



LIBRE ACCÈS

# Déclaration de consensus du CIO : les compléments alimentaires et l'athlète de haut niveau

Ronald J Maughan,<sup>1</sup> Louise M Burke,<sup>2,3</sup> Jiri Dvorak,<sup>4</sup> D Enette Larson-Meyer,<sup>5</sup> Peter Peeling,<sup>6,7</sup> Stuart M Phillips,<sup>8</sup> Eric S Rawson,<sup>9</sup> Neil P Walsh,<sup>10</sup> Ina Garthe,<sup>11</sup> Hans Geyer,<sup>12</sup> Romain Meeusen,<sup>13</sup> Lucas J C van Loon,<sup>3,14</sup> Susan M Shirreffs,<sup>1</sup> Lawrence L Spriet,<sup>15</sup> Mark Stuart,<sup>16</sup> Alan Vernec,<sup>17</sup> Kevin Currell,<sup>18</sup> Vidya M Ali,<sup>19</sup> Richard GM Budgett,<sup>20</sup> Arne Ljungqvist,<sup>21</sup> Margo Mountjoy,<sup>22,23</sup> Yannis P Pitsiladis,<sup>19</sup> Torbjørn Soligard,<sup>20</sup> Ugur Erdener,<sup>19</sup> Lars Engebretsen<sup>20</sup>

Pour les affiliations numérotées voir la fin de l'article.

**Correspondance adressée à**  
Professeur Ronald J Maughan,  
Faculté de médecine, St Andrews  
University, St Andrews, UK ;  
ronmaughan@st-andrews.ac.uk

Accepté le 3 février 2018

## Résumé

La nutrition contribue généralement de manière modeste mais précieuse à de bonnes performances chez les athlètes de haut niveau, et les compléments alimentaires peuvent apporter une contribution mineure à ce programme nutritionnel. Néanmoins, l'utilisation de compléments est largement répandue à tous les niveaux du sport. Les produits décrits comme des compléments ont différents objectifs, notamment (1) prévenir et corriger les carences en micronutriments, (2) fournir des formes pratiques d'énergie et de macronutriments, et (3) apporter des avantages directs en termes de performance ou (4) des avantages indirects comme soutenir l'entraînement intense. L'utilisation appropriée de certains compléments peut être bénéfique à l'athlète, mais d'autres peuvent nuire à sa santé, à ses performances et/ou à sa réputation (s'il en résulte une violation des règles antidopage). Une évaluation nutritionnelle complète doit être effectuée avant de prendre toute décision concernant des compléments. Les compléments supposés améliorer directement ou indirectement les performances représentent la majorité des produits proposés aux athlètes, mais seuls quelques-uns (parmi lesquels la caféine, la créatine, des substances tampons spécifiques et le nitrate) ont des avantages avérés. Toutefois, les réponses sont influencées par les modalités et le contexte d'utilisation et peuvent varier considérablement d'un individu à l'autre en raison de facteurs tels que la génétique, le microbiome et les habitudes alimentaires. Les compléments destinés à améliorer les performances doivent être soigneusement testés lors de l'entraînement ou de simulation de compétition avant d'être utilisés en compétition. L'ingestion involontaire de substances interdites dans le cadre des codes antidopage qui régissent le sport de haut niveau est un risque connu de la prise de compléments. La protection de la santé de l'athlète et la prise de conscience du danger potentiel doivent être prioritaires ; il est fortement recommandé de demander l'avis et l'aide de professionnels experts en la matière avant qu'un athlète ne commence à utiliser des compléments.

régionales, culturelles et économiques, une prévalence similaire est probable dans de nombreux autres pays. Les athlètes évoquent diverses raisons pour leurs choix de compléments,<sup>2</sup> et les produits qui correspondent à la description de 'complément' peuvent cibler différents objectifs du plan de performance de l'athlète. Ils visent par exemple à maintenir une bonne santé en contribuant à un apport adéquate en nutriments spécifiques, à la gestion des carences en micronutriments et à la couverture des besoins en énergie et macronutriments que l'apport alimentaire seul pourrait avoir du mal à combler. Les autres utilisations spécifiques de compléments cités par les athlètes incluent une amélioration directe des performances ou les avantages indirects qui découlent du soutien d'un entraînement intensif, de la manipulation de la composition corporelle, du soulagement des douleurs musculosquelettiques, d'une récupération rapide après une blessure et de l'amélioration de l'humeur.

Certains organismes sportifs soutiennent désormais l'utilisation pragmatique de compléments qui se sont révélés efficaces, sans risques et autorisés à l'issue d'une analyse bénéfices-risques, tout en étant appropriés pour l'âge et le niveau d'implication des athlètes dans leur sport. Cette revue résume les enjeux auxquels font face les athlètes de haut niveau et leur staff (entraîneur, nutritionniste, médecin) lorsqu'ils envisagent d'utiliser des compléments, dans l'optique de leur fournir des informations pour les aider à prendre des décisions éclairées.

## Qu'est-ce qu'un complément ?

Il n'existe pas de définition unique, tant sur le plan juridique que scientifique, de ce qui constitue un complément alimentaire. Le Congrès américain, par exemple, dans son élaboration de la Dietary Supplement Health and Education Act de 1994 (DSHEA; [https://ods.od.nih.gov/About/DSHEA\\_Wording.aspx](https://ods.od.nih.gov/About/DSHEA_Wording.aspx)), a décrit un complément alimentaire comme :

'...un produit, autre que le tabac, qui est utilisé conjointement avec une alimentation saine et contient un ou plusieurs des ingrédients alimentaires suivants : une vitamine, un minéral, une plante ou autre substance botanique, un acide aminé, une substance alimentaire destinée à la consommation humaine visant à compléter l'alimentation en augmentant l'apport quotidien total, ou un concentré, un métabolite, un constituant, un extrait, ou des associations de ces ingrédients'.<sup>3</sup>

Cette définition n'est pas satisfaisante, car elle dépend de la présence ou non d'une 'alimentation saine'. Pour les besoins de cette présentation, nous définissons un complément alimentaire comme suit :

Aliment, constituant alimentaire, nutriment, ou composé non alimentaire qui est volontairement ingéré en plus de l'alimentation habituelle dans le but d'obtenir un avantage spécifique en termes de santé et/ou de performance.

► <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2018-099199>

## Recherche de mises à jour

À citer : Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, et al. *Br J Sports Med* 2018;**52**:439-455.

## Introduction

Les compléments alimentaires sont utilisés par des athlètes de tout niveau, ce qui reflète la prévalence de leur utilisation dans la société au sens large. Environ la moitié de la population adulte aux États-Unis utilise une forme ou une autre de compléments alimentaires<sup>1</sup> et, bien qu'il existe des différences

En outre, nous reconnaissons que les compléments alimentaires se présentent sous de nombreuses formes, parmi lesquelles :

1. des aliments fonctionnels, aliments enrichis avec des nutriments ou composants supplémentaires ne faisant pas partie de leur composition nutritionnelle type (p. ex. aliments enrichis en minéraux, en vitamines ou en nutriments)
2. des aliments formulés et des aliments pour sportifs, produits fournissant de l'énergie et des nutriments sous une forme plus pratique que les aliments normaux pour un soutien nutritionnel général (p. ex. substituts de repas liquides) ou pour une utilisation ciblée au moment de l'effort (p. ex. boissons, gels ou barres de nutrition sportive)
3. des nutriments uniques et autres composants d'aliments ou de produits à base de plantes fournis sous des formes isolées ou concentrées
4. des produits multi-ingrédients contenant diverses associations des produits décrits ci-dessus qui visent des résultats similaires.

### Prévalence et rationnel pour leur utilisation par les athlètes

Avec un usage aussi répandu des compléments dans la population générale et avec l'objectif spécifique des athlètes d'atteindre des performances optimales, il n'est pas surprenant qu'une forte prévalence de l'utilisation de compléments soit rapportée dans la plupart des enquêtes sur les athlètes.<sup>4</sup> Les comparaisons entre les enquêtes sont affectées par de nombreux facteurs, notamment : les différences dans la définition de ce qui constitue un complément alimentaire ; la capacité à identifier une utilisation irrégulière ; une sélection d'échantillons inappropriés ; et l'emploi d'outils non validés et non normalisés.<sup>5</sup> Néanmoins, d'une façon générale, les enquêtes suggèrent que l'utilisation de compléments :

1. varie entre les différents sports et les différentes activités
2. augmente avec le niveau d'entraînement/de performance
3. augmente avec l'âge
4. est plus élevée chez les hommes que chez les femmes
5. est fortement influencée par les normes culturelles perçues (tant sportives que non sportives).

Bien que les athlètes consomment souvent des compléments pour bénéficier des effets ou avantages prévus/annoncés, de multiples objectifs sous-tendent leur utilisation.<sup>5</sup> Par exemple, les athlètes utilisent des compléments :

1. pour corriger ou prévenir des carences nutritionnelles susceptibles d'affecter leur santé ou leurs performances
2. pour bénéficier d'un apport pratique d'énergie et de nutriments au cours d'un entraînement
3. pour obtenir un bénéfice spécifique et direct en termes de performance en compétition
4. pour améliorer leurs performances de façon indirecte, par exemple en permettant un entraînement plus efficace (c.-à-d. plus intense, volume plus important) et une meilleure récupération après les séances d'entraînement, en optimisant la composition corporelle ou en réduisant les risques de blessure et de maladie
5. pour obtenir un gain financier (partenariat) ou parce que les produits sont fournis gratuitement
6. en tant que garantie 'juste au cas où'
7. parce qu'ils savent ou croient que d'autres athlètes/concurrents en utilisent.

Certains compléments peuvent être utilisés à diverses fins. Le zinc, par exemple, peut être consommé dans le but de favoriser la cicatrisation des tissus,<sup>6</sup> ou de réduire la sévérité et la durée des symptômes d'une infection des voies respiratoires supérieures.<sup>7</sup> Les compléments glucidiques sont utilisés pour améliorer les performances dans de nombreuses épreuves via l'apport d'un substrat énergétique,<sup>8</sup> pour soutenir le système immunitaire<sup>9</sup> ou pour améliorer la biodisponibilité d'autres compléments, comme par exemple, de la créatine.<sup>10</sup> De même, une supplémentation en créatine peut améliorer directement les performances lors d'épreuves de force et de puissance, et peut aider à s'entraîner plus intensément, à augmenter la masse maigre ou à la maintenir pendant des périodes d'immobilisation suite à une blessure.<sup>11-13</sup> Les décisions relatives à l'utilisation de compléments doivent donc tenir compte à la fois du contexte d'utilisation et du protocole spécifique employé.

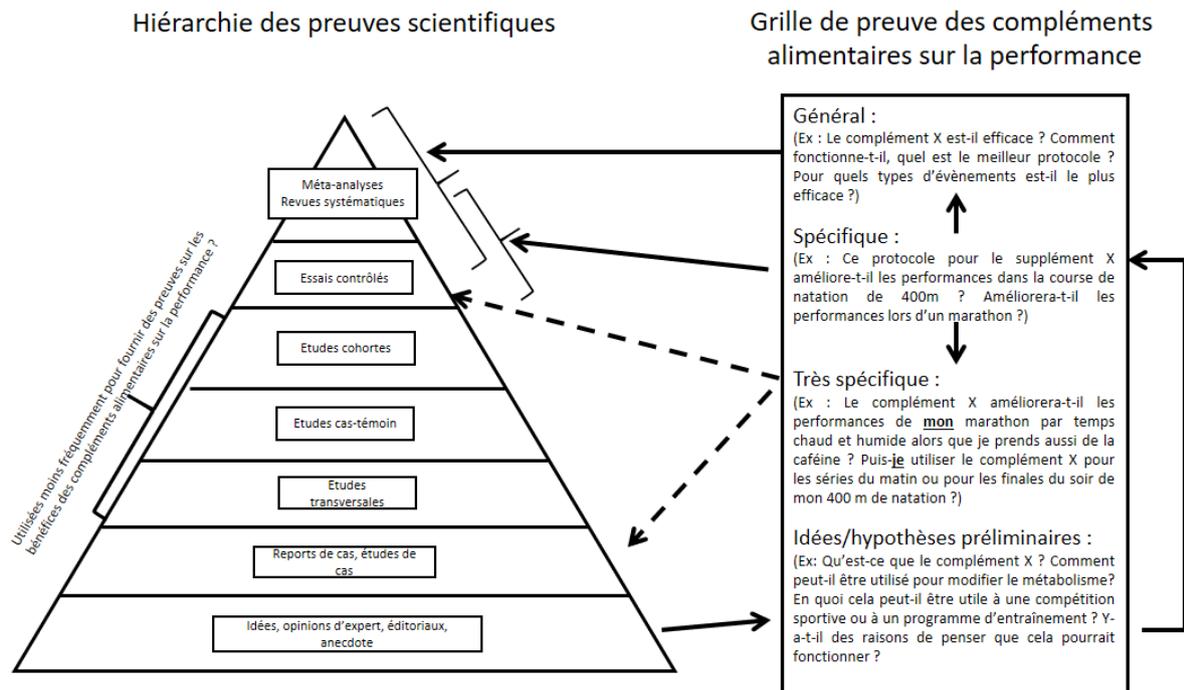
### Evaluer les preuves scientifiques pour l'utilisation de compléments

Les compléments incluent tout un éventail de scénarios d'utilisation, par conséquent des approches différentes sont nécessaires pour évaluer leur efficacité. Les compléments visant à corriger des carences nutritionnelles doivent être jugés sur leur capacité à prévenir ou à traiter un statut nutritionnel sous-optimal. Le bénéfice provient de la disparition des problèmes de santé, de la restauration de la capacité d'entraînement ou des performances associées. L'efficacité des aliments pour sportifs peut être difficile à isoler lorsqu'ils sont utilisés dans le cadre de l'alimentation générale pour couvrir les besoins quotidiens en énergie et nutriments spécifiques. Toutefois, leurs avantages peuvent être plus faciles à détecter lorsqu'ils sont spécifiquement consommés avant, pendant ou après une épreuve ou une séance d'entraînement afin de fournir les nutriments essentiels pour la performance (p. ex. pour fournir de l'énergie aux muscles ou au cerveau) ou pour favoriser l'homéostasie (p. ex. en remplaçant les pertes hydriques et de sodium). Un niveau de preuve élevé concernant l'efficacité des compléments qui visent à améliorer la performance, de façon directe ou indirecte, est plus difficile à mettre en évidence. À quelques exceptions près, les recherches sont peu nombreuses et bon nombre d'études disponibles ne sont pas d'assez bonne qualité pour cautionner leur application aux athlètes de haut niveau.

Étayer les allégations faites sur les compléments améliorant les performances et les aliments pour sportifs est difficile.<sup>14</sup> Pour différents publics, les 'preuves' prennent différentes formes. La Figure 1 propose un modèle hiérarchique du niveau de preuves fourni par différentes sources d'information. Toutefois, la plupart des informations sur l'efficacité des compléments dans le sport sont issues de modèles très peu rigoureux : des anecdotes/observations de la part des athlètes ; et des hypothèses scientifiques ou mécanistiques qui expliquent comment un complément pourrait cibler un facteur limitant de la performance, mais avec peu ou pas de preuves. Les revues systématiques et méta-analyses, qui synthétisent les résultats de nombreuses études pour aboutir à une réponse concluante sur l'efficacité au sens large, figurent en haut de la hiérarchie des preuves. Ces résumés aident à fournir des informations sur l'utilisation générale des compléments améliorant les performances. Les études scientifiques correctement contrôlées et bien conduites constituent la base de ces revues ainsi qu'une opportunité d'aborder des questions plus spécifiques sur les applications des compléments. Ainsi, les méta-analyses ne sont qu'un reflet de la qualité et de la quantité des études qu'elles incluent, et peuvent également être influencées par les critères d'inclusion et d'exclusion appliqués aux données disponibles.

L'«étalon or» pour étudier les effets des compléments sur les performances sportives est l'essai prospectif, contrôlé randomisé, dans lequel les sujets sont répartis par randomisation pour recevoir soit un traitement expérimental soit un placebo (idéalement en double aveugle) ou l'essai croisé où les sujets reçoivent les deux en alternance, dans des conditions standardisées. Les considérations pratiques peuvent faire varier quelque peu la conception idéale, mais les scientifiques du sport sont encouragés, s'ils souhaitent que leurs résultats soient applicables aux athlètes en compétition, à s'assurer que leurs études incluent les éléments suivants :

1. une taille d'échantillon adéquate et des caractéristiques de participants appropriées (p. ex. épreuve, niveau d'entraînement,) pour que les résultats aient une puissance statistique et soient applicables aux athlètes de haut niveau
2. simuler, autant que possible, les conditions réelles (p. ex. environnement, préparation nutritionnelle, stratégies de l'épreuve) de la compétition.



**Figure 1** Hiérarchie des preuves utilisées pour établir des bonnes pratiques axées sur la question des compléments nutritionnels.

3. une standardisation, dans la mesure du possible, des variables qui pourraient influencer les résultats (p. ex. activité physique et alimentation avant l'épreuve, conditions environnementales, encouragement ou distraction externe) ; il est reconnu que cela va dans une certaine mesure à l'encontre du point (2) ci-dessus, et limitera les situations dans lesquelles les résultats pourront être appliqués
4. l'utilisation d'un protocole de prise de compléments (p. ex. produit spécifique, dose et horaire de prise) susceptible d'optimiser ses effets
5. une vérification indépendante du complément pour s'assurer que le produit n'est pas contaminé, à la fois pour garantir l'intégrité de l'étude et éviter des résultats positifs de dopage involontaire si les sujets sont des athlètes
6. la vérification que le complément a été pris et a induit une réponse biologique (p. ex. via un échantillon de muscle, de sang, d'urine ou de salive)
7. un protocole de performance qui est valide et suffisamment fiable pour détecter des modifications/différences légères mais potentiellement significatives
8. une interprétation des résultats en prenant en compte les limites de l'étude et l'amplitude des modifications nécessaires pour avoir un impact dans le sport en conditions réelles.

Au vu de la spécificité des informations requises par certains athlètes et leur staff pour évaluer l'efficacité d'un complément (p. ex. en lien avec une épreuve ciblée et ses conditions, spécificité de l'individu, association avec d'autres stratégies de performance), il est vain d'espérer avoir toujours la possibilité d'obtenir des preuves solides. Les questions qui sont en particulier insuffisamment étudiées et doivent être considérées comme hautement prioritaires incluent la mesure des performances en conditions écologiques, l'étude de l'usage combiné d'un certain nombre de compléments, et l'utilisation répétée de compléments comme cela pourrait être le cas lors d'une compétition sur plusieurs jours ou lorsque les séries et les finales sont rapprochées. Les scénarios qui sortent du cadre de la littérature disponible ou de la conception de recherche pratique devront peut-être faire l'objet d'études de cas, soit individuelles, soit en petits groupes. Les méthodologies recommandées pour ces études incluent des mesures répétées de performance en baseline avant l'introduction du complément, ou une alternance entre utilisation et non-utilisation du complément.<sup>15</sup>

Pour les besoins de cette présentation, nous nous basons principalement sur des études menées sur des adultes en bonne santé qui sont pertinentes pour les athlètes. Nous reconnaissons qu'il n'y a pratiquement pas de données issues

d'études réalisées sur des athlètes élite. Nous reconnaissons également que les études mécanistiques sur des modèles animaux ou de cultures cellulaires sont utiles pour identifier les mécanismes, mais qu'un mécanisme n'est pas nécessaire pour démontrer un effet pouvant être significatif pour un athlète : ce que nous croyons aujourd'hui être le mécanisme par lequel la performance ou la santé s'améliore risque d'être démenti par des études ultérieures. Il faut aussi prendre en considération le fait que l'alimentation habituelle d'un individu peut influencer l'expression de ses gènes ainsi que son microbiote, lesquels peuvent à leur tour affecter la réponse à une supplémentation. Bien que le génome entre les individus varie de moins de 0,01 %, la variation du microbiote est significative (80 % à 90 %), et des données émergentes suggèrent que ces deux facteurs pourraient impacter les performances sportives.<sup>16 17</sup> Les sections suivantes offrent un aperçu de l'utilisation de compléments selon différents objectifs, d'abord en identifiant les principes d'utilisation puis en examinant les produits bénéficiant d'une base de preuves solides ou émergentes pour justifier une utilisation par les athlètes dans une situation spécifique.

#### Compléments utilisés pour prévenir ou traiter des carences nutritionnelles

Beaucoup de micronutriments jouent un rôle important dans la régulation des processus qui sous-tendent les performances sportives, allant de la production d'énergie à la synthèse de nouvelles cellules et de protéines. Une carence marquée en un ou plusieurs de ces nutriments peut entraîner une altération mesurable des performances sportives, soit directement, soit en réduisant la capacité de l'athlète à s'entraîner efficacement (p. ex. anémie due à une carence en fer) ou à prévenir des épisodes infectieux ou des blessures (p. ex. impact d'une carence en vitamine D sur la santé osseuse). Les athlètes ne sont pas à l'abri de pratiques alimentaires inappropriées ou de pertes/besoins accrus de nutriments tel que l'on peut observer dans la population générale et peuvent même présenter un plus grand risque de carences en raison d'un renouvellement ou de pertes accrus de nutriments. Une autre difficulté réside dans l'occurrence de carences subcliniques qui peuvent à la fois être difficiles à évaluer (c.-à-d. qu'il n'existe pas de marqueur bien déterminé ou de seuil universellement accepté de ce qui est 'suffisant') et faire l'objet d'un débat pour savoir s'il y a un niveau 'optimal' pour la performance qui diffère des systèmes de classification habituels de l'état nutritionnel (carence/carence subclinique/normal). Lorsqu'un état nutritionnel sous-optimal est diagnostiqué, l'utilisation d'un complément nutritionnel pour pallier ce déficit ou prévenir d'autres récurrences peut contribuer à la prise en charge globale.

**Tableau 1** Exemples de micronutriments nécessitant souvent une supplémentation chez les athlètes (voir Larson-Meyer et al.<sup>14</sup> pour des informations complémentaires)

## Déclaration de consensus

### Aperçu des micronutriments

	Diagnostic et conséquences d'une insuffisance	Protocoles de supplémentation et résultats
Vitamine D	Il n'existe pas de consensus concernant la concentration sérique en 25-hydroxyvitamine D (le marqueur de la teneur en vitamine D) correspondant à l'état de carence, d'insuffisance, de niveau adéquate et la limite supérieure de sécurité. La supplémentation dépend de l'exposition aux UVB et du type de peau de l'année. <sup>43</sup>	Une supplémentation comprise entre 800 UI et 1 000 à 2 000 UI/jour est recommandée pour maintenir un bon état nutritionnel dans la population générale. Aucune directive concernant la supplémentation chez les athlètes n'a encore été établie. Une supplémentation à forte dose, de courte durée, qui apporte 50 000 UI/semaine pendant 8 à 16 semaines ou 10 000 UI/jour pendant plusieurs semaines, peut être appropriée pour restaurer un bon état nutritionnel chez les athlètes présentant des carences. Une surveillance minutieuse est nécessaire pour éviter toute toxicité. <sup>44</sup>
Fer	Un taux en fer sous-optimal peut être dû à un faible apport en fer, une mauvaise biodisponibilité et/ou un apport énergétique insuffisant, ou à un besoin en fer supplémentaire en raison d'une croissance rapide, d'un entraînement en altitude, de menstruations abondantes, d'une hémolyse due à l'impact du pied sur le sol ou de pertes excessives dans la transpiration, l'urine ou les selles. <sup>45</sup>	Les athlètes qui ne maintiennent pas un taux de fer suffisant peuvent avoir besoin d'un complément de fer à des doses supérieures à leur AJR (c.-à-d. > 18 mg/jour pour les femmes et > 8 mg/jour pour les hommes). Les athlètes présentant une carence en fer nécessitent un suivi clinique, qui peut inclure une supplémentation avec des doses supérieures ainsi qu'un apport accru en fer dans l'alimentation. <sup>45</sup> Il existe de nombreuses préparations orales à base de fer et la plupart ont une efficacité comparable dans la mesure où elles sont consommées. <sup>47</sup> Des compléments de fer à fortes doses, cependant, ne doivent pas être pris sauf en cas de carence en fer.
Calcium	Plusieurs mesures effectuées simultanément offrent la meilleure évaluation et déterminent l'ampleur de la carence. Mesures recommandées : ferritine sérique, coefficient de saturation de la transferrine, fer sérique, récepteur de la transferrine, protoporphyrine zinc, hémoglobine, hématocrite et volume moyen corpusculaire. <sup>46</sup>	Des apports de calcium de 1 500 mg/jour et 1 500 à 2 000 UI de vitamine D sont recommandés pour optimiser la santé osseuse chez les athlètes ayant une faible disponibilité énergétique ou des troubles du cycle menstruel. <sup>45</sup>
	Il n'existe pas d'indicateur approprié du taux de calcium. Un examen de la densité minérale osseuse peut être révélateur d'un faible apport en calcium chronique, mais d'autres facteurs notamment un taux sous-optimal de vitamine D et une alimentation anormale sont également importants.	

Remarque : Une supplémentation aveugle avec n'importe lequel des nutriments ci-dessus n'est pas recommandée. Il faut d'abord identifier les carences à l'aide d'un bilan nutritionnel, incluant l'apport alimentaire et le marqueur sanguin ou urinaire approprié, le cas échéant.<sup>17</sup>

Le bilan nutritionnel d'un athlète inclut des protocoles qui permettent de mettre en évidence des problèmes en lien avec la nutrition, ainsi que leurs causes et leur importance. Un bilan complet devrait idéalement inclure un historique médical et nutritionnel détaillé, une évaluation de l'alimentation, une analyse anthropométrique et de la composition corporelle, ainsi que des tests biologiques.<sup>18</sup> Contrairement à l'utilisation de compléments alimentaires pris par les athlètes pour pallier un éventuel déficit, ce bilan nutritionnel doit s'assurer que l'athlète :

1. peut prendre en compte les facteurs qui ont entraîné la carence nutritionnelle, notamment en s'assurant que le plan nutritionnel de l'athlète est suffisant en énergie, macronutriments et micronutriments
2. tirerait un bénéfice d'une période ponctuelle ou chronique de supplémentation pour corriger et/ou prévenir une carence nutritionnelle et pourrait comprendre le protocole de supplémentation approprié
3. ne présente pas de risque de problèmes de santé associés à la consommation de compléments, y compris des interactions avec des médicaments sur ordonnance ou en vente libre
4. possède un bilan de base auquel les futures mesures destinées à évaluer les progrès pourront être comparées.

Les nutriments qui nécessitent souvent une supplémentation dans ces circonstances incluent le fer, le calcium et la vitamine D (Tableau 1). Une supplémentation en iode (pour les personnes qui vivent dans des zones où les aliments ont une faible teneur en iode ou qui n'utilisent pas de sel iodé), folate (pour les femmes susceptibles de tomber enceintes) et vitamine B<sub>12</sub> (pour les personnes suivant un régime végétalien ou quasi-végétalien) peut être justifiée dans ces groupes de population, mais ces considérations ne s'appliquent pas spécifiquement aux athlètes.

### Compléments (aliments pour sportifs) utilisés pour fournir une forme pratique d'énergie et de nutriments

Les directives sur la nutrition sportive fournissent des recommandations claires concernant l'apport d'énergie et de nutriments dans divers contextes. Dans certaines situations, il est peu aisé pour un athlète de consommer des aliments 'de tous les jours' ou ordinaires pour atteindre ses objectifs nutritionnels notamment à cause des problèmes liés à la préparation ou la conservation, à la possibilité de consommer des aliments en dépit du planning d'entraînement chargé, à l'inconfort intestinal ou à la difficulté d'atteindre les objectifs

nutritionnels en respectant l'apport énergétique recommandé. Dans ces cas, les aliments pour sportifs peuvent constituer une option commode, bien que généralement plus onéreuse, pour atteindre ces objectifs nutritionnels. Le Tableau 2 offre un aperçu des produits qui correspondent à cette description et de leurs utilisations basées sur des preuves les plus répandues.

### Compléments qui améliorent directement les performances sportives

Quelques compléments visant à améliorer les performances pourraient, à l'heure actuelle, être considérés comme bénéficiant de preuves suffisantes pour suggérer des gains de performance minimales possibles. Ces compléments incluent la caféine, la créatine (sous forme de monohydrate de créatine), le nitrate, le bicarbonate de sodium et peut-être aussi la bêta-alanine. Les mécanismes d'action, la dose recommandée, les avantages potentiels en termes de performance et les effets secondaires connus de chacun de ces compléments sont résumés dans le Tableau 3. Les compléments améliorant les performances ne doivent être envisagés que lorsqu'une solide base de connaissances prouve qu'ils sont sans risque, légaux et efficaces, et idéalement après confirmation de l'adéquation des pratiques alimentaires de nutrition sportive. Chaque fois que possible, l'athlète doit soigneusement tester les compléments à l'entraînement dans des conditions les plus proches possibles de la compétition avant de s'engager à les utiliser en compétition. Les athlètes doivent procéder à une évaluation minutieuse pour s'assurer que les gains minimales potentiels l'emportent sur le risque d'un dopage involontaire dû à une contamination.

### Compléments qui améliorent indirectement les performances

Beaucoup de compléments alimentaires prétendent améliorer les performances indirectement, en soutenant la santé de l'athlète, sa composition corporelle et sa capacité à s'entraîner intensément, à récupérer rapidement, à s'adapter de façon optimale, à éviter ou à surmonter une blessure, et à mieux tolérer les douleurs ou les courbatures. Les épisodes infectieux constituent un problème majeur pour les athlètes s'ils interrompent l'entraînement ou surviennent à un moment critique, comme lors d'une épreuve de sélection ou d'une compétition majeure. La vulnérabilité aux infections est accrue dans les situations où les athlètes font face à un volume important d'entraînement ou de compétition, et présentent intentionnellement ou involontairement des déficits en termes d'apport énergétique (p. ex. régimes amaigrissants), d'apport de macronutriments (p. ex. apport glucidique train-low ou sleep-low) et d'apport en micronutriments (p. ex. insuffisance en vitamine D en hiver).<sup>19</sup> Les athlètes pourraient retirer un bénéfice de compléments alimentaires pour soutenir

**Tableau 2** Résumé des aliments pour sportifs et aliments fonctionnels couramment utilisés par les athlètes.

Aliment pour sportifs	Forme	Composition type	Utilisation courante dans le sport
Boisson énergétique	Poudre ou liquide prêt à boire	5 % à 8 % de CHO 10 à 35 mmol/l de sodium 3 à 5 mmol/l de potassium	Apport simultané de liquide+CHO pendant l'effort Réhydratation et restauration énergétique après l'effort
Boisson énergisante	Liquide prêt à boire ou dose concentrée	Glucide, en particulier dans des variétés prêtes-à-boire Caféine Remarque : peut contenir de la taurine, des vitamines du groupe B et d'autres ingrédients dont l'utilité n'est pas forcément prouvée et par rapport auxquels il convient de rester prudent	Apport de caféine avant l'effort Apport de glucides et de caféine pendant l'effort
Gel ou bouchées gélifiées	Gel de 30 à 40 g : Bouchées gélifiées généralement en sachet d'environ 40 à 50 g	-25 g de CHO par gel ou ~5 g de CHO par bouchées Certains contiennent de la caféine ou des électrolytes	Apport de glucides pendant l'effort
Electrolytes	Sachets de poudre ou comprimés	50 à 60 mmol/l de sodium 10 à 20 mmol/l de potassium Généralement, pauvre en glucides (2 à 4 g/100 ml)	Réhydratation rapide après une déshydratation volontaire effectuée dans le cadre d'une perte de poids Remplacement d'importantes pertes de sodium pendant des activités d'ultra-endurance Réhydratation rapide après l'effort suite à des déficits modérés à importants en liquide et en sodium
Supplément protéique	Poudre (à mélanger avec de l'eau ou du lait) ou liquide prêt à boire Barre riche en protéines, généralement pauvre en CHO	Fournit 20 à 50 g de protéines de qualité en une seule portion, d'origine animale (lactosérum, caséine, lait, œuf) ou végétale (p. ex. soja) Remarque : peut contenir d'autres ingrédients, dont certains n'ont pas d'efficacité avérée et peuvent augmenter le risque de contamination	Récupération après l'effort suite à des séances d'entraînement ou à des épreuves importantes où l'optimisation des synthèses protéiques est souhaitée Recherche d'une augmentation de la masse maigre pendant la croissance ou dans le cadre d'exercices de musculation. En-cas protéique lors d'emploi du temps chargé ou de déplacement
Substitut de repas liquide	Poudre (à mélanger avec de l'eau ou du lait) ou liquide prêt à boire	1 à 1,5 kcal/ml : 15 % à 20 % de protéine et 50 % à 70 % de CHO Teneur en graisse faible à modérée Vitamines/minéraux : 500 à 1 000 ml fournissent l'ANR/AJR	Complément alimentaire énergétique (en particulier pendant un entraînement intense/une compétition ou une prise de poids) Substitut de repas peu volumineux (en particulier repas d'avant-épreuve). Récupération après l'effort (CHO et protéines) Apport pratique en cas d'emploi du temps chargé ou de déplacement
Barre énergétique	Barre	40 à 50 g de CHO 5 à 10 g de protéine Généralement pauvre en graisse et en fibres Vitamines/minéraux : 50 % à 100 % de l'ANR/AJR Remarque : peut contenir d'autres ingrédients, dont certains n'ont pas d'efficacité avérée et peuvent augmenter le risque de contamination	Source de CHO pendant l'effort Récupération après l'effort, fournit des CHO, des protéines et des micronutriments Apport pratique en cas d'emploi du temps chargé ou de déplacement
Aliment enrichi en protéines	Lait, yaourt, crème glacée, barres de céréales et autres formes d'aliments	Teneur en protéines accrue à partir d'une variété d'aliments ordinaires obtenu par ajout de protéines ou évaporation de l'eau du produit Permet en général de fournir environ 20 g de protéine par portion	Aliment à valeur ajoutée permettant d'atteindre l'objectif protéique pour une utilisation après l'effort ou pour améliorer la teneur en protéines d'autres repas et collations dans l'alimentation d'un athlète

CHO, glucide. ANR/AJR : Apport Nutritionnel Recommandé/Apport Journalier Recommandé

l'immunité dans ces scénarios et à d'autres moments où ils sont vulnérables aux infections (p. ex. pendant la saison habituelle des rhumes et après un vol long-courrier) ou souffrent d'une infection. Le [Tableau 4](#) résume le rationnel concernant les compléments communément présentés comme 'renforçant l'immunité', en notant que les candidats les plus prometteurs pour aider à prévenir ou à traiter les symptômes des voies respiratoires supérieures sont la vitamine D et les probiotiques. La prise de vitamine C pendant les périodes d'entraînement intense ainsi que la consommation de pastilles de zinc dès l'apparition des symptômes peuvent être utiles, mais de fortes doses d'antioxydants uniques, en particulier de vitamines C et E, peuvent atténuer les adaptations à l'entraînement induites par l'effort.<sup>20-22</sup> Une supplémentation en probiotiques peut réduire l'incidence de diarrhée et d'infection gastro-intestinale chez les voyageurs. Les revues Cochrane mettent en évidence la qualité médiocre de nombreuses études portant sur les compléments alimentaires supposés favoriser l'immunité; en particulier, de petits échantillons, des groupes ou situations de contrôles peu qualitatifs et des procédures de randomisation et de double aveugle peu claires.<sup>23 24</sup> Il existe un besoin urgent d'essais contrôlés randomisés chez les athlètes de haut niveau avec un nombre suffisant de participants, des groupes contrôles, des protocoles rigoureux, des suppléments appropriés et des mesures d'immunité cliniquement significatives.

Les compléments qui contribuent à ce qu'un athlète s'entraîne plus intensément, récupère plus rapidement et limite le risque de blessures, ou accélère le retour au jeu en cas de blessure, peuvent de toute évidence améliorer la préparation de l'athlète et, indirectement, ses résultats en compétition. Beaucoup de produits prétendent offrir ce type d'avantages; Le [Tableau 5](#) résume les preuves concernant certains des composés les plus populaires. Enfin, la manipulation de la composition corporelle, notamment le gain de masse maigre et la réduction de la masse grasse, peut contribuer aux performances dans de nombreuses épreuves. Cela explique le nombre important de compléments visant ces objectifs, que ce soit pour les sportifs ou pour la population générale, même si beaucoup sont interdits dans le sport. Les protéines sont considérées comme l'ingrédient principal des compléments favorisant la prise de masse, et les revues fondées sur des données probantes concluent à son efficacité lorsqu'elle est associée à des exercices de musculation.<sup>25</sup> Les preuves de l'efficacité des compléments 'brûleurs de graisse' sont loin d'être concluantes. Il y a une absence totale de preuves de l'efficacité de la grande majorité des compléments commercialisés dans cette catégorie. Le [Tableau 6](#) résume les preuves pour certains des ingrédients ou produits de ce type les plus courants.<sup>25</sup>

**Tableau 3 Compléments avec des preuves modérées à solides de gain de performance lorsqu'utilisés dans des scénarios spécifiques**

<b>Caféine</b>	
Aperçu	La caféine est un stimulant dont les bénéfices sur la performance sont bien établis dans des situations d'endurance et des épreuves de sprints de courte durée, supramaximales et/ou répétés.
Mécanisme	Antagonisme des récepteurs de l'adénosine ; libération accrue d'endorphine ; fonction neuromusculaire améliorée ; vigilance et attention améliorées ; perception moindre de la fatigue pendant l'effort <sup>29,48</sup>
Protocole d'utilisation	3 à 6 mg/kg de masse corporelle (MC), sous forme de caféine anhydre (c.-à-d. pilule ou poudre), consommée environ 60 min avant l'effort <sup>49</sup> Doses plus faibles de caféine (<3 mg/kg BM, ~200 mg), fournies à la fois avant et pendant l'effort ; consommées avec une source de glucides <sup>48</sup>
Impact sur les performances	Amélioration de la capacité d'endurance telle que la durée d'effort avant fatigue <sup>50</sup> et les activités de contre-la-montre de durée variable (5 à 150 min), dans de nombreuses modalités sportives (c.-à-d. cyclisme, course, aviron et autres) <sup>49</sup> De faibles doses de caféine (100 à 300 mg) consommées pendant une épreuve d'endurance (après 15 à 80 min d'activité) peuvent améliorer les performances du contre-la-montre en vélo de 3 % à 7 %. <sup>51,52</sup> Durant des épreuves de sprints de courte durée, supramaximales et répétées, 3 à 6 mg/kg de MC de caféine prises 50 à 60 min avant l'effort entraînent des gains de performance >3 %, de puissance moyenne et de puissance maximale pendant des activités anaérobies d'une durée de 1 à 2 min, <sup>53</sup> et de 1 % à 8 % pour le travail total et les performances de sprints répétés lors d'une activité de type intermittent comme ce qui est rencontré en sports collectifs. <sup>54,55</sup>
Considérations supplémentaires et effets secondaires potentiels	De plus fortes doses de caféine (>9 mg/kg BM) ne semblent pas majorer d'autant plus la performance, <sup>56</sup> et sont davantage susceptibles d'augmenter le risque d'effets secondaires négatifs, notamment de nausées, d'anxiété, d'insomnie et d'agitation. <sup>29</sup> Des doses de caféine plus faibles, des variations dans l'horaire de prise avant et/ou pendant l'effort, et la nécessité (ou l'absence de nécessité) d'une période de sevrage de la caféine doivent être testées en période d'entraînement avant d'être utilisées en compétition. La consommation de caféine pendant l'effort doit être envisagée conjointement avec un apport de glucides (CHO) pour une efficacité améliorée. <sup>52</sup> La caféine est un diurétique qui favorise l'élimination de l'urine, mais cet effet est minime aux doses qui se sont avérées améliorer les performances. <sup>57</sup>
<b>Créatine</b>	
Aperçu	Une charge en créatine peut améliorer ponctuellement les performances dans des sports impliquant un effort intense répété (p. ex. sports collectifs), ainsi que les programmes d'entraînement basés sur ces caractéristiques (p. ex. exercice de musculation ou fractionné), entraînant des gains supérieurs de masse maigre, de force et de puissance musculaires. <sup>58,59</sup>
Mécanisme	Une supplémentation augmente les réserves de créatine musculaire, accélérant la synthèse de la PCR, améliorant ainsi la capacité d'exercice de haute intensité de courte durée <sup>60</sup> et la possibilité d'effectuer des efforts intenses répétés.
Protocole d'utilisation	Phase de charge : ~20 g/jour (divisés en quatre doses quotidiennes égales), pendant 5 à 7 jours <sup>61</sup> Phase d'entretien : 3 à 5 g/jour (dose unique) pendant toute la durée de la période de supplémentation <sup>62</sup> Remarque : la consommation concomitante d'une source mixte de protéine/CHO (~50 g de protéines et de CHO) peut augmenter l'assimilation de créatine musculaire via la stimulation de l'insuline. <sup>10</sup>
Impact sur les performances	Amélioration de la force isométrique maximale <sup>63</sup> et des performances lors d'efforts intenses uniques ou répétés (durée <150 s) ; effets plus prononcés pendant les activités <30 s. <sup>13,61</sup> Les adaptations à l'entraînement chroniques incluent des gains de masse maigre et des améliorations de la force et de la puissance musculaires. <sup>58,59</sup> Moins fréquent : performances d'endurance améliorées dues à une augmentation/amélioration de la synthèse des protéines, du stockage de glycogène et de la thermorégulation. <sup>64,65</sup> Des effets anti-inflammatoires et antioxydants potentiels sont notés. <sup>66</sup>
Considérations supplémentaires et effets secondaires potentiels	Aucun effet néfaste sur la santé n'est noté avec une utilisation de longue durée (jusqu'à 4 ans) lorsque les protocoles de charge appropriés sont suivis. <sup>67</sup> Une augmentation potentielle de 1 à 2 kg de la MC après une charge de créatine (principalement due à une rétention d'eau <sup>68,69</sup> ) peut s'avérer néfaste pour les performances d'endurance ou dans les épreuves où la MC doit être déplacée contre la gravité (p. ex. saut en hauteur, saut à la perche) ou lorsque les athlètes doivent atteindre une MC cible spécifique.
<b>Nitrate</b>	
Aperçu	Le nitrate (NO <sub>3</sub> ) est un complément populaire dont les bénéfices sont attendus dans le cadre d'un effort sous-maximal prolongé <sup>69</sup> et des efforts intenses, intermittents, de courte durée. <sup>70,71</sup>
Mécanisme	Améliore la biodisponibilité de l'oxyde nitrique (NO) via la voie NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -nitrite-NO, jouant un rôle important dans la modulation de la fonction des muscles squelettiques <sup>72</sup> Le nitrate augmente les performances sportives via une fonction améliorée des fibres musculaires de type II <sup>73</sup> ; une consommation réduite d'ATP dans la production de force musculaire ; une meilleure efficacité de la respiration mitochondriale ; un meilleur afflux de sang vers les muscles ; et une diminution de l'inadéquation entre l'afflux de sang et la consommation d'oxygène. <sup>74</sup>
Protocole d'utilisation	Les aliments riches en nitrate incluent les légumes verts à feuilles et les légumes racines, notamment les épinards, la roquette, le céleri et la betterave. Les avantages ponctuels en termes de performance s'observent généralement dans les 2 à 3 heures suivant un bolus de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> de 5 à 9 mmol (310 à 560 mg). <sup>75</sup> Des périodes prolongées d'apport de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (>3 jours) semblent également bénéfiques pour les performances <sup>70,76</sup> et peuvent constituer une stratégie pour les athlètes de haut niveau, pour qui les gains de performance via une supplémentation en NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> semblent plus durs à obtenir. <sup>77</sup>
Impact sur les performances	La supplémentation a été associée à des améliorations de 4 % à 25 % du temps d'effort avant fatigue et de 1 % à 3 % des performances en contre-la-montre d'une durée <40 min. <sup>73,78</sup> Une supplémentation est proposée pour améliorer la fonction des fibres musculaires de type II, <sup>73</sup> entraînant l'amélioration (3 % à 5 %) des activités intenses intermittentes de sport collectif d'une durée de 12 à 40 min. <sup>70,71</sup> Les preuves sont équivoques concernant tout avantage pour des épreuves durant <12 min. <sup>76,79</sup>
Considérations supplémentaires et effets secondaires potentiels	Les preuves disponibles suggèrent qu'il existe peu d'effets secondaires d'une supplémentation en nitrate. Un risque d'inconfort gastro-intestinal peut exister chez les athlètes fragiles, justifiant d'effectuer des tests à l'entraînement. Il semble y avoir une limite maximale quant à l'effet sur les performances (c.-à-d. pas de bénéfice plus élevé avec 16,8 mmol (1 041 mg) qu'avec 8,4 mmol (521 mg)). <sup>80</sup> Les gains de performance semblent plus durs à obtenir chez les athlètes de haut niveau. <sup>77</sup>
<b>β-alanine</b>	
Aperçu	La β-alanine augmente le pouvoir tampon intracellulaire, ce qui a des effets bénéfiques potentiels sur les performances lors d'un effort intense soutenu.
Mécanisme	Un précurseur limitant du tampon (musculaire) intracellulaire endogène, la carnosine ; limite l'accumulation de protons dans le muscle en contraction pendant l'effort <sup>81</sup> Une supplémentation chronique de β-alanine augmente la teneur en carnosine des muscles squelettiques. <sup>82</sup>
Protocole d'utilisation	Consommation quotidienne d'environ 65 mg/kg de MC, ingérée via un régime à doses fractionnées (c.-à-d. 0,8 à 1,6 g toutes les 3 à 4 heures) sur une période de supplémentation prolongée de 10 à 12 semaines. <sup>82</sup>

Suite

Tableau 3 Suite

Impact sur les performances	Des avantages mineurs mais potentiellement significatifs en termes de performances (~0,2 % à 3 %) pendant des efforts à la fois continus et intermittents d'une durée de 30 s à 10 min <sup>82-84</sup>
Considérations supplémentaires et effets secondaires potentiels	Une corrélation positive entre la modification de la carnosine musculaire et le gain de performance reste à établir. <sup>82</sup> D'importantes variations inter-individuelles de synthèse de carnosine musculaire ont été signalées. <sup>85</sup> L'efficacité du complément semble plus dur à obtenir chez les athlètes de haut niveau. <sup>86</sup> Des études supplémentaires sont nécessaires pour établir les protocoles d'utilisation dans diverses situations spécifiques au sport. <sup>82-87</sup> Les possibles effets secondaires négatifs incluent une éruption cutanée et/ou une paresthésie transitoire.
<b>Bicarbonate de sodium</b>	
Aperçu	Le bicarbonate de sodium augmente le pouvoir tampon extracellulaire, ce qui a des effets bénéfiques potentiels sur les performances lors d'un effort intense soutenu.
Mécanisme	Agit comme un tampon (sanguin) extracellulaire, aidant à la régulation du pH intracellulaire en augmentant le pH extracellulaire et les concentrations de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> . <sup>81-88</sup> Le gradient de pH consécutif entre les compartiments intracellulaire et extracellulaire entraîne un passage de protons et de lactate en provenance du muscle sollicité. <sup>88-89</sup>
Protocole d'utilisation	Dose ponctuelle unique de NaHCO <sub>3</sub> de 0,2 à 0,4 g/kg de MC, consommée 60 à 150 min avant l'effort. <sup>90-91</sup> Les stratégies alternatives incluent ce qui suit : Des doses fractionnées (c.-à-d. plusieurs petites doses équivalent au même apport total) prises sur une période de 30 à 180 min. <sup>92</sup> Une charge en série avec 3 à 4 doses plus petites par jour pendant 2 à 4 jours consécutifs avant une épreuve. <sup>93-95</sup>
Impact sur les performances	Performances améliorées (~2 %) dans des sprints intenses d'une durée d'environ 60 s, avec une efficacité réduite si la durée de l'effort dépasse 10 min <sup>90</sup>
Considérations supplémentaires et effets secondaires potentiels	Un inconfort gastro-intestinal peut être associé à ce complément. Les stratégies visant à minimiser l'inconfort digestif incluent ce qui suit : Coingestion d'un petit repas riche en glucides (~1,5 g/kg de MC de glucides) <sup>96</sup> Utilisation de citrate de sodium en guise d'alternative. <sup>97</sup> Stratégies de doses fractionnées ou de superposition. <sup>93-95</sup> Au vu du risque élevé d'inconfort gastro-intestinal, une étude minutieuse de la meilleure stratégie individualisée est recommandée avant toute utilisation en compétition.

### Effets indésirables

Les effets indésirables de l'utilisation de compléments peuvent être dus à un certain nombre de facteurs, notamment aux aspects de sécurité et de composition du produit en lui-même et à des modalités d'utilisation inappropriées par les athlètes. Parmi les mauvaises pratiques observées chez les athlètes figurent le mélange et/ou le cumul de différents produits sans tenir compte des doses totales de certains ingrédients ou d'interactions potentielles entre les ingrédients. Même des produits couramment utilisés peuvent avoir des effets secondaires négatifs, notamment lorsque le protocole optimal n'est pas respecté. Par exemple, une supplémentation en fer chez des personnes ayant déjà des réserves en fer suffisantes peut entraîner des symptômes pouvant débiter par des vomissements, de la diarrhée et des douleurs abdominales, et évoluer vers une hémochromatose et une insuffisance hépatique.<sup>26</sup> Le bicarbonate peut entraîner des troubles gastro-intestinaux même lorsqu'il est ingéré en quantités recommandées pour améliorer les performances ; cela peut limiter plutôt qu'améliorer les performances et amoindrir les bénéfices d'autres compléments pris en même temps.<sup>27</sup> La philosophie 'plus il y en a, mieux c'est', lorsqu'elle est appliquée à la caféine, peut entraîner des effets secondaires, parmi lesquels des nausées, de l'anxiété, une fréquence cardiaque accélérée et une insomnie, qui l'emportent sur les bénéfices apportés.<sup>28</sup> Les effets indésirables deviennent plus fréquents avec des doses de caféine >9 mg/kg de poids, alors que les bénéfices maximaux sont généralement obtenus avec des apports de 3 à 6 mg/kg.<sup>29</sup> Le risque d'effets plus graves tels que des réponses indésirables, ou potentiellement mortelles, a été illustré lors par deux incidents séparés au cours desquels de très fortes doses (jusqu'à 30 g) de caféine ont été administrées à des volontaires en bonne santé participant à des études de laboratoire (<http://www.telegraph.co.uk/news/2017/01/25/university-fined-400k-students-taking-part-coffee-experiment/>). Ces incidents étaient dus à des erreurs dans le calcul des doses : si cela peut arriver dans le cadre d'une recherche universitaire sous la supervision supposée d'un personnel expérimenté, le risque d'erreurs similaires existe clairement chez des athlètes et des entraîneurs.

Les athlètes et les staffs doivent avoir connaissance des réglementations qui régissent la fabrication et la commercialisation des compléments. Selon la DSHEA de 1994 ([https://ods.od.nih.gov/About/DSHEA\\_Wording.aspx](https://ods.od.nih.gov/About/DSHEA_Wording.aspx)) votée par le Congrès américain, les compléments alimentaires vendus aux États-Unis qui ne prétendent pas diagnostiquer, prévenir ou guérir une maladie ne sont pas

règlementés par la Food and Drugs Administration (FDA). Des réglementations similaires s'appliquent dans la plupart des autres pays, où les compléments sont soumis à la réglementation des ingrédients alimentaires plutôt que celle, plus stricte, appliquée à l'industrie pharmaceutique. Cela signifie qu'il n'y a pas d'obligation de prouver les bienfaits revendiqués, pas d'obligation de prouver l'innocuité d'une administration ponctuelle ou chronique, pas d'assurance qualité de la teneur en composants spécifiques et des exigences d'étiquetage très souples. L'existence de problèmes concernant certains compléments proposés à la vente est largement reconnue, mais les options dont disposent les responsables de la sécurité alimentaire sont limitées par la législation. La FDA fait régulièrement usage de son pouvoir pour rappeler des produits qui ne respectent pas les réglementations, même si elle reconnaît que ses ressources sont insuffisantes pour une surveillance complète, et les rappels ne surviennent généralement qu'après de nombreux préjudices subis (<https://www.fda.gov/food/recall-southbreaksemergencies/recalls/default.htm>) : elle a récemment rappelé des compléments contenant des doses excessives de vitamines A, D, B<sub>6</sub> et de sélénium en raison des taux potentiellement toxiques de ces composants. Parmi les exemples de réclamations liées aux produits, citons la présence d'impuretés, notamment de plomb, de verre cassé et de fragments de métal, due au non-respect des bonnes pratiques de fabrication. Le risque de troubles gastro-intestinaux dus à une mauvaise hygiène pendant la production et/ou la conservation des produits est également préoccupant. Bien que cela puisse sembler un inconvénient mineur, similaire aux problèmes de sécurité alimentaire, l'apparition de ces troubles lors d'une période d'entraînement ou d'une épreuve de compétition cruciale peut considérablement perturber les objectifs de performance de l'athlète. Il convient de noter, cependant, que tous ces problèmes sont aussi régulièrement signalés dans les aliments ordinaires.

Certains compléments peuvent réellement porter atteinte à la santé, mais ces préjudices sont parfois difficiles à identifier, et les produits ne sont généralement retirés qu'après la survenue d'un nombre important d'événements indésirables. Par exemple, une gamme de produits contenant de l'acide hydroxycitrique a été retirée de la vente, mais uniquement après avoir été associée au décès d'un consommateur et à un nombre important d'autres cas de toxicité hépatique, de problèmes cardiovasculaires et de crises épileptiques (<https://www.fda.gov/downloads/safety/recalls/enforcementreports/ucm169089.pdf>). L'étendue du problème est illustrée par le fait que, aux États-Unis en 2015, environ

**Tableau 4** Compléments nutritionnels pour renforcer l'immunité chez les athlètes : mécanisme d'action suggéré et preuves d'efficacité

Complément	Mécanismes d'actions suggérés	Preuves d'efficacité
Vitamine D	Il s'agit d'une vitamine liposoluble essentielle connue pour influencer plusieurs aspects de l'immunité, en particulier l'immunité naturelle (p. ex. l'expression de protéines antimicrobiennes). L'exposition de la peau à la lumière du soleil représente 90 % de la source de vitamine D.	Preuves modérées Preuves d'une carence chez certains athlètes et soldats, en particulier en hiver (exposition réduite de la peau à la lumière du soleil) Une carence a été associée à des symptômes des voies respiratoires supérieures (URS) accrus. Un apport de 1 000 UI/jour de vitamine D <sub>3</sub> est recommandé de l'automne au printemps pour maintenir un taux suffisant Preuves supplémentaires requises <sup>98</sup>
Probiotiques	Les probiotiques sont des micro-organismes vivants qui, lorsqu'administrés par voie orale pendant plusieurs semaines peuvent augmenter le nombre de bactéries bénéfiques dans l'intestin. Ces dernières ont été associées à tout un éventail de bienfaits potentiels pour la santé intestinale, ainsi qu'à une modulation de la fonction immunitaire.	Preuves modérées chez les athlètes avec une dose quotidienne d'environ ~10 <sup>10</sup> de bactéries vivantes Une revue Cochrane de 12 études (n=3 720) montre une diminution d'environ 50 % de l'incidence d'URS et un raccourcissement d'environ 2 jours des URS ; effets secondaires mineurs. Davantage de preuves sont requises pour étayer l'efficacité à réduire les troubles et infections au niveau gastro-intestinal, par exemple, chez un athlète en déplacement. <sup>23 99</sup>
Vitamine C	Il s'agit d'une vitamine anti-oxydante hydrosoluble essentielle qui élimine les dérivés actifs de l'oxygène (ROS) et augmente l'immunité. Elle réduit les réponses de l'interleukine-6 et du cortisol à l'effort chez l'homme.	Preuves modérées de 'prévention des URS' Une revue Cochrane de 5 études sur des sportifs entraînés (n=598) montre une diminution d'environ 50 % des URS avec un apport de vitamine C (0,25 à 1,0 g/jour). Preuves supplémentaires requises Incertitude quant au fait que les antioxydants atténuent l'adaptation chez les sportifs entraînés Effets relativement mineurs sur le cortisol par rapport aux glucides ; mesures de l'immunité non différentes du placebo Pas de preuves que cela 'traite les URS' Les revues Cochrane ne montrent aucun intérêt à commencer une supplémentation en vitamine C (> 200 mg/jour) après l'apparition d'URS. <sup>100 101</sup>
Glucides (boissons, gels)	Ils maintiennent la glycémie pendant l'effort, réduisent les hormones du stress et préviennent ainsi les perturbations du système immunitaire.	Preuves faibles à modérées L'ingestion de glucides (30 à 60 g/heure) atténue les hormones du stress et une partie, mais pas la totalité, des perturbations immunitaires pendant l'effort. Preuves très limitées que cela modifie le risque d'infection chez les athlètes. <sup>19 102</sup>
Colostrum bovin	Premier lait de la vache qui contient des anticorps, des facteurs de croissance et des cytokines Censé améliorer l'immunité des muqueuses et augmenter la résistance aux infections	Preuves faibles à modérées que le colostrum bovin atténue la diminution des protéines antimicrobiennes salivaires après un effort intense Certaines preuves que le colostrum bovin réduit les URS lors d'études incluant de petits nombres de participants Preuves supplémentaires requises <sup>103 104</sup>
Polyphénols, par exemple, quercétine	Il s'agit de flavonoïdes présents dans les plantes. Des études in vitro montrent de puissants effets anti-inflammatoires, antioxydants et antipathogènes. Les données animales indiquent une augmentation de la biogenèse mitochondriale et de la performance d'endurance.	Preuves faibles à modérées Les études chez l'homme montrent une certaine réduction des URS pendant de courtes périodes d'entraînement intensif et une légère stimulation de la biogenèse mitochondriale et de la performance en endurance, même si cela se limite à de petits nombres de sujets non entraînés. Influence limitée sur les marqueurs d'immunité Effet antiviral supposé de la quercétine Preuves supplémentaires requises <sup>105 106</sup>
Zinc	Il s'agit d'un minéral essentiel supposé réduire l'incidence et la durée des rhumes. Le zinc est requis pour la synthèse de l'ADN et en tant que cofacteur enzymatique pour les cellules immunitaires. Une carence en zinc affaiblit l'immunité (p. ex. atrophie lymphoïde) et n'est pas rare chez les athlètes.	Aucune preuve de 'prévention des URS' De fortes doses de zinc peuvent diminuer la fonction immunitaire et doivent être évitées. Preuves modérées que cela 'traite les URS' Une revue Cochrane montre l'efficacité des pastilles d'acétate de zinc (75 mg) pour réduire la durée des URS ; toutefois, le zinc doit être pris moins de 24 heures après l'apparition des URS et pendant la durée du rhume seulement. Les effets secondaires incluent une mauvaise haleine et des nausées. <sup>24</sup>
Glutamine	Il s'agit d'un acide aminé non essentiel qui est un substrat énergétique important pour les cellules immunitaires, en particulier les lymphocytes La glutamine circulante est réduite après un effort prolongé et un entraînement très intense.	Preuves limitées Une supplémentation avant et après l'effort ne modifie pas les perturbations immunitaires. Quelques preuves d'une réduction des URS après des épreuves d'endurance chez des concurrents ayant reçu une supplémentation en glutamine (2x5 g) Le mécanisme d'effet thérapeutique doit être étudié. <sup>107 108</sup>
Caféine	Il s'agit d'un stimulant présent dans plusieurs aliments et boissons (p. ex. café et boissons énergisantes). La caféine est un antagoniste des récepteurs de l'adénosine et les cellules immunitaires expriment des récepteurs de l'adénosine.	Preuves limitées Preuves qu'une supplémentation en caféine active les lymphocytes et atténue la baisse de la fonction des neutrophiles après l'effort Son efficacité à modifier les URS chez les athlètes reste inconnue. <sup>109 110</sup>
Échinacée	Il s'agit d'un extrait végétal censé améliorer l'immunité via des effets stimulateurs sur les macrophages. Quelques études in vitro permettent d'étayer cette hypothèse.	Preuves limitées Les premières études sur l'homme indiquaient des effets bénéfiques potentiels, mais des études plus récentes, à plus grande échelle et mieux contrôlées, n'indiquent aucun effet de l'échinacée sur l'incidence des infections ou la sévérité des symptômes du rhume. <sup>111 112</sup>
Acides gras polyinsaturés (PUFA) Oméga-3	Présents dans l'huile de poisson Peuvent influencer la fonction immunitaire en agissant comme carburant, dans leur rôle de constituants membranaires ou en régulant la formation d'eicosanoïdes, par exemple, de prostaglandine La prostaglandine est immunosuppressive. Censés avoir des effets anti-inflammatoires après l'effort	Preuves limitées d'une atténuation de l'inflammation et des modifications fonctionnelles après un effort excentrique chez l'homme et aucune preuve de réduction des URS chez les athlètes <sup>113 114</sup>
Vitamine E	Il s'agit d'une vitamine anti-oxydante liposoluble essentielle qui élimine les ROS induits par l'effort et augmente l'immunité.	Aucune preuve Effets de renforcement de l'immunité chez les personnes âgées fragiles mais aucun avantage chez les adultes jeunes en bonne santé. Une étude a en effet montré qu'une supplémentation en vitamine E augmentait les URS chez les personnes soumises à un effort intense. De fortes doses peuvent être pro-oxydantes. <sup>115 116</sup>

Suite

Tableau 4 Suite

Complément	Mécanisme d'action suggéré	Preuves d'efficacité
Béta-glucanes	Polysaccharides extraits des parois cellulaires des levures, champignons, des algues et de l'avoine qui stimulent l'immunité naturelle	Aucune preuve chez l'homme Efficaces chez des souris auxquelles on a inoculé le virus de la grippe ; cependant, les études chez des athlètes ne montrent aucun avantage. <sup>117,118</sup>

PUFA, acides gras polyinsaturés ; ROS, dérivés actifs de l'oxygène ; URS, symptômes des voies respiratoires supérieures.

23000 personnes ont été admises aux urgences suite à l'utilisation de compléments alimentaires.<sup>30</sup> Ce chiffre peut sembler important, ou peut être considéré comme faible comparé au nombre total de réactions indésirables associées à l'usage de médicaments.<sup>15</sup> Toutefois, des problèmes mineurs qui ne nécessitent pas d'assistance médicale peuvent quand même suffire à interrompre l'entraînement ou à empêcher la participation, par conséquent cette statistique sous-estime probablement le risque pour les athlètes.

La plus grosse préoccupation pour les athlètes qui concourent dans le cadre d'un code antidopage (généralement le Code mondial antidopage, tel que publié par l'AMA) est que les compléments puissent contenir des substances interdites entraînant une violation des règles antidopage (ADRV). Les athlètes, et leurs staffs, peuvent présenter un risque d'ADRV s'il existe des preuves montrant qu'ils ont utilisé ou tenté d'utiliser des produits contenant des ingrédients qui figurent sur la liste des substances interdites ([www.wada.ama.org](http://www.wada.ama.org)). Un résultat d'analyse anormal (AAF) lié à la présence d'une substance interdite dans un échantillon d'urine ('test antidopage positif') suite à l'utilisation d'un complément est un événement commun.<sup>31</sup> Des millions d'athlètes peuvent être soumis à des tests antidopage, même s'il s'agit principalement d'athlètes de niveau professionnel, national ou international. Pour ces athlètes en particulier, même si l'ingestion de la substance interdite a été involontaire, les règles de responsabilité absolue dans le cadre du Code mondial antidopage signifie qu'un AAF sera appliqué. Cela peut entraîner le retrait de médailles gagnées ou de records établis, ainsi que des sanctions financières de même que la suspension temporaire ou définitive de la compétition. Cela porte également atteinte à la réputation de l'athlète et peut entraîner une perte d'emploi et de revenu suite à des opportunités de partenariats manquées. Là où il y a eu une tricherie délibérée ou un avantage découlant de l'utilisation d'une substance interdite, ces pénalités semblent parfaitement appropriées, mais il est indéniable que certaines ADRV peuvent être dues à l'ingestion involontaire de substances interdites contenues dans des compléments alimentaires, avec des conséquences catastrophiques pour l'athlète.

Une cause fréquente d'un AAF dû à l'utilisation d'un complément vient du fait que l'athlète n'a pas su reconnaître la présence de substances interdites en lisant l'étiquette du produit. Beaucoup d'athlètes considèrent que les compléments sont 'naturels' ou 'réglementés' et par conséquent sans risque. D'autres n'ont pas connaissance des nombreux noms chimiques de certaines substances interdites et ne les reconnaissent donc pas sur l'étiquette du produit. Toutefois, la cause la plus inquiétante d'un AAF involontaire est l'utilisation de compléments qui contiennent des substances interdites sous forme d'ingrédient ou de contaminant dissimulé. Depuis la publication de l'étude phare sur la présence de substances interdites non déclarées dans les compléments,<sup>32</sup> de nombreux cas de contamination de compléments ont été signalés.<sup>31</sup> De récentes revues suggèrent que ce problème demeure<sup>33</sup> (<http://www.informed-sport.com/news/australian-supplements-survey-highlights-need-testing>). Il est difficile de se faire une idée de la véritable prévalence de la contamination des compléments. Bien que l'étude originale ait rapporté qu'environ 15 % des plus de 600 produits acquis à travers le monde contenaient des prohormones non déclarées,<sup>32</sup> cette étude et les autres incluent rarement un échantillon réellement aléatoire des compléments et aliments pour sportifs utilisés par les athlètes. Certains produits individuels ou certaines catégories de produits peuvent être considérés comme intrinsèquement plus à risque de contamination en raison de leur pays d'origine, du fabricant, du type de produit et de la palette d'ingrédients déclarés (<https://www.usada.org/substances/supplement-411/>). Néanmoins, il convient également de reconnaître que les compléments courants, tels que la vitamine C, les multivitamines et les minéraux, sont également susceptibles de contenir des substances interdites, bien que cela soit plus rare.<sup>34</sup> La palette de substances interdites décelées en tant qu'ingrédients non déclarés dans les compléments inclut désormais des produits présents dans de nombreuses sections de la Liste des substances et méthodes interdites de l'AMA, notamment des stimulants, des agents anabolisants, des modulateurs sélectifs des récepteurs des androgènes, des diurétiques, des anorexigènes et des  $\beta_2$  agonistes.<sup>33</sup>

Dans certains cas, la quantité de la substance interdite dans un complément

peut être élevée, et même supérieure à la dose thérapeutique normale. Par exemple, Geyer *et al*<sup>35</sup> ont rapporté la présence de métrandiénone (couramment appelé méthandrosténolone ou Dianabol) en grandes quantités dans un complément de 'body building' provenant d'Angleterre. La quantité recommandée du complément fournissait une dose de 10 à 43 mg ; par comparaison, la dose thérapeutique type de ce médicament était de 2,5 à 5 mg/jour,<sup>36</sup> bien que son utilisation médicale ait cessé dans la plupart des pays depuis plusieurs années. Cette quantité pourrait certainement avoir un puissant effet anabolique, mais aussi entraîner potentiellement de graves effets secondaires, y compris des effets psychiatriques et comportementaux, ainsi que des dommages significatifs à divers systèmes et organes, notamment au foie.<sup>37</sup> Contrairement à beaucoup des premiers cas concernant des stéroïdes en lien avec la nandrolone et la testostérone, cela n'est pas un taux de contamination anodin et soulève la possibilité d'une adulteration délibérée du produit dans l'intention de produire un effet mesurable sur la force et la masse musculaire. La plupart des cas d'événements indésirables signalés suite à l'utilisation de compléments concernent des problèmes hépatiques de divers degrés de sévérité, mais d'autres organes sont aussi affectés. Une étude cas-témoïn épidémiologique<sup>38</sup> a examiné le lien entre l'utilisation de compléments visant un renforcement musculaire et le risque de cancer des cellules germinales des testicules (TGCC), avec 356 cas de TGCC et 513 témoins de l'Est des États-Unis. Le risque relatif (RR) lié à l'usage de compléments était élevé (RR=1,65, IC 95 % 1,11 à 2,46), avec des liens nettement plus forts pour les prises précoces dans le temps et les longues périodes d'utilisation.

Ironiquement, les compléments qui sont contaminés avec des quantités extrêmement faibles de substances interdites, trop faibles pour avoir le moindre effet physiologique, peuvent quand même générer un test antidopage positif. Par exemple, l'ingestion de 19-norandrosténédione, un précurseur de la nandrolone, fera apparaître dans l'urine de la 19-norandrostérone, le métabolite diagnostique de la nandrolone. Si cette concentration dépasse 2 ng/ml, un AAF sera consigné.<sup>39</sup> L'ajout d'une dose aussi infime que 2,5  $\mu$ g de 19-norandrosténédione à un complément peut entraîner une concentration de 19-norandrostérone dans l'urine qui excède ce seuil.<sup>40</sup> Ces quantités sont proches des seuils de détection des méthodes d'analyse actuellement appliquées à l'analyse des compléments alimentaires, et sont bien en-dessous des niveaux de contamination jugés acceptables du point de vue de la santé et de la sécurité.

Divers efforts sont faits pour aborder ces problèmes, notamment le recours à des vérifications indépendantes pour identifier les produits que les athlètes peuvent considérés comme ayant 'peu de risque' de contenir des substances interdites. Il ne peut pas y avoir de garantie absolue

**Tableau 5** Compléments pouvant être efficaces pour la capacité d'entraînement, la récupération, les douleurs musculaires et la gestion des blessures

Mécanisme d'action suggéré du complément	Preuves d'efficacité <sup>41</sup>
<p><b>Monohydrate de créatine</b> La créatine est un nutriment naturel, consommé dans l'alimentation et synthétisé par le corps. La dose de complément recommandée est de 20 g/jour pendant 5 jours, suivie de 3 à 5 g/jour pour augmenter et maintenir concentrations musculaires de créatine élevées.<sup>119 120</sup></p>	<p>Réponse adaptative améliorée à l'effort via une expression accrue du gène de facteur de croissance (GH) et de l'eau intracellulaire Réduction des symptômes dus à, ou meilleure récupération après, un effort musculaire intense (p. ex. DOMS) Meilleure récupération après une immobilisation/inactivité extrême Amélioration des processus cognitifs Réduction du risque de/ meilleure récupération après une lésion cérébrale traumatique légère (mTBI)</p> <p>De nombreuses études ont démontré des adaptations à l'entraînement améliorées, telles qu'une augmentation de la masse maigre ou de la force, signe d'une meilleure réponse adaptative à l'effort.<sup>12 119 121</sup> Une réduction des symptômes de, ou une meilleure récupération après, un effort musculaire intense (p. ex. DOMS) ont été rapportées dans certaines études, mais pas dans toutes (voir réf<sup>122</sup>). Une meilleure récupération après une immobilisation/inactivité extrême a été signalée dans certaines études, mais pas dans toutes<sup>12</sup>. Une amélioration des processus cognitifs est rapportée dans la plupart des études, en particulier lorsque les volontaires étaient fatigués par un manque de sommeil ou des épreuves mentales/physiques<sup>11 123-125</sup>. Les effets chez les athlètes n'ont pas été bien caractérisés, et un seul groupe a essayé de transposer ces effets aux performances sportives, avec tout de même un résultat positif.<sup>126</sup> Des dommages moindres et une meilleure récupération après une mTBI sont soutenus par des essais chez les enfants<sup>127 128</sup> et des modèles animaux.<sup>129</sup> Ces données ne sont pas concluantes et d'autres recherches s'imposent. Toutefois, les athlètes présentant un risque de commotion cérébrale, qui ingèrent déjà des compléments de créatine pour obtenir des avantages musculaires ou de performance, peuvent aussi en retirer des bénéfices cérébraux importants.</p> <p>Une légère augmentation de la masse corporelle est fréquente avec une supplémentation. Cela doit être pris en compte pour les sports avec catégories/restrictions de poids ou dans lesquels une masse corporelle accrue risque de diminuer les performances.</p>
<p><b>β-hydroxy β-méthylbutyrate (HMB)</b> L'HMB est un métabolite de l'acide aminé leucine. Le dosage recommandé par le fabricant est de 3 g/jour.</p>	<p>Réponse adaptative améliorée à l'effort via une dégradation protéique réduite, une synthèse protéique accrue, une synthèse accrue du cholestérol accrue, une augmentation de l'hormone de croissance et de l'ARNm de l'IGF-I, une prolifération et une différenciation accrues des cellules satellites et une inhibition de l'apoptose<sup>130</sup></p> <p>Les effets bénéfiques de l'HMB sur la force et la masse maigre sont légers, tandis que les effets sur les dommages musculaires ne sont pas clairs.<sup>131</sup> Les récents cas signalés de gains en force, puissance et masse maigre 'semblables aux stéroïdes' et de réductions des lésions musculaires suite à une supplémentation en HMB,<sup>132-134</sup> n'ont pas été reproduits et semblent improbables.<sup>135</sup> Utilisation potentielle de l'HMB pendant une inactivité/immobilisation ou en récupération de blessure, mais ces effets n'ont été décrits que chez des adultes âgés après 10 jours passés allités.<sup>136</sup> Les avantages d'une supplémentation en HMB pourraient être plus vraisemblablement obtenus par des apports protéiques alimentaires normaux ou par des compléments de protéines complètes.<sup>137</sup> Ainsi, les compléments d'HMB ne sont sans doute pas plus efficaces que le respect des recommandations actuelles d'apport protéique.</p>
<p><b>Acides gras oméga-3</b> Environ 2 g/jour</p>	<p>Amélioration de la sphère cognitive Réduction du risque de/ meilleure récupération après une mTBI Synthèse protéique musculaire accrue Réduction des symptômes dus à, ou meilleure récupération après, un effort musculaire intense (p. ex. DOMS)</p> <p>Amélioration du fonctionnement cognitif après une supplémentation en acides gras oméga-3 observée chez des sujets âgés en bonne santé présentant une déficience cognitive légère ou sévère.<sup>138</sup> On ignore si ces avantages seraient observables chez de jeunes athlètes en bonne santé, ou comment cela se traduirait en termes de performances sportives. Les données animales montrent que les lésions structurelles et le déclin cognitif associés à une mTBI sont réduits/atténués par une supplémentation en acides gras oméga-3 lorsqu'ingérés soit avant soit après la lésion.<sup>138-140</sup> Deux études de cas étayaient ces conclusions,<sup>141 142</sup> et de vastes essais contrôlés par placebo, en double aveugle, sont actuellement en cours (ClinicalTrials.gov NCT101903525 et NCT01814527). Dans les muscles, une supplémentation en acides gras oméga-3 peut augmenter la synthèse protéique,<sup>143 144</sup> mais cet effet est moins probable si des protéines sont ingérées après l'effort en quantités recommandées.<sup>143 144</sup> Les effets anti-inflammatoires d'un apport d'acides gras oméga-3 peuvent réduire les lésions musculaires ou améliorer la récupération après un effort excentrique intense (p. ex. diminuer les DOMS), mais ce n'est pas systématique.<sup>145 146</sup> Rien n'indique qu'une diminution d'acides gras oméga-3 affecte les performances, par ailleurs des compléments à forte dose peuvent entraîner des effets indésirables.<sup>114 139</sup> Par conséquent le mieux est d'inclure dans l'alimentation de riches sources d'acides gras oméga-3, comme les poissons gras, plutôt que de prendre des compléments. Faible risque mais incertitude quant à savoir si une supplémentation doit être prise par les athlètes, au lieu d'inclure des poissons gras dans l'alimentation comme source d'acides gras oméga-3. Une consommation de compléments d'huile de poisson ou d'acides gras oméga-3 pourrait contribuer à l'ingestion de contaminants tels que des métaux lourds, ou entraîner des saignements, des problèmes digestifs et/ou une hausse du LDL.</p>

Tableau 5 Suite

Compléments	Mécanismes d'actions suggérés	Preuves d'efficacité <sup>41</sup>
Vitamine D Vitamine liposoluble essentielle L'exposition de la peau à la lumière du soleil représente normalement 90 % de la source de vitamine D.	Réponse adaptative améliorée à l'effort Diminution des fractures de fatigue	Les données sur les effets d'une supplémentation en vitamine D sur la fonction musculaire et la récupération sont équivoques, les disparités s'expliquant probablement par les différences dans les concentrations sanguines initiales de vitamine D avant la supplémentation. <sup>147-150</sup> Collectivement, ces données suggèrent fortement qu'une quantité suffisante de vitamine D joue un rôle dans le processus d'adaptation à un effort stressant. Un faible taux de vitamine D est associé à un risque 3,6 fois supérieur de fracture de fatigue chez des recrues militaires finlandaises. <sup>151</sup> Les recrues de la Marine américaine ayant reçu une supplémentation de 800 UI/jour de vitamine D <sub>3</sub> et 2 000 mg de calcium ont réduit leur incidence de fracture de fatigue de 20 %. <sup>152</sup> Davantage de données sont nécessaires, mais il apparaît que le taux de vitamine D présente un lien avec le risque de fracture de fatigue, et qu'une supplémentation, lorsque cela est justifié, peut réduire ce risque.
Gélatine et vitamine C/collagène La dose recommandée est de 5 à 15 g de gélatine avec 50 mg de vitamine C. <sup>153</sup> La dose d'hydrolysat de collagène est d'environ 10 g/jour. <sup>154 155</sup>	Production accrue de collagène Épaississement du cartilage Réduction des douleurs articulaires	Les compléments de gélatine et de collagène semblent présenter peu de risques. Peu de données disponibles, <sup>153-155</sup> mais une augmentation de la production de collagène et une réduction de la douleur articulaire semblent possibles. Les bénéfices fonctionnels, la récupération après une blessure et les effets chez les athlètes de haut niveau sont inconnus.
Compléments anti-inflammatoires Le curcuma (un constituant du safran des Indes) est souvent ingéré pour ses effets anti-inflammatoires à une dose d'environ 5 g/jour. Du jus de cerises à une dose d'environ 25 à 35 ml (30 ml si concentrée) deux fois par jour pendant 4 à 5 jours avant une épreuve sportive ou pendant 2 à 3 jours après pour favoriser la récupération	Effets anti-inflammatoires Réduction des symptômes dus à, ou meilleure récupération après, un effort musculaire intense (p. ex. DOMS)	Des diminutions des cytokines inflammatoires et/ou des marqueurs indirects de dommages musculaires avec des compléments anti-inflammatoires tels que le curcuma <sup>156-158</sup> et le jus de cerises <sup>159 160</sup> ont été rapportées. Les effets anti-inflammatoires peuvent être bénéfiques, même si les bénéfices peuvent être spécifiques au sport/à l'entraînement. Davantage de recherches sont nécessaires avant que ces composés puissent être recommandés aux athlètes.

DOMS, douleurs musculaires d'apparition retardée ; mTBI, lésion cérébrale traumatique légère (commotion cérébrale).

qu'un produit soit totalement sans risque, mais ces schémas aident l'athlète à gérer le risque. Les athlètes envisageant d'utiliser des compléments

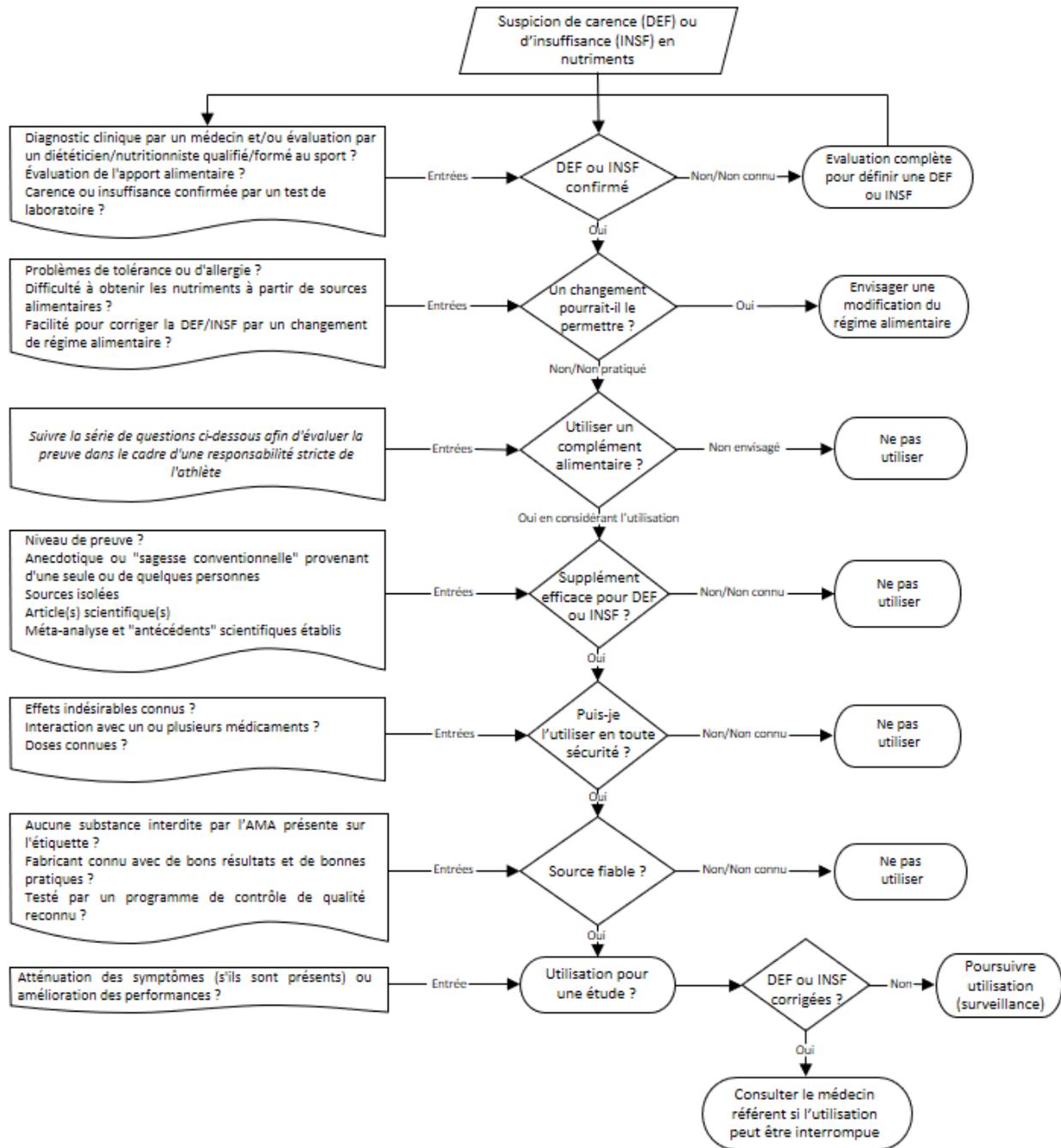
alimentaires doivent étudier très attentivement si les avantages possibles l'emportent sur les risques d'un contrôle anti-dopage positif qui pourrait mettre un terme à leur carrière.

Tableau 6 Compléments censés favoriser les changements physiques : gain de masse maigre et perte de masse grasse

Complément	Mécanisme d'action suggéré	Preuves d'efficacité <sup>25</sup>
<b>Gain de masse maigre*</b>		
Protéine Généralement composée de protéines isolées de diverses sources (lactosérum et soja le plus souvent) Dose quotidienne recommandée : 1,6 g de protéine/kg/jour optimal (jusqu'à 2,2 g/kg/jour sans effets indésirables) Doses par repas recommandées : 0,3 à 0,5 g de protéine/kg (3 à 4 fois par jour et assez rapprochées de l'effort, les doses post-effort s'avérant régulièrement efficaces)	Améliore les gains de masse maigre lorsqu'ingérée pendant des programmes de renforcement musculaire grâce à un apport accru d'éléments constitutifs (acides aminés) et de leucine en tant que déclencheur d'une augmentation de la synthèse protéique et d'une suppression de la dégradation protéique dans les muscles	Des méta-analyses ciblées sur des participants plus ou moins jeunes ont montré des effets positifs améliorant les gains de masse musculaire, <sup>161 162</sup> mais ces effets sont limités.
Leucine	Stimule la synthèse protéique et supprime la dégradation protéique dans les muscles (vraisemblablement via l'insuline)	Il existe des données mécanistiques à court terme, <sup>137</sup> mais pas d'essais de longue durée montrant une efficacité <sup>163</sup>
<b>Perte de masse grasse<sup>5</sup></b>		
Protéine Issue d'une augmentation des sources alimentaires ou d'une prise de protéines isolées en compléments	Augmente la perte de masse grasse et favorise la conservation de masse maigre	Des méta-analyses confirment des effets légers mais significatifs d'un apport accru de protéine alimentaire dans la perte de poids pour augmenter la perte de masse grasse et favoriser la conservation de masse maigre. <sup>164 165</sup>
Pyruvate	Aucune donnée	Effet léger à négligeable <sup>166</sup>
Chrome	Potentiale les actions biologiques de l'insuline	Aucun effet <sup>167</sup>
Thé vert (catéchines polyphénoliques et caféine)	Agent thermogène et/ou agent augmentant l'effet lipolytique	Effet léger à négligeable <sup>168</sup>
Acide alpha-lipoïque	Pas de rôle clair, mais antioxydant possible	Effet léger à négligeable <sup>169</sup>
Acide linoléique conjugué	Modifie la fluidité membranaire, ce qui favorise une meilleure oxydation des graisses	Effet léger à négligeable <sup>170</sup>
Fibre de konjac (glucomannane)	Polysaccharide hydrosoluble—fibre alimentaire	Effet léger à négligeable <sup>171</sup>
Acides gras polyinsaturés oméga-3	Pas de rôle clair, mais possible effet coupe-faim, circulation sanguine améliorée et/ou modulateur de l'expression des gènes	Effet léger à négligeable <sup>172</sup>
Chitosan	Agent se liant aux lipides pour réduire leur absorption	Effet léger à négligeable <sup>173</sup>

\*En association avec des programmes progressifs d'exercices de résistance.

§En association avec un déficit énergétique induit par l'effort et/ou induit par l'alimentation.



**Figure 2** Organigramme conçu pour guider la prise de décisions éclairées et réduire le risque de violation des règles antidopage pendant l'utilisation de compléments nutritionnels. DEF, carence ; INSF, insuffisance

**Implications pratiques et arbre de décision**

Les compléments alimentaires font partie intégrante du milieu du sport moderne et vont vraisemblablement le rester. Les athlètes qui prennent des compléments ne comprennent souvent pas bien leurs effets potentiels, mais les compléments ne doivent être utilisés qu'après avoir effectué une analyse coûts-bénéfices minutieuse. Sur un côté de l'arbre de décision figurent les bénéfices, la plupart d'entre eux étant la correction des carences nutritionnelles, l'atteinte des objectifs nutritionnels ou l'amélioration d'une fonction physiologique/biochimique permettant d'améliorer directement ou indirectement les performances. De l'autre côté se trouvent les coûts, la possibilité d'utiliser un complément inefficace, les risques possibles pour la santé et le risque d'ADRV. Les Figures 2 et 3 montrent un arbre de décision permettant de parvenir à une décision éclairée.

Avant de décider d'utiliser ou non un complément, les athlètes doivent examiner tous les aspects de leur préparation pour l'épreuve afin de s'assurer que le complément envisagé procure un avantage qu'aucune autre stratégie ne

peut offrir. La question de la commodité d'utilisation du complément doit aussi être étudiée : le produit est-il disponible, abordable, toléré et compatible avec les autres objectifs de l'athlète ? L'avis de du staff de l'athlète et du réseau de soutien médical/scientifique est important. Les athlètes qui n'ont pas régulièrement accès à un tel réseau doivent considérer les décisions relatives à l'utilisation de compléments comme une raison importante de consulter un expert en nutrition sportive indépendant ainsi qu'un médecin. L'analyse des preuves de l'efficacité des compléments et de leur sécurité est souvent difficile. Un bilan nutritionnel complet peut fournir une justification appropriée à l'utilisation spécifique de compléments alimentaires et d'aliments pour sportifs. Pour un petit nombre de compléments, il existe des preuves solides d'un effet sur les performances ou d'un avantage indirect pour certains athlètes dans certaines situations spécifiques avec peu ou pas de risque d'événements indésirables.<sup>28 41</sup> L'avis d'un professionnel est



Figure 3 Organigramme conçu pour guider la prise de décisions éclairées et réduire le risque de violation des règles antidopage

important pour s'assurer que l'athlète est suffisamment informé sur le protocole d'utilisation approprié de ces compléments.

Il convient aussi de noter que chaque athlète peut réagir très différemment à un complément donné, certains présentant un effet bénéfique manifeste tandis que d'autres n'en retirent aucun avantage ou constatent même un effet négatif sur leurs performances. En outre, la situation dans laquelle l'athlète souhaite utiliser le complément peut être très différente de l'utilisation indiquée. Des essais répétés peuvent être nécessaires pour établir si un véritable effet, plutôt qu'une simple variation aléatoire, est observé en réaction à une nouvelle intervention. Quelques essais-erreurs seront peut-être nécessaires pour ajuster le protocole d'utilisation en fonction des besoins de la situation d'utilisation spécifique ou de l'athlète concerné.

Les preuves étayant l'efficacité et la sécurité de bon nombre des compléments destinés aux athlètes font cependant cruellement défaut. Les fabricants de ces compléments semblent peu disposés à investir les sommes importantes requises pour réaliser une évaluation scientifique détaillée de leurs produits. Même lorsqu'il existe des preuves, il se peut qu'elles ne soient pas pertinentes pour les athlètes de haut niveau en raison des limites du protocole d'étude (comme la spécificité des tests d'effort), de la population étudiée ou du contexte d'utilisation. Omettre de vérifier la composition des compléments utilisés peut aussi donner des résultats trompeurs. Il semble raisonnable de faire preuve de prudence lors de l'utilisation de compléments, car n'importe quel composé qui a le potentiel d'améliorer la santé ou les performances sportives en altérant une fonction physiologique peut également avoir le potentiel d'entraîner des effets indésirables chez certaines personnes. Les athlètes doivent avoir des preuves solides d'un avantage en termes de

performance ou autre, et être sûrs que cela ne portera pas atteinte à leur santé, avant d'accepter le coût financier et les risques pour la santé ou les performances associés à tout complément. Enfin, l'athlète doit veiller, s'il doit utiliser des compléments ou des aliments pour sportifs, à effectuer les vérifications nécessaires pour se procurer des produits qui ont peu de risque de contenir des substances interdites.

### Conclusion

Les compléments alimentaires peuvent jouer un rôle mineur dans le plan de nutrition sportive d'un athlète. Les produits qui incluent des micronutriments essentiels, les aliments pour sportifs, les compléments pour les performances et les compléments pour la santé offrent tous potentiellement des avantages. Certains compléments, lorsqu'ils sont utilisés correctement, peuvent aider les athlètes à atteindre leurs objectifs de nutrition sportive, à s'entraîner intensément, à rester en bonne santé et à limiter le risque de blessures. Quelques compléments peuvent directement améliorer les performances en compétition. Toutefois, il faut des connaissances spécialisées pour identifier quels produits sont appropriés, comment les intégrer dans le plan de nutrition sportive de l'athlète et comment s'assurer que les avantages l'emportent sur les effets secondaires négatifs possibles, y compris le risque d'ADRV. Une analyse risques-bénéfices stricte s'appuyant sur un arbre de décision pour aborder l'efficacité, la sécurité et les risques doit identifier le petit nombre de produits susceptibles d'être bénéfiques à l'athlète. Une telle analyse nécessite la contribution d'un professionnel de la nutrition sportive bien informé.

### Affiliations des auteurs

<sup>1</sup>School of Medicine, St Andrews University, St Andrews, UK <sup>2</sup>Sports Nutrition, Australian Institute of Sport, Canberra, Australia <sup>3</sup>Mary MacKillop Institute for Health Research, Melbourne, Australia <sup>4</sup>Department of Neurology, Schulthess Clinic, Zurich, Switzerland <sup>5</sup>Department of Family & Consumer Sciences (Human Nutrition), University of Wyoming, Laramie, Wyoming, USA <sup>6</sup>School of Human Sciences (Exercise and Sport Science), The University of Western Australia, Crawley, Western Australia, Australia <sup>7</sup>Western Australian Institute of Sport, Mount Claremont, Australia <sup>8</sup>Department of Kinesiology, McMaster University, Hamilton, Canada <sup>9</sup>Department of Health, Nutrition, and Exercise Science, Messiah College, Mechanicsburg, Pennsylvania, USA <sup>10</sup>College of Health and Behavioural Sciences, Bangor University, Bangor, UK <sup>11</sup>The Norwegian Olympic and Paralympic Committee and Confederation of Sport, Oslo, Norway <sup>12</sup>Institute of Biochemistry, Center for Preventive Doping Research, German Sport University, Cologne, Germany <sup>13</sup>Human Physiology Research Group, Vrije Universiteit Brussel, Brussel, Belgium <sup>14</sup>Department of Human Biology and Movement Sciences, NUTRIM School of Nutrition and Translational Research in Metabolism, Maastricht University Medical Centre, Maastricht, The Netherlands <sup>15</sup>Human Health & Nutritional Sciences, University of Guelph, Ontario, Canada <sup>16</sup>BMJ, London, UK <sup>17</sup>Department of Science and Medicine, World Anti-Doping Agency (WADA), Montreal, Canada <sup>18</sup>English Institute of Sport, Loughborough, UK <sup>19</sup>Medical and Scientific Commission, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland <sup>20</sup>Medical and Scientific Department, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland <sup>21</sup>Anti-Doping Foundation, Stockholm, Sweden <sup>22</sup>Human Health and Nutritional Sciences, Health and Performance, Centre University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada <sup>23</sup>Medical and Scientific Commission Games Group, International Olympic Committee, Lausanne, Switzerland

**Financement** Cette recherche n'a reçu aucune subvention spécifique de la part d'un organisme de financement du secteur public, commercial ou non lucratif.

**Intérêts concurrents** Aucune déclaration. **Provenance et examen par les pairs** Non commandé ; examen externe par les pairs. **Libre accès** Il s'agit d'un article en accès libre distribué conformément à la licence Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0), qui autorise les tiers à distribuer, remanier, adapter et exploiter ce travail de façon non commerciale, et à autoriser leurs travaux dérivés sous des conditions différentes, à condition que le travail original soit correctement cité et que leur utilisation soit non commerciale. Voir : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

© Auteur(s) de l'article (ou leur(s) employeur(s) sauf indication contraire dans le texte de l'article) 2018. Tous droits réservés. Aucune utilisation commerciale n'est permise sauf autorisation expresse.

### Références

Voir article original

