sueur n'était pas différent. Meyer et al.(1992) (40) énoncent que la différence entre les sexes pourrait être potentiellement due aux hormones. Toutefois, l'oestradiol et la progestérone n'influencent pas le sodium dans la sueur des femmes (77).

En chaleur, cette différence n'existe plus entre les sexes. Cependant, la p valeur au 1^{er} entraînement est de 0,06 donc il y a une tendance. Par contre, au 12^{ème} entraînement, aucune différence n'est observée entre hommes et femmes. La baisse exprimée en pourcentage entre l'entraînement 1 et 12 est supérieure pour l'homme mais cela n'a pas été analysé d'un point de vue statistique. Peut-être que la baisse chez l'homme est plus importante, ce qui contrebalance, la tendance initiale pour un niveau de sodium dans la sueur plus bas chez les femmes. La littérature n'a pas comparé à ce jour les 2 sexes, à la suite d'un protocole d'entraînement en chaleur, au niveau du sodium dans la sueur. Il semble donc compliqué d'expliquer ces différences.

4.3 La différence de température centrale et cutanée initiale et finale

Les sujets obtiennent des valeurs similaires entre les 2 entraînements pour la différence de température centrale et cutanée, initiale et finale. Les 2 sexes semblent s'adapter de façon identique.

Premièrement, la littérature analyse en majorité la température au repos et après ou pendant l'exercice mais pas le delta. Les avis des auteurs (10,60,61) divergent sur l'évolution de la température centrale après un protocole de sprints répétés en chaleur. Celle-ci ne subit aucune modification à l'exercice (61) et au repos (60) selon certains et pour d'autres, elle diminue à l'exercice (60) ou au repos (10). En ce qui concerne la température cutanée à l'exercice, pour un auteur celle-ci a baissé (60) et pour un autre elle reste similaire (61). Il semble donc que cela ne soit pas très clair. En revanche, la littérature énonce que la température centrale au repos et

à l'exercice est inférieure chez les 2 sexes, suite à une acclimatation à la chaleur (6,47) mais la température cutanée ne diminue qu'à l'exercice (6). Deux études ont obtenu un delta constant pour la température centrale, mais une baisse de celle-ci au repos et du pic ou de celle finale, suite à un protocole d'acclimatation à la chaleur après 7 jours chez les 2 sexes (7) ou 10 jours (78). Il faut remarquer que seulement 2 études mesurent les paramètres lors d'un test en chaleur en incluant des sprints répétés (60,61) et une qui a pris les mesures aux entraînements (10), ce qui peut modifier un peu les résultats. Le delta de la température centrale qui ne varie pas, signifie soit, qu'aucune adaptation de la température n'a eu lieu, soit une baisse de la température initiale et finale ou soit d'une des 2 températures et une augmentation de l'autre s'est produite.

Si l'hypothèse d'une baisse de la température centrale est suivie, cela serait dû à une meilleure évaporation ou perte de chaleur via la convection (79). Sachant que les seuils de la sudation et de croissance de l'apport de sang cutané sont diminués avec l'acclimatation à la chaleur (6), ces 2 mécanismes sont potentiellement améliorés. Ils contribuent à réduire la température (31). Il a été mis en évidence que la température centrale finale est inférieure, grâce à la baisse de la température au repos et grâce à une amélioration de la dissipation de chaleur, ce qui équivaut à 50% chacun (78).

Si en revanche, l'hypothèse est que la température centrale n'a pas évolué, cela peut être lié au protocole comme énoncé dans la partie taux de transpiration. La durée, la dose de chaleur et la fréquence ne semblent pas jouer un rôle pour la température centrale à l'exercice, car même une acclimatation à court terme, avec une faible quantité de chaleur ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$) et pas quotidienne, est efficace (47). En effet, 5 jours de sprints répétés en chaleur sont efficaces sur la température centrale à l'exercice mais pas au repos (60). Pour cette dernière, la dose de chaleur doit être intermédiaire et des entraînements successifs avec une acclimatation à moyen terme sont nécessaires. Cela a été mesuré chez la femme (47). Cependant, une acclimatation quotidienne ou non, n'ont toutes les 2 démontré chez l'homme, aucune baisse de la température centrale et cutanée, mais un effet modéré pour une augmentation du delta de la température centrale en post-test (61). De plus, la température est souvent supérieure à 30°C , elle est plutôt de 40°C (6,60). L'humidité ne semble pas intervenir car une acclimatation de 7 jours sous 35°C et 75% RH a démontré une

baisse de la température de repos et finale (78), tout comme une méta-analyse avec une humidité de 37% RH (6) et de 40 % lors de séances de sprints répétés en chaleur (60).

Une autre explication possible à cette baisse de température centrale est que moins de chaleur métabolique est créée pour une même intensité (80) ou que le taux métabolique lors de l'exercice est inférieur (81), grâce à une acclimatation à la chaleur, chez les 2 sexes.

Pour la température cutanée, il semble que cela signifie qu'elle n'a pas évolué. Si celle-ci a baissé, une déperdition de chaleur au niveau de la peau supérieure en serait la cause (6). La durée et l'intervalle entre les séances influencent l'évolution de la température cutanée (79). Cependant, un autre énonce que la dose de chaleur ne modifie pas l'adaptation et la durée non plus, du moins chez les femmes, et que des entraînements successifs sont plus efficaces (47). Néanmoins, que les séances de sprints répétés en chaleur soient journalières ou non, la température cutanée est restée similaire après le protocole (61). La durée ne semble pas importante car 5 séances suffisent contre 8 dans l'autre étude (60,61). Ce qui diffère entre ces 2 études (60,61) de sprints répétés en chaleur et semble être une explication à cette température cutanée qui est réduite pour une seule étude, est l'humidité et la température ou bien l'entraînement en lui-même.

4.4 La fréquence cardiaque maximale

Tout d'abord, la notion de fréquence cardiaque maximale ici, signifie le pic atteint lors de l'exercice. Ce mémoire a pu mettre en évidence une baisse de la fréquence cardiaque maximale après l'entraînement en condition chaude chez les 2 sexes, sans différence entre eux. Les articles scientifiques semblent énoncer la même chose, la fréquence cardiaque à l'exercice est moins élevée suite à un protocole en chaleur de sprints répétés chez l'homme (60,62) (même si pour Gale et al.(2020)(62), la taille de l'effet est faible) et suite à un entraînement intermittent chez la femme (63). Cependant, pour d'autres, chez l'homme, à l'exercice, la fréquence cardiaque moyenne (10), finale (61) et maximale (62) n'évoluent pas avec un protocole de sprints répétés en chaleur. Néanmoins, pour la fréquence cardiaque maximale, il s'agissait d'un test jusqu'à épuisement (62). L'acclimatation à la chaleur a

démontré, chez les 2 sexes, une baisse du pic de la fréquence cardiaque après 10 jours (7).

Une 1^{ère} explication possible est liée à un gain du volume plasmatique (82). Cela a été constaté après une acclimatation à la chaleur (6,31,44) sauf chez la femme (47). Grâce à cela, le remplissage cardiaque pourrait être accru et donc induire une baisse de la fréquence cardiaque (82). La méta-analyse de Tyler et al.(2016)(6) énonce que ce gain de volume plasmatique permet une hausse du volume d'éjection systolique. Cela permet au débit cardiaque de rester stable (6). Cela pourrait expliquer le pic plus bas atteint par la fréquence cardiaque. En effet, le rythme cardiaque multiplié par la quantité de sang expulsée à chaque contraction, est égal au débit cardiaque (31). Donc, si le volume d'éjection systolique augmente, le rythme cardiaque diminue pour un même débit. Toutefois, dans ce mémoire, le volume plasmatique n'a pas changé pour le groupe en chaleur. Cette piste est dès lors peu probable. Cependant, le retour veineux serait soutenu par le passage de liquide contenu dans ou hors des cellules vers les vaisseaux sanguins (82). Ce mécanisme serait mis en place, lorsque le taux de transpiration devient plus élevé, avec une meilleure évaporation (82). Dans ce mémoire, l'évaporation est potentiellement meilleure avec une sudation constante.

Une étude sur les 2 sexes a observé que la norépinéphrine est plus basse après 8 jours d'acclimatation à la chaleur (83). La fréquence cardiaque qui diminue serait dès lors potentiellement liée à une baisse de l'activité du système nerveux sympathique (83). Une seconde étude sur des hommes, énonce que le système parasympathique est prépondérant suite à 14 jours d'exercices en chaleur, ce qui permet de réduire la fréquence cardiaque (84).

Enfin, avec des séances en chaleur, le volume de sang sera moins en concurrence entre les muscles et la peau, cela aurait lieu grâce à un stress thermique moins important qui provient d'une température centrale diminuée. Cela engendre donc une activité sympathique plus faible, ce qui conduirait à une baisse de la fréquence cardiaque (84).

Les hommes du groupe contrôle ont démontré une baisse également de la fréquence cardiaque maximale. Les femmes n'ont pas de différence significative entre le 1^{er}

et le 12^{ème} entraînement mais la p valeur est proche (0,059). Cela n'est pas en accord avec la littérature, en effet lors d'un test sous maximal, suite à un entraînement de sprints en intervalle, la fréquence cardiaque n'évoluait pas chez les 2 sexes après 8 semaines (85), tout comme la fréquence cardiaque (62) ou le pic atteint par celle-ci avec des sprints répétés (56). Néanmoins, une autre étude de 5 entraînements de sprints répétés sur des individus masculins a obtenu une baisse de la fréquence cardiaque, au repos et à l'exercice lors d'un test en chaleur (60). Une explication possible est une hausse du volume d'éjection systolique, qui est une adaptation à l'entraînement, surtout aérobie (31). Ce gain de volume d'éjection systolique est lié au diamètre du cœur, à sa masse et au volume plasmatique qui deviennent supérieurs (31). Le cœur est également capable de développer une force supérieure lors de sa contraction (31). Lors de l'acclimatation à la chaleur, après des entraînements de sprints en intervalle sur les 2 sexes, une élévation du volume d'éjection systolique et du débit cardiaque maximal a été mise en évidence (86). Cependant, la fréquence cardiaque maximale est restée similaire, mais il s'agissait d'un test maximal (86).

Une dernière possibilité est que, notamment avec un entraînement aérobie, le système parasympathique s'active davantage, ce qui réduit le rythme cardiaque (31).

4.5 La puissance moyenne et maximale

Premièrement, une hausse de la puissance maximale au 12^{ème} entraînement a été observée pour les hommes du groupe en chaleur, ce qui concorde avec la littérature (10,60–62), pour Gale et al. (2020)(62), la taille de l'effet est petite, ces auteurs (10,60–62) énoncent aussi un gain pour la puissance moyenne après un protocole de sprints répétés en chaleur, ce qui n'est pas le cas ici.

Une économie du glycogène présent dans le muscle suite à plusieurs entraînements en chaleur permettrait d'accroître la puissance maximale lors de sprints répétés (115 secondes de récupération) (51), ils citent une étude qui a mis en évidence que le travail lors de 2 sprints de 45 secondes, entrecoupés d'une période à 50% de la VO₂ max, est supérieure au 2^{ème} sprint, après acclimatation à la chaleur et que davantage de glycogène est présent dans les muscles en post-test (87). Après des entraînements répétés en chaleur, 2 paramètres ont diminué, la température au sein des muscles et la concentration d'épinéphrine (88). La quantité de glycogène dans

les fibres de type I serait plus élevée de par l'épinéphrine diminuée (88). La baisse du recours au glycogène a été mise en évidence dans une méta-analyse, après acclimatation à la chaleur (6). Ces études ont été réalisées sur des sujets masculins uniquement (51,87–89).

Deuxièmement, une relation inverse existe entre la puissance maximale et le stress induit par la chaleur, au pré-test uniquement, dans cette recherche (51). Après acclimatation à la chaleur, ce stress thermique est plus faible (51). Pour supporter cette hypothèse, une étude a constaté une baisse de la puissance aux sprints répétés de 15 secondes (reproduits 5 fois) sous 40°C, à cause d'une température centrale importante (89). Une baisse de celle-ci entre la séance 1 et 12, a potentiellement permis de réduire cette influence de l'hyperthermie sur la performance. Une autre piste émise par cette recherche est qu'en chaleur, les sujets ont une consommation d'oxygène totale inférieure, ce qui pourrait faire baisser la puissance (89). Mais, l'oxygène utilisé pour un même exercice (intensité constante) est moindre grâce à l'acclimatation à la chaleur (6). Une puissance supérieure pourrait alors être potentiellement développée (6).

Leur 4^{ème} hypothèse, qui reste à vérifier, est que l'association entre la température au sein du muscle et la vitesse de contraction pourrait être différente suite à l'acclimatation à la chaleur et influencer la puissance (51).

Au niveau métabolique, il semble que le lactate est moins présent grâce à l'acclimatation à la chaleur (6). La performance lors d'un test de sprints répétés en courant est d'ailleurs fortement corrélée au moment de l'accumulation de lactate dans le sang (OBLA) chez des sujets masculins (90). Peut-être que ce paramètre explique cette amélioration.

Enfin, la faculté des muscles à se contracter est supérieure après un protocole d'exposition passive à la chaleur (91), de plus, une seconde recherche sur une acclimatation passive à la chaleur de 10 semaines a mis en évidence que la taille transversale du quadriceps et des fibres est devenue supérieure (92). Ces 2 recherches (91,92) se sont déroulées sur des hommes, cela est potentiellement une cause aux résultats obtenus dans ce mémoire.

Par contre, la puissance moyenne n'évolue pas ce qui semble contradictoire mais une tendance existe (p valeur = 0,099). Il semble difficile d'expliquer la raison pour laquelle les femmes en condition chaude n'aient pas amélioré leur puissance.

Concernant la différence entre les sexes, les femmes développent une puissance maximale et moyenne moins importantes que les hommes dans les 2 conditions, cela est en accord avec la littérature (93). En premier lieu, la force développée (14) et les fibres de type II et leur largeur (17) sont plus élevées chez l'homme. La largeur des fibres de type II est 2 fois plus importante que les types I (94). Dans le type II, l'activité des enzymes glycolytiques et celles impliquées dans le métabolisme de la phosphocréatine est supérieure (94). Dès lors, une très grande puissance est très rapidement développée par ces fibres (94). Enfin, la masse musculaire du bas du corps est un des paramètres responsables de cet écart observé entre les hommes et les femmes lors d'un sprint (95).

Le gain au niveau de la puissance moyenne des hommes contrôle est en accord avec la littérature (9,56,60,62) mais pour Gale et al.(2020)(62) comme énoncé précédemment, la taille de l'effet est petite. Pour Périard et al.(2020)(60), le test RSA était en chaleur. Ce gain est probablement relié à une évolution dans le métabolisme avec des enzymes impliquées dans la glycolyse plus actives (58), des fibres musculaires qui évoluent vers le type 2a (59) ou des progrès au niveau de la coordination des muscles (9). Ces modifications peuvent aussi expliquer le gain précédent des hommes du groupe en chaleur. Pour les femmes contrôle, il existe une tendance (p valeur = 0,087). Ce qui est en accord avec la littérature (96), lors du dernier entraînement de sprint, celles-ci ont développé une puissance moyenne relative plus élevée (96).

4.6 Le RPE

Pour le groupe en chaleur, les femmes ont un RPE plus bas à l'entraînement 12 et les hommes n'évoluent pas. La littérature est en accord avec les résultats des hommes suite à un protocole de sprints répétés en chaleur (10,61). Pour un autre auteur (62), le RPE diminue mais la taille de l'effet est petite chez les hommes. Le RPE reste identique pour les femmes, suite à des séances intermittentes en chaleur (63). En revanche, les études sur l'acclimatation à la chaleur énoncent une baisse du RPE chez les 2 sexes (6,46). Les résultats des femmes semblent plus en accord avec

ceux obtenus lors d'études sur l'acclimatation à la chaleur. Au niveau physiologique, la baisse de la fréquence cardiaque maximale pourrait avoir influencé le RPE, au vu de la corrélation entre ces 2 paramètres chez les 2 sexes (97), cependant, elle est réduite dans plusieurs groupes mais il n'y a que les femmes en condition chaude qui obtiennent une baisse du RPE. Une autre possibilité est que la température centrale ait baissé suite à l'acclimatation à la chaleur et que dès lors le RPE également vu que ces 2 paramètres sont en relation, chez l'homme en tout cas (98). Une troisième possibilité est que le lactate diminuerait avec l'acclimatation à la chaleur (6) et donc pourrait expliquer cette baisse du RPE au vu de la corrélation (97). Au niveau psychologique, la motivation, les émotions,...influencent le RPE (99).

Deuxième hypothèse, le RPE et le confort thermique représenté par le predicted mean vote sont corrélés chez l'homme (100). La baisse de sensation thermique explique peut-être la baisse du RPE chez les femmes en condition chaude. Au plus les sujets étaient moins bien entraînés ($VO_2\text{max}$), au plus la corrélation était grande (100). Une cause possible au RPE des hommes du groupe en chaleur qui n'évolue pas, est donc que les femmes ont une $VO_2\text{ max}$ initiale inférieure, même rapportée à la masse maigre.

Au niveau des différences entre les hommes et les femmes, étant donné que le sexe n'affecte pas l'usage du RPE en principe (97), cela semble complexe. Le RPE supérieur pour les femmes en condition chaude à l'entraînement 1 est potentiellement lié à une température centrale supérieure sans écart du delta. Il a été démontré que la température centrale lors d'un exercice sous 40°C est en relation avec le RPE (98). Cette différence disparaît à l'entraînement 12, peut-être grâce à une meilleure thermorégulation.

Une hypothèse pour expliquer le RPE inférieur chez les femmes par rapport à celui des hommes du groupe contrôle aux 2 séances est que d'après un auteur, elles ont un meilleur apport d'oxygène aux muscles (18) et que le RPE est corrélé à ce paramètre (101). De plus, il a été mis en évidence lors d'un test de sprints répétés que le lactate sanguin était plus bas chez la femme (102) celui-ci est lié au RPE (97). Enfin, comme énoncé précédemment une corrélation existe entre la masse maigre (supérieure chez l'homme (15)) et la chaleur métabolique générée lors d'un

exercice (70). Une température centrale supérieure chez l'homme pourrait alors influencer le RPE qui est en relation avec celle-ci (98). Ce paramètre reste propre à chaque personne et difficile à expliquer.

4.7 La sensation thermique

La sensation thermique diminue à la suite du protocole en condition chaude chez les 2 sexes, sans différence entre eux, ce qui n'est pas le cas pour le groupe contrôle. Cela est en accord avec une étude suite à des sprints répétés en chaleur (60) mais dans 2 autres, elle n'évolue pas (61,62). La sensation thermique devient inférieure également suite à une acclimatation à la chaleur chez les 2 sexes (6,46,51). Tout d'abord, une seule étude a donné une possible explication en relation avec la température centrale et celle au niveau de la peau (79). Étant donné que la température cutanée diminue avec l'acclimatation à la chaleur (6,47), cela pourrait potentiellement expliquer la baisse de la sensation thermique. Une étude sur des hommes (103) a d'ailleurs démontré que lors d'un exercice à différentes températures et intensité, les températures du milieu et cutanée sont les facteurs principaux qui sont très corrélés avec la sensation thermique, mais pas la température centrale ou le taux métabolique. Cependant, une autre étude (104) énonce qu'il existe 2 types de récepteurs thermiques, ceux présents au niveau cutané et ceux situés en profondeur, notamment dans les organes. La sensation thermique est donc influencée par la température centrale et cutanée ainsi que la sensibilité des thermorécepteurs (104). L'acclimatation à la chaleur a peut-être permis une baisse d'un de ces 3 paramètres ayant conduit à réduire la sensation thermique malgré un delta de température stable.

4.8 Limites de l'étude

Ce mémoire comporte quelques limites, une première est que les femmes sous pilules contraceptives ou non ont toutes été incluses dans cette recherche sans distinction, ce qui est susceptible d'avoir influencé les résultats obtenus (27). La concentration d'œstradiol n'a pas été mesurée aux entraînements mais un carnet relatant le cycle menstruel a été tenu par les participantes. Une deuxième limite est que l'appareil de mesure de la température centrale et cutanée est externe et non interne, ce qui pourrait être moins précis. Cependant, cet outil restait non invasif et plus facile à mettre en place. Une troisième limite est que des différences existaient au niveau de la VO_2 max avant d'entamer le protocole mais de façon relative, cela disparaît, sauf pour le groupe en chaleur. Une dernière est que les participants ont

été inclus dans 3 groupes différents, à des périodes distinctes de l'année avec une température extérieure plus froide ou chaude, ce qui peut avoir exercé une influence sur la thermorégulation (31).

4.9 Applications pratiques

Les résultats de ce mémoire sont utiles pour les coachs qui souhaiteraient réaliser un camp d'entraînement en condition chaude chez les sujets féminins. En effet, cela pourrait réduire le pic atteint par la fréquence cardiaque, la sensation de chaleur. Cependant pour obtenir des effets plus importants au niveau thermorégulation, il semble que ce protocole ne soit pas suffisant. Dans le futur, il pourrait être intéressant de réaliser une étude pour évaluer la réponse des sujets des 2 sexes en milieu fort humide.

5 Conclusion

Les 2 sexes réagissent de façon assez similaire à un protocole de sprints répétés en condition chaude. Globalement, une baisse de la fréquence cardiaque maximale, du sodium dans la sueur et de la sensation thermique a été constatée suite à ce protocole. Cependant, différents paramètres restent inchangés : le delta pour la température centrale et cutanée et le taux de transpiration. Ce dernier est plus élevé chez l'homme que la femme à la séance 12 en chaleur. Une différence existe néanmoins entre les sexes, en condition chaude, avec une hausse de la puissance maximale seulement chez les hommes en condition de chaleur. Les sujets féminins développent également une puissance inférieure vis-à-vis de leurs opposants masculins aux 2 entraînements. Il semble que pour comprendre l'influence des sprints répétés et de l'acclimatation à la chaleur sur tous ces paramètres, d'autres études soient essentielles.

6 **Bibliographie**

1. Olympics.com [Internet]. 2024 [cité 27 sept 2024].
#GenderEqualOlympics: Paris 2024 making history on the field of play.
Disponible sur: <https://olympics.com/ioc/news/genderequalolympics-paris-2024-making-history-on-the-field-of-play>
2. Cowley ES, Olenick AA, McNulty KL, Ross EZ. “Invisible Sportswomen”: The Sex Data Gap in Sport and Exercise Science Research. *Women Sport Phys Act J*. 21 sept 2021;29(2):146-51.
3. Lundsgaard AM, Fritzen AM, Kiens B. Chapter 36 - Exercise Physiology in Men and Women. In: Legato MJ, éditeur. *Principles of Gender-Specific Medicine (Third Edition)* [Internet]. San Diego: Academic Press; 2017 [cité 20 oct 2023]. p. 525-42. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035061000176>
4. Hutchins KP, Borg DN, Bach AJE, Bon JJ, Minett GM, Stewart IB. Female (Under) Representation in Exercise Thermoregulation Research. *Sports Med - Open*. 22 juin 2021;7(1):43.
5. Goldsmith E, Glaister M. The effect of the menstrual cycle on running economy. *J Sports Med Phys Fitness*. 4 févr 2020;60.
6. Tyler C, Reeve T, Hodges G, Cheung S. The Effects of Heat Adaptation on Physiology, Perception and Exercise Performance in the Heat: A Meta-Analysis. *Sports Med*. 1 nov 2016;46.
7. Mee JA, Gibson OR, Doust J, Maxwell NS. A comparison of males and females’ temporal patterning to short- and long-term heat acclimation. *Scand J Med Sci Sports*. juin 2015;25 Suppl 1:250-8.
8. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-Sprint Ability — Part II. *Sports Med*. 1 sept 2011;41(9):741-56.
9. Taylor J, Macpherson T, Spears I, Weston M. The effects of repeated-sprint training on field-based fitness measures: a meta-analysis of controlled and non-controlled trials. *Sports Med Auckl NZ*. juin 2015;45(6):881-91.
10. Naito T, Haramura M, Muraishi K, Yamazaki M, Takahashi H. Cooling during short-term heat acclimation enhances aerobic capacity but not sweat capacity. *Eur J Sport Sci*. avr 2022;22(4):579-88.
11. Costello JT, Bieuzen F, Bleakley CM. Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? *Eur J Sport Sci*.

2014;14(8):847-51.

12. Kelly MK, Smith ES, Brown HA, Jardine WT, Convit L, Bowe SJ, et al. Auditing the Representation of Females Versus Males in Heat Adaptation Research. 11 janv 2024 [cité 9 déc 2024]; Disponible sur: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijsnem/34/2/article-p111.xml>
13. Chiffres Clés [Internet]. [cité 29 nov 2024]. Nombre d'affiliés dans les Fédérations sportives reconnues par la FW-B. Disponible sur: <https://statistiques.cfwb.be/sport/federations-sportives/nombre-daffilies-dans-les-federations-sportives-reconnues-par-la-fw-b/>
14. Hunter SK, Senefeld JW. Sex differences in human performance. *J Physiol.* sept 2024;602(17):4129-56.
15. Devries MC, Lowther SA, Glover AW, Hamadeh MJ, Tarnopolsky MA. IMCL area density, but not IMCL utilization, is higher in women during moderate-intensity endurance exercise, compared with men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* déc 2007;293(6):R2336-2342.
16. Diaz-Canestro C, Pentz B, Sehgal A, Montero D. Differences in Cardiac Output and Aerobic Capacity Between Sexes Are Explained by Blood Volume and Oxygen Carrying Capacity. *Front Physiol* [Internet]. 17 mars 2022 [cité 10 janv 2025];13. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2022.747903/full>
17. Nuzzo JL. Sex differences in skeletal muscle fiber types: A meta-analysis. *Clin Anat N Y N.* janv 2024;37(1):81-91.
18. Ansdell P, Škarabot J, Atkinson E, Corden S, Tygart A, Hicks KM, et al. Sex differences in fatigability following exercise normalised to the power-duration relationship. *J Physiol.* déc 2020;598(24):5717-37.
19. Leicht AS, Sealey RM, Sinclair WH. Influence of cycle ergometer type and sex on assessment of 30-second anaerobic capacity and power. *Int J Sports Med.* sept 2011;32(9):688-92.
20. Esbjörnsson M, Sylvén C, Holm I, Jansson E. Fast twitch fibres may predict anaerobic performance in both females and males. *Int J Sports Med.* juill 1993;14(5):257-63.
21. de Jonge XAKJ. Effects of the Menstrual Cycle on Exercise Performance. *Sports Med.* 1 sept 2003;33(11):833-51.

22. Carmichael MA, Thomson RL, Moran LJ, Wycherley TP. The Impact of Menstrual Cycle Phase on Athletes' Performance: A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health*. janv 2021;18(4):1667.
23. Willett HN, Koltun KJ, Hackney AC. Influence of Menstrual Cycle Estradiol- β -17 Fluctuations on Energy Substrate Utilization-Oxidation during Aerobic, Endurance Exercise. *Int J Environ Res Public Health*. 5 juill 2021;18(13):7209.
24. Rattley CA, Ansdell P, Burgess LC, Felton M, Dewhurst S, Neal RA. Influence of Oestradiol Fluctuations in the Menstrual Cycle on Respiratory Exchange Ratio at Different Exercise Intensities: A Systematic Review, Meta-Analysis and Pooled-Data Analysis. *Physiologia*. déc 2024;4(4):486-505.
25. Barba-Moreno L, Cupeiro R, Romero-Parra N, Janse de Jonge XAK, Peinado AB. Cardiorespiratory Responses to Endurance Exercise Over the Menstrual Cycle and With Oral Contraceptive Use. *J Strength Cond Res*. 1 févr 2022;36(2):392-9.
26. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ*. oct 2020;50(10):1813-27.
27. Elliott-Sale KJ, McNulty KL, Ansdell P, Goodall S, Hicks KM, Thomas K, et al. The Effects of Oral Contraceptives on Exercise Performance in Women: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ*. oct 2020;50(10):1785-812.
28. Isacco L, Duché P, Boisseau N. Influence of hormonal status on substrate utilization at rest and during exercise in the female population. *Sports Med Auckl NZ*. 1 avr 2012;42(4):327-42.
29. Bembien DA, Boileau RA, Bahr JM, Nelson RA, Misner JE. Effects of oral contraceptives on hormonal and metabolic responses during exercise. *Med Sci Sports Exerc*. avr 1992;24(4):434-41.
30. Charkoudian N, Stachenfeld N. Sex hormone effects on autonomic mechanisms of thermoregulation in humans. *Auton Neurosci*. 1 avr 2016;196:75-80.
31. Larry Kenney, Wilmore, Costill. *Physiologie du sport et de l'exercice : 6ème édition*. De Boeck Supérieur. 2017. 640 p. (Sciences Et Pratiques Du Sport).

32. Giersch GEW, Morrissey MC, Katch RK, Colburn AT, Sims ST, Stachenfeld NS, et al. Menstrual cycle and thermoregulation during exercise in the heat: A systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. déc 2020;23(12):1134-40.
33. Garcia AMC, Lacerda MG, Fonseca I a. T, Reis FM, Rodrigues LOC, Silami-Garcia E. Luteal phase of the menstrual cycle increases sweating rate during exercise. *Braz J Med Biol Res Rev Bras Pesqui Medicas E Biol*. sept 2006;39(9):1255-61.
34. Lieberman J. Cyclic fluctuation of sweat electrolytes in women. *JAMA*. 21 févr 1966;195(8):629-35.
35. Wells CL, Horvath SM. Responses to exercise in a hot environment as related to the menstrual cycle. *J Appl Physiol*. mars 1974;36(3):299-302.
36. Gagnon D, Kenny GP. Sex differences in thermoeffector responses during exercise at fixed requirements for heat loss. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 sept 2012;113(5):746-57.
37. Buchholz AC, Rafii M, Pencharz PB. Is resting metabolic rate different between men and women? *Br J Nutr*. déc 2001;86(6):641-6.
38. Notley SR, Park J, Tagami K, Ohnishi N, Taylor NAS. Variations in body morphology explain sex differences in thermoeffector function during compensable heat stress. *Exp Physiol*. 1 mai 2017;102(5):545-62.
39. Baker LB, Ungaro CT, Sopeña BC, Nuccio RP, Reimel AJ, Carter JM, et al. Body map of regional vs. whole body sweating rate and sweat electrolyte concentrations in men and women during moderate exercise-heat stress. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 mai 2018;124(5):1304-18.
40. Meyer F, Bar-Or O, MacDougall D, Heigenhauser GJ. Sweat electrolyte loss during exercise in the heat: effects of gender and maturation. *Med Sci Sports Exerc*. juill 1992;24(7):776-81.
41. Barnes KA, Anderson ML, Stofan JR, Dalrymple KJ, Reimel AJ, Roberts TJ, et al. Normative data for sweating rate, sweat sodium concentration, and sweat sodium loss in athletes: An update and analysis by sport. *J Sports Sci*. oct 2019;37(20):2356-66.
42. Shapiro Y, Pandolf KB, Avellini BA, Pimental NA, Goldman RF. Physiological responses of men and women to humid and dry heat. *J Appl Physiol*. juill 1980;49(1):1-8.

43. Garrett AT, Rehrer NJ, Patterson MJ. Induction and Decay of Short-Term Heat Acclimation in Moderately and Highly Trained Athletes. *Sports Med.* 1 sept 2011;41(9):757-71.
44. Lorenzo S, Halliwill JR, Sawka MN, Minson CT. Heat acclimation improves exercise performance. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. oct 2010;109(4):1140-7.
45. Klous L, De Ruiter C, Alkemade P, Daanen H, Gerrett N. Sweat rate and sweat composition during heat acclimation. *J Therm Biol.* 1 oct 2020;93:102697.
46. Garrett AT, Dodd E, Biddlecombe V, Gleadall-Siddall D, Burke R, Shaw J, et al. Effectiveness of Short-Term Heat Acclimation on Intermittent Sprint Performance With Moderately Trained Females Controlling for Menstrual Cycle Phase. *Front Physiol [Internet].* 29 nov 2019 [cité 17 janv 2025];10. Disponible sur:
<https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2019.01458/full>
47. Kelly MK, Bowe SJ, Jardine WT, Condo D, Guy JH, Snow RJ, et al. Heat Adaptation for Females: A Systematic Review and Meta-Analysis of Physiological Adaptations and Exercise Performance in the Heat. *Sports Med.* 1 juill 2023;53(7):1395-421.
48. Pryor JL, Johnson EC, Roberts WO, Pryor RR. Application of evidence-based recommendations for heat acclimation: Individual and team sport perspectives. *Temperature.* 2 janv 2019;6(1):37-49.
49. Lundby C, Hamarsland H, Hansen J, Bjørndal H, Berge SN, Hammarstöm D, et al. Hematological, skeletal muscle fiber, and exercise performance adaptations to heat training in elite female and male cyclists. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 juill 2023;135(1):217-26.
50. Garrett A, Birkett M, Gleadall-Siddall D, Burke R, Bray J, Nation F. Effectiveness of Short-Term Heat Acclimation on Intermittent Sprint Performance in the Heat with Moderately Trained Males. *J Hum Perform Extreme Environ.* 1 mai 2022;17.
51. Castle P, Mackenzie RW, Maxwell N, Webborn ADJ, Watt PW. Heat acclimation improves intermittent sprinting in the heat but additional pre-cooling offers no further ergogenic effect. *J Sports Sci.* août 2011;29(11):1125-34.
52. Conte D, Favero TG, Lupo C, Francioni FM, Capranica L, Tessitore A.

Time-motion analysis of Italian elite women's basketball games: individual and team analyses. *J Strength Cond Res.* janv 2015;29(1):144-50.

53. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-Sprint Ability — Part I. *Sports Med.* 1 août 2011;41(8):673-94.

54. Rampinini E, Bishop DJ, Marcora S, Ferrari Bravo D, Sassi R, Impellizzeri F. Validity of Simple Field Tests as Indicators of Match-Related Physical Performance in Top-Level Professional Soccer Players. *Int J Sports Med.* 1 mars 2007;28:228-35.

55. Gantois P, Aïdar F, Matos D, Souza R, Silva L, Castro K, et al. Repeated sprints and the relationship with anaerobic and aerobic fitness of basketball athletes. *J Phys Educ Sport.* 30 juill 2017;17:910.

56. Faiss R, Léger B, Vesin JM, Fournier PE, Eggel Y, Dériaz O, et al. Significant molecular and systemic adaptations after repeated sprint training in hypoxia. *PloS One.* 2013;8(2):e56522.

57. Fang K, Jiang H. Gender-Specific Effects of Short Sprint Interval Training on Aerobic and Anaerobic Capacities in Basketball Players: A Randomized Controlled Trial. *J Sports Sci Med.* 1 mars 2024;23(1):8-16.

58. Linossier MT, Dormois D, Perier C, Frey J, Geysant A, Denis C. Enzyme adaptations of human skeletal muscle during bicycle short-sprint training and detraining. *Acta Physiol Scand.* déc 1997;161(4):439-45.

59. Esbjörnsson M, Hellsten-Westling Y, Balsom PD, Sjödin B, Jansson E. Muscle fibre type changes with sprint training: effect of training pattern. *Acta Physiol Scand.* oct 1993;149(2):245-6.

60. Périard JD, Pyne DB, Bishop DJ, Walleit A, Girard O. Short-Term Repeated-Sprint Training in Hot and Cool Conditions Similarly Benefits Performance in Team-Sport Athletes. *Front Physiol [Internet].* 2020 [cité 20 oct 2023];11. Disponible sur: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2020.01023>

61. Duvnjak-Zaknich DM, Wallman KE, Dawson BT, Peeling P. Continuous and intermittent heat acclimation and decay in team sport athletes. *Eur J Sport Sci.* avr 2019;19(3):295-304.

62. Gale R, Etxebarria N, Pumpa K, Pyne D. Cycling-based repeat sprint training in the heat enhances running performance in team sport players. *Eur J Sport Sci.* 18 avr 2020;21.

63. Sunderland C, Morris JG, Nevill ME. A heat acclimation protocol for team sports. *Br J Sports Med.* mai 2008;42(5):327-33.
64. Piperi A, Warnier G, VAN Doorslaer DE Ten Rye S, Benoit N, Antoine N, Copine S, et al. Repeated Sprint Training in Hypoxia Improves Repeated Sprint Ability to Exhaustion Similarly in Active Males and Females. *Med Sci Sports Exerc.* 1 oct 2024;56(10):1988-99.
65. Jackson AS, Pollock ML. Practical Assessment of Body Composition. *Phys Sportsmed.* mai 1985;13(5):76-90.
66. Petersen C, Portus M, Pyne D, Dawson B, Cramer M, Kellett A. Partial Heat Acclimation in Cricketers Using a 4-Day High Intensity Cycling Protocol. *Int J Sports Physiol Perform.* 1 déc 2010;5:535-45.
67. Racinais S, Alonso JM, Coutts AJ, Flouris AD, Girard O, González-Alonso J, et al. Consensus Recommendations on Training and Competing in the Heat. *Sports Med Auckl NZ.* juill 2015;45(7):925-38.
68. Daanen HAM, Racinais S, Périard JD. Heat Acclimation Decay and Re-Induction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 1 févr 2018;48(2):409-30.
69. Tebeck ST, Buckley JD, Bellenger CR, Stanley J. Differing Physiological Adaptations Induced by Dry and Humid Short-Term Heat Acclimation. *Int J Sports Physiol Perform.* 1 janv 2020;15(1):133-40.
70. Buresh R, Berg K, Noble J. Heat production and storage are positively correlated with measures of body size/composition and heart rate drift during vigorous running. *Res Q Exerc Sport.* sept 2005;76(3):267-74.
71. Ichinose-Kuwahara T, Inoue Y, Iseki Y, Hara S, Ogura Y, Kondo N. Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise. *Exp Physiol.* oct 2010;95(10):1026-32.
72. Stapleton J, Gagnon D, Kenny GP. Short-term exercise training does not improve whole-body heat loss when rate of metabolic heat production is considered. *Eur J Appl Physiol.* 1 juin 2010;109(3):437-46.
73. Wingo JE, Katica CP, Nepocatych S, Del Pozzi AT, Ryan GA. Thermoregulatory Adaptations following Sprint Interval Training. In: *Journal of Human Performance in Extreme Environments* [Internet]. 2018 [cité 11 déc 2024]. Disponible sur: <https://docs.lib.purdue.edu/jhpee/vol14/iss1/8>
74. Kirby CR, Convertino VA. Plasma aldosterone and sweat sodium

- concentrations after exercise and heat acclimation. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. sept 1986;61(3):967-70.
75. Yoshida T, Shin-ya H, Nakai S, Yorimoto A, Morimoto T, Suyama T, et al. Genomic and non-genomic effects of aldosterone on the individual variation of the sweat Na⁺ concentration during exercise in trained athletes. *Eur J Appl Physiol*. 1 nov 2006;98(5):466-71.
 76. Morgan RM, Patterson MJ, Nimmo MA. Acute effects of dehydration on sweat composition in men during prolonged exercise in the heat. *Acta Physiol Scand*. sept 2004;182(1):37-43.
 77. Stachenfeld NS, Taylor HS. Sex hormone effects on body fluid and sodium regulation in women with and without exercise-associated hyponatremia. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. sept 2009;107(3):864-72.
 78. Buono MJ, Heaney JH, Canine KM. Acclimation to humid heat lowers resting core temperature. *Am J Physiol-Regul Integr Comp Physiol*. mai 1998;274(5):R1295-9.
 79. Chalmers S, Esterman A, Eston R, Bowering KJ, Norton K. Short-term heat acclimation training improves physical performance: a systematic review, and exploration of physiological adaptations and application for team sports. *Sports Med Auckland NZ*. juill 2014;44(7):971-88.
 80. Rivas E, Rao M, Castleberry T, Ben-Ezra V. The change in metabolic heat production is a primary mediator of heat acclimation in adults. *J Therm Biol*. déc 2017;70(Pt B):69-79.
 81. Sawka MN, Pandolf KB, Avellini BA, Shapiro Y. Does heat acclimation lower the rate of metabolism elicited by muscular exercise? *Aviat Space Environ Med*. janv 1983;54(1):27-31.
 82. Senay LC. An inquiry into the role of cardiac filling pressure in acclimatization to heat. *Yale J Biol Med*. 1986;59(3):247-56.
 83. Hodge D, Jones D, Martinez R, Buono MJ. Time course of the attenuation of sympathetic nervous activity during active heat acclimation. *Auton Neurosci Basic Clin*. oct 2013;177(2):101-3.
 84. Flouris AD, Poirier MP, Bravi A, Wright-Beatty HE, Herry C, Seely AJ, et al. Changes in heart rate variability during the induction and decay of heat acclimation. *Eur J Appl Physiol*. 1 oct 2014;114(10):2119-28.
 85. Litleskare S, Enoksen E, Sandvei M, Støen L, Stensrud T, Johansen E, et

- al. Sprint Interval Running and Continuous Running Produce Training Specific Adaptations, Despite a Similar Improvement of Aerobic Endurance Capacity—A Randomized Trial of Healthy Adults. *Int J Environ Res Public Health*. janv 2020;17(11):3865.
86. Mandić M, Hansson B, Lovrić A, Sundblad P, Vollaard NBJ, Lundberg TR, et al. Improvements in Maximal Oxygen Uptake After Sprint-Interval Training Coincide with Increases in Central Hemodynamic Factors. *Med Sci Sports Exerc*. juin 2022;54(6):944.
 87. King D, Costill D, Fink W, Hargreaves M, Fielding R. Muscle metabolism during exercise in the heat in unacclimatized and acclimatized humans. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 déc 1985;59:1350-4.
 88. Febbraio M, Snow R, Hargreaves M, Stathis C, Martin I, Carey M. Muscle metabolism during exercise and heat stress in trained men: Effect of acclimation. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1 mars 1994;76:589-97.
 89. Drust B, Rasmussen P, Mohr M, Nielsen B, Nybo L. Elevations in core and muscle temperature impairs repeated sprint performance. *Acta Physiol Scand*. 2005;183(2):181-90.
 90. da Silva JF, Guglielmo LGA, Bishop D. Relationship between different measures of aerobic fitness and repeated-sprint ability in elite soccer players. *J Strength Cond Res*. août 2010;24(8):2115-21.
 91. Racinais S, Wilson MG, Périard JD. Passive heat acclimation improves skeletal muscle contractility in humans. *Am J Physiol-Regul Integr Comp Physiol*. janv 2017;312(1):R101-7.
 92. Goto K, Oda H, Kondo H, Igaki M, Suzuki A, Tsuchiya S, et al. Responses of muscle mass, strength and gene transcripts to long-term heat stress in healthy human subjects. *Eur J Appl Physiol*. 1 janv 2011;111(1):17-27.
 93. MAGEEAN AL, ALEXANDER RP, MIER CM. Repeated Sprint Performance in Male and Female College Athletes Matched for VO₂max Relative to Fat Free Mass. *Int J Exerc Sci*. 15 oct 2011;4(4):229-37.
 94. Hall JE, Msc MEHM. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 14th ed. édition. Philadelphia, PA: Elsevier; 2020. 1152 p.
 95. Perez-Gomez J, Rodriguez GV, Ara I, Olmedillas H, Chavarren J, González-Henriquez JJ, et al. Role of muscle mass on sprint performance: gender differences? *Eur J Appl Physiol*. 1 avr 2008;102(6):685-94.

96. Kasai N, Mizuno S, Ishimoto S, Sakamoto E, Maruta M, Goto K. Effect of training in hypoxia on repeated sprint performance in female athletes. *SpringerPlus*. 2 juill 2015;4:310.
97. Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, Pressler A, Wagenpfeil S, Halle M. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *Eur J Appl Physiol*. janv 2013;113(1):147-55.
98. Nielsen B, Hyldig T, Bidstrup F, González-Alonso J, Christoffersen GR. Brain activity and fatigue during prolonged exercise in the heat. *Pflugers Arch*. avr 2001;442(1):41-8.
99. Borg G. Borg's Perceived Exertion And Pain Scales. *Human Kinetics*. 1998.
100. Zora S, Balci GA, Colakoglu M, Basaran T. Associations between Thermal and Physiological Responses of Human Body during Exercise. *Sports*. 19 déc 2017;5(4):97.
101. Morishita S, Tsubaki A, Hotta K, Kojima S, Sato D, Shirayama A, et al. Relationship Between the Borg Scale Rating of Perceived Exertion and Leg-Muscle Deoxygenation During Incremental Exercise in Healthy Adults. In: Nemoto EM, Harrison EM, Pias SC, Bragin DE, Harrison DK, LaManna JC, éditeurs. *Oxygen Transport to Tissue XLII* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2021 [cité 20 avr 2025]. p. 95-9. Disponible sur: https://doi.org/10.1007/978-3-030-48238-1_15
102. Soydan TA, Hazir T, Ozkan A, Kin-Isler A. Gender differences in repeated sprint ability. *Isokinet Exerc Sci*. 1 janv 2018;26(1):73-80.
103. Gagge AP, Stolwijk JAJ, Saltin B. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. *Environ Res*. 1 avr 1969;2(3):209-29.
104. Xu X, Lian Z. Skin temperature for thermal sensation evaluation - is it valid everywhere? *Build Environ*. 15 févr 2023;230:110008.

7 Annexes

Annexe 1 :

Questionnaire médical

1

Questionnaire médical

Veillez remplir ce questionnaire de manière la plus complète possible

Renseignements généraux

Nom: []	Prénom: []	Date de naissance: []
Rue: []	N°: []	Ville: []
Téléphone: []	GSM: []	E-mail: []

Questions médicales

	OUI	NON	Explication
1. Es-tu déjà tombé dans les pommes pendant ou après un effort?	☐	☐	[]
2. As-tu déjà eu des vertiges pendant ou après un effort?	☐	☐	[]
3. As-tu déjà ressenti une douleur dans la poitrine pendant ou après un effort?	☐	☐	[]
4. As-tu déjà eu des palpitations cardiaques ou des troubles de la conduction?	☐	☐	[]
5. Es-tu plus vite fatigué que les autres lors d'un entraînement?	☐	☐	[]
6. As-tu déjà eu une tension haute ou trop de cholestérol?	☐	☐	[]
7. As-tu déjà eu un souffle au coeur ?	☐	☐	[]
8. Est-ce que quelqu'un de ta famille est déjà mort des suites de problèmes cardiaques ou de mort subite avant l'âge de 50 ans?	☐	☐	[]
9. As-tu eu une infection virale sévère (par exemple, inflammation du myocarde ou mononucléose) le mois dernier?	☐	☐	[]
10. As-tu une allergie à quelque chose (pollen, médicament, nourriture, insectes,...)?	☐	☐	[]
11. As-tu déjà eu une éruption cutanée ou une démangeaison pendant l'effort?	☐	☐	[]
12. As-tu déjà souffert de toux, essoufflement ou tout autre problème ventilatoire pendant ou après effort?	☐	☐	[]
13. As-tu de l'asthme?	☐	☐	[]
14. Prends-tu actuellement des médicaments prescrits ou non ou utilises-tu un inhalateur?	☐	☐	[]
15. Souffres-tu actuellement d'une maladie ou suis-tu un traitement chronique?	☐	☐	[]
16. As-tu déjà été à l'hôpital?	☐	☐	[]

17. As-tu déjà dû arrêter le sport pendant une longue période à cause d'un problème médical?	☐	☐	☐
18. As-tu déjà eu une fracture ou une entorse?	☐	☐	☐
19. Es-tu blessé en ce moment ou récemment?	☐	☐	☐
20. Utilises-tu des moyens de prévention contre les blessures pendant tes entraînements (semelles, taping ...)?	☐	☐	☐
21. Es-tu régulièrement ennuyé par des douleurs corporelles pendant les entraînements ou compétitions?	☐	☐	☐
22. As-tu déjà eu des pertes de sensations ou des picotements au niveau des bras, jambes ou pieds?	☐	☐	☐
23. As-tu déjà pris des suppléments nutritionnels ou des vitamines pour modifier ton poids ou ta performance?	☐	☐	☐
24. As-tu actuellement une affection de la peau (démangeaison, acné, ampoules, irritation, champignon,...)?	☐	☐	☐
25. As-tu déjà eu une lésion crânienne ou une commotion?	☐	☐	☐
26. As-tu déjà perdu connaissance ou as-tu déjà eu des pertes de mémoire?	☐	☐	☐
27. As-tu déjà eu une crise d'épilepsie?	☐	☐	☐
28. As-tu des maux de tête fréquents ou sérieux?	☐	☐	☐
29. T'es-tu déjà senti mal en faisant du sport en cas de grosse chaleur?	☐	☐	☐
30. Te sens-tu, ces derniers temps, stressé, irritable, abattu ou épuisé?	☐	☐	☐
31. De quand date le dernier contrôle de ton acuité visuelle? + résultat (si connu)	☐	☐	☐
32. Date du dernier contrôle dentaire?	☐	☐	☐
33. Connais-tu ton pouls au repos? Combien?	☐	☐	☐
34. Es-tu allergique à un médicament ?	☐	☐	☐
35. As-tu de problèmes de coagulation ?	☐	☐	☐

Date: ☐

Signature:

Questionnaire d'activité physique :

Questionnaire d'activité physique/mode de vie

Nom :

Prénom :

*Comment ou par qui avez-vous entendu parler de cette étude ?

Questions relatives à l'activité physique :

Quelles disciplines sportives pratiquez-vous ? Combien d'heures par semaine par discipline ?

Combien de fois par semaine effectuez-vous des entraînements de sprints répétés ?

Questions relatives au mode de vie :

Êtes-vous fumeur ?

Lieu de naissance ?

Avez-vous été exposé/serez-vous exposés à une température supérieure à 25 °C au cours du dernier mois/dans les 3 mois suivants ?

Si oui, pendant combien de jours ?

Pour les participantes féminines :

Utilisez-vous une contraception hormonale ?

Si oui lequel ?

Depuis quand ?

Date :

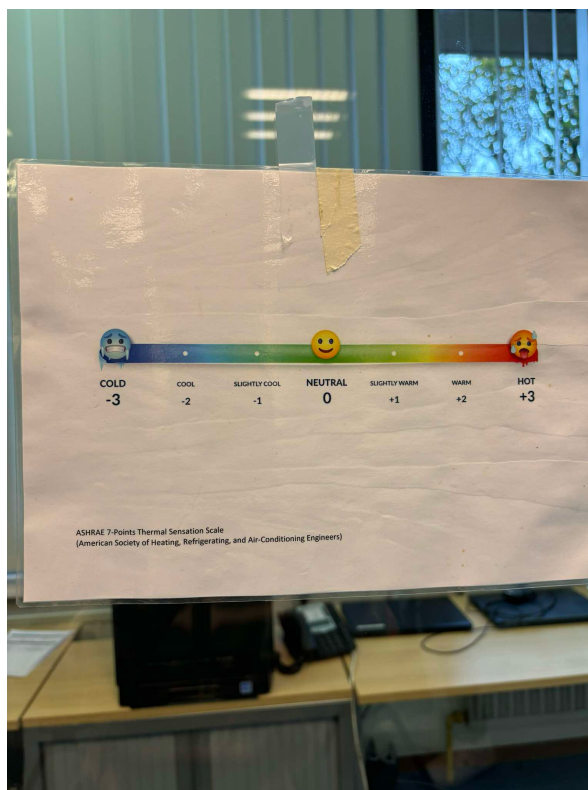
Signature :

Annexe 2 :

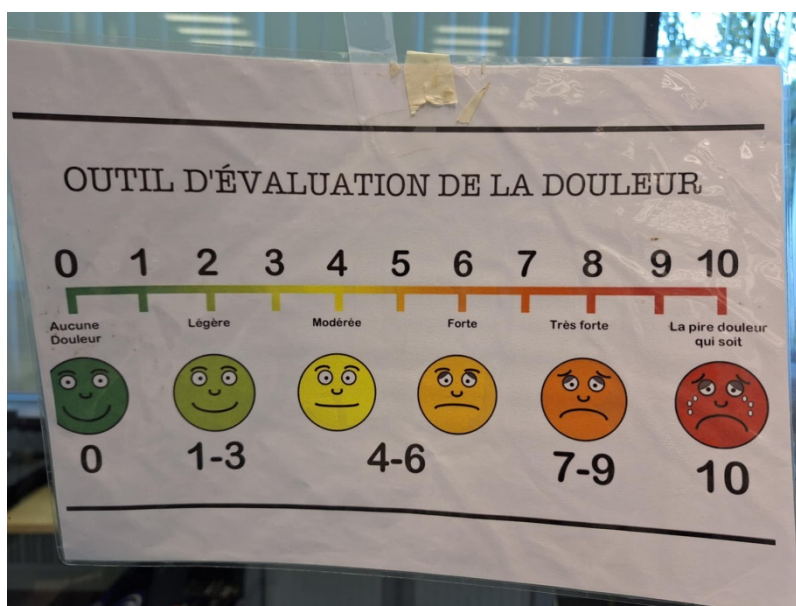
A) Echelle de Borg (RPE)

Echelle de Borg	Perception de l'intensité de l'effort
6	Aucun effort
7	Extrêmement facile
8	
9	Très facile
10	
11	Facile
12	Zone d'entraînement optimale
13	Moyennement difficile
14	
15	Difficile
16	
17	Très difficile
18	
19	Extrêmement difficile
20	Exténuant

B) ASHRAE 7-Points Thermal Sensation Scale



C) Visual analogue scale (VAS)



Annexe 3 : Cahier d'exercices physiques

UCLouvain
Effets d'un entraînement de sprints répétés en chaleur sur la performance sportive en conditions tempérées chez les athlètes masculins et féminines

Prénom, Nom :

Carnet d'activité physique

Comment remplir ce carnet ? :

- 1) Au cours de la semaine 1 à 7 de cette étude, à savoir les semaines d'entraînement de sprints répétés, il vous sera demandé de remplir ce carnet d'activité physique tel que présenté dans l'exemple ci-dessous.
- 2) Dans ce carnet, il faut noter toute activité physique effectuée en dehors du laboratoire.
- 3) Pour ne rien oublier, il est suggéré de noter l'activité physique dès celle-ci terminée.

! Il est important de maintenir votre volume d'entraînement constant pendant toute la durée de l'étude.

Exemple :

Semaine 1, 20/05/2022-26/05/2022

Jour	Type d'activité physique	Durée	Heure
vendredi	Entraînement de basket-ball (technique)	1h30	16 :00-17 :30 h
samedi	Course à pied (endurance)	1h	18 :00-19 :00
dimanche	Repos	-	-
lundi	Renforcement musculaire	1h	15 :00-16 :00
mardi	Entraînement de basket-ball (technique)	1h30	16 :00-17 :30 h
mercredi	Yoga Marche (déplacement à pied)	1h 30min	9 :00-10 :00 10 :30-11 :00
jeudi	Entraînement de basket-ball (match)	1h30	19 :00-20 :30

Carnet d'activité physique

Semaine 1, du au

Jour	Type d'activité physique	Durée	Heure

Annexe 4 : Checklist tests et entraînements :



Expérience sportive

Checklist

Pre- et Post- tests



Ne pas consommer d'alcool ou de caféine dans les **24 h avant** chaque test et de **ne pas effectuer d'exercice physique intense** dans les **48 h avant** chaque test.



Remplir le **carnet alimentaire avec précision** pendant les **semaines des Pre- et Post- tests** - dates exactes notées dans le carnet.
Suivre un **régime alimentaire similaire** lors des **pré- et post-tests**.



Envoyer le **carnet alimentaire avant mercredi 23 octobre** avec la **partie Pré-tests complétée**. Vous m'enverrez la partie Post-tests à la fin de l'étude. Si vous l'avez imprimé, vous pouvez me le donner et je vous le retournerai avant le Post-test.



Si vous avez un **short noir, serré** (e.g. short de cyclisme), apportez-le avec vous le **jour 3 du Pre- et Post- test**.



Entraînements



Pendant les semaines d'entraînement, vous continuez vos habitudes normales d'activité physique et de la nutrition, et vous **gardez votre volume d'entraînement constant**. Remplir le **carnet d'activité physique** et le rendre à la fin de l'étude.



Entraînements numéro 1 et numéro 12 : il faudrait venir avec un **short de sport et un t-shirt**.

Lors de ces 2 séances, nous mesurerons votre état d'hydratation, pour lequel vous devrez fournir un **échantillon d'urine à votre arrivée au laboratoire**.

Avant ces 2 séances, **hydratez-vous bien** (~700 ml d'eau pour les femmes ; ~1 L pour les hommes dans les 2 heures avant l'entraînement).



Pour les **participantes féminines** : Remplir un **carnet du cycle menstruel** et le rendre à la fin de l'étude.



Amusez-vous bien et profitez de l'expérience !



Annexe 5 : Carnet Alimentaire



Effets d'un entraînement de sprints répétés en chaleur sur la performance sportive en conditions tempérées
chez les athlètes masculins et féminines

Prénom, Nom :

Carnet alimentaire

A compléter pendant la période :

3e jour avant le Pré-test jour 1 – Pré-test jour 3 (au totale 7 jours), c'est-à-dire :

Jour 1 : **11/10/2024**

Jour 2 : **12/10/2024**

Jour 3 : **13/10/2024**

Pré-test Jour 1 : **14/10/2024**

Pré-test Jour 2 : **15/10/2024**

Jour entre le pré-test jour 2 et le pré-test jour 3 : **16/10/2024**

Pré-test Jour 3 : **17/10/2024**

3e jour avant le Post-test jour 1 – Post-test jour 3 (au totale 7 jours), c'est-à-dire :

Jour 1 : **06/12/2024**

Jour 2 : **07/12/2024**

Jour 3 : **08/12/2024**

Post-test Jour 1 : **09/12/2024**

Post-test Jour 2 : **10/12/2024**

Jour entre le post-test jour 2 et le post-test jour 3 : **11/12/2024**

Post-test Jour 3 : **12/12/2024**

Comment remplir ce carnet ? :

1. Ce carnet devrait être rempli les 3 jours avant le pré/post-test jour 1, le pré/post-test jour 1, le pré/post-test jour 2, le lendemain, et le pré/post-test jour 3.
2. Pour ne rien oublier, il est suggéré de noter directement (si possible) ce que vous avez mangé ou bu tout au long de la journée.
3. Les repas consommés à l'extérieur (i.e., restaurant) sont également à détailler le mieux possible.

*** Il est important de mesurer la quantité de chaque ingrédient avec une balance de cuisine, en grammes (ou ml pour les liquides) et de fournir une mesure précise.**

Si vous n'avez pas de balance de cuisine, veuillez indiquer la quantité en tasses, cuillères à soupe/cuillères à café, etc.

***Pour les post-tests, veuillez essayer de suivre un régime similaire à celui que vous avez suivi pour les pré-tests.**

Un exemple pour remplir le carnet

	Aliments	Quantité g ou ml
Dans la matinée	Une gaufre au chocolat de chez Aldi	
	Jus de pomme Minute Maid	...1 tasse...
	Une cannette d'Ice Tea pêche	330 ml
A diner	1/2 de baguette multi-céréales	40g.....
	1 boîte de conserve Carrefour thon naturel égoutté	50g.....
	Matière grasse ajoutée : Mayonnaise Carrefour au citron	15g
	+ 1 cuillère à café d'huile d'olive	5g
	Lait : 1 cécomel demi-écrémé	250ml
Dans l' après-midi	1 tartine de pain gris	30g
	4 noix de cajou	
	Matière grasse : 1 cuillère à café de margarine Planta	5g

Annexe 6 : Cahier des menstruations

Carnet du cycle menstruel

Prénom, Nom :
Contraception hormonale : ☐ Non ☐ Oui Si oui, lequel :
Veuillez marquer avec une croix les jours de vos règles (avant le début de l'étude et pendant la période de l'étude) :

septembre 2024

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
35							1
36	2	3	4	5	6	7	8
37	9	10	11	12	13	14	15
38	16	17	18	19	20	21	22
39	23	24	25	26	27	28	29
40	30						

octobre 2024

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
40		1	2	3	4	5	6
41	7	8	9	10	11	12	13
42	14	15	16	17	18	19	20
43	21	22	23	24	25	26	27
44	28	29	30	31			



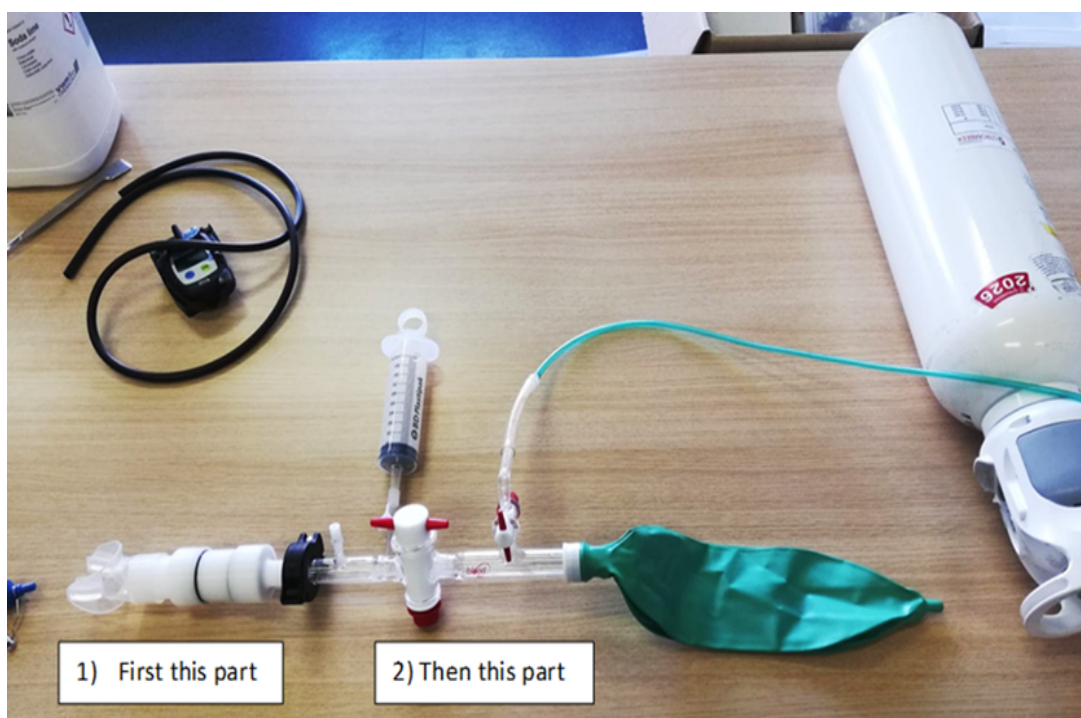
novembre 2024

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
44					<u>1</u>	2	3
45	4	5	6	7	8	9	10
46	<u>11</u>	12	13	14	15	16	17
47	18	19	20	21	22	23	24
48	25	26	27	28	29	30	

décembre 2024

	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
48							1
49	2	3	4	5	6	7	8
50	9	10	11	12	13	14	15
51	16	17	18	19	20	21	22
52	23	24	<u>25</u>	26	27	28	29
1	30	31					

Annexe 7 : Spiromètre



Annexe 8 : Résultats concernant la thermorégulation

Table 2 : Résultats concernant la thermorégulation lors de la 1^{ère} et 12^{ème} séance en condition de chaleur ou tempérée.

	Contrôle (n=25)				Chaleur (n=26)			
	Femmes		Hommes		Femmes		Hommes	
	(N=13)		(N=12)		(N=14)		(N=12)	
	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12
USG	1,010 ± 0,003	1,010 ± 0,003	1,012 ± 0,003	1,015 ± 0,003	1,007 ± 0,002 ^s	1,010 ± 0,001	1,016 ± 0,003	1,013 ± 0,003
TT (mmol/L)	1,1 ± 0,2	0,8 ± 0,1	0,9 ± 0,2	0,5 ± 0,1*	0,7 ± 0,1	0,7 ± 0,2 ^{\$\$}	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,1
FCmax(bpm)	182 ± 3	179 ± 3	184 ± 3	180 ± 2*	182 ± 2	178 ± 2**	184 ± 3	179 ± 4*
ΔTc (°C)	0,30 ± 0,07	0,37 ± 0,07	0,34 ± 0,05	0,33 ± 0,05	0,47 ± 0,07	0,31 ± 0,06	0,5 ± 0,08	0,34 ± 0,06
ΔTcut (°C)	0,99 ± 0,14 ^s	0,95 ± 0,18	0,69 ± 0,08	0,66 ± 0,09	0,86 ± 0,11	0,75 ± 0,13	0,89 ± 0,10	0,76 ± 0,06
RPE	15 ± 1 ^s	15 ± 0 ^s	16 ± 0	17 ± 0	17 ± 0 ^s	16 ± 0*	16 ± 1	16 ± 0
ST	1,5 ± 0,2	1,5 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,4 ± 0,3	2,4 ± 0,1	1,9 ± 0,2*	2,6 ± 0,1	1,5 ± 0,2**
[Na] _f (mmol/L)	41 ± 3 ^s	41 ± 5 ^s	63 ± 7	65 ± 8	61 ± 4	56 ± 5*	80 ± 8	69 ± 7*
[Na] _c (mmol/L)	22 ± 2 ^s	22 ± 3 ^s	35 ± 4	37 ± 5	34 ± 3	31 ± 3*	46 ± 5	39 ± 4*

Moyenne ± erreur standard.

* p ≤ 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001 par rapport à l'entraînement 1.

\$ ≤ 0,05, \$\$ p < 0,01, \$\$\$ p < 0,001 par rapport aux hommes du même groupe.

USG, gravité spécifique de l'urine ; TT, taux de transpiration ; ΔTc, différence entre la température centrale finale et initiale ; ΔTcut, différence entre la température cutanée finale et initiale ; RPE, rating of perceived exertion ; ST, sensation thermique ; [Na]_f, concentration de sodium dans la sueur du front ; [Na]_c, concentration de sodium dans la sueur de l'ensemble du corps.

Table 3 : Résultats concernant la puissance moyenne et maximale en watts (W) lors des séances 1 et 12 en condition de chaleur ou tempérée.

	Contrôle (n=25)				Chaleur (n=26)			
	Femmes (N=13)		Hommes (N=12)		Femmes (N=14)		Hommes (N=12)	
	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12	Entrainement 1	Entrainement 12
PM _{ts} (W)	391 ± 13 ^{\$}	404 ± 17 ^{\$}	577 ± 25	598 ± 28*	407 ± 20 ^{\$}	414 ± 22 ^{\$}	638 ± 20	659 ± 19
PM ₁ (W)	398 ± 11 ^{\$}	402 ± 16 ^{\$}	616 ± 31	620 ± 33	421 ± 21 ^{\$}	417 ± 21 ^{\$}	652 ± 19	660 ± 17
PM ₂ (W)	391 ± 13 ^{\$}	406 ± 16 ^{\$}	570 ± 24	594 ± 29	398 ± 21 ^{\$}	409 ± 22 ^{\$}	640 ± 22	656 ± 22
PM ₃ (W)	384 ± 15 ^{\$}	404 ± 18 ^{\$}	545 ± 22	581 ± 24*	401 ± 20 ^{\$}	415 ± 22 ^{\$}	623 ± 21	661 ± 20*
PMax _{ts} (W)	495 ± 19 ^{\$}	513 ± 27 ^{\$}	796 ± 51	807 ± 52	536 ± 28 ^{\$}	526 ± 27 ^{\$}	829 ± 30	871 ± 27**
PMax ₁ (W)	479 ± 19 ^{\$}	503 ± 27 ^{\$}	786 ± 54	793 ± 53	528 ± 28 ^{\$}	511 ± 27 ^{\$}	813 ± 28	849 ± 27
PMax ₂ (W)	477 ± 20 ^{\$}	496 ± 25 ^{\$}	724 ± 41	770 ± 53	506 ± 31 ^{\$}	502 ± 26 ^{\$}	804 ± 33	846 ± 29*
PMax ₃ (W)	475 ± 21 ^{\$}	495 ± 26* ^{\$}	683 ± 38	736 ± 43*	498 ± 26 ^{\$}	517 ± 27 ^{\$}	790 ± 32	837 ± 30**

Moyenne ± erreur standard.

* p ≤ 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001 par rapport à l'entraînement 1.

\$ p < 0,001 par rapport aux hommes du même groupe.

PM_{ts}, puissance moyenne de tous les sprints ; PM₁, puissance moyenne série 1 ; PM₂, puissance moyenne série 2 ; PM₃, puissance moyenne série 3 ; PMax_{ts}, puissance maximale de tous les sprints ; PMax₁, puissance maximale série 1 ; PMax₂, puissance maximale série 2 ; PMax₃, puissance maximale série 3.

Annexe 9 : puissance moyenne et maximale développée lors des séances 1 et 12.

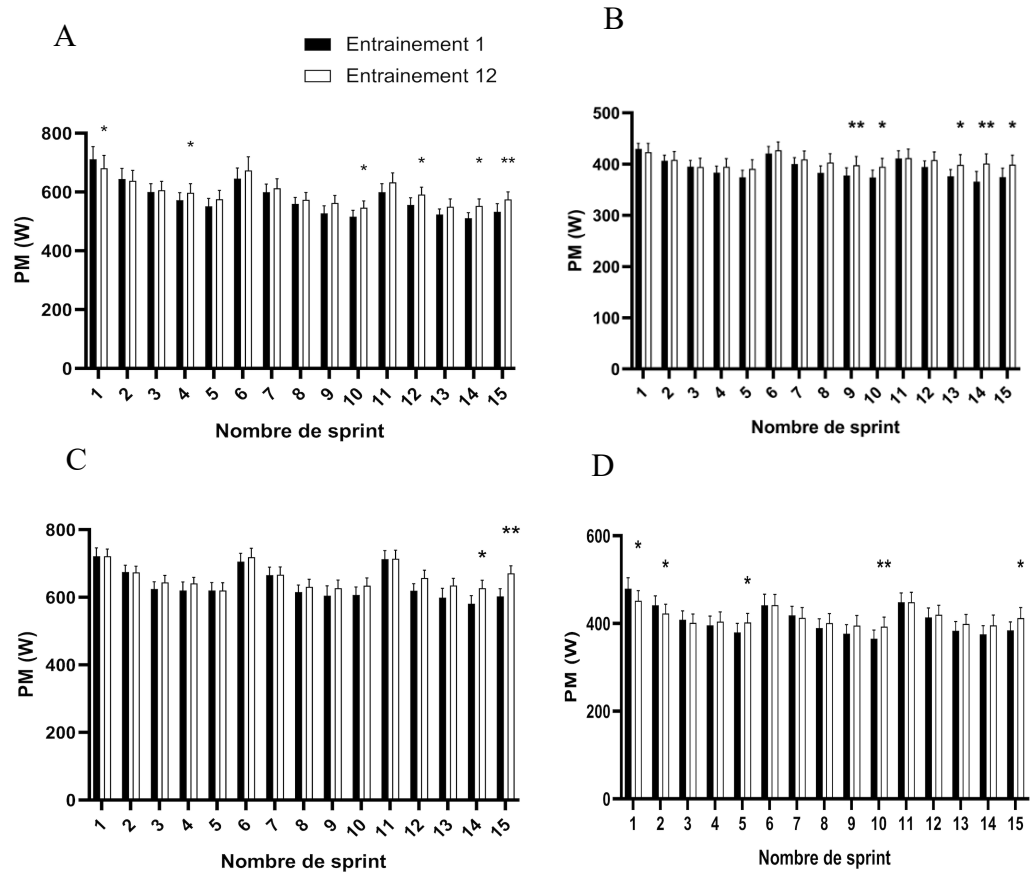


Fig. 14: PM (W), Puissance moyenne absolue produite lors de chaque sprint en Watts. Hommes contrôle (A). Femmes contrôle (B). Hommes en chaleur (C). Femmes en chaleur (D) à la session 1 et 12. * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$ par rapport à l'entraînement 1.

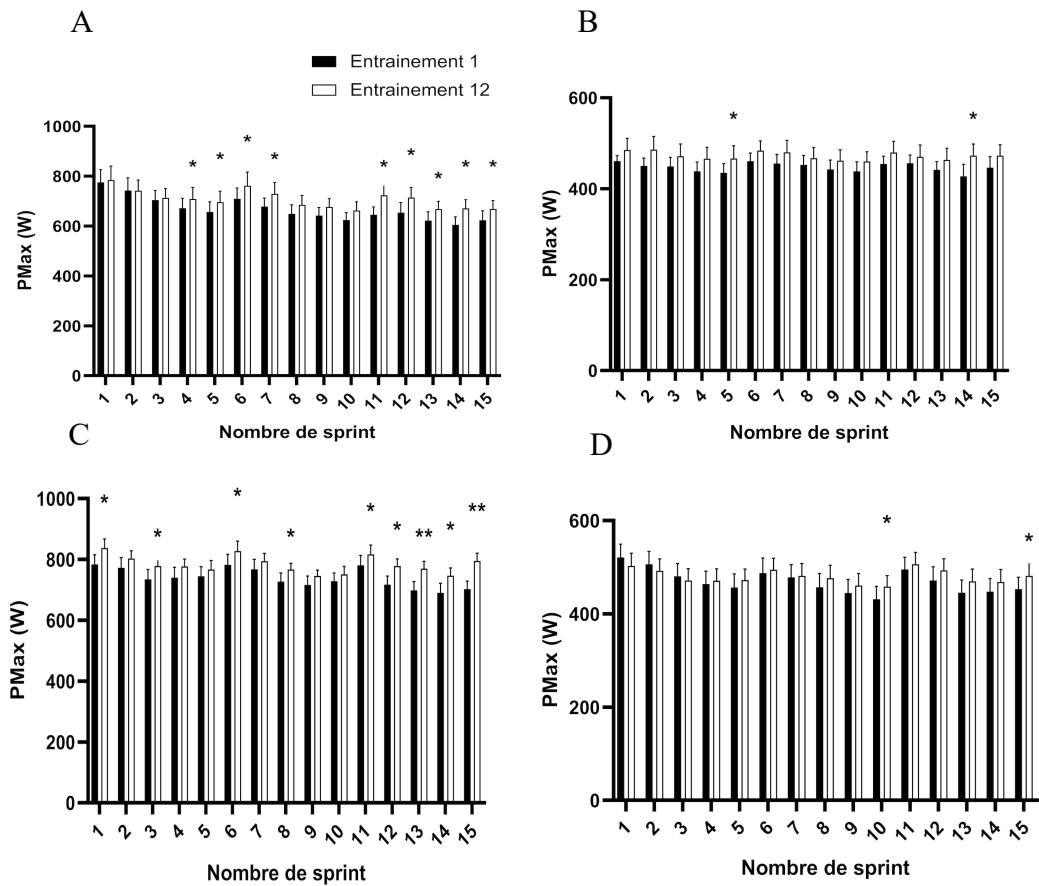


Fig. 15: PMax (W), Puissance maximale absolue produite pour chaque sprint en watts. Hommes contrôle (A). Femmes contrôle (B). Hommes en chaleur (C). Femmes en chaleur (D) à la session 1 et 12. * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$ par rapport à l'entraînement 1.

Résumé :

Ce mémoire a évalué les adaptations de la thermorégulation après des séances de sprints répétés en chaleur pour les 2 sexes. Cette étude de 7 semaines comportant des sessions de sprints répétés, a inclus 51 personnes avec 2 groupes soit sous 20°C comprenant 12 hommes et 13 femmes soit sous 30°C incluant 12 hommes et 14 femmes. Le protocole était contrôlé randomisé. Des mesures ont été réalisées aux séances 1 et 12. Cette recherche a mis en évidence entre la session 1 et 12 en chaleur: une baisse de la sensation thermique chez les femmes (-0,5) et les hommes (-1,1), ainsi que de la fréquence cardiaque maximale aussi bien pour les femmes (-4bpm) que les hommes (-5bpm) mais aussi pour les hommes contrôle (-2bpm). De plus, le sodium dans la sueur que ce soit du front ou du corps entier est respectivement plus bas, pour les hommes (-11mmol/L ; -7mmol/L) et les femmes (-5mmol/L ; -3mmol/L) à l'entraînement 12 en chaleur. Le sodium dans la sueur est plus élevé chez les hommes contrôle que les femmes aux 2 entraînements mais pas pour le groupe en chaleur. Cependant le delta pour la température centrale et cutanée est resté inchangé pour les 2 groupes et les 2 sexes. Le taux de transpiration n'a pas évolué sauf pour les hommes contrôle (-0,4mmol/L). Il est supérieur chez les hommes en condition chaude à celui des femmes à la séance 12. La thermorégulation semble subir des adaptations suite à un protocole de sprints répétés en chaleur de façon similaire chez les 2 sexes.