Diplôme d'Université
Trail Running

DETECTION ET PREVENTION DU SYNDROME DE SURENTRAINEMENT EN TRAIL RUNNING : Etude observationnelle auprès de 125 sportifs et entraineurs.

Présenté par
Thibault Duchesne

Sous la direction de Samuel VERGES

Promotion 2020-2021

Résumé

Le syndrome de surentrainement, ou *overtraining syndrom (OTS)*, est une pathologie fréquente, multifactorielle, difficile à diagnostiquer dont le symptôme principal est un état de fatigue, et qui est à l'origine d'une baisse de la performance sportive en trail running et d'une fragilisation de l'organisme du sportif. Il se distingue d'un état de fatigue chronique par une période prolongée de récupération nécessaire, en raison d'une incapacité de l'organisme à résorber la fatigue accumulée lorsque l'athlète est mis au repos.

Dans cette étude observationnelle réalisée auprès de 125 athlètes, dont 8 participants étaient également entraineurs/coach d'un groupe de trail running et 9 participants étaient également professionnels de santé prenant en charge des traileurs dans leur patientèle, nous avons retrouvé une prévalence importante de l'OTS, puisque au total 96 athlètes (76,8% des participants) avaient probablement ou de manière certaine présenté un syndrome de surentrainement.

Pour ces athlètes, les trois symptômes les plus fréquemment rapportés par les athlètes victimes de surentrainement étaient un état de fatigue persistant, une baisse des performances sportives, et l'apparition de blessures de surcharge. Les deux facteurs déclenchants les plus fréquemment rapportés étaient une insuffisance de repos et une augmentation trop importante de la charge d'entrainement.

La prévention et le lien athlète/entraineur/soignants intervenants auprès des athlètes reste un enjeu majeur pour éviter le surentrainement: plus de la moitié des participants n'avaient jamais reçu d'informations sur l'OTS par leurs encadrants, et une très grande majorité d'entre eux (82,4%) étaient demandeurs d'informations sur le surentrainement.

SOMMAIRE

Résumé p.1

Introduction p.3

1. Analyse de la littérature p.4

1.1 Définitions des états de fatigue: fatigue aiguë, fatigue chronique (Over-reaching) et surentrainement (*Overtraining Syndrom*) p.4

1.2 Adaptation normale et anormale à l'entrainement: un continuum vers le surentrainement p.5

1.3 Etiologies possibles du surentrainement: une pathologie multifactorielle p.7

1.4 Diagnostic du surentrainement : symptômes, signes cliniques et paracliniques du surentrainement p.14

1.5 Traitement et prévention du surentrainement p.20

2. Détection et prévention du syndrome de surentrainement en trail running: Etude observationnelle auprès de 125 athlètes et entraineurs p.23

2.1 Participants p.23

2.2 Description du protocole p.23

2.3 Mesures p.23

2.4 Analyses p.24

3. Résultats p.24

4. Discussion p.35

Conclusion p.37

Bibliographie p.38

Annexes p.40

Introduction

La pratique du trail running est une discipline encore jeune en plein essor depuis les années 2000. Elle connait une évolution encore plus importante ces dix dernières années, tant en nombre de pratiquants qu'en terme d'évènements et compétitions liés à sa pratique. En effet, le trail running représente plus d'1,7 million de traileur(se)s sur un total d'environ 13 millions de pratiquants en course à pied en France. Le poids économique des courses de trail en France ne cesse d'augmenter: avec environ 4000 épreuves par an proposées et environ 393 millions d'euros générés en 2019, l'activité est devenue un enjeu pour les équipementiers et les territoires.

En dépit des valeurs véhiculées par le trail de recherche d'harmonie avec la nature, de respect de l'homme et de la nature, d'adaptation aux conditions naturelles, de partage et de solidarité, de recherche de grands espaces, avec l'essor international des courses d'ultra-endurance sur le plan économique et médiatique, le trail running est aussi devenu une pratique toujours plus connectée. Mêlant recherche de nos propres limites dans de vastes espaces et un milieu changeant, recherche de compétitivité, le trail connait une attraction de plus en plus forte pour l'endurance et l'ultra-endurance par ses pratiquants. Cette augmentation des charges d'entrainement, impérativement nécessaire pour accomplir de telles distances présente un risque accru de développement du syndrome de surentrainement pour certains athlètes.

Le but de tout entrainement sportif est l'amélioration de la performance motrice pour tout athlète visant la performance. Si l'entrainement en endurance vise à améliorer notre capacité à courir pendant une période prolongée, la limite à l'endurance est la fatigue due à ces activités. L'entrainement visera à maximiser le rythme maximum durable en terme de vitesse ou de puissance pendant la durée d'une sortie ou d'une épreuve, avant que la fatigue n'impose une réduction de ce rythme. Une augmentation de la charge d'entrainement en volume ou en intensité ne sera pas corrélée à l'amélioration inéluctable de la performance si elle n'est pas entrecoupée de périodes de récupération permettant à l'organisme de reconstituer ses réserves. Le basculement vers le surentrainement est caractérisé par un désordre neuroendocrinien où est constaté une réduction de performance, une inaptitude à maintenir une charge d'entrainement, l'apparition d'une fatigue persistante, une réduction de la sécrétion hormonale en particulier des catécholamines, et peut aussi comprendre des troubles du sommeil et de l'humeur, des infections des voies aériennes supérieures répétées. Les études montrent que le surentrainement peut toucher jusqu'à deux tiers des athlètes à un moment ou un autre de leur carrière sportive. Il touche autant les hommes que les femmes, et est perçu comme la principale cause du risque de blessure.

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à rechercher parmi les traileur(se)s leur connaissance du syndrome de surentrainement, les symptômes qu'ils ont pû présenter, les conséquences de l'OTS sur leur pratique, ainsi que sur les moyens de prévention dont ils ont pû bénéficier.
Ainsi, dans une première partie nous effectuerons une recherche bibliographique sur le surentrainement, en définissant les différents types de fatigue et le continuum menant au surentrainement, ce qu'est une adaptation normale et anormale à l'entrainement, les différentes étiologies, le diagnostic et le traitement de l'OTS, et enfin les moyens de prévention du surentrainement.
Dans une deuxième partie, nous proposerons une étude observationnelle auprès d'athlètes et entraineurs afin d'appréhender leur perception et leur vécu personnel du surentrainement, ainsi que leur sensibilisation à cet état de fatigue chronique. Du côté des entraineurs, nous rechercherons si la prévention du surentrainement fait partie de leur accompagnement des athlètes.
Puis, nous discuterons les résultats obtenus afin de proposer quelques préconisations.

1. Analyse de la littérature

1.1 Définitions des états de fatigue: fatigue aiguë, fatigue chronique (*Over-reaching*) et surentrainement (*Over-Training Syndrom*)

La fatigue est un symptôme et une plainte très fréquente rapportée aux entraineurs et médecins encadrants la pratique sportive. Si elle peut être ressentie de manière subjective dans des conditions très variables d'un athlète à l'autre, il est important d'y apporter une réponse objective sur le plan clinique et physiologique. En médecine du sport, la fatigue sera reconnue grâce à la définition des physiologistes, à savoir l'impossibilité d'un muscle ou d'un groupe musculaire de maintenir sa puissance de contraction initiale. D'après Georges Cazorla (1), la fatigue est un signal d'alarme de l'organisme indiquant un état de stress susceptible de diminuer ses capacités fonctionnelles initiales. Elle permet au sportif de diminuer ou d'arrêter son activité avant qu'il ne soit trop tard. Une fatigue trop importante conduira le sportif qui «se connait bien» à contrôler voire limiter ses charges d'entrainement. Lorsque la fatigue est associée à une période de récupération suffisante, elle constitue un stimulant important des processus d'adaptation qui induiront une hausse graduelle des capacités fonctionnelles sollicitées. La limite physiologique entre stimulation de l'organisme visant l'adaptation, et le dépassement des capacités de récupération est étroite: une balance inadéquate entre charges d'entrainement (stress) et périodes de récupération conduira à une accumulation chronique de fatigue difficile à compenser menant progressivement à un état de surentrainement.

On distinguera:

- L'état de fatigue aigu: il sera occasionné par le contenu d'une séance d'entrainement. Une surcharge d'entrainement créera une fatigue qui est normale, et recherchée pour améliorer les capacités de l'organisme. Après une récupération suffisante et prévue, un effet positif de «surcompensation» se produit et l'athlète affiche des performances améliorées. Le processus est réversible.

- L'état de fatigue chronique: il sera la conséquence de plusieurs entrainements intenses consécutifs dans le but d'obtenir une réaction de surcompensation. Une accumulation de stress liée à l'entrainement et/ou hors entrainement entraine à court terme une diminution de la performance, avec ou sans signes physiologiques et psychologiques de maladaptation. La fatigue et la restauration de la capacité de performance peuvent alors encore être réversibles après quelques jours ou quelques semaines avec une récupération adaptée. Cet état est désigné par les Américains comme *burn-out* ou *stalness*: Ryan et al. 1983 (2), alors que les Européens (3) utilisent le concept anglais d'*over-reaching*: Kuipers et Keizer, 1988).

- Le surentrainement (ou *Overtraining Syndrom, OTS*): il est la continuité de l'état de fatigue chronique lorsqu'une période de récupération adaptée n'est pas consentie, et mènera inéluctablement à une baisse des performances sportives. Cet état **n'est plus réversible à court ou moyen terme** mais à long terme. Le retour à des conditions normales d'entrainement nécessitera plusieurs semaines ou mois d'arrêt total (ou presque) des activités physiques. L'accumulation de fatigue induira alors des dysfonctionnements de l'organisme multiples caractérisés par un **défaut d'adaptation irréversible**, avec une perte d'efficacité des programmes moteurs, des gestes techniques, voire de la capacité d'entrainement, par **une fragilisation de l'organisme du sportif**, qui nécessitera une plus longue période de récupération que la normale. Enfin, il est caractérisé par une **incapacité de l'organisme à résorber la fatigue accumulée** lorsque l'athlète est mis au repos.

En Europe, certains auteurs allemands (Israel 1976; Lehman et al. 1993) (4,5) distinguent deux types de surentrainement qui se différentient par leur mode d'apparition accompagnant la baisse de la performance sur le plan neurologique:

Le surentrainement de *type sympathique:* il serait le plus fréquent, et affecterait principalement les athlètes jeunes, les sprinters et les disciplines où la puissance domine (Kindermann, 1986) (6).

Les signes cliniques relevés seront principalement:

- accélération de la FC de repos
- augmentation de la PA au repos
- perte d'appétit
- perte de poids au dépend de la masse maigre
- troubles du sommeil
- instabilité émotionnelle
- augmentation du métabolisme de base

Le surentrainement de *type parasympathique*: il affecterait davantage les sportifs plus âgés et les athlètes d'endurance (Bompa 1983) (7)

Les signes cliniques relevés seront alors principalement:

- diminution de la FC de repos
- diminution de la PA au repos
- anémie progressive
- décélération cardiaque rapide à l'arrêt de l'exercice
- fatigabilité accrue
- troubles digestifs.

Selon Fry et al. (1991) (8), les manifestations de type sympathique pourraient aussi constituer la première phase du surentrainement qui évolueraient ensuite vers les formes de type parasympathique.

1.2 Adaptation normale et anormale à l'entrainement: un continuum vers le surentrainement

Pour bien comprendre le déclenchement d'un syndrome de surentrainement, il faut d'abord comprendre ce que peut être une adapation anormale à l'entrainement. Le but d'un entrainement sportif, qu'il soit élite ou populaire, est d'améliorer la performance motrice . Il sera bien conduit lorsqu'il sera constitué d'unité de charge dont l'intensité sera progressive, et qu'il sera suivi de périodes de récupération permettant à l'organisme de reconstituer ses réserves. Ce cycle charge-récupération est appelé une périodisation. Une périodisation régulière sera suivie d'une progression et d'une amélioration des performances appelée surcompensation, c'est cette surcompensation qui va amener l'athlète vers son pic de forme. (figure 1).

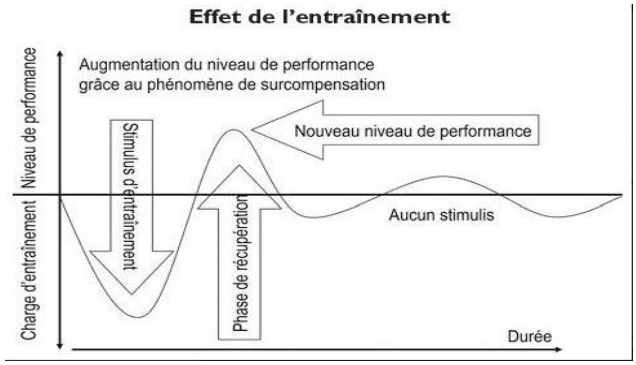


Figure 1: Déroulement du processus de récupération et de progression (surcompensation) après une unité d'entrainement.

Après chaque entrainement, une fatigue physiologique est ressentie, ainsi qu'une diminution temporaire des capacités à l'effort physique. Si la récupération de cette fatigue est suffisante, on observera une surcompensation et une amélioration de la performance sportive. La fatigue aiguë est habituellement réversible en 48 heures. Au cours d'entrainements répétés, la fatigue physique est plus intense et la fatigue chronique ressentie plus importante. Elle entraine une réduction de la performance de l'athlète et une récupération de deux à trois semaines est alors habituellement nécessaire, à l'origine d'une progression significative des capacités motrices. Ce cycle de fatigue intense et de récupération contrainte, suivi par l'amélioration de la performance est dénommé *surcompensation* ou *fonctionnal overreaching. C*'est donc **pendant la phase de récupération que l'adaptation se développe et que la condition physique personnelle s'améliore**. Ce type d'entrainement cyclique est bien connu des milieux d'athlètes se préparant pour une compétition, les amenant ainsi à leur pic de performance (9).

Lors d'un surentrainement, la charge et les stimulis d'entrainements sont trop fréquents et suivis d'une période de récupération insuffisante. La fatigue post exercice se prolonge, et s'accompagnera d'un cortège de manifestations somatiques et psychosomatiques. La récupération peut s'étendre de plusieurs semaines à plusieurs mois, exceptionnellement plusieurs années.
Détecter et prévenir le surentrainement est difficile, car le gain de performance lié aux stimulis des entrainements est recherché, jusqu'à un seuil critique variable selon les athlètes à partir duquel l'entrainement devient excessif. En dessous de ce seuil, on parle de zones de sous-entrainement et au dessus de surentrainement. (figure 2)

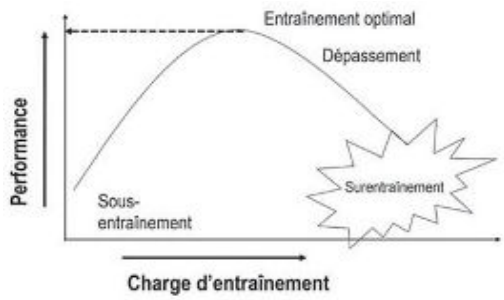


Figure 2: évolution de la performance jusqu'à la zone de capacité maximale, suivie d'une régression de la performance en cas de temps de récupération insuffisant.

La relation entre la charge d'entrainement et la tolérance aux entrainements est variable selon chaque athlète. De plus, certains facteurs autres que la surcharge physique et insuffisance de récupération interviennent, comme des facteurs de stress professionnels, de la vie familiale, ou environnementaux.

D'autres facteurs peuvent en effet être aussi incriminés dans le surentrainement:

- le **manque de variation et la monotonie** des entrainements
- l'**augmentation trop rapide du volume ou des intensités**
- les **compétitions trop fréquentes**
- une **nutrition inadéquate** avec notamment un déficit d'hydrates de carbone
- un **désir de perdre du poids ou la mauvaise image de soi** (avec une vigilance particulière pour le syndrome *Female Athletic Triad* comprenant déficit énergétique avec ou sans trouble alimentaire, aménorrhée et ostéoporose précoce)
- le **stress psychologique** (école, famille, travail)
- le **stress environnemental** (froid extrême, chaleur altitude)
- la **reprise trop rapide de l'entrainement après blessure ou maladie**

1.3 Etiologies possibles du surentrainement: une pathologie multifactorielle

La principale cause de l'*Over-Training Syndrom* (OTS) est une charge d'entrainement excessive avec des temps de récupération insuffisants. La grande variabilité et la multiplicité de ses manifestations explique la rareté des éléments diagnostiques cliniques stables actuellement disponibles (10, 11). La physiopathologie exacte du surentrainement est aujourd'hui inconnue, même si plusieurs hypothèses biochimiques et hormonales sont aujourd'hui évoquées dans les facteurs déclenchants le surentrainement: déplétion en glycogène, fatigue centrale, déplétion en acides gras à chaîne ramifiée, déplétion en glutamine, dysfonctionnement immunitaire, déséquilibre végétatif, stress oxydatif, dérégulation hypothalamique et libération anormale de cytokines pro-inflammatoires (12). Ces changements physiologiques seraient-ils liés à des altérations périphériques, structurales ou métaboliques au niveau du muscle, à l'origine de modifications des concentration des neurotransmetteurs du système nerveux central (SNC) et particulièrement de l'axe hypothalamo-hypophysaire, déclenchant à leur tour des perturbations hormonales en cascade ? Ou alors auraient-elles leur origine uniquement au niveau central expliquant notamment les modifications psycho-comportementales?

Hypothèse du glycogène

Comme nous l'avons vu en enseignement, le glycogène est un polymère multi-ramifié de molécules de glucose qui sert de forme de stockage d'énergie. Il est présent dans de nombreux tissus, mais en quantité relativement importante dans le muscle strié squelettique et le foie. Cette grand quantité dans le muscle reflète son rôle important dans la fourniture rapide d'ATP aux cellules musculaires.

L'épuisement du glycogène intramusculaire pourrait contribuer à la fatigue et à l'altération de la récupération post exercice, le taux de resynthèse du glycogène intramusculaire étant lent et prenant des heures à plusieurs jours pour se restaurer complètement.

Lors de tout exercice physique d'endurance, il existe une déplétion transitoire des stocks de glycogène hépatique et musculaire, ainsi qu'une insuffisance de la néoglucogénèse par rapport à l'effort fourni, qui témoignent d'une fatigue métabolique. La quantité de carburant serait alors inadéquate pour la charge de travail. Lors d'entrainements particulièrement longs et intenses, et en l'absence d'ingestion d'une quantité appropriée de glucides, il pourrait exister une déplétion plus chronique du glycogène (13)**.** La reconstitution des stocks de glycogène serait alors légèrement plus lente et retardée (14), et une fatigue musculaire pourrait s'accumuler d'un entrainement à l'autre.

Pour autant, la physiologie nous apprend que les niveaux de glycogène intramusculaire se rétablissent plus rapidement que la durée de plusieurs mois d'un OTS, et cette hypothèse du glycogène ne peut expliquer à elle seule l'OTS.

Pour certains auteurs, **l'hypoglycémie lors d'un exercice intense et de longue durée pourrait être plus sévère chez l'athlète en situation de surentrainement** (15). En pratique, l'hypoglycémie d'exercice ne serait que légèrement plus importante chez l'athlète surentrainé, ce qui ne permettrait pas de l'utiliser comme outil diagnostic discriminant.

Plusieurs études ont également montré que **la lactatémie à l'effort serait plus basse chez les athlètes sur entrainés** comparativement aux athlètes non-surentrainés, que ce soit pour des exercices d'intensité infra-maximale (16) ou des exercices maximaux (17). Ces lactatémies plus basses chez les athlètes surentrainés pourraient être dues à une utilisation minorée de la glycolyse pour la fourniture énergétique globale, et les substrats lipidiques seraient plus sollicités pour des exercices d'intensité infra-maximale.
Pour les exercices d'intensité maximale, la production musculaire d'acide lactique et la lactatémie sont liés à la concentration plasmatique de catécholamines (18). Toute perturbation de l'activité sympathique affecterait la production musculaire d'acide lactique. Certaines études de Lehmann et ses collaborateurs (19,20) suggèrent que **le sportif surentrainé présenterait une désensibilisation de son organisme aux catécholamines**, induite par une diminution de la densité des récepteurs B-adrénergiques.

De plus, de faible niveaux de glycogène pourraient ainsi conduire à une oxydation accrue et une diminution des acides aminés à chaine ramifiés. Cela conduirait à une altération de la synthèse des neurotransmetteurs centraux impliqués dans la fatigue centrale et le dysfonctionnement de l'axe hypothalamo-hypophysaire observé chez les athlètes surentrainés (21).

Hypothèse de la fatigue centrale: acides aminés ramifiés et sérotonine

L'OTS comprend presque toujours des troubles des fonctions centrales, de l'humeur, du sommeil et du comportement. La sérotonine (5-HT ou 5-Hydroxytryptamine) est un neurotransmetteur dérivé du tryptophane impliqué dans la régulation de ces fonctions. Par conséquent, des altérations de la 5-HT pourraient conduire aux manifestations observées dans l'OTS.

Avec l'exercice, il y a une augmentation du tryptophane non lié, qui entre en compétition avec les acides aminés à chaîne ramifiée acides pour l'entrée dans le cerveau. L'exercice prolongé diminue les niveaux d'acides aminés à chaîne ramifiée en raison de leur oxydation accrue. Cela favorise l'entrée du tryptophane dans le cerveau et sa conversion en sérotonine (5-HT). Les augmentations du tryptophane non lié ont été positivement corrélées avec la fatigue, probablement en raison d'une synthèse accrue de la sérotonine dans le cerveau.

L'administration d'antidépresseurs de la famille des Inhibiteurs de la Recapture de la Sérotonine (IRS) aux athlètes augmenteraient artificiellement la sérotonine dans le cerveau et réduirait leurs performances (22). La supplémentation en acides aminés à chaîne ramifiée rendraient dans les études les athlètes plus énergiques et mentalement lucides, probablement en raison d'une synthèse de sérotonine atténuée (23).

D'après une autre étude, la fatigue chez les athlètes surentraînés pourrait être due à une sensibilité accrue à la sérotonine plutôt qu'à une augmentation de la sérotonine. Une sensibilité neurologique accrue à un agoniste de la sérotonine a été rapportée chez les athlètes surentraînés. Les athlètes bien entraînés sont généralement moins sensibles à la sérotonine, et cette adaptation pourrait être perdue dans le surentrainement (24). Il existerait dans cette étude des données assez cohérentes que les concentrations de précurseurs de la sérotonine et de prolactine, ainsi que la mesure indirecte de l'activité sérotoninergique centrale seraient altérées lors d'exercices excessifs. Pourtant peu d'études ont réellement mesuré l'activité sérotoninergique chez des athlètes surentraînés. Les changements d'humeur et la fatigue sont subjectifs, difficiles à mesurer et influencés par de nombreux facteurs de confusion. Par conséquent, l'activité sérotoninergique nécessite une interprétation prudente.

<u>Hypothèse de la Glutamine: diminution des taux de glutamine plasmatiques</u>

La glutamine joue un rôle prépondérant dans la fonction des cellules immunitaires. Elle joue également un rôle dans la synthèse de l'ADN/ARN, le transport de l'azote, la néoglucogénèse et l'équilibre acido-basique. **Une diminution de la glutamine après l'exercice pourrait dans certaines études être responsable d'une incidence accrue d'infections des voies respiratoires supérieures chez les athlètes surentraînés (25).**

Un exercice prolongé (> 2 heures), ou des périodes répétées d'exercice de haute intensité peuvent diminuer de manière transitoire les concentrations plasmatiques de glutamine. De faibles concentrations plasmatiques de glutamine ont été signalées spécifiquement chez les athlètes surentraînés. Cela pourrait venir d'une sur-utilisation et/ou d'une diminution de la production par des muscles surmenés.

On ne sait pas prouver in vivo si une diminution de la glutamine influence la fonction des cellules immunitaires. In vitro, la fonction des cellules immunitaires peut être compromises lorsque les concentrations de glutamine sont en dessous des niveaux physiologiques. Malgré une diminution des concentrations de glutamine après l'exercice, la quantité de glutamine disponible pour les cellules immunitaires ne change pas nécessairement. La supplémentation en glutamine peut restaurer les niveaux physiologiques, mais n'améliorerait pas l'affaiblissement des cellules immunitaires après l'exercice. Néanmoins, **la supplémentation en glutamine pourrait diminuer le taux d'infection chez les athlètes.**

Même si les données épidémiologiques ont montré que les athlètes peuvent être plus sensibles aux infections des voies respiratoires supérieures après un « exercice excessif », **il n'y a aucune preuve que l'immunosuppression soit plus importante chez les athlètes atteints de fatigue chronique ou en surentrainement.** A titre d'exemple, dans une étude, 13 % des athlètes surentrainés par rapport à 56 % des athlètes non surentrainés ont signalé des infections des voies respiratoires supérieures (25). Un faible taux de glutamine plasmatique a été observé chez les athlètes souffrant d'infections des voies respiratoires supérieures, tandis que d'autres données démontrent le contraire. Enfin, les niveaux de glutamine peuvent aussi être influencés par l'état nutritionnel, les traumatismes ou une infection en cours.

L'hypothèse du stress oxydatif

Lors d'un exercice intense, qu'il soit concentrique, excentrique ou pliométrique, des altérations de la structure cellulaire du muscle peuvent apparaître pour des causes mécaniques (rupture d'élément de l'architecture de la cellule) et pour des causes métaboliques par la production de radicaux libres générés par les réactions physiologiques aérobies. Un certain stress oxydatif est nécessaire pendant l'exercice car les substances réactives de l'oxygène libérées par les muscles endommagés régulent la réparation cellulaire. Cependant, lorsque le stress oxydatif devient pathologique, les substances réactives de l'oxygène (le superoxyde, le peroxyde d'hydrogène et le radical hydroxyle) peuvent provoquer une inflammation, une fatigue musculaire, et la douleur avec une inhibition résultante de la performance athlétique. **Les marqueurs du stress oxydatif au repos sont plus élevés chez les athlètes surentraînés que chez les témoins. Ces marqueurs de stress oxydatif augmentent également avec l'exercice chez les athlètes surentraînés (26, 27).**

La citrate synthase reflète la capacité oxydative. Une augmentation est attendue pendant l'entraînement d'endurance. Pourtant, dans une modélisation du surentrainement chez le rat, l'activité de la citrate synthase diminue en fait.

Les athlètes en surentrainement pourraient avoir des réponses réduites au stress induit par l'exercice, et être plus sensibles aux dommages oxydatifs. Pourtant il n'est pas scientifiquement démontré que cette augmentation de l'état de stress oxydatif soit un déclencheur ou le résultat de l'OTS. De plus, la part de facteurs de confusion tels que les cycles menstruels ou les propriétés antioxydantes des œstrogènes est inconnue.

L'hypothèse du Système Nerveux Autonome

Un déséquilibre neurologique du système nerveux autonome pourrait expliquer certains symptômes de l'OTS: en effet, une diminution de l'activation sympathique et la dominance du système parasympathique pourraient entraîner une diminution de la performance, de la fatigue, une dépression et une bradycardie (28).

La réduction de l'activité sympathique chez les athlètes surentraînés est corrélée dans certaines études à une diminution de l'excrétion urinaire nocturne des catécholamines (28). L'excrétion des catécholamines diminue avec l'augmentation de la fatigue et revient à sa valeur initiale pendant la phase de récupération. Cependant, toutes les études ne retrouveraient pas cette tendance.
Une diminution de la sensibilité des organes aux catécholamines pourrait également être responsable de symptômes de diminution de l'activation sympathique.

Dans une autre étude parue en 2006, la variabilité de la fréquence cardiaque (VFC) a également été utilisée comme indicateur de la fonction autonome. Cette étude n'a montré aucune différence de VFC entre les athlètes surentraînés et les athlètes témoins pendant le sommeil (29). **Cependant, une VFC réduite a été observée peu de temps après le réveil chez les athlètes surentraînés**, suggérant une diminution du tonus sympathique (29). En utilisant la VFC, des études ont indiqué que les effets d'un entraînement intense sur le contrôle automatique peuvent être réversibles. L'équilibre entre les systèmes sympathiques et parasympathiques peut être rétabli après une semaine de repos.

L'hypothèse hormonale

Des altérations des axes hypothalamo-hypophyso-surrénalien et hypothalamo-hypophyso-gonadique ont été évoquées dans le syndrome de surentrainement. L'hypothalamus est connu pour être le centre de coordination entre le système hormonal, le système nerveux autonome et l'environnement.

Les athlètes d'endurance pourraient présenter des changements physiologiques subtils dans la fonction de l'axe hypothalamo-hypophysaire:

- une modification des taux hormonaux de folliculo-stimuline (FSH) et d'hormone lutéinisante (LH) induira une diminution de la synthèse des androgènes, testostérone et progestérone provoquant chez la femme anovulation, oligo voire aménorrhées, et chez l'homme une baisse de la libido et une décroissance de la production de sperme. Une diminution de la testostérone libre, ainsi qu'une chute de plus de 30% du rapport des concentrations en testosterone libre et en cortisol (fT/C) pourrait en théorie être retrouvée en cas de surentrainement, reflet du statut anabolique-catabolique de l'athlète.

- une moindre production d'hormone de croissance (GH) entrainera une altération de la balance anabolisme/catabolisme, une perte de masse musculaire maigre, une augmentation de l'urée et de l'acide urique, et perturbera la régulation de la glycémie et le métabolisme des acides gras libres.

- une diminution de l'adrénocorticotrophine (ACTH) entrainera une perturbation des secrétions de cortisol, aldostérone, adrénaline et noradrénaline, expliquant des variations de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, de la ventilation pulmonaire, et des perturbations de l'équilibre hydrosodé.

- une perturbation de l'axe thyréotrope via la thyréostimuline (TSH) pourra perturber le métabolisme énergetique, la croissance et la différenciation cellulaire, la minéralisation osseuse, la thermorégulation, le volume d'éjection systolique et la VFC.

Malheureusement, les données des études sont contradictoires quant à ces changements hormonaux. Les altérations de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien et de l'axe hypothalamo-hypophyso-gonadique sont variables selon les athlètes et dépendent d'autres facteurs, notamment la capacité d'exercice, la vulnérabilité inhérente aux facteurs de stress et à d'autres niveaux hormonaux.

L'hypothèse des Cytokines

Aucune hypothèse n'explique à elle seule tous les aspects de l'OTS. L'hypothèse des cytokines suggère que l'OTS serait une adaptation/maladaptation physiologique à un excès de stress initiée par un déséquilibre entre les dommages musculaires induits par l'exercice et les processus de réparation et régénération tissulaires médiés par la réponse inflammatoire.

La contraction musculaire et les mouvements articulaires répétitifs causent des microtraumatismes aux tissus. **La réponse inflammatoire, via le recrutement et la production de cytokines est un processus coordonné et dynamique qui conduit à un remodelage et une hypertrophie des muscles striés squelettiques. Avec un entraînement intense et continu et l'absence de repos adéquat, cette réponse inflammatoire pourrait devenir amplifiée, chronique et pathologique.**

Lors de dommages musculaires, les cellules de la lignée myéloïde pénètrent dans le muscle, les macrophages sont alors les principaux régulateurs positifs de la régénération musculaire. Sous l'influence de cytokines comme l'interféron gamma (IFN-ɣ) ou le facteur de nécrose tumorale alpha (TNF-α) les macrophages se différencieront vers le phénotype M1 pro inflammatoire. Les macrophages peuvent également être différenciés vers le phénotype M2 anti inflammatoire par les cytokines anti inflammatoires IL4, IL10, IL-1373. Les macrophages M1 et M2 interviennent à différents stades de la myogénèse dans le processus de régénération musculaire. L'épuisement des macrophages au moment de la transition de M1 à M2 réduirait la croissance, la réparation et la régénération musculaires (30).

Les lésions musculaires induites par l'exercice peuvent persister pendant des semaines et déclencher l'activation des macrophages. Plusieurs cytokines pro inflammatoires, dont le facteur de nécrose tumorale α (TNF-α), IFNγ, l'interleukine 1 bêta (IL-1b), IL-6 et IL-10 semblent être impliquées dans l'OTS.

Il a par exemple été récemment montré en 2020, que chez de jeunes hommes et femmes en bonne santé qui ont effectué 8 semaines d'entraînement de résistance supervisé, l'AINS ibuprofène administré à 1200 mg/jour) a compromis la force musculaire induite par l'exercice de résistance et les adaptations hypertrophiques musculaires. Cette régulation négative était induite par l'expression de l'IL-6. (30)

Bien qu'il existe des effets bénéfiques de l'inflammation à court terme, une réponse inflammatoire chronique serait aussi délétère, entraînant finalement une diminution de la fonction musculaire avec une fonction mitochondriale réduite et une faiblesse musculaire. Des niveaux chroniquement élevés d'IL-6 dans le muscle squelettique, entraîneraient une diminution de la production de force, une expression réduite des protéines dans la chaîne de transport d'électrons mitochondriale et une diminution de la capacité respiratoire.

Ainsi, un exercice intense répété pourrait induire un taux de cytokines intramusculaires pro inflammatoires persistant, partageant des points communs avec des états pathologiques d'inflammation chronique (par exemple, la polyarthrite rhumatoïde) s'accompagnant d'une faiblesse musculaire.

En conséquence, une activité physique intense répétée avec des périodes de récupération trop courtes prolongeraient la durée de l'inflammation, et entraîneraient très certainement une diminution de la fonction musculaire. Cela pourrait bien être un élément clé de l'OTS.

Deuxièmement, l'hypothèse des cytokines soulève également le fait que les cytokines pourraient agir sur l'axe hypothalamo-hypophysaire, et notamment sur les centres régulateurs de la faim situés dans l'hypothalamus. **Les cytokines induiraient une anorexie entrainant une diminution des réserves de glycogène**. Comme nous l'avons vu, des niveaux réduits de glycogène musculaire sont en effet fréquemment observés chez les athlètes surentraînés.

Troisièmement, une étude parue en 2018 suggère que **les cytokines pro-inflammatoires pourraient interférer avec le transport du glucose dans les cellules musculaires pour la synthèse du glycogène**. Des études ont montré une diminution des concentrations de transporteurs GLUT-4 dans les muscles stressés par l'OTS, en raison d'une régulation négative de la synthèse des protéines par le TNF-α. Une diminution des réserves de glycogène pourrait expliquer la sensation de jambes lourdes et de fatigue musculaire chez les athlètes surentraînés (31).

Quatrièmement, **les changements psycho-comportementaux observés dans l'OTS pourraient également être en partie attribués aux cytokines**. L'hypothèse des cytokines suggère que les taux sériques de tryptophane seraient en fait diminués par l'inflammation systémique comme celle observée dans l'OTS. La raison serait que le tryptophane est utilisé pour la synthèse de protéines liées à l'inflammation. Des taux réduits de tryptophane ont aussi été associés dans de nombreuses études à des symptômes dépressifs (30). Les cytokines pro-inflammatoires comme l'IL-1b et le TNF-α agiraient sur le cerveau pour provoquer une diminution de l'appétit, des troubles du sommeil et une dépression. Ces cytokines pourraient agir directement sur les récepteurs centraux, et elles pourraient aussi activer l'axe hypothalamo-hypophysaire et la libération d'hormones de stress avec des effets périphériques similaires. Des niveaux élevés de cytokines pro-inflammatoires chez les patients déprimés ont été relevés, offrant une crédibilité à la notion de changements d'humeur induits par les cytokines dans l'OTS (31).

Cinquièmement, **les cytokines pro-inflammatoires seraient de puissants activateurs du système hypothalamo-hypophyso-surrénalien** et provoqueraient la libération d'hormones comme la corticotrophine, d'hormone adrénocorticotrope et de cortisol. Elles limiteraient la secrétion de testostérone par inhibition centrale. Ces altérations de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrenalien et hypothalamo-hypophyso-gonadique provoqueraient une diminution des rapports testostérone/cortisol retrouvées dans l'OTS.

Sixièmement, **les cytokines pro-inflammatoires pourraient entrainer une utilisation accrue de la glutamine plasmatique**, expliquant une glutamine plasmatique diminuée chez les athlètes surentrainés. La glutamine est précurseur de la synthèse des protéines inflammatoires, qui sont régulés à la hausse par le surentraînement. L'IL-6 et le TNF-α stimulent en fait l'absorption de glutamine dans les hépatocytes à cette fin. De plus, l'inflammation systémique induit un état catabolique avec une augmentation nécessaire du métabolisme du glucose et des protéines. La glutamine est un élément crucial pour la néoglucogenèse, et essentiel pour favoriser l'excrétion rénale d'azote lors d'une protéolyse accrue. La diminution des taux plasmatiques de glutamine entrainerait aussi comme nous l'avons vu une susceptibilité accrue aux infections chez les athlètes surentraînés (25,32).

Il existe 2 sous-ensembles de cellules T auxiliaires : lymphocytes TH1 associés à l'immunité à médiation cellulaire et lymphocytes TH2 liés à l'immunité humorale. Le sous-ensemble qui prédomine dépend du milieu cytokinique prédominant. L'OTS provoque l'activation de cytokines qui favoriseraient un profil lymphocytaire TH2. En effet, plusieurs études montrent une augmentation des cytokines favorisant le profil lymphocytaire TH2 (via l'IL-6, le TNF-α, et l' IL-10) après un marathon et aucun taux détectable de cytokines liées au TH1 (33). La prédominance du profil lymphocytaire TH2 provoquerait une immunité humorale accrue mais avec une régulation négative concomitante de l'immunité à médiation cellulaire du profil lymphocytaire TH1, et donc protection réduite contre les infections des voies respiratoires supérieures.

Au final, la théorie des cytokines fournit un paradigme complet pour expliquer de nombreuses caractéristiques de l'OTS. Elle considère l'inflammation systémique comme la base sous-jacente du surentraînement et établit des parallèles entre le surentraînement et d'autres conditions de stress.

Dans cette théorie un stimulus principal provoquerait l'activation de nombreuses voies biochimiques et une corrélation s'observerait entre l'activation de ces voies avec les symptômes observés chez les athlètes surentraînés. Cette théorie présente pourtant quelques limites: malgré une corrélation plausible entre les cytokines et les symptômes du surentraînement, **il existe pour autant peu de**

preuves montrant des niveaux élevés de cytokines chez les individus surentraînés. Certaines études ont démontré des augmentations aiguës de l'IL-2 et de l'IL-6 après l'exercice (27), mais des réponses à long terme à l'entraînement n'ont pas été explorées. Une étude a spécifiquement examiné les cyclistes surentraînés mais n'a trouvé aucun changement dans les concentrations d'IL-6 ou de TNF-α à un degré suffisamment élevé de microtraumatismes pour induire une cascade inflammatoire (34). Ces considérations sont donc intéressantes, mais il n'existe pas à ce jour de preuve certaine liant les cytokines au surentrainement. Des recherches supplémentaires sont nécessaires avant qu'une corrélation ne soit démontrée entre des niveaux élevés de cytokines et des athlètes surentraînés.

1.4 Diagnostic du surentrainement : symptômes, signes cliniques et paracliniques du surentrainement

Symptômes et signes cliniques de surentrainement

Toute personne pratiquant le trail running a envie d'être au meilleur niveau. La plupart des athlètes se rangent dans le camp des personnalités de *type A* pour les psychologues, ces personnes adhérent assez facilement à la philosophie d'entrainement du «*plus on en fait, mieux c'est*». Pourtant le surentrainement n'est pas la forme de fatigue habituelle avec laquelle tous les athlètes apprennent à vivre. Un médecin non sensibilisé pourra évoquer le diagnostic de fatigue ou d'hypocondrie devant des symptômes de surentrainement, tant un athlète restera pour lui un modèle de santé et d'énergie comparé au patient lambda.

Le syndrome de surentrainement indique un arrêt du processus d'adaptation naturel du corps, et une charge d'entrainement considérée auparavant comme légère devient alors un stress intolérable et destructeur. Pour l'athlète et l'entraineur, une baisse des performances accompagnée d'une baisse d'énergie évoquera d'abord un manque de forme, et la réponse fréquente à une diminution de performance, notamment chez les athlètes autodidactes, sera d'augmenter la charge d'entrainement. Le raisonnement sera aussi de penser que le programme d'entrainement manque d'un ingrédient clé, et qu'en ajoutant ceci ou cela leur condition physique reviendra. S'amorce alors un cercle vicieux par une augmentation de la charge d'entrainement, une dégradation supplémentaire des performances en continuant à chercher la solution dans l'augmentation de l'entrainement.

Pour l'entraineur ou le médecin, le surentrainement sera plus facile à déceler en course sur stade ou hors stade sur route par une chute des allures ou des temps effectués sur un parcours donné. Il sera beaucoup plus difficile à déceler pour les sports de montagne comme le trail running où le terrain change tous les jours.

Le surentrainement entraine chez l'athlète se caractérise au premier plan par une diminution de la capacité de performance et l'augmentation du temps de récupération, mais se présente également comme une pathologie perturbant l'homéostasie des différents systèmes de l'organisme. Le surentrainement est un phénomène complexe, influencé par des facteurs psychologiques.

Les symptômes du surentrainement sont nombreux, très variables entre les individus, et non spécifiques. Ils peuvent être parfois peu importants, parfois minimisés par l'athlète.

Un signe avant-coureur d'OTS peut être **une élévation de la FC de repos** mais n'est cependant pas observé chez tous les athlètes.

On pourra également constater que la **FC maximale à l'effort peut diminuer de 10%** et on peut constater une **baisse de la consommation maximale d'oxygène (VO2 max).**

On pourra également observer une **augmentation de la FC de récupération,** une **diminution de la variabilité de la FC (VFC)** ou HRV des anglo-saxons (Heart Rate Variability), ainsi qu'une **diminution du temps d'endurance au seuil,** une **augmentation de la fréquence respiratoire à l'effort.**

Les différentes manifestations cliniques décrites concerneront:

L'appareil locomoteur:

- **Myalgies**
- **Arthralgies**
- **Diminution de la force musculaire**
- **Diminution de l'efficience/efficacité du geste sportif**
- **Diminution de l'économie de course**
- **Blessures de surcharge/microtraumatiques** (fractures de fatigue, périostites, tendinopathies)

L'appareil cardio-respiratoire:

- **Diminution de la pression artérielle**
- **Augmentation de la FC de repos**
- **Augmentation du métabolisme basal**
- **Diminution de la production de lactates**
- **Balance azotée négative**
- **Diminution des réserves de glycogène**
- **Diminution du flux d'O2** (FCmax/VO2)

Le système immunitaire:

- **Tendance aux infections des voies aériennes supérieures**
- **Augmentation de la sensibilité et de la sévérité des allergies respiratoires**

Le système endocrinien:

- **Oligo/Aménorrhée**
- **Ménarche retardée**
- **Diminution de la libido**
- **Amaigrissement**

L'équilibre psychologique:

- **Troubles de l'humeur: irritabilité, dépression, auto-dévalorisation, instabilité émotionnelle, tristesse**
- **Troubles du comportement: perte de motivation aux entrainements, état de stress permanent, apathie, agitation, changement de personnalité**
- **Troubles du sommeil: difficultés d'endormissement, insomnie, cauchemars, hypersomnie**
- **Difficultés de concentration et de mémorisation**
- **Baisse de l'appétit, troubles du comportement alimentaire, anorexie mentale**
- **Troubles digestifs**
- **Malaise général, céphalées, vertiges**
- **Troubles sensori-moteurs: baisse de l'habileté motrice, d'intégration des schémas sensitivo-moteurs.**

Les diagnostics différentiels importants à connaître:

L'entraineur et le médecin du sport devront garder à l'esprit que le syndrome de surentrainement reste un diagnostic d'exclusion, et que d'autres causes restent à éliminer devant une baisse de performance de l'athlète suivi (12).

Les diagnostics différentiels fréquents à éliminer:

- sevrage de la caféine
- allergies environnementales
- bronchospasme induit par l'exercice,
- mononucléose infectieuse,
- manque de sommeil,
- anémie et carence martiale
- anxiété de performance,
- apport insuffisant en glucides ou en protéines,
- trouble de l'humeur, anxio-dépression
- stress psychosocial, trouble anxieux généralisé
- infection des voies respiratoires supérieures autres

Les diagnostics différentiels moins fréquents seront:

- une déshydratation,
- un diabète de type 1 et 2
- les troubles du comportement alimentaire
- les hépatites,
- l'hypothyroïdie et les dysthyroïdies
- les infections des voies respiratoires inférieures,
- un effet secondaire médicamenteux: prise d'antidépresseurs, anxiolytiques, antihistaminiques, A-bloquants,
- le syndrome post-commotion cérébrale,

- une grossesse,
- une toxicomanie, prise de produits dopants.

Les diagnostics différentiels rares:

- insuffisance ou excès corticosurrénale,
- cardiopathie congénitale ou acquise,
- arythmie cardiaque,
- endocardite bactérienne,
- insuffisance cardiaque congestive,
- maladie coronarienne,
- virus de l'immunodéficience humaine (VIH1-2)
- syndrome de malabsorption intestinal
- maladie pulmonaire chronique,
- maladie de Lyme,
- paludisme,
- cancers et hémopathies
- troubles neuromusculaires,
- maladie rénale chronique,
- syphilis.

Les marqueurs para-cliniques du surentrainement:

Comme la physiopathologie nous l'a montré, l'OTS se caractérise par une déplétion des stocks de glycogène, par une pathologie inflammatoire musculaire dans laquelle les cytokines pro inflammatoires semblent jouer un rôle important, et par une désadaptation des systèmes neuro-endocriniens.

Il n'existe aucun marqueur biologique susceptible de détecter le surentrainement de manière spécifique.

La numération-formule sanguine ne retrouvera pas d'anomalie spécifique du surentrainement mais pourra retrouver une éventuelle anémie associée (Hb < 12 g/dl chez l'homme et <11g/dl chez la femme), une Ferritinémie basse, une leucopénie inconstante, une possible inversion de formule leucocytaire.

Le surentrainement n'entrainera pas de modification de la glycémie à jeun et urinaire, des modifications permettront en revanche de reconnaître un éventuel dopage à l'insuline.

Concernant le profil lipidique, si l'entrainement provoque une augmentation du HDL-cholestérol et une baisse du LDL-cholestérol, il n'y a pas de modifications supplémentaires retrouvées lors du surentrainement, même si peu d'études sont disponibles.

La lactatémie maximale s'élèvera plus faiblement chez un athlète en surentrainement.

La recherche d'une perturbation hormonale de l'axe corticosurrénalien et de l'axe gonadotrope par le dosage des catécholamines urinaires sur 24 heures, du cortisol, FSH/LH, oestradiol/progestérone et

testosterone retrouve des résultats très contrastés. L'étude du rapport testosterone libre/cortisolémie est décevante et non fiable (35). On pourra parfois constater des **niveaux de cortisol élevés persistants**, un taux de **testostérone en baisse**.

Les études retrouvent également des résultats très contrastés pour l'étude de l'axe somatotrope (GH *Growth Hormone*, IGF1 *Insuline Like Growth Factor*), de même que pour l'axe thyréotrope (TSH, T3L, T4L).

Le surentrainement reste donc un diagnostic avant tout clinique, puisqu'il n'existe pas de marqueur pathognomonique du surentrainement. Les dosages biologiques seront donc utiles aux diagnostics différentiels et à la recherche de facteurs favorisants.

Le bilan biologique conseillé devant une suspiçion de syndrome de surentrainement serait le suivant:

- NFS- plaquettes
- CRP (ou VS)
- ionogramme sanguin
- créatininémie et clairance rénale
- ferritinémie
- bilan hépatique complet
- bilan hormonal en cas d'aménorrhée ou d'amaigrissement: TSH, FSH/LH, progestérone, oestradiol, testostérone, cortisol, IGF-1.
- exploration d'une anomalie lipidique
- glycémie à jeun
- sérologies virales: EBV, CMV, Hépatites, HIV1-2, Toxoplasmose, Lyme
- Bandelette urinaire: recherche de glycosurie, albuminurie.

Chez la femme athlète suspecte de surentrainement, et particulièrement en cas d'aménorrhée, d'amaigrissement ou de troubles du comportement alimentaire, une attention particulière devra être portée à l'accentuation de la résorption osseuse et au risque d'ostéopénie et d'ostéoporose par la pratique d'une ostéodensitométrie de dépistage.

Les questionnaires d'évaluation de l'état psychologique des athlètes:

Des questionnaires psychologiques tels que le ***Profile of Mood States,*** ou en France le ***questionnaire de la Société Française de Médecine du Sport (SFMS)*** (Annexe 1) évaluent et quantifient le stress, l'émotivité, l'humeur et la labilité psychique des sportifs. Ils permettent d'apprécier l'importance d'un surentrainement et le suivi de la récupération.

Le questionnaire SFMS est composé de 54 questions auxquelles il est demandé au sportif de répondre à la fin de chaque cycle de récupération après une périodisation (36). En fonction du score obtenu, il est possible d'évaluer l'état de fatigue résiduel de l'athlète. Plus le score est élevé, plus la fatigue est importante et nécessite une adaptation du programme d'entrainement. Un athlète dont le score sera supérieur à 20 sera considéré comme un sujet à risque de surentrainement, notamment en cas de troubles du sommeil ou de l'appétit.

Les Collèges Européens (ECSS) et Américains (ACSM) de Médecine du Sport ont proposé conjointement un organigramme pour le dépistage et le diagnostic de l'OTS chez l'athlète en 2012 (37):

Lorsque la charge d'entraînement est élevée, l'apparition de problèmes persistants de performance peuvent créer une suspicion d'OTS. L'organigramme proposé, basé sur les preuves existantes, commence par la détection des principaux symptômes: diminution des performances et durée des symptômes. Puis d'autres maladies majeures liées à la sous-performance sont exclues, et dans un troisième temps les changements de performance sont définis et les conditions et maladies confondantes possibles sont vérifiées.

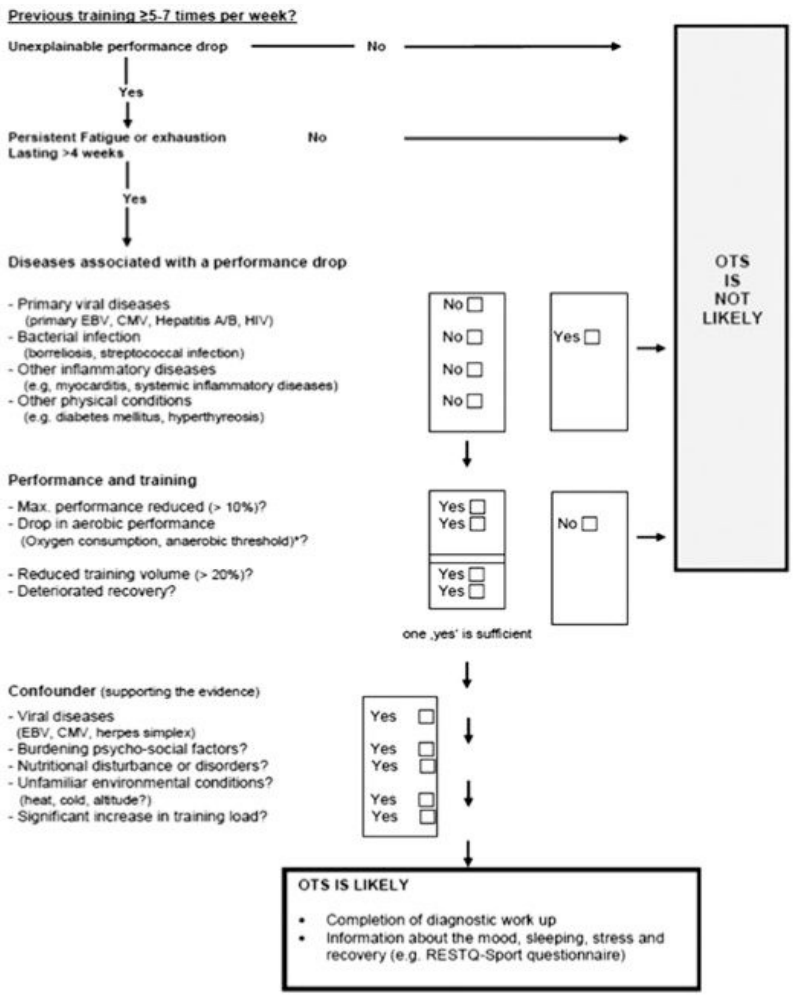


Figure 1: organigramme diagnostic de l'OTS proposé par les Collèges Européens et Américains de Médecine du Sport, 2012.

1.5 **Traitement et prévention du surentrainement**

Les conférences de consensus actuelles (ESCC, *European College of Sport*, et de l'*American College of Sports Medicine*) s'accordent à dire qu'il n'y a **pratiquement aucune preuve suggérant que l'OTS puisse être «traité»** (37).

Comme une blessure orthopédique massive, l'OTS est tout aussi débilitante et prend un temps considérable pour que le rétablissement se produise spontanément. **Le repos et un entraînement très léger semblent être les seuls agents thérapeutiques capables de permettre la récupération et le retour à une condition physique antérieure**. L'ensemble de la communauté scientifique sur ce sujet suggère fortement depuis 2006 que l'accent doit être mis sur la prévention de l'état de fatigue chronique et de l'OTS, principalement par une périodisation appropriée du programme d'entrainement, avec une attention particulière sur les temps de récupération et sur le diagnostic précoce, ce qui pourrait raccourcir le temps de récupération.

Le syndrome de surentrainement affecte essentiellement les athlètes d'endurance, et ne concerne pas seulement les athlètes professionnels. La prévention de ce syndrome passera par une information et une surveillance accrue des sportifs s'entrainant intensivement. La prise en charge est difficile et demande de la patience. La prévention est essentielle et nécessite un suivi régulier de la performance physique, une périodisation et une individualisation du programme d'entrainement. Pour les athlètes s'entrainant de manière intensive, un suivi régulier avec le questionnaire SFMS devrait être proposé.

La prévention passe également par le tenue d'un plan et d'un cahier d'entrainement, par une adaptation de l'alimentation aux exigences de l'effort physique, par la gestion des blessures et problèmes de santé, en rappelant qu'après chaque entrainement ou compétition une immunodépression est possible sur plusieurs jours, dépendant de l'intensité de l'effort. Cette immunodépression rend les sportifs plus sensibles aux infections notamment respiratoires (38,39).

Une fois le syndrome de surentrainement confirmé, il faut du repos tout en continuant un entrainement d'endurance à faible intensité, et de la patience. Un soutien psychologique peut être nécessaire.

Le sommeil est un élément essentiel de la gestion de la fatigue, car une perte de sommeil persistante peut affecter négativement la qualité d'une séance d'entraînement et le bien-être général. Si le besoin primaire de sommeil n'est pas assouvi à cause d'un sommeil insuffisant, les fonctions cognitives sont susceptibles d'être altérées, en particulier la capacité de concentration. Les individus ont des besoins différents en matière de sommeil, et prescrire une durée ou une dose de sommeil à un athlète serait une erreur. Le conseil général est de dormir pendant le temps nécessaire pour se sentir éveillé pendant la journée, ce qui peut varier considérablement d'un individu à l'autre. Les médicaments devront être limités dans le temps s'il sont prescrits pour l'amélioration du sommeil.

Il est également recommandé aux athlètes d'avoir au moins un jour de repos chaque semaine, car l'absence d'un jour de récupération, en particulier pendant les périodes d'entraînement intensif, est étroitement liée à l'apparition de signes de fatigue chronique. Un jour de repos peut également agir comme une période de «temps mort» pour les athlètes et les empêcher de se préoccuper totalement de leur sport, et peut éventuellement les encourager à poursuivre un autre intérêt. De telles distractions de la routine quotidienne de l'entraînement peuvent atténuer l'ennui et réduire la perception du stress.

La nutrition fait également partie intégrante de la prévention de l'OTS, la diminution des niveaux de glycogène musculaire et hépatique pouvant comme nous l'avons vu entrainer des perturbations endocriniennes avec des taux circulants plus élevés de catécholamines, de cortisol et de glucagon en réponse à l'exercice, tandis que les taux d'insuline sont très faibles. Ces perturbations entraîneront des changements dans la mobilisation et l'utilisation des réserves énergétiques.Par exemple, des niveaux élevés d'adrénaline en combinaison avec une faible insulinémie augmenteront la lipolyse et stimuleront la mobilisation des acides gras.

Les athlètes qui s'entraînent dur semblent réduire, ou au minimum ne pas augmenter leur apport alimentaire spontané. A moins qu'ils ne complètent leur ration en glucides, ils peuvent avoir un bilan énergétique négatif pendant les périodes d'entraînement intensif. Outre l'épuisement des glucides, la déshydratation et le bilan énergétique négatif peuvent augmenter la réponse au stress via l'augmentation des catécholamines, du cortisol et du glucagon, tandis que les niveaux d'insuline sont réduits, ce qui augmente le risque de développer des symptômes de fatigue chronique (37).

Ainsi, pour réduire les symptômes de fatigue chronique et réduire le risque de développer l'OTS pendant les périodes d'entraînement intensif, les athlètes doivent être encouragés à augmenter leur apport en liquides, en glucides et en énergie pour répondre aux demandes accrues. Des glucides supplémentaires ne devraient pas se faire au détriment d'un apport réduit en protéines, car il existe des preuves qu'une quantité insuffisante de protéines peut également entraîner un risque accru de fatigue chronique (40). La supplémentation en acides aminés, glutamine et acides aminés à chaîne ramifiée, cependant, ne serait pas susceptible de réduire les symptômes de fatigue et d'*Over-reaching* (41).

Considérations pour les entraîneurs et les médecins dans la prévention du surentrainement

En attendant un outil de diagnostic fiable pour l'OTS, les entraîneurs et les médecins doivent penser qu'une diminution de performance et des difficultés de récupération peuvent suggérer un OTS.

Les messages clés suivants peuvent leur être utiles pour prévenir l'OTS :

- **Tenir des registres précis des performances** pendant l'entraînement et la compétition. Soyez prêt à ajuster l'intensité/le volume d'entraînement quotidien ou à autoriser une journée de repos complet, lorsque les performances diminuent ou que l'athlète se plaint d'une fatigue excessive.

- **Éviter la monotonie** excessive de l'entraînement.

- **Toujours individualiser l'intensité** de l'entraînement.

- **Encourager et renforcer régulièrement une nutrition optimale, l'état d'hydratation et le sommeil**.

- **Soyez conscients d'éventuels facteurs de stress surajoutés:** perte de sommeil, troubles du sommeil, décalage horaire, exposition à des facteurs de stress environnementaux, pressions professionnelles, déménagement, difficultés interpersonnelles ou familiales peuvent se surajouter au stress de l'entraînement physique.

- **Traitez l'OTS avec du repos:** un entraînement réduit peut être suffisant pour la récupération dans certains cas de fatigue chronique.

- **La reprise de l'entraînement doit être individualisée** en fonction des signes et symptômes car il n'existe pas d'indicateur de récupération.

- **La communication avec les athlètes** au sujet de leurs préoccupations physiques, mentales et émotionnelles est importante.(par exemple par un journal d'entraînement en ligne)

- **Inclure des questionnaires psychologiques réguliers** pour évaluer l'état émotionnel et psychologique de l'athlète.

- **Maintenir la confidentialité et le secret professionnel** concernant la condition physique, clinique et mentale.

- **Faire réaliser des bilans de santé réguliers** effectués si possible par une équipe multidisciplinaire (médecin, nutritionniste, psychologue, etc.).

- **Laissez à l'athlète le temps de récupérer après une maladie/une blessure**. L'athlète doit être encouragé à suspendre l'entraînement ou à réduire l'intensité de l'entraînement en cas d'infection.

- **Toujours exclure une maladie organique en cas de baisse de performance**. L'OTS reste un diagnostic d'élimination. Les infections virales non résolues ne sont pas systématiquement évaluées chez les athlètes, il peut être utile d'étudier cela chez les personnes souffrant de fatigue et de sous-performance à l'entraînement et en compétition.

2. Détection et prévention du syndrome de surentrainement en trail running: étude observationnelle auprès de 125 sportifs et entraineurs.

2.1 Participants

Les participants dans cette étude étaient des athlètes, entraineurs, professionnels de santé et intervenants auprès de club en trail running. Les participants s'entrainaient soit seuls en autodidactes , soit en autodidactes mais participaient à des sorties en groupe (amis, réseaux sociaux, groupes de trail). Les catégories d'âge allaient de Cadets (né(e)s en 2004-2005) à Masters 8 (né(e) en 1946 et avant) en 2021 selon les catégories de la FFA.

2.2 Description du protocole

Dans cette étude observationnelle réalisée au moyen d'un questionnaire en ligne, la question principale était d'établir un état des lieux sur les connaissances du syndrome de surentrainement par les athlètes et les entraineurs, professionnels de santé et intervenants au sein des clubs de trail.

Pour cela, le questionnaire cherchait à connaître le profil, le type de pratique de chacun des participants en terme de charge et volume d'entrainement, de nombre d'années de pratique, de planification des entrainements, de pratique d'entrainement croisé avec d'autres sports. Etaient recherchées également une planification ou non des compétitions, le volume annuel de compétitions, la distance de prédilection en compétition.

Les participants étaient également invités a donner leur perception de la fréquence du surentrainement, s'ils pensaient déjà avoir présenté un syndrome de surentrainement, la manière dont ils s'en sont rendu compte (par eux même ou par un athlète, entraineur ou médecin). Pour les participants ayant déjà présenté ce syndrome, étaient recueillis les symptômes de l'OTS présentés, les facteurs déclenchants personnels possibles selon eux, en fonction des symptomes relevés d'après la revue de la littérature effectuée.

La recherche d'une sensibilisation des athlètes par les encadrants à ce syndrome était recueillie, de même que l'information donnée par les encadrants à leurs athlètes. Etait recherchée une sensibilisation aux tests de dépistage du surentrainement: échelle de perception de l'effort RPE, échelle de Borg, échelle d'évaluation de l'état d'humeur POMS, échelle de stress-récupération RESTQ-Sport, questionnaire de dépistage du surentrainement de la Société Française de Médecine du Sport, Profile of Mood States.

Etaient enfin recherchées les conséquences pour chaque athlète ayant présenté un syndrome de surentrainement en terme de diminution de la charge d'entrainement, d'augmentation de la durée de la période de repos, voire d'interruption de l'entrainement. La prévalence des récidives était également un critère recherché.

2.3 Mesures

Pour cette étude, nous avons utilisé l'application Google Forms, permettant la création et la diffusion du questionnaire comprenant 23 questions au plus grand nombre d'athlètes et encadrants en trail running via les réseaux sociaux, mailing lists de clubs d'athlétisme, organisateurs de trails.

Le lien suivant était diffusé:
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc5lAW6wxOi82TkCMFHRVd7fJzYFpSDnc_lqWAfspjyOJDxhw/viewform?usp=sf_link

Cet outil nous a paru pertinent pour réaliser cette enquête de par sa capacité de diffusion au plus grand nombre, et la facilité de recueil et l'analyse statistique des données fournie. Le questionnaire était en revanche anonyme, et les réponses des participants n'étaient basées que sur leurs propres déclarations.

2.4 Analyses

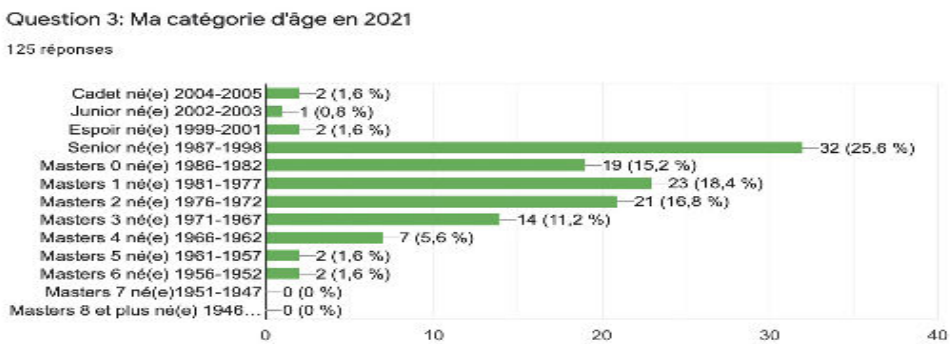
L'analyse statistique des données recueillies était fournie par le logiciel google forms dans cette étude.

3. Résultats:

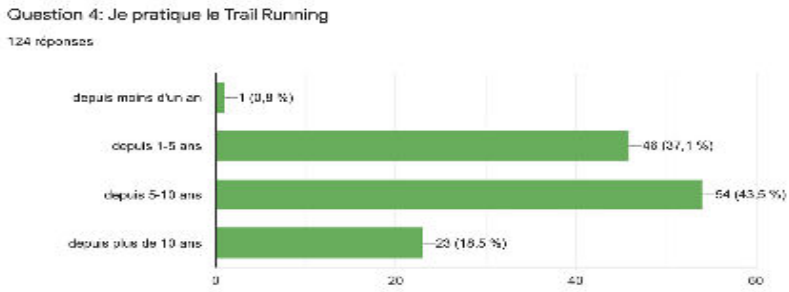
Cette étude observationnelle a regroupé au total 125 participants: parmi eux 8 participants étaient également entraineurs ou coachs au sein d'un groupe de trail, et 9 étaient aussi professionnels de santé intervenant dans un groupe de trail running ou suivant dans leur patientèle des traileurs.

Dans cette étude 52 participants étaient licenciés en club (soit 41,6%), et 73 n'étaient pas licenciés (58,4%). Enfin, 64 participants (51,2%), soit plus de la moitié des participants participaient également à des sorties en groupe (amis, réseaux sociaux, groupes de trail).

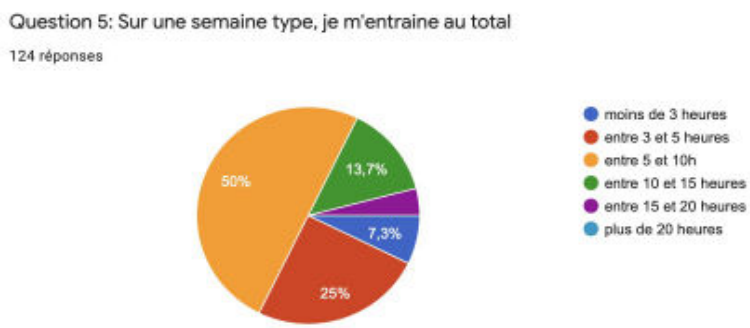
Les catégories d'âge les plus représentées étaient les séniors à master 3 avec 32 athlètes séniors (25,6%), 23 athlètes master 1 (18,4%), 21 athlètes master 2 (16,8%), 19 athlètes master 0 (15,2%), 14 athlètes master 3 (11,2%). Puis 7 athlètes (5,6%) master 4, 2 athlètes cadet, 2 athlètes espoir, 2 athlètes master 5, 2 athlètes master 6 (1,6%), et 1 athlète junior (0,8%).



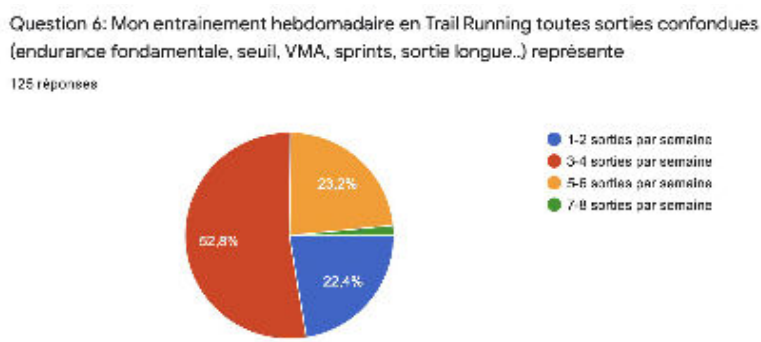
La durée de pratique sportive en trail: elle était principalement de 5 à 10 ans avec 54 athlètes (43,5%), et 1 à 5 ans de pratique avec 46 athlètes (37,1%). Les athlètes pratiquant depuis plus de 10 ans étaient 23 (18,5%), et on ne comptait qu'un débutant ayant un pratique depuis moins d'un an. 1 participant n'a pas répondu à la question.



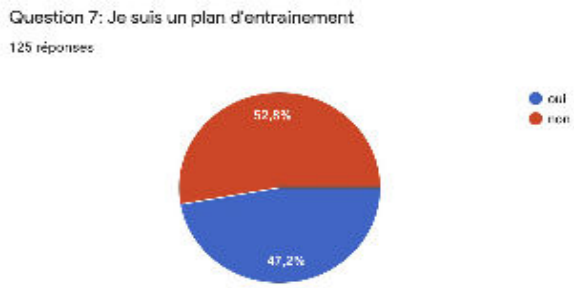
La durée d'entrainement hebdomadaire était relevée: 62 athlètes soit la moitié des participants (50%) s'entrainait entre 5 et 10 heures par semaine, 31 athlètes (25%) soit un quart des participants s'entrainait entre 3 et 5 heures, 17 athlètes (13,7%) s'entrainaient entre 10 et 15 heures par semaine, et 5 athlètes (4,0%) s'entrainaient entre 15 et 20 heures par semaine. Seulement 9 athlètes (7,3%) s'entrainaient moins de 3 heures par semaine. 1 participant n'a pas répondu à la question.



Le nombre de sorties hebdomadaires: 66 athlètes (52,8%) réalisaient 3-4 sorties hebdomadaires soit plus de la moitié des participants, 28 athlètes (22,4%) réalisaient 1-2 sorties par semaine, 29 athlètes (23,2%) réalisaient 5-6 sorties hebdomadaires. 2 athlètes (1,6%) réalisaient 7-8 sorties hebdomadaires.



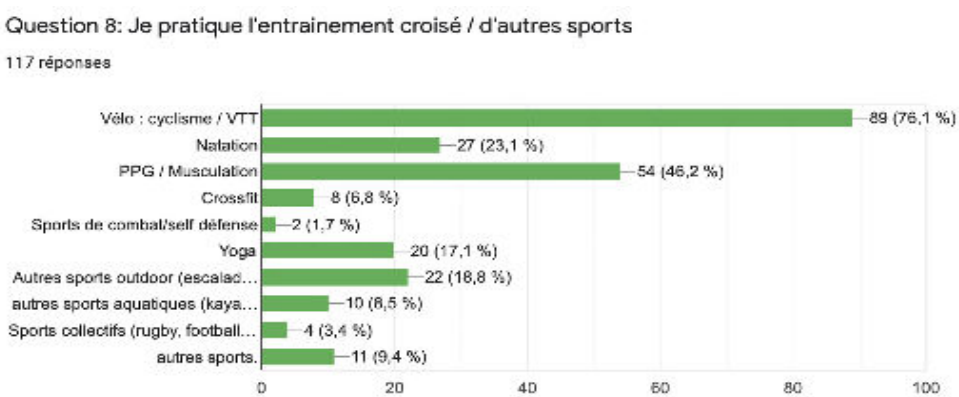
Le suivi d'un plan d'entrainement: Un plan d'entrainement était suivi par 59 athlètes (47,2%), et 66 athlètes (52,8%), soit plus de la moitié ne suivaient pas de plan d'entrainement.



La pratique de l'entrainement croisé/autres sports: dans cette étude, **117 participants sur 125 (93,6%) pratiquaient au moins un autre sport.**

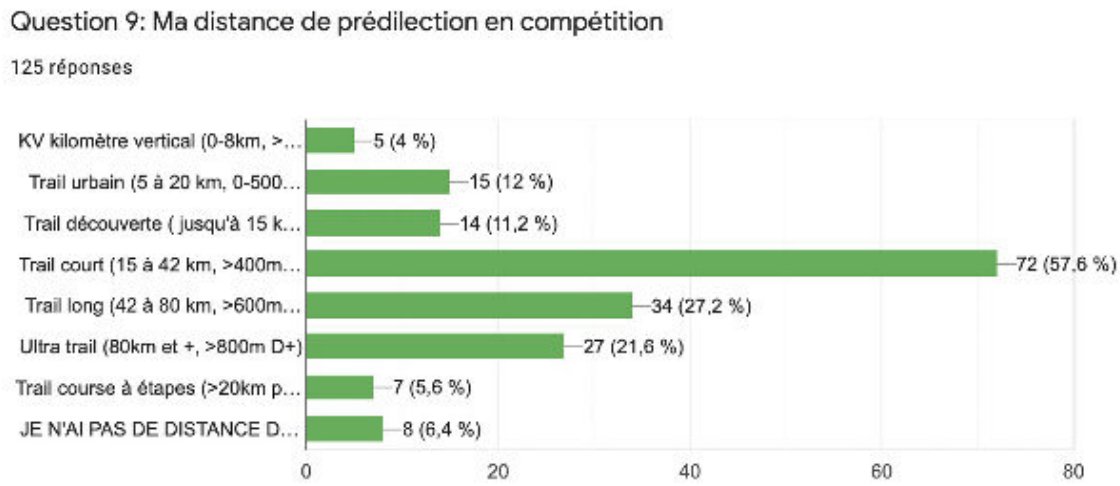
En premier lieu le cyclisme/VTT avec 89 athlètes (76,1%), et **la PPG/musculation** avec 54 athlètes (46,2%), puis la natation était pratiquée par 27 athlètes (23,1%).
Les autres sports outdoor (escalade, parapente, randonnée, alpinisme) étaient pratiqués par 22 athlètes (18,8%), le yoga par 20 athlètes (17,1%).
D'autres sports moins majoritaires étaient retrouvés: 10 athlètes (8,5%) pratiquaient des sports aquatiques (kayak, aviron, surf, kitesurf, paddle, plongée), 7 athlètes pratiquaient du crossfit (6,8%), 4 athlètes (3,4%) pratiquaient un sport collectif, 2 athlètes (1,7%) des sports de combat/self défense, 11 athlètes pratiquaient d'autres sports (9,4%).

Enfin seulement 8 athlètes (6,4%) ne pratiquaient pas d'autre sport que le trail running.

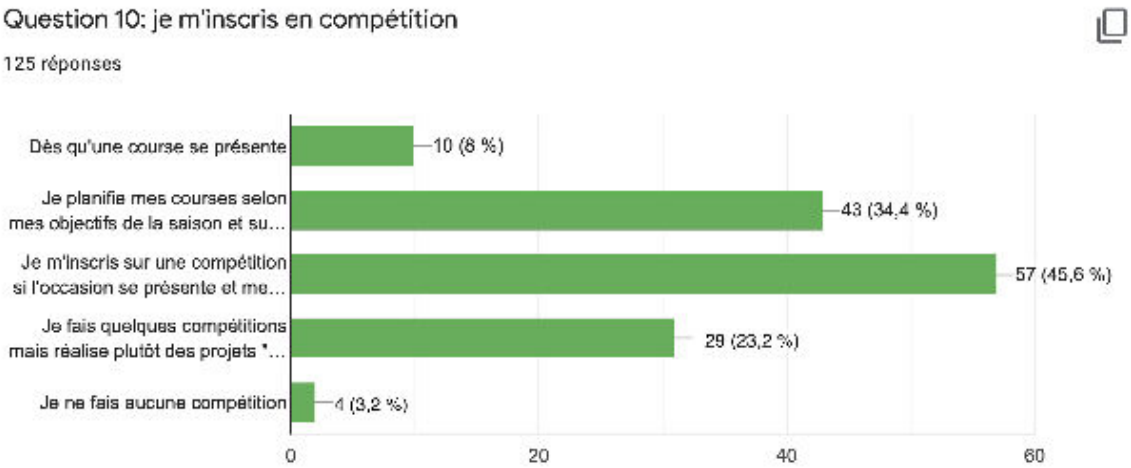


Les distances de prédilection des athlètes en compétition:
Dans cette étude, la majorité des athlètes pratiquaient le trail court (15 à 42 km, >400m D+): il était pratiqué par 72 athlètes (57,6%).
Le trail long (42 à 80 km, >600m D+) était pratiqué par 34 athlètes (27,2%), l'ultra trail (80 km et +, >800m D+) était pratiqué par 27 athlètes (21,6%).

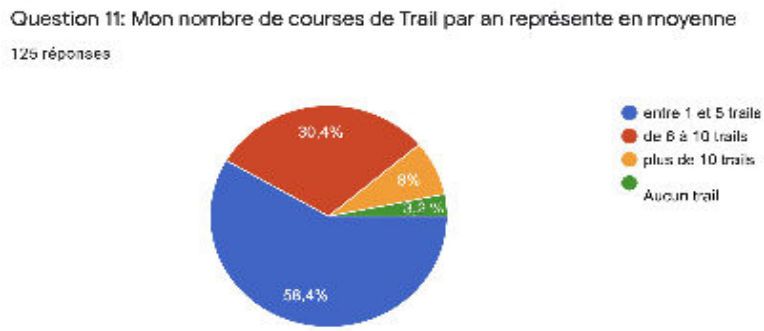
Puis le trail découverte (jusqu'à 15 km, 0-400m D+) était pratiqué par 14 athlètes (11,2%), le trail urbain (5 à 20 km, 0-500m D+) par 15 athlètes (12%), le kilomètre vertical (0-8km, >500m D+), et le trail course par étapes (>20 km par étape, au moins 2 étapes) par 7 athlètes (5,6%).
Au total 8 athlètes (6,4%) ne déclaraient pas de distance de prédilection en compétition.



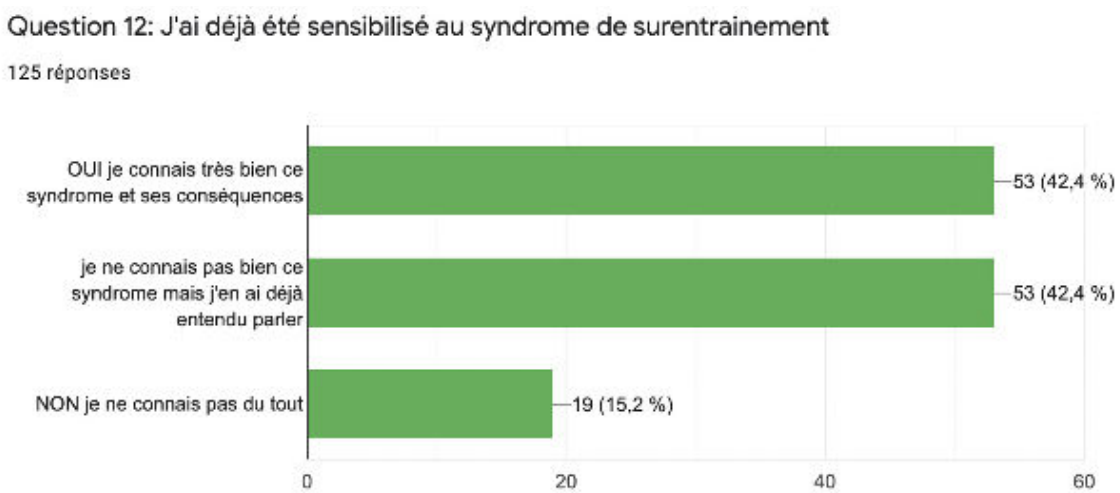
L'appétence pour la compétition des athlètes:
Dans cette étude, 57 athlètes (45,6%) s'inscrivaient en compétition si l'occasion se présente et se préparent en conséquence, 43 athlètes (34,4%) planifiaient leurs courses de la saison selon leurs objectifs et suivaient leur plan au maximum, 29 athlètes (23,2%) faisaient quelques compétitions mais réalisaient plutôt des projets «OFF», 10 athlètes (8%) s'inscrivaient dès qu'une course se présente, et 4 athlètes (3,2%) ne faisaient aucune compétition.



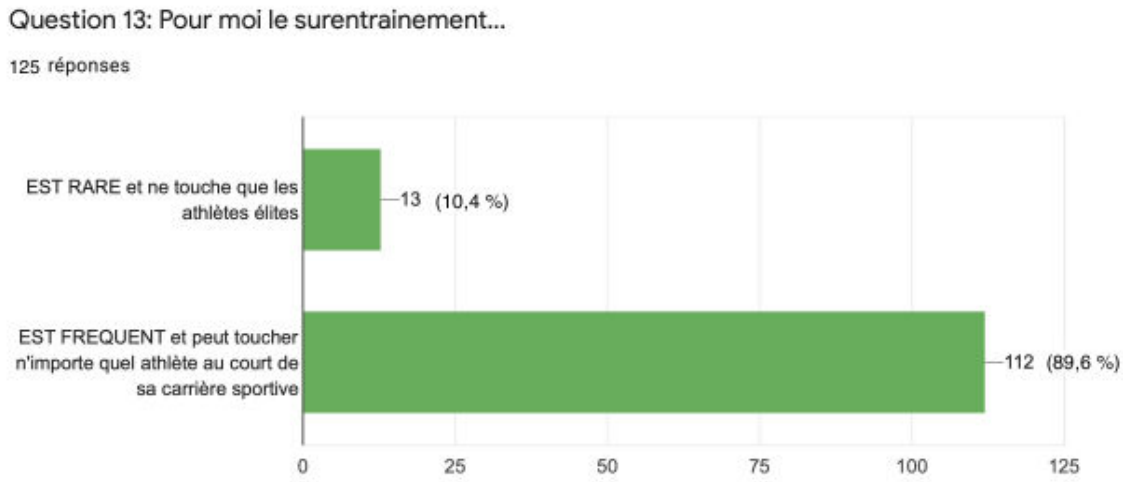
Le nombre de compétition de trail par an: 58 athlètes (58,4% des participants) s'inscrivaient sur 1 à 5 trails par an en moyenne, 38 athlètes (30,4%) indiquaient s'inscrire sur 6 à 10 trails par an, et 10 athlètes (8%) s'inscrivaient sur plus de 10 trails par an. 4 athlètes soit 3,2% des participants ne participaient à aucune course.



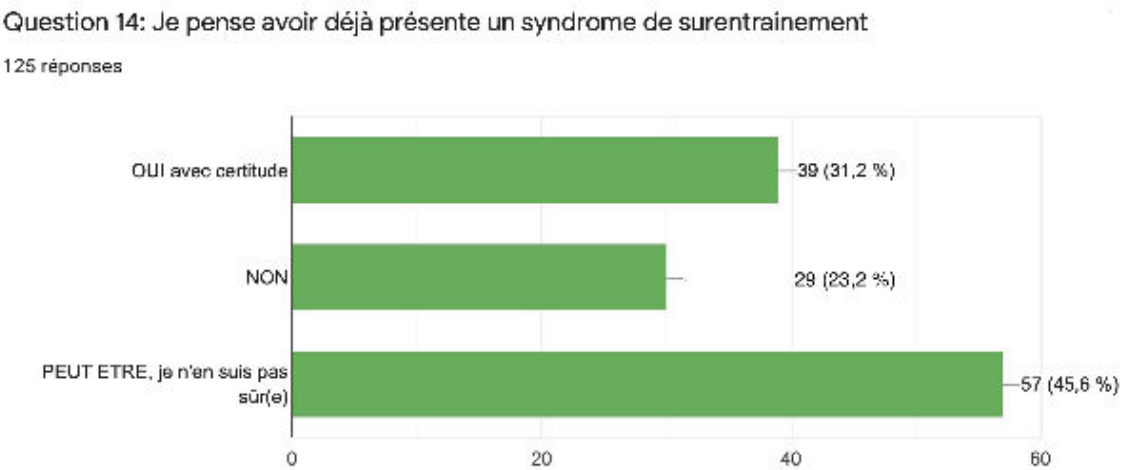
Sensibilisation au surentrainement des participants:
Dans cette étude, 53 participants (42,4%) déclaraient très bien connaître ce syndrome et ses conséquences, 53 participants (42,4%) déclaraient ne pas bien connaître ce syndrome mais avoir entendu quelques informations, et 19 participants (15,2%) ne connaissaient pas du tout.



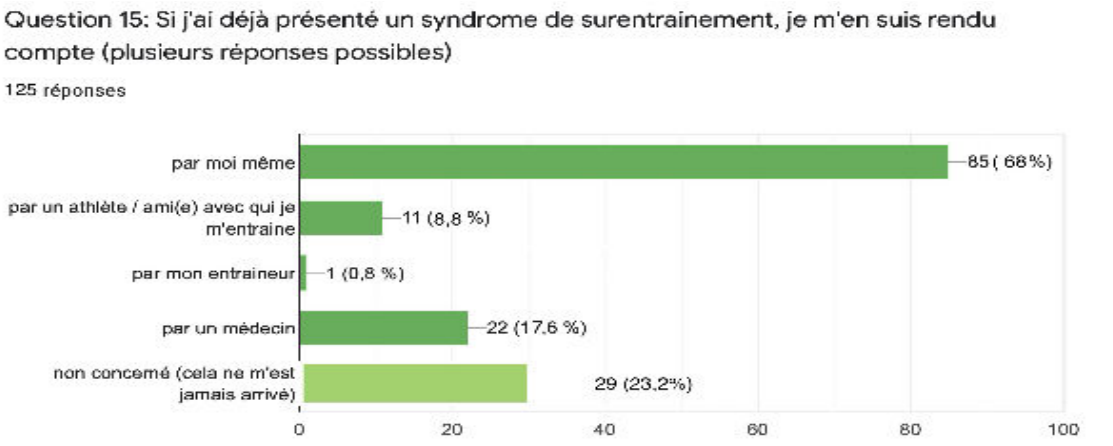
Perception personnelle de la fréquence du surentrainement: parmi les 125 participants, 112 (89,6%) pensaient que l'OTS est fréquent et peut toucher n'importe quel athlète durant sa carrière, et 13 athlètes (10,4%) pensaient que l'OTS est rare et ne touche que les athlètes élites.



La recherche d'un antécédent personnel de surentrainement: dans cette étude 57 athlètes (45,6%) pensaient peut être avoir présenté un OTS sans certitude, 39 participants (31,2%) déclaraient avoir présenté avec certitude un OTS, et 30 participants (23,2%) déclaraient ne jamais en avoir présenté. **Au total 96 athlètes (76,8% des participants) avaient avec certitude ou de manière probable présenté un OTS.**

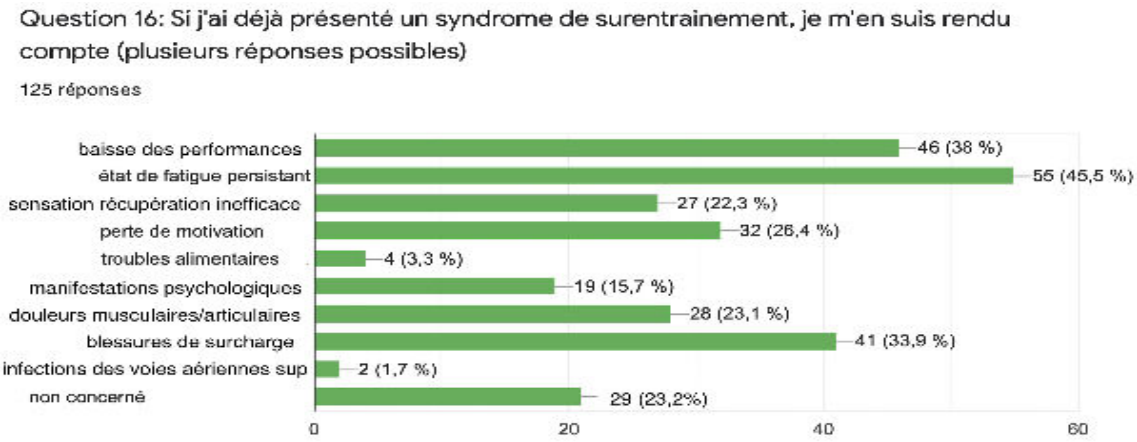


Le diagnostic de surentrainement: parmi ces 96 athlètes ayant probablement ou avec certitude présenté un OTS, le diagnostic était posé par l'athlète lui même pour 85 d'entre eux (68%), par un partenaire d'entrainement pour 11 d'entre eux (8,8%), par l'entraineur pour 1 athlète (0,8%), par un médecin pour 22 d'entre eux (17,6%).



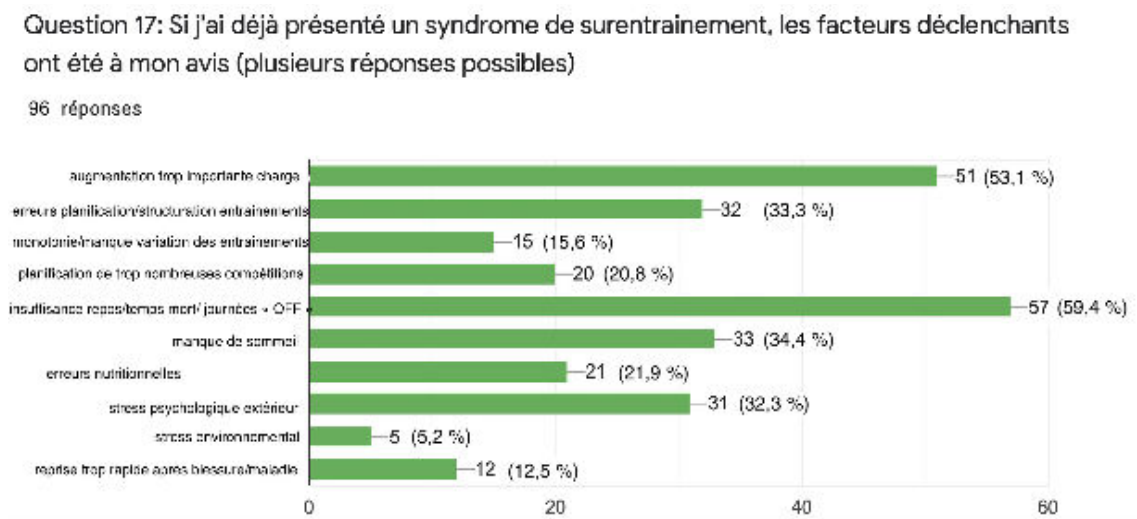
Les symptômes présentés par les participants:
Parmi les 96 athlètes ayant probablement ou avec certitude présenté un OTS, les symptômes déclarés étaient:

- **un état de fatigue persistant** pour 55 athlètes (45,5%),
- **une baisse des performances** (baisse d'allures, distances, temps sur un parcours habituel, VO2max, VFC) pour 46 athlètes (38%),
- **l'apparition de blessures de surcharge** (fractures de fatigue, périostites, tendinopathies) pour 41 athlètes (33,9%),
- **une perte de motivation aux entrainements** pour 32 athlètes (26,4%),
- **des douleurs articulaires et musculaires persistantes** pour 28 athlètes (23,1%),
- **une sensation de récupération inefficace** pour 27 athlètes (22,3%),
- **des manifestations psychologiques** (anxiété, dépression, troubles du sommeil, difficultés de concentration) pour 19 athlètes (15,7%),
- **des troubles alimentaires** (anorexie) pour 4 athlètes (3,3%),
- **des infections des voies aériennes supérieures répétées** pour 2 athlètes (1,7%).



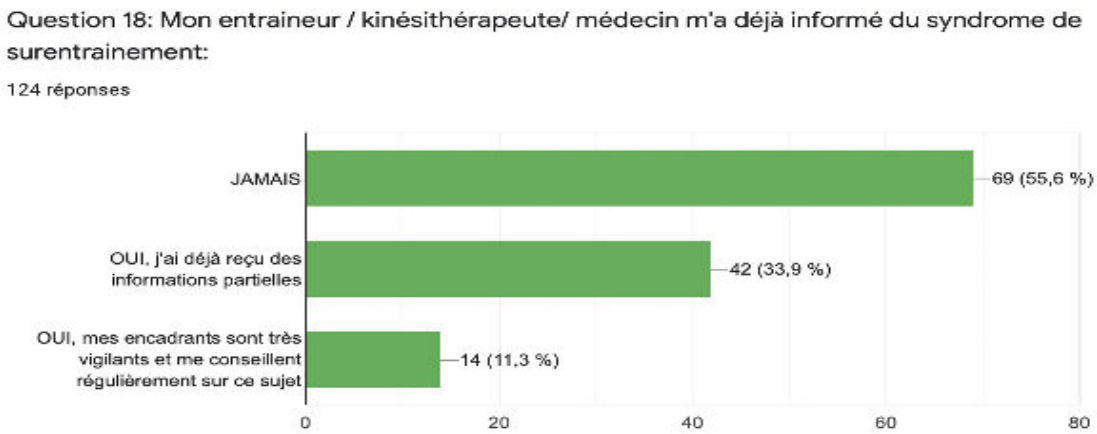
<u>Les facteurs déclenchants rapportés par les participants:</u>
Parmi les 96 athlètes ayant probablement ou avec certitude présenté un OTS, les facteurs déclenchants retrouvés étaient:

- **une insuffisance de repos/temps mort/journées « OFF »** pour 57 athlètes (59,4%),
- **une augmentation trop importante de la charge d'entrainement** pour 51 athlètes (53,1%),
- **un manque de sommeil** pour 33 athlètes (34,4%),
- **des erreurs dans la planification/ structuration des entrainements** pour 32 athlètes (33,3%),
- **un stress psychologique extérieur** (études, famille, travail) pour 31 athlètes (32,3%)
- **des erreurs sur le plan nutritionnel** pour 21 athlètes (21,9%),
- **la planification de trop nombreuses compétitions** pour 20 athlètes (20,8%)
- **la monotonie et le manque de variation des entrainements** pour 15 athlètes (15,6%)
- **une reprise trop rapide après maladie ou blessure** pour 12 athlètes (12,5%)
- **un stress environnemental** (chaleur, altitude, décalage horaire) pour 5 athlètes (5,2%)



Prévention et information reçue sur le syndrome de surentrainement:

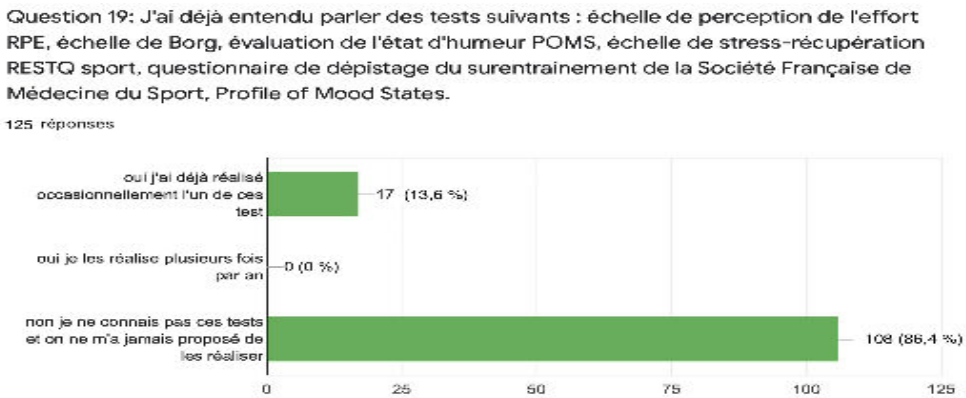
Dans cette étude, 69 participants (55,6%) déclaraient ne jamais avoir été informés de l'OTS par leur entraineur, kinésithérapeute, médecin, 42 participants (33,9%) avaient reçu une information partielle, et 14 participants (11,3%) étaient bien informés et conseillés sur l'OTS. 1 participant n'a pas répondu à la question.



Connaissance des tests de dépistage et prévention:

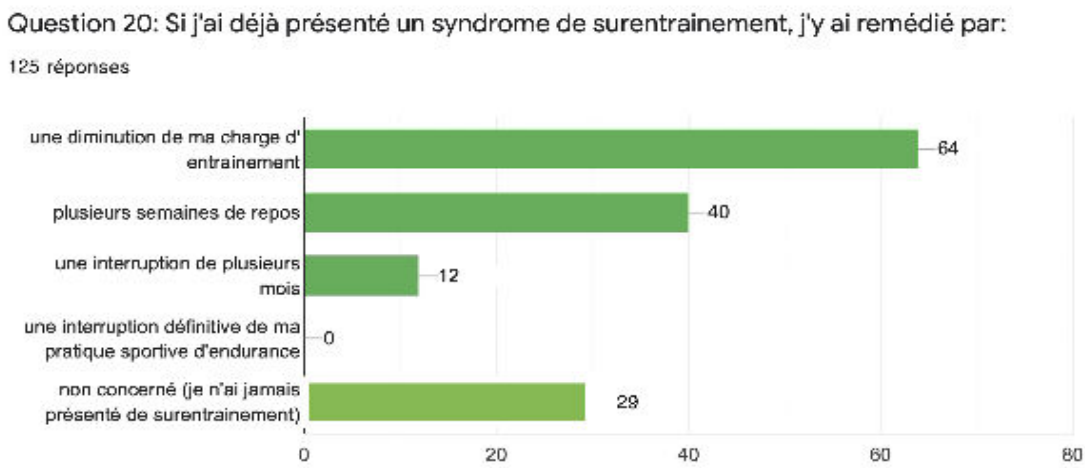
Concernant la sensibilisation et la connaissance des différents tests de dépistage du surentrainement (échelle de perception de l'effort RPE, échelle de Borg, évaluation de l'état d'humeur de POMS, échelle de stress-récupération RESTQ-Sport, questionnaire de dépistage du surentrainement de la Société Française de Médecine du Sport, Profile of Mood States):

- 108 participants (86,4%) ne connaissaient pas du tout ces tests
- 17 participants (13,6%) avaient déjà réalisé occasionnellement ces tests
- aucun participant ne réalisait ces tests plusieurs fois par an



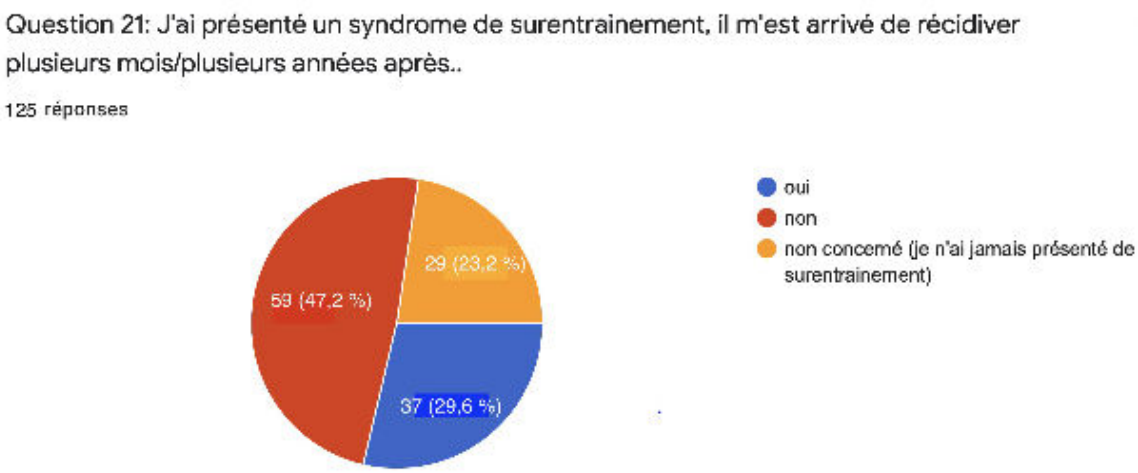
Repos nécessaire et conséquences sur la pratique en cas de syndrome de surentrainement:
Parmi les 96 athlètes ayant probablement ou avec certitude présenté un OTS, pour remédier au surentrainement:

- 64 athlètes (66,7%) déclaraient avoir diminué leur charge d'entrainement
- 40 athlètes (41,6%) déclaraient également avoir eu recours à plusieurs semaines de repos
- 12 athlètes (12,5%) déclaraient avoir dû interrompre plusieurs mois leur pratique du trail
- aucun athlète ne déclarait avoir dû interrompre définitivement sa pratique



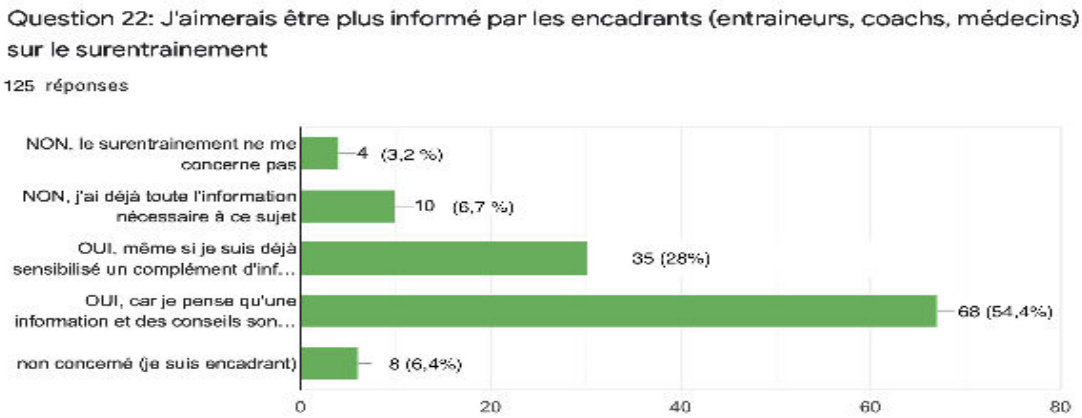
La récidive du syndrome de surentrainement:
Concernant la récidive de l'OTS plusieurs mois ou années après un syndrome de surentrainement :

- 59 participants (47,2%) déclaraient ne pas avoir récidivé
- 37 participants (29,6%) déclaraient avoir récidivé
- 29 participants (23,2%) n'étaient pas concernés car n'avaient jamais présenté de surentrainement



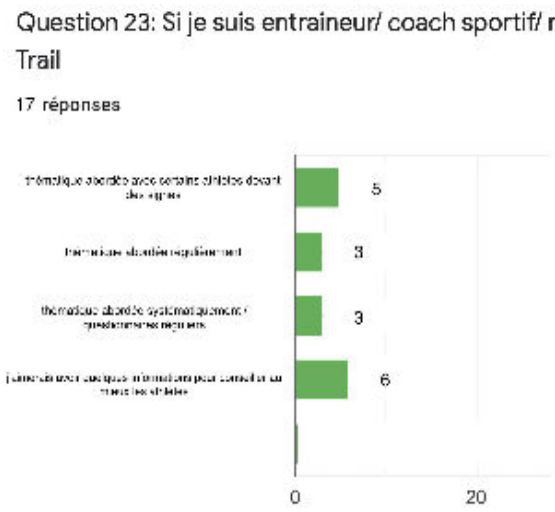
Informations sur le surentrainement recherchée par les athlètes:
Une demande d'informations sur le surentrainement était recherchée parmi les participants:

- **68 athlètes (54,4%) considéraient qu'une information et des conseils étaient nécessaires** dans les structures sportives
- **35 athlètes (28%) considéraient être déjà sensibilisés mais qu'un complément d'informations pouvait s'avérer utile**
- 10 athlètes (6,7%) considéraient avoir déjà toute l'information nécessaire sur l'OTS
- 4 athlètes (3,2%) considéraient que le surentrainement ne les concernait pas
- 8 participants entraineurs/coachs n'étaient pas concernés par la question



Prévention du surentrainement par les encadrants pendant les entrainements:
Parmi les 17 encadrants entraineurs/coachs ou professionnels de santé intervenant auprès des athlètes,

- **5 encadrants ont répondu aborder la thématique de l'OTS avec certains athlètes devant des signes de surentrainement**
- **3 encadrants ont répondu aborder régulièrement cette thématique** en restant vigilants face à l'engouement pour l'ultra-endurance
- **3 encadrants ont répondu aborder systématiquement cette thématique**, avec des questionnaires réguliers
- **6 encadrants ont répondu qu'ils aimeraient avoir des informations** afin de conseiller au mieux les athlètes.



4. Discussion

Les données de cette étude retrouvaient une population de 125 pratiquants et/ou encadrants en trail running. Leur volume et charge d'entrainement était en commune mesure avec la plupart des pratiquants en trail running, puisque la majorité des participants s'entrainaient entre 5 et 10 heures par semaine, avec 3-4 sorties hebdomadaires en moyenne.

En revanche nous avons pû constater que **plus de la moitié des participants (52,8%) ne suivaient pas de plan d'entrainement** dans une population à 41,6% licenciée en club. Plus de la moitié des participants (51,2%) participaient à des sorties en groupe favorisant pourtant l'échange d'informations.
Les données sur la pratique des sports croisées étaient également cohérentes avec la pratique actuelle vue en enseignement, avec près de **94% des participants pratiquant également d'autres sports. Les sports majoritairement pratiqués étaient le cyclisme, la PPG/musculation puis la natation qui font partie intégrante de l'entrainement croisé de la majeure partie des athlètes aujourd'hui**.

Cette étude confirme un **engouement pour la longue distance et l'ultra-endurance, puisque au total près de la moitié (61 participants, soit 48,8%) s'alignaient en compétition sur des distances supérieures au marathon (trail long et ultra-trail)**, même si la majorité des athlètes restaient d'abord principalement sur des trails courts (72 athlètes soit 57,6%).

L'appétence pour la compétition était également forte dans cette étude avec seulement 4 athlètes non compétiteurs (3,2%). Cette donnée est à tempérer par un nombre élevé de participants licenciés dans cette étude.

En revanche, beaucoup de participants déclaraient s'inscrire sur une compétition si l'occasion se présente en se préparant en conséquence (57 participants, soit 45,6%), ce qui laisse supposer l'absence de planification ou une planification perfectible sur l'année. 10 athlètes (8% des participants) déclaraient s'inscrire dès qu'une course se présente, cette appétence très importante

pour la compétition sans planification pourrait selon nous être un facteur important de surentrainement en raison du risque d'insuffisance de périodes de récupération.

La sensibilisation au surentrainement reste un enjeu majeur de prévention dans cette étude: nous avons constaté une **bonne connaissance du syndrome de surentrainement pour 53 participants (42,4%)**. **En revanche 19 participants ne connaissaient pas du tout ce syndrome et 53 participants déclaraient en avoir entendu parler mais ne connaissaient pas bien ce syndrome, soit la majorité des personnes interrogées (72 participants, soit 57,6%).**

La grande majorité des participants (89,6%) considéraient que le surentrainement était fréquent et pouvait toucher n'importe quel athlète au cours de sa carrière sportive, ils étaient une minorité (10,6%) à penser que le surentrainement est rare et ne touche que les athlètes élite.

La prévalence du surentrainement était importante dans cette étude, et concordante avec les données retrouvées dans la littérature. Dans un panel de 125 participants, **96 athlètes (76,8%) avaient présenté avec certitude ou probablement présenté un *overtraining syndrom***.

Le diagnostic était principalement posé par les athlètes eux-mêmes, le diagnostic avait été évoqué par un médecin pour seulement 22 d'entre eux, par un partenaire d'entrainement pour 11 d'entre eux, et par l'entraineur/coach pour 1 seul athlète.

L'ensemble des symptômes retrouvés dans la littérature ont été retrouvés dans cette étude dans des proportions variables: **les trois symptômes les plus fréquents étaient un état de fatigue persistant, une baisse des performances sportives, et l'apparition de blessures de surcharge**.

Les deux principaux facteurs déclenchants retrouvés dans cette étude étaient une insuffisance de repos, temps morts et journées «OFF» pour 57 athlètes, puis une augmentation trop importante de la charge d'entrainement pour 51 athlètes.

Nous avons rapporté dans cette étude l'importance des efforts de prévention par les entraineurs et soignants prenant en charge les athlètes, qu'il nous semble absolument nécessaire de poursuivre. En effet, **plus de la moitié des participants (55,6%) n'avaient jamais reçu d'information sur le surentrainement de la part des encadrants**, seuls 13,6% connaissaient les différents tests de dépistage du surentrainement.

Le surentrainement conduisait environ deux tiers des athlètes (66,7%) a réduire leur charge d'entrainement, pour plus de la moitié (54,1%) cela conduisait à une interruption de plusieurs semaines minimum de leur pratique du trail. La récidive concernait 29,6% des athlètes, ce qui confirmait les données de la littérature avec une proportions non négligeable de récidives.

Enfin, **une information ou un complément d'information étaient recherchés par 82,4% des pratiquants**, et seuls 6 encadrants sur 17 abordaient régulièrement ou systématiquement cette thématique avec leur athlètes, ce qui confirme la nécessité de renforcer la prévention de l'OTS.

CONCLUSION

Le surentrainement, ou Over-Training Syndrom, est donc une pathologie fréquente, multifactorielle, difficile à diagnostiquer puisqu'il n'existe pas de signes cliniques ou biologiques spécifiques de cette pathologie. En plus de constater une baisse de ses performances, l'accumulation de fatigue par des charges d'entrainement élevées en l'absence de périodes de récupération suffisantes induira des dysfonctionnements et défaut d'adaptation irréversible pour l'athlète.
Les conséquences seront également une fragilisation de son organisme par l'apparition de blessures de surcharge, une sensibilité accrue aux infections des voies aériennes supérieures. Le retour aux conditions normales d'entrainement nécessitera plusieurs semaines voire plusieurs mois.

Cette étude réalisée auprès de traileur(se)s, entraineurs/coachs et professionnels de santé intervenant dans le milieu du trail confirme un attrait croissant pour la compétition longue distance et l'ultra-endurance.
Dans une population ayant pour la majorité connaissance du surentrainement, plus de trois quart des participants avaient avec certitude ou probablement présenté un OTS. Ces chiffres concordants avec la plupart des études pourraient toutefois être nuancés par la méthodologie de l'étude, un attrait particulier pour ce questionnaire pour les personnes victimes de surentrainement étant possible. Une étude propective de plus grande ampleur pourrait venir confirmer ces données.

Un état de fatigue persistant, une baisse des performances sportives, et l'apparition des blessures de surcharge étaient les trois symptômes les plus fréquemment rapportés par les athlètes victimes de surentrainement. Une augmentation trop importante de la charge d'entrainement et une insuffisance de périodes de repos étaient le plus souvent rapportés comme facteurs déclenchants.

La prévention demeure un enjeu majeur pour prévenir l'OTS et ses conséquences sur la pratique sportive. Une très forte proportion d'athlètes étaient demandeurs d'informations et conseils sur le surentrainement, de même qu'une grande majorité d'encadrants de la pratique du trail afin de mieux accompagner leurs athlètes.

Les préconisations et conseils préventifs essentiels seraient comme nous l'avons suggéré dans la revue de la littérature de tenir des registres précis des performances en entrainement et en compétition, d'être prêt à modifier l'intensité ou le volume d'un entrainement ou à s'autoriser une journée de repos lorsqu'une fatigue excessive est présente pour un athlète. Les entrainements devront être variés et individualisés. Une bonne communication entre athlètes, entraineurs et professionnels de santé au sujet des préocupations physiques, mentales et émotionnelles des athlètes s'avère nécessaire dans la prévention de l'OTS. Ce fonctionnement en trio pourrait permettre de favoriser des bilans de santé réguliers, d'éliminer toute pathologie organique autre devant une baisse de performance. Favoriser et encourager une nutrition optimale, une bonne hydratation et un sommeil récupérateur est également primordial. S'autoriser du temps pour récupérer après une blessure ou maladie permettra également de réduire le risque de survenue d'un syndrome de surentrainement.

BIBLIOGRAPHIE

1. Cazorla G., Le surentrainement (2006) Université Victor Ségalen Bordeaux 2. Laboratoire Evaluation Sport Santé. Faculté des Scinences du Sport et de l'Education Physique. Cours Master 2**.**
2. Ryan AJ. Overtraining of athletes. The Physician and Sportsmed 1983 ; 11:93-110
3. Kuipers H, Keizer HA. Overtraining in elite athletes : review and direction for the future. Sportsmed 1988;6;79-92
4. Israel S. the problems of overtraining with reference to performance physiology and internal medicine. Med Sport 1976 ; 16 : 1-12.
5. Lehman M and al. Overtraining in endurance athletes : a brief review. Med sci Sports Exerc 1993 ; 25(7) : 854-62.
6. Kindermann W. Overtraining : an expression of faulty regulated devlopment. Deutsche Zeitschrift für Sportmed, 1986 ; 37 : 228-245.
7. Bompa TO. Theory and methodology of training. Dubuque : 1983 ; Kendall/ Hunt.
8. Fry and al. Resistance exercice overtraining and overreaching. Neuroendocrine responses. Sports Med 1997 ; 23(2) : 106-29.
9. Hopkins W. Quantification of training in competitive sports. Methods and applicaitons. SportMed 1991 ; 12 : 161-83.
10. Petibois C, Cazorla G et al. L'examen sanguin pour la détection du surentrainement : état des connaissances. Rev Méd. Int 2001, sous presse.
11. Bosquet L. Le surentrainement dans les activités physiques de longue durée. Etude de plusieurs marqueurs physiologiques. Thèse de doctorat en STAPS. Faculté des Scinences du Sport de l'université de Poitiers. Dec 2000.
12. Cardoos N. Overtraining Syndrome. Current Sports Medicine Reports 2015 : 1537-890X/1403:157-158.
13. Costill DL et al. Muscles glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. J Appl Physiol 1971;31:834)8.
14. Costill DL et al. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. Med Sci Sports Exerc 1988 ; 20 : 249-54.
15. Petitbois et al. L'examen sanguin pour la détection du surentrainement : état des connaissances. Rev Méd Int 2001.
16. Jeukendrup A et al : Overtraining : what do lactates curves tell us ? British Journal Of Sports Med 1994;28:(4):239)40.
17. Bosquet L. Le surentrainement dans les activités physiques de longue durée. Etude de plusieurs marqueurs physiologiques. Thèse de doctorat STAPS. Faculté des Sciences du Sport de l'Université de Poitiers. Dec.2000.
18. Gaesser et al. The effects of infused epinephrine on the excess oxygen uptake to heavy exercice in humans. Faseb J 1992:6:A1236.
19. Lehman M et al. Decreased noctural catecholamine excretion : parameter for overtraining syndrom in athletes. Int J Sports Med ; 1992 : 13:236-42.
20. Lehman M et al. : Training and Overtraining : an overview and experimental results in endurance sports. J Sports Med Phys Fitness 1997;37:7-17.
21. Snyder AC. Overtraining and glycogen depletion hypothesis. Med Sci Sports Exercic 1998 ; 30(7):1146-50.
22. Budgett R et al. Redefining the overtraining syndrome as the unexplained underperformance syndrome. Br J Sports Med. 2000;34:67-68.
23. Castell LM et al. Some aspects of the acute phase response after a marathon race, and the effects of glutamine supplementation. Eur J Appl Physiol. 1997;75:47-53.
24. Budgett R. et al. The effects of the 5-HT2C agonist m-chlorphenylpiperazine on elite athletes with unexplained underperformance syndrome (overtraining). Br J Sports Med. 2000;34:67-68.
25. Mackinnon LT et al. Plasma glutamine and upper respiratory tract infection during intensified training in swimmers. Med Sci Sports Exerc. 1996;28(3) : 285-290.

26. Margosis K et al. Oxidative stress biomarkers responses to physical overtraining : implications for diagnosis. Free Radic Biol Med. 2007;43(6):901-10.
27. Tanskanen M et al. Altered oxydative stress in overtrained athletes. J Sports Sci.2010;28(3):309-317.
28. Halson SL et al. Does overtraining exist ? An analysis of overeaching and overtraining resaerch. Sports Med 2004;34(14) : 967-981.
29. Hynynen A et al. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. Med Sci Sports Exerc2006 ; 38(2):313-317.
30. Cheng Arthur J. et al. Intramuscular mechanism of overtraining. Redox Biology 2020 ; 35 :101-480.
31. Lilja M. et al. High doses of anti-inflammatory drugs compromise muscle strength and hypertrophic adaptations to resistance training in young adults. Act. Physiol. 222(2018).
32. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining : a physiological adaptation to excessive stress ? Med Sci Sports Exerc. 2000;32:317-331.
33. Smith LL et al. Overtraining, excessive exercise, and altered immunity : is this T helper-1 versus T-helper-2 lymphocyte response ? Sports Med. 2003;33(5) : 347-364.
34. Edwards KM et al. Individua differences in the interleukin-6 response to maximal and submaximal exercise takes. J Sports Sci 2006;24(8) : 855-862.
35. Meeusen R et al. Hormonal Responses in athletes : the use of two bouts exercices protocol to detect subtle differences in (over)training status. Eur J App Physiol 2004;91:140-6.
36. Flore P et al. Le questionnaire de surentrainement de la Société Française de Médecine du sport : reproductibilité à court terme. Science Sports 2003;18:290-2.
37. Meeusen R et Al. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome : Joint Consensus Statment of The European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. Medicine and Science in Sport Exerc 2012,Joint Consensus statement.
38. Nieman D. Immune response to heavy exertion. J App Physiol 1997 ; 82 : 1385-94.
39. Nieman D. Immune function response to ultra marathon race competition. Med Sportiva 2009;13:189-96.
40. Kingsbury K, Kay L, Hjelm M. Contrasting plasma amino acid patterns in elite athletes: association with fatigue and infection. Br J Sports Med. 1998;32:25–33.
41. Meeusen R, Watson P. Amino acids and the brain: do they play a role in ‘‘central fatigue’’? Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2007; 17:S37–46.

ANNEXES :

Annexe 1 : Questionnaire de dépistage du surentrainement de la SFMS.

Questionnaire de dépistage du surentrainement de la SFMS

(Société Française de Médecine du Sport)

Nom : ..... Prénom : ..... **Date du jour** : .....
Date de naissance : .....
Quelle est votre profession ? .....
Si vous êtes étudiant, êtes-vous en période d'examens ? oui non

Quelle est votre discipline sportive principale ? .....
Niveau de pratique ? International ou National ou Régional ou Départ ou Loisir
Combien d'heures d'entraînement réalisées dans ce dernier mois ?.....
Combien d'heures réalisées cette dernière semaine dans la discipline principale?.....
Combien d'heures réalisées cette dernière semaine hors de cette discipline principale?.....
Nombre de compétitions dans le mois qui précède (en journées de compétition) :.....
Si vous pratiquez d'autres disciplines sportives, citez les ? .....
Y a-t-il eu au cours du dernier mois, un événement important ayant perturbé votre vie personnelle ou familiale ? oui non
Avez-vous arrêter votre entraînement pour maladie ou blessure ? oui non
Prenez-vous un traitement actuellement ? oui non
Lequel ?
Avez-vous effectuer un stage récent en altitude (dans les derniers 15 jours) ? oui non
Avez-vous été privé de sommeil dans la dernière semaine (décalage horaire ou autres raison) ? oui non
Avez-vous des troubles des règles ? oui non

Mettre une croix pour se situer entre ces deux extrêmes :
Mon Niveau de Performance est :
Mauvais <----------->Excellent
Je me fatigue :
Plus lentement <-----------> Plus rapidement
Je récupère de mon état de fatigue :
Plus vite <-----------> Plus lentement
Je me sens :
Très détendu <-----------> Très anxieux
J'ai la sensation que ma force musculaire a :
Augmenté <-----------> Diminué
J'ai la sensation que mon endurance a :
Augmenté <-----------> Diminué

Ce dernier mois :

1	Mon niveau de performance sportive/mon état de forme a diminué	OUI	NON
2	Je ne soutiens pas autant mon attention	OUI	NON
3	Mes proches estiment que mon comportement a changé	OUI	NON

4	J'ai une sensation de poids sur la poitrine	OUI	NON
5	J'ai une sensation de palpitation	OUI	NON
6	J'ai une sensation de gorge serrée	OUI	NON
7	J'ai moins d'appétit qu'avant	OUI	NON
8	Je mange davantage	OUI	NON
9	Je dors moins bien	OUI	NON
10	Je somnole et baille dans la journée	OUI	NON
11	Les séances me paraissent trop rapprochées	OUI	NON
12	Mon désir a diminué	OUI	NON
13	Je fais de contre-performances	OUI	NON
14	Je m'enrhume fréquemment	OUI	NON
15	J'ai des problèmes de mémoire	OUI	NON
16	Je grossis	OUI	NON
17	Je me sens souvent fatigué	OUI	NON
18	Je me sens en état d'infériorité	OUI	NON
19	J'ai des crampes, douleurs musculaires fréquentes	OUI	NON
20	J'ai plus souvent mal à la tête	OUI	NON
21	Je manque d'entrain	OUI	NON
22	J'ai parfois des malaises ou des étourdissements	OUI	NON
23	Je me confie moins facilement	OUI	NON
24	Je suis souvent patraque	OUI	NON
25	J'ai plus souvent mal à la gorge	OUI	NON
26	Je me sens nerveux, tendu, inquiet	OUI	NON
27	Je supporte moins bien mon entraînement	OUI	NON
28	Mon coeur bat plus vite qu'avant au repos	OUI	NON
29	Mon coeur bat plus vite qu'avant à l'effort	OUI	NON
30	Je suis souvent mal fichu	OUI	NON
31	Je me fatigue plus facilement	OUI	NON
32	J'ai souvent des troubles digestifs	OUI	NON
33	J'ai envie de rester au lit	OUI	NON
34	J'ai moins confiance en moi	OUI	NON
35	Je me blesse facilement	OUI	NON
36	J'ai plus de mal à rassembler mes idées	OUI	NON
37	J'ai plus de mal à me concentrer dans mon activité sportive	OUI	NON
38	Mes gestes sportifs sont moins précis, moins habiles	OUI	NON
39	J'ai perdu de la force, du punch	OUI	NON
40	J'ai l'impression de n'avoir personne de proche à qui parler	OUI	NON
41	Je dors plus	OUI	NON
42	Je tousse plus souvent	OUI	NON
43	Je prends moins de plaisir à mon activité sportive	OUI	NON
44	Je prends moins de plaisir à mes loisirs	OUI	NON
45	Je m'irrite plus facilement	OUI	NON
46	J'ai une baisse de rendement dans mon activité scolaire ou professionnelle	OUI	NON
47	Mon entourage trouve que je deviens moins agréable à vivre	OUI	NON
48	Les séances sportives me paraissent trop difficiles	OUI	NON
49	C'est ma faute si je réussis moins bien	OUI	NON
50	J'ai les jambes lourdes	OUI	NON
51	J'égare plus facilement les objets (clefs, etc..)	OUI	NON
52	Je suis pessimiste, j'ai des idées noires	OUI	NON
53	Je maigris	OUI	NON
54	Je me sens moins motivé, j'ai moins de volonté, moins de ténacité	OUI	NON

Interprétation :

Réponse « OUI » à plus de 20 items = sujet à risque de surentrainement
(notamment en présence de troubles du sommeil et de l'appétit)

Références :

- *Legros P, Beau M, DesmaretsY, Jousselin E, Medelli J, Paruit C, et al. Le surentraînement. Science & Sports 1992;7:51–7.*
- *Legros P, Bedu M, DesmaraisY, Jousselin E, Medelli J, Paruit C, et al. Le surentraînement : diagnostic des manifestations psychocomportementales précoces. Science & Sports 1993;8:71–4.*

Résumé

Le syndrome de surentrainement, ou *overtraining syndrom (OTS)*, est une pathologie fréquente, multifactorielle, difficile à diagnostiquer dont le symptôme principal est un état de fatigue, et qui est à l'origine d'une baisse de la performance sportive en trail running et d'une fragilisation de l'organisme du sportif. Il se distingue d'un état de fatigue chronique par une période prolongée de récupération nécessaire, en raison d'une incapacité de l'organisme à résorber la fatigue accumulée lorsque l'athlète est mis au repos.

Dans cette étude observationnelle réalisée auprès de 125 athlètes, dont 8 participants étaient également entraineurs/coach d'un groupe de trail running et 9 participants étaient également professionnels de santé prenant en charge des traileurs dans leur patientèle, nous avons retrouvé une prévalence importante de l'OTS, puisque au total 96 athlètes (76,8% des participants) avaient probablement ou de manière certaine présenté un syndrome de surentrainement.

Pour ces athlètes, les trois symptômes les plus fréquemment rapportés par les athlètes victimes de surentrainement étaient un état de fatigue persistant, une baisse des performances sportives, et l'apparition de blessures de surcharge. Les deux facteurs déclenchants les plus fréquemment rapportés étaient une insuffisance de repos et une augmentation trop importante de la charge d'entrainement.

La prévention et le lien athlète/entraineur/soignants intervenants auprès des athlètes reste un enjeu majeur pour éviter le surentrainement: plus de la moitié des participants n'avaient jamais reçu d'informations sur l'OTS par leurs encadrants, et une très grande majorité d'entre eux (82,4%) étaient demandeurs d'informations sur le surentrainement.