



ERGYTONIC® Phytominéral

SYNERGIE PHYTOMINÉRALE

ERGYTONIC® Phytominéral (anciennement ERGYTONYL) est une synergie exclusive d'**oligoéléments et de plantes**. Le concentré d'eau de mer désodée et le lithothamne lui apportent une formulation minérale unique. Le **ginseng** favorise la vitalité et contribue à maintenir une énergie optimale. Il aide également à optimiser les **capacités physiques et mentales en cas de fatigue passagère**. L'**éleuthérocoque** et le **maté** complètent la formule.

ERGYTONIC® Phytominéral, dynamisant et revitalisant, peut être conseillé :

- Dans les états de fatigue passagère, baisse de tonus, convalescence,
- Pour optimiser la vitalité physique des seniors, des sportifs,
- Comme stimulant intellectuel (étudiants en période d'examen, seniors, ...).

CONSEILS D'UTILISATION

10 à 20 ml par jour à diluer dans
1 verre d'eau (150 ml), le matin.

*Un léger trouble ou dépôt est normal,
bien agiter avant emploi.*

*Après ouverture, se conserve 2 mois
à température ambiante.*



Réservé à l'adulte.



Déconseillé aux femmes
enceintes ou allaitantes
(ginseng).



Déconseillé aux personnes sous
traitement antidiabétique (ginseng).

Le maté contient de la caféine (<10 mg/20 ml).

INGRÉDIENTS

Solution aqueuse d'oligoéléments (eau filtrée, eau de mer concentrée désodée, extrait standardisé breveté de lithothamne - *Phymatolithon calcareum* Pall, chlorures de zinc et de chrome, gluconates de zinc, de fer et de cuivre, sulfate de manganèse, sélénite et molybdate de sodium), stabilisant : glycérol végétal ; lactate de magnésium, extraits d'éleuthérocoque (*Eleutherococcus senticosus* Rupr. et Maxim), maté (*Ilex paraguariensis* A. St-Hil) et ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer), conservateur : sorbate de potassium ; correcteur d'acidité : acide lactique ; arômes naturels.

Extraits origine UE et non UE. Sans alcool, sans sucres, sans édulcorant.

COMPOSITION pour :

	10 ml	20 ml	AR*
Ginseng	1000 mg	2000 mg**	-
Éleuthérocoque	560 mg	1120 mg**	-
Maté	280 mg	560 mg**	-
Magnésium	28 mg	56 mg	15 %
Zinc	1,5 mg	3 mg	30 %
Fer	0,03 mg	0,06 mg	0,4 %
Cuivre	0,02 mg	0,04 mg	4 %
Manganèse	0,01 mg	0,02 mg	1 %
Sélénium	3 µg	6 µg	10 %
Chrome	2,5 µg	5 µg	12 %
Molybdène	2 µg	4 µg	8 %

* Apports de Référence pour 20 ml

** En équivalence plantes sèches



PRÉSENTATION

Flacon de 250 ml : EAN 3664524001898

 La fatigue est la difficulté à initier et à maintenir l'activité en raison d'un manque d'énergie, accompagné d'un désir de se reposer. Elle est normale après un effort physique, un stress prolongé ou la privation de sommeil^[1]. Elle est un signe fréquent, mais devient **anormale lorsqu'elle perdure malgré le sommeil et le repos**^[2].

52% des Français se sentiraient fatigués, en particulier les plus jeunes (2/3 ont moins de 35 ans*). Cette perception de la fatigue a augmenté en 2024 par rapport à 2023 et 2022. 44% des consommateurs réguliers de compléments alimentaires ont pour objectif d'être en forme et avoir de la vitalité et de l'énergie. Les problèmes de vitalité, qu'ils soient liés à la **fatigue physique** ou **intellectuelle**, peuvent affecter considérablement la vie quotidienne des individus avec un niveau d'impact évalué à 7/10 en moyenne.

- La **fatigue physique** est souvent caractérisée par une sensation d'affaiblissement généralisé (74%), une perte de motivation (60%) et de l'irritabilité (59%). Ces signes rendent les activités quotidiennes plus difficiles à accomplir et affectent la qualité de vie de l'individu.

- La **fatigue intellectuelle** engendre des difficultés de concentration (53%), une baisse de moral (49%) et une sensation d'épuisement mental (48%) entraînant ensuite irritabilité (46%), anxiété et une sensibilité émotionnelle accrue.

Baromètre 2024 de la consommation des compléments alimentaires en France + Complément alimentaire et OTC : comportement des consommateurs sur l'indication vitalité. Expansion Consulteam 2024.

*Sondage Odoxa baromètre énergie-vitalité des Français, Avril 2022, échantillon de 2010 Français âgés de 18 ans et plus.

Physiologie de la fatigue

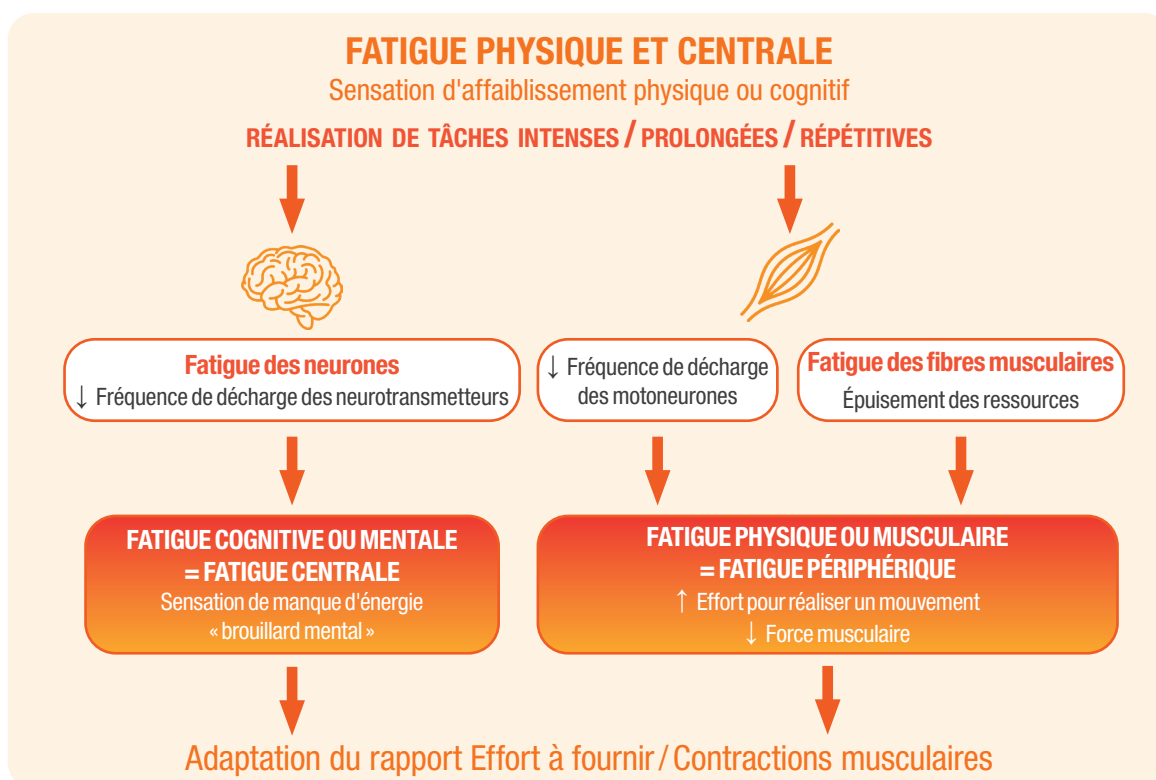
Définition et causes de la fatigue

La fatigue peut être définie comme une **sensation d'affaiblissement physique et/ou mental** qui peut survenir suite à des efforts musculaires ou cognitifs, se traduisant par une difficulté à poursuivre l'effort^[3]. Cette définition met en lumière deux types de fatigue :

- La **fatigue physique (musculaire), ou encore périphérique** : lors d'un exercice physique, augmentation de la perception de l'effort pour une puissance ou une force d'un niveau donné ; et/ou diminution de la force maximale volontaire après l'exercice.

- La **fatigue mentale (cognitive), ou encore centrale** : sensation d'épuisement et de manque d'énergie vécue après avoir réalisé une tâche cognitive intense et/ou prolongée.

La fatigue peut donc être d'origine centrale par diminution des performances cognitives ou baisse d'excitation des motoneurones, qui conduit à des contractions musculaires moins puissantes^[4]. Du cerveau jusqu'à la fibre musculaire, un **fonctionnement cellulaire ralenti** est en cause. Dans le système nerveux central, cela peut se traduire par une synthèse diminuée des neurotransmetteurs, comme la dopamine, ou une moins bonne neurotransmission. Côté périphérique, les fibres musculaires répondent moins bien. Ainsi, fatigue musculaire et fatigue cognitive sont intimement liées *via* des circuits neuronaux. Des facteurs psychologiques interviennent également, et sont capables de réguler la vitesse à laquelle on bouge, de retarder ou précipiter l'arrêt volontaire de l'effort physique. Notre cerveau intègre tous ces différents facteurs (périphériques, centraux, psychologiques), selon un traitement complexe qui implique plusieurs de ses régions. Avec pour résultat une estimation de notre niveau réel de fatigue et du rapport optimal entre coûts physiologiques et bénéfices attendus de l'effort. ... Ou comment être fatigué, mais pas trop ! Ainsi, à mesure qu'une tâche mentale ou physique se prolonge, la fatigue apparaît et se traduit par des adaptations de l'activité de notre cerveau.



Outre son origine centrale ou périphérique, la fatigue peut être catégorisée selon la durée des signes. Elle est qualifiée de récente lorsque ceux-ci durent depuis moins d'un mois ; de prolongée lorsqu'ils durent depuis plus d'un mois mais moins de six mois ; et de longue durée ou persistante lorsque les signes durent plus de six mois^[5].

Les signes généraux de la fatigue sont les suivants^[1,2,6] :

MANIFESTATIONS DE LA FATIGUE

- Faiblesse avec perte de force
- Manque de ressort ou d'énergie
- Lassitude
- Inefficacité intellectuelle avec sensation de « brouillard »
- Dégradation de la mémoire à court terme et de la concentration
- Sentiment d'épuisement
- Somnolence
- Dyspnée à l'effort
- Maux de gorge et/ou sensibilité accrue des ganglions cervicaux ou axillaires
- Douleurs musculaires et/ou articulaires
- Maux de tête diffus ou sévères

AU MOINS 4 SIGNES

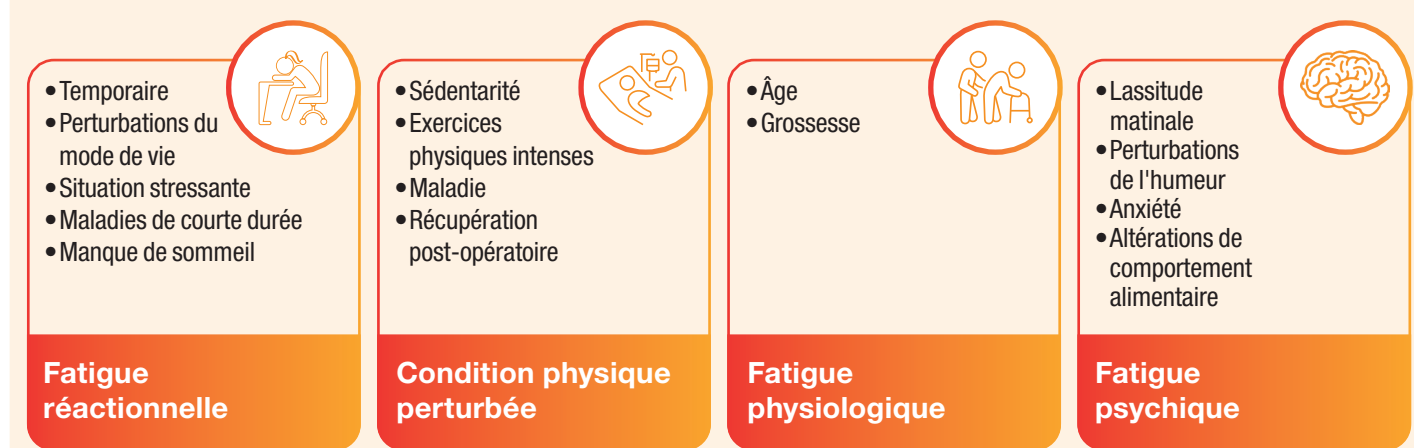


D'après Guessou et al^[5].

Se sentir fatigué après un effort physique ou une activité intellectuelle intense est normal, dans la mesure où cette sensation disparaît en se reposant. Cette fatigue, dite physiologique, peut être une bonne chose : elle contribue à la progression de nos performances ; et elle est également un signal qui nous alerte d'un risque de « surchauffe »^[3].

La fatigue peut être due à un problème de santé du corps, de santé psychique ou être réactionnelle à l'environnement. Bien souvent, elle résulte d'une intrication de ces différents facteurs.

CAUSES DE LA FATIGUE

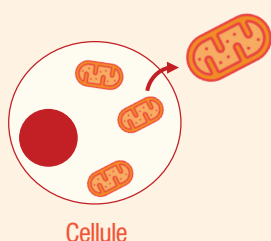


D'après ameli et Wasserman et al^[1, 2].

La centrale énergétique cellulaire: la mitochondrie

La **mitochondrie** est un organite présent dans toutes les cellules eucaryotes. Elle est le lieu de la **respiration cellulaire** : un ensemble de réactions qui permettent de convertir les nutriments en molécule énergétique, l'**Adénosine TriPhosphate** (ATP). Les mitochondries représentent environ 10% du poids corporel total chez un adulte moyen. Elles se trouvent en grande quantité dans les tissus métaboliquement actifs, comme les muscles, le cerveau et le foie, pour répondre à leurs besoins énergétiques élevés^[7]. Si leur rôle énergétique est le plus connu, les mitochondries sont au centre de nombreux aspects cellulaires. Elles assurent ainsi plusieurs fonctions : dans les voies de biosynthèse (acides gras, cholestérol, acides aminés, glucose et hème) ; dans l'homéostasie des ions, dans l'apoptose et la mort cellulaire programmée, ainsi que dans la production et la consommation de radicaux libres. Par exemple, les mitochondries sont une plaque tournante importante pour la synthèse de la quasi-totalité des acides aminés, notamment la glutamine, le glutamate, l'alanine, la proline et l'aspartate^[8]. De plus, l'étape initiale de la néogluconéogenèse, au cours de laquelle le pyruvate est converti en malate, se produit dans les mitochondries^[9,10].

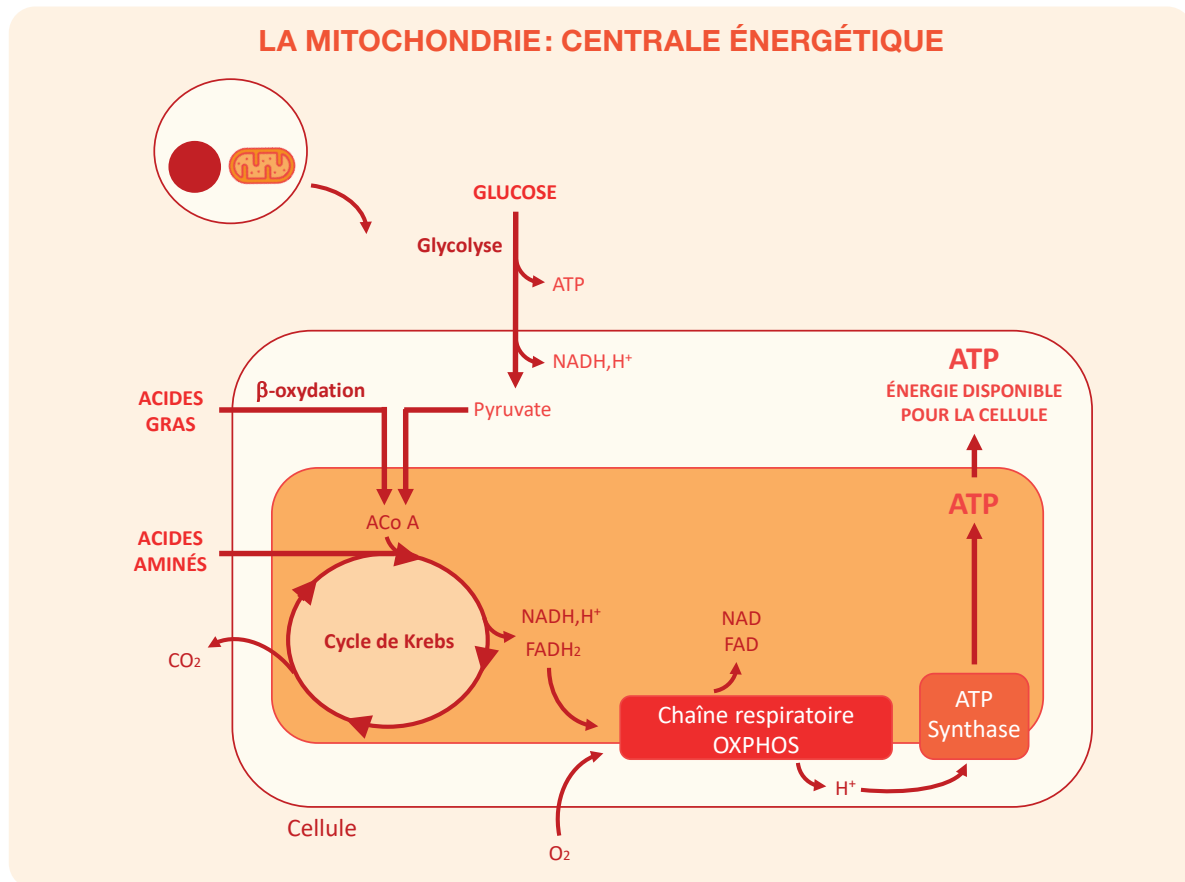
RÔLE DES MITOCHONDRIES



- Production d'énergie (ATP)
- Production / consommation des radicaux libres
- Biosynthèse des acides aminés, acides gras, cholestérol
- Homéostasie des ions (Ca^{2+})
- Apoptose et cycle cellulaire
- Activation / Inhibition de l'immunité
- Initiation néogluconéogenèse

D'après Makinde E et al, 2023^[9].

La production d'ATP par la mitochondrie comprend plusieurs étapes. Glucose, acides gras et acides aminés suivent des cascades de réactions enzymatiques dans le cytoplasme de la cellule, qui les métabolisent en molécules qui intègrent le **cycle de Krebs** dans la matrice mitochondriale. Ce cycle est un ensemble de réactions métaboliques qui génère des composés réduits (NADH , H^+ ou FADH_2). Ces derniers sont ensuite oxydés au niveau de la **chaîne respiratoire (OXPHOS)** située sur la membrane interne mitochondriale. Ils libèrent des protons H^+ en grande quantité dans l'espace inter membranaire. Cela crée ainsi un gradient de protons utilisé par une enzyme : l'ATP synthase, qui produit l'ATP^[11]. **Nous transformons environ notre propre poids corporel en ATP chaque jour, et presque tout cela est généré par les mitochondries^[12].**



D'après Bernard Get al, 2010^[13]. OXPHOS : Chaîne de phosphorylation oxydative ; ACoA : Acétyl-coenzyme A ; ATP : Adénosine Triphosphate.

Genèse de la fatigue

La **fatigue physiologique** ressentie après un effort physique est due à des phénomènes assez bien connus. Le fonctionnement musculaire nécessite la production abondante d'ATP par les mitochondries, à partir de glucose et d'oxygène. Ainsi un manque de nutriments, ou une oxygénation insuffisante par rapport aux besoins accrus entraîne logiquement une baisse de la production d'ATP et donc de la force contractile musculaire. Incidemment, il a été proposé que la fatigue intellectuelle procède de mécanismes similaires. Durant un effort cérébral soutenu, il est possible de mesurer une augmentation de consommation de glucose d'environ 12%. Le cerveau adulte consomme 20% de l'énergie disponible. Une activité intellectuelle intense modifie peu cette consommation de base déjà très importante. Pourtant, lors d'une tâche intellectuelle précise, l'IRMf (imagerie par résonance magnétique fonctionnelle) révèle des augmentations locales du signal BOLD (blood-oxygen-level-dependent signal), un signal qui reflète la quantité d'oxygène transporté au cerveau^[14]. **Cependant, le déséquilibre entre apports en nutriments et besoins énergétiques ne suffit pas à expliquer la survenue de la fatigue.**

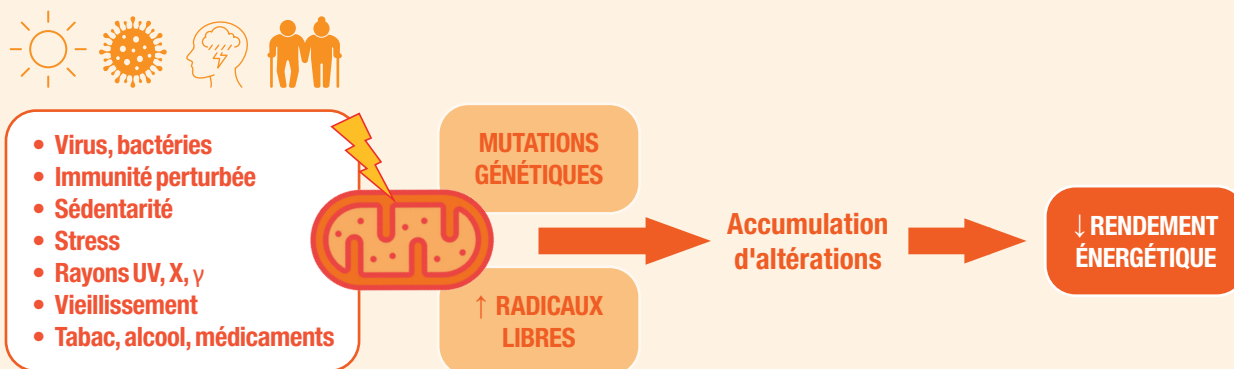
D'autres éléments sont à prendre en compte :

- Les altérations mitochondriales et cellulaires
- Le stress oxydatif
- Un terrain immunitaire perturbé

Altérations mitochondriales

Le fonctionnement des mitochondries dépend d'un équilibre fragile impliquant énormément de composants moléculaires outre les enzymes : pompes ioniques, transporteurs de calcium, ou encore canaux ioniques dépendants du voltage. Cet équilibre peut donc être altéré à de multiples niveaux. Le vieillissement cellulaire, ou encore des agressions comme le stress oxydatif et une accumulation de radicaux libres, des atteintes de l'ADN mitochondrial, peuvent entraîner une accumulation de petits dysfonctionnements mitochondriaux. Ceci peut aboutir à une réduction durable du rendement des mitochondries^[10].

GENÈSE DE LA DYSFONCTION MITOCHONDRIALE



D'après San-Millan al, Makinde E et al^[9, 10].

Stress oxydatif

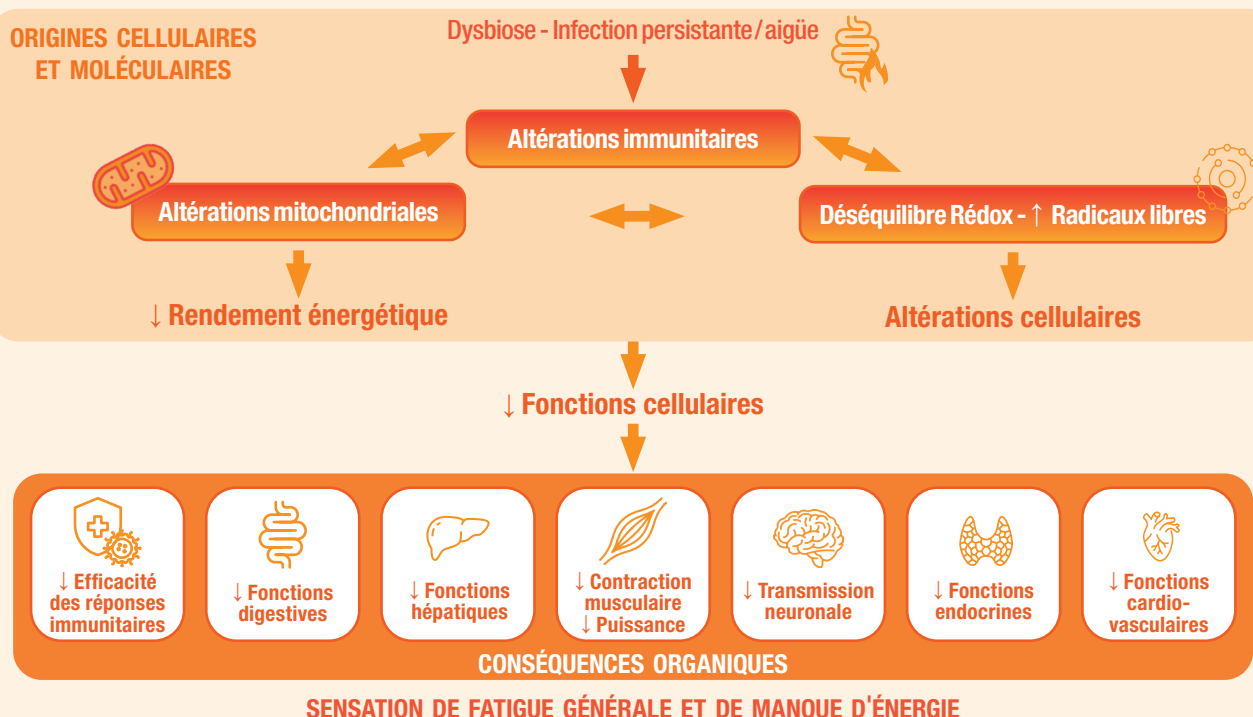
Le rôle du stress oxydatif dans la fatigue est un domaine important de recherche actuelle^[15]. Des **niveaux accrus de radicaux libres** ont été décrits^[16], avec une élévation de marqueurs comme le peroxyde d'hydrogène, la superoxyde dismutase ou le malondialdéhyde. L'hypothèse principalement retenue à ce jour serait donc que le stress oxydatif entraîne une accumulation de dysfonctionnements mitochondriaux, mais également membranaires et cellulaires. Il en résulterait une baisse globale du rendement énergétique et des fonctions cellulaires. Ce phénomène toucherait tous les types cellulaires, et expliquerait les manifestations de la fatigue à différents niveaux^[17].

Terrain immunitaire

Plusieurs travaux ont apporté des signes d'altération de la fonction des cellules immunitaires et de la signalisation immunitaire. Il a été établi un lien entre la production de cytokines et l'altération de la production d'énergie par les mitochondries. **Ainsi, un terrain immunitaire systémique déséquilibré a été proposé comme cause de la fatigue**^[18]. Par exemple, le ralentissement du temps de réaction a été corrélé aux taux d'interleukine 6 et à une activité réduite de la substance grise^[19]. De plus, L'équilibre immunitaire est directement relié à l'état d'équilibre du microbiote intestinal. Les espèces productrices d'acides gras à chaîne courte (AGCC) ont des effets plutôt bénéfiques. Les espèces productrices de lipopolysaccharides (LPS) ont des effets immunostimulants, avec des conséquences cytotoxiques et neurotoxiques. L'augmentation de ce marqueur pourrait contribuer à un terrain immunitaire sensible décrit dans la fatigue^[19,20].

Il existe en réalité une interconnexion entre 3 systèmes : immunité, système rédox et mitochondries. La sensibilité du système immunitaire est liée de manière bidirectionnelle aux déséquilibres rédox : elle produit des ROS, tandis que les déséquilibres rédox provoquent une réponse immunitaire dérégulée. Le dysfonctionnement mitochondrial, lui, exacerbe la sensibilité immunitaire et les déséquilibres rédox en augmentant la libération de cytokines telles que l'IL-1β et l'IL-18 ou en libérant de l'ADNmt dans le cytosol. De plus, les lésions mitochondriales augmentent les taux de ROS^[20]. Ce triangle génère des problématiques à différents niveaux, expliquant les manifestations associées.

BILAN DE LA PHYSIOLOGIE DE LA FATIGUE



SENSATION DE FATIGUE GÉNÉRALE ET DE MANQUE D'ÉNERGIE

Une action dynamisante naturelle

En période d'**activité intense** (examens, sport...) ou dans **les situations de faiblesse**, l'organisme se « dépasse » pour **maintenir son équilibre** et mobilise beaucoup d'énergie. Si elle se prolonge ou se répète fréquemment, cette adaptation entraîne un **épuisement des réserves de nutriments et de micronutriments**, tout en générant un stress oxydatif important à l'origine d'un **affaiblissement physique** et d'une **lassitude psychologique** (perte de motivation, difficultés de concentration, de mémorisation...).

Pour récupérer et retrouver le tonus, les plantes telles que le ginseng, l'éleuthérocoque et le maté, en synergie avec des oligoéléments agissant au niveau de la fatigue et des métabolismes énergétiques seront une réponse efficace.

Pour une vitalité physique et intellectuelle optimale : associer plantes et minéraux

Les plantes

Ginseng (*Panax ginseng*, racine)

Le ginseng est considéré depuis des milliers d'années comme **tonique général, adaptogène, améliorant la fonction physique et la vitalité générale**^[21]. Les études cliniques ont montré que son administration orale entraînait une réduction significative des scores de fatigue, une tendance à l'amélioration de la qualité de vie^[22-24] ; ainsi qu'un temps d'endurance augmenté lors d'exercice physique^[25,26]. Un grand nombre de travaux font également état d'une amélioration des performances cognitives^[27-31] : humeur équilibrée, vigilance accrue, meilleure mémoire à court-terme associées à une plus grande vitesse d'exécution des tâches attentionnelles. Les sensations subjectives de fatigue lors d'une activité mentale soutenue étaient diminuées^[30,32-35]. Plusieurs méta-analyses récentes ont conforté ces résultats^[22,36-38]. Les racines, parties actives de la plante, sont riches en saponines triterpéniques, les ginsénosides, dont il existe au moins une quarantaine de variétés identifiées à ce jour. Si de nombreuses activités moléculaires leur ont été attribuées *in vitro*, il s'est avéré que ces composés présentent une faible biodisponibilité. Pourtant les travaux réalisés *in vivo* s'accordent sur des actions à différents niveaux^[37] :

- **Actions mitochondriales** : les ginsénosides pourraient améliorer le dysfonctionnement mitochondrial^[39] et donc le rendement énergétique^[25,40]. Ils agiraient principalement sur la restauration du potentiel membranaire et l'équilibre des flux d'ions Ca^{2+} ^[41]. Ils activeraient également plusieurs enzymes du cycle de Krebs^[42-45].

- **Stimulation du système nerveux central et de l'activité cérébrale** : la prise de ginseng modulerait la synthèse du GABA et augmenterait les taux de dopamine. Elle favoriserait également la neurotransmission cholinergique dans l'hippocampe, siège des émotions^[28]. Elle stimulerait enfin l'utilisation du glucose par les neurones. Ceci expliquerait l'amélioration des processus d'apprentissage et de mémorisation^[46]. Il s'agit d'une plante adaptogène qui contribue à augmenter la résistance au stress, une action qui s'exercerait *via* l'hypothalamus et ses effets immunostimulants^[47].

- **Action antioxydante / protection cellulaire** : cette action intervient en complément de la précédente, enrayant les déséquilibres rédox en cause dans le « triangle de la fatigue »^[36,47,48]. Les ginsénosides augmentent les enzymes antioxydantes internes et agissent comme des piègeurs de radicaux libres^[26].

- **Effet anabolisant** (proximité structurale des ginsénosides et de certaines hormones stéroïdiennes) : en agissant sur les corticostéroïdes, la racine de ginseng a une action stimulante sur les organes sexuels. Le ginseng a aussi des propriétés qui contribuent

à réduire la fatigue *via* ses polysaccharides^[50,51].

- **Défenses naturelles**^[52] : l'effet bénéfique des extraits de ginseng sur le système immunitaire a été démontré de manière assez convaincante dans le cadre d'atteintes respiratoires hivernales^[45,53].

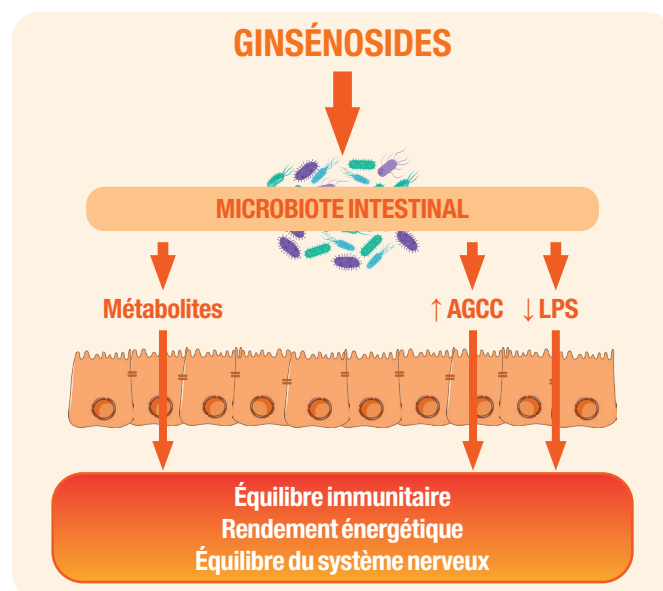
- **Équilibre des réactions immunitaires** : les ginsénosides limiteraient la surstimulation du système immunitaire qui a un impact sur la fatigue^[54-56].

La principale hypothèse avancée ces dernières années, pour expliquer ces nombreux effets pharmacologiques observés *in vivo* malgré une faible biodisponibilité, concerne le microbiote intestinal. De plus en plus d'évidences indiquent que celui-ci métabolise les ginsénosides apportés par voie orale en métabolites présentant une meilleure biodisponibilité. En parallèle, il a été démontré que l'administration de ginseng augmente les concentrations de plusieurs probiotiques producteurs d'AGCC, tout en réduisant simultanément les concentrations de bactéries délétères. Les AGCC exercent des effets neuroactifs sur les voies de signalisation intestin-cerveau, notamment les systèmes immunitaire et endocrinien.

Les effets du ginseng s'expliqueraient donc à partir d'une double voie :

- La biotransformation des ginsénosides par le microbiote en métabolites plus biodisponibles et actifs.

- L'équilibre du microbiote^[57-59], lui-même responsable d'un terrain immunitaire équilibré et ayant un impact neurologique *via* l'axe intestin-cerveau^[57-59].



L'organisation mondiale de la santé et la Coopération scientifique européenne en phytothérapie reconnaissent que l'usage du ginseng pourrait « **améliorer les capacités physiques et mentales lors de fatigue, d'épuisement, de troubles de la concentration et chez les personnes convalescentes** »^[60].

■ **Éleuthérocoque (*Eleutherococcus senticosus*)**

Arbuste de la même famille que le ginseng, l'éleuthérocoque *senticosus* est riche en éleuthérosides, mais aussi en flavonoïdes, en vitamines ou encore en polysaccharides complexes^[61].

• **Effet adaptogène et tonique général**

L'*Eleutherococcus senticosus* est une plante aux propriétés adaptogènes et toniques, elle agit comme stimulant du système nerveux central, des glandes surrénales et du système immunitaire. Elle est couramment utilisée pour son effet adaptogène^[62], qui augmente les capacités d'adaptation de l'organisme au surmenage et au stress et elle exerce une action régulatrice sur de nombreux organes. L'éleuthérocoque est également connu pour la résistance à l'effort physique^[63] ou aux tensions nerveuses et augmenter la concentration ; c'est aussi un **fortifiant général et immunitaire** très utilisé en période de convalescence.

• **Soutien des fonctions cognitives**

Les extraits de racines d'*Eleutherococcus senticosus* améliorent les conditions mentales et physiques et les fonctions de **mémoire**. Ils ont également un effet hypoglycémiant et sont modulateurs des cytokines. Les données suggèrent que la consommation d'*Eleutherococcus senticosus* **favorise la santé mentale** et contribue à la réduction de la fatigue. Il pourrait être utilisé non seulement en cas de fatigue, mais aussi en cas de problématiques du sommeil^[64]. D'autres travaux de recherches suggèrent que l'*Eleutherococcus senticosus* contient des composés connus **pour aider à diminuer la fatigue**^[65].

■ **Maté (*Ilex paraguariensis*)^[51]**

Le **yerba maté**, également appelé thé du Paraguay, est obtenu à partir des feuilles séchées et des tiges de l'arbuste à feuilles persistantes *Ilex paraguariensis*^[66].

Le yerba maté est riche en minéraux (calcium, fer, phosphore), en vitamines (B1, B2 et C), et surtout en théine et caféine, traditionnellement utilisées dans de nombreux pays d'Amérique du Sud pour contribuer à **réduire la fatigue mentale et physique**^[67]. Cet usage traditionnel est d'ailleurs reconnu par la Commission E Allemande. Le maté augmente l'attention en luttant contre somnolence et endormissement^[68]. Selon plusieurs études, le yerba maté aurait un **effet positif sur le système cardiovasculaire** et permettrait de **stimuler le système nerveux central**.

Il aurait également un **effet protecteur sur les cellules du foie**^[66,69]. En effet, il a été démontré que le thé yerba maté modifie favorablement le profil lipidique chez l'Homme^[69,70]. Les composés phénoliques auraient donc des **effets bénéfiques sur l'homéostasie lipidique**, la gestion du poids, la protection cardiovasculaire et le **contrôle de la glycémie**. Le yerba maté permettrait aussi de renforcer les défenses antioxydantes en inhibant l'expression des cytokines pro-inflammatoires. Il permettrait d'augmenter significativement la concentration d'ATP, la mesure de l'efficacité mitochondriale, ou l'ATP produit par unité

d'oxygène consommée. Cette augmentation de l'efficacité indique un état métabolique plus « couplé » dans lequel la consommation d'oxygène est plus étroitement liée à la production d'énergie^[70]. Ces trois plantes naturelles sont associées avec des oligoéléments. Ces actifs sont présents dans une solution aqueuse filtrée. Il s'agit d'une eau de mer concentrée désodée. Les principaux oligoéléments présents sont le magnésium et le zinc, mais il y a également la présence de fer, de cuivre, de manganèse, de sélénium, de chrome, de molybdène et d'extrait de lithothamne.

Les minéraux

■ **Magnésium**

• **Actions mitochondriales**

Les processus de production d'énergie cellulaire sont composés de nombreuses réactions enzymatiques dépendantes du magnésium (Mg). Les mitochondries sont d'importantes réserves intracellulaires de Mg^[71,72]. Il joue un rôle crucial dans la phosphorylation oxydative mitochondriale, couplée à la chaîne respiratoire, permettant la transformation de l'ADP en ATP au sein des cellules. Le Mg est aussi impliqué dans la glycolyse et dans la synthèse des protéines et des acides nucléiques. Le Mg agit sur les réponses immunitaires innées et acquises et agit comme médiateur dans les voies de signalisation contrôlant le développement, l'homéostasie et l'activation des cellules immunitaires. Des études émettent l'hypothèse qu'un maintien d'un équilibre optimal en Mg tout au long de la vie peut contribuer à la **prévention du stress oxydatif** et des manifestations liées au vieillissement^[73].

• **Contraction musculaire et fatigue**

La plupart des premiers signes d'un manque de Mg comprennent des manifestations neurologiques ou neuromusculaires ou encore de la fatigue. Le Mg est **nécessaire à la contraction musculaire et aux fonctions cardiorespiratoires**. Le Mg peut avoir un effet à la fois sur la fatigue physique et sur la fatigue musculaire, ce qui peut affecter les performances physiques.

Divers travaux de recherches suggèrent qu'une supplémentation en Mg contribuerait à **réduire la perception de la fatigue** et augmenterait les performances d'endurance et la force musculaire pendant un exercice^[74], ainsi que la récupération physique perçue après l'effort^[75].

■ **Zinc**

Le zinc remplit des **fonctions catalytiques, structurales et régulatrices** dans l'organisme. Il est impliqué en tant que composant et/ou cofacteur de plus de 300 métallo enzymes^[76]. Il ne peut pas être stocké de manière significative et nécessite un apport alimentaire constant. Il est impliqué dans de nombreuses fonctions physiologiques, telles que l'homéostasie d'autres minéraux (fer et cuivre), la **fonction immunitaire**, le **stress oxydatif**, l'apoptose et le vieillissement^[78,79], et également dans le métabolisme des acides gras et des lipides^[79].

• **Équilibre de la glycémie**

Le zinc est notamment impliqué dans le métabolisme des glucides par son **action sur la glycémie**, la résistance à l'insuline et les taux d'hémoglobine glyquée^[80,81]. Le zinc est nécessaire au stockage et à la sécrétion d'insuline, il stabilise sa structure et augmente

l'expression de ses récepteurs. Le zinc favorise aussi l'activité des kinases dans la cascade de l'insuline, il augmente ainsi son efficacité [82].

- **Effets bénéfiques sur le système immunitaire [83] et le système antioxydant**

Le zinc joue un rôle essentiel dans le développement et le bon fonctionnement des cellules qui assurent la **médiation de l'immunité innée et adaptative**. Plusieurs essais contrôlés randomisés ont été menés chez des personnes âgées en bonne santé. Ils démontrent qu'une supplémentation en zinc à doses faibles à modérées (de 10 à 45 mg/jour) améliore plusieurs aspects de la fonction immunitaire [84].

Selon des données scientifiques, il peut également agir en inhibant l'oxydation des macromolécules et interagir avec plusieurs enzymes essentielles au système de défense antioxydant [74].

- **Effets sur la fatigue**

Il est important de noter que la concentration sérique de zinc diminue avec l'âge. Des études suggèrent ainsi qu'une supplémentation en zinc permettrait de **réduire significativement la fatigue** chez les personnes âgées et augmenterait ses taux sériques [85, 86].

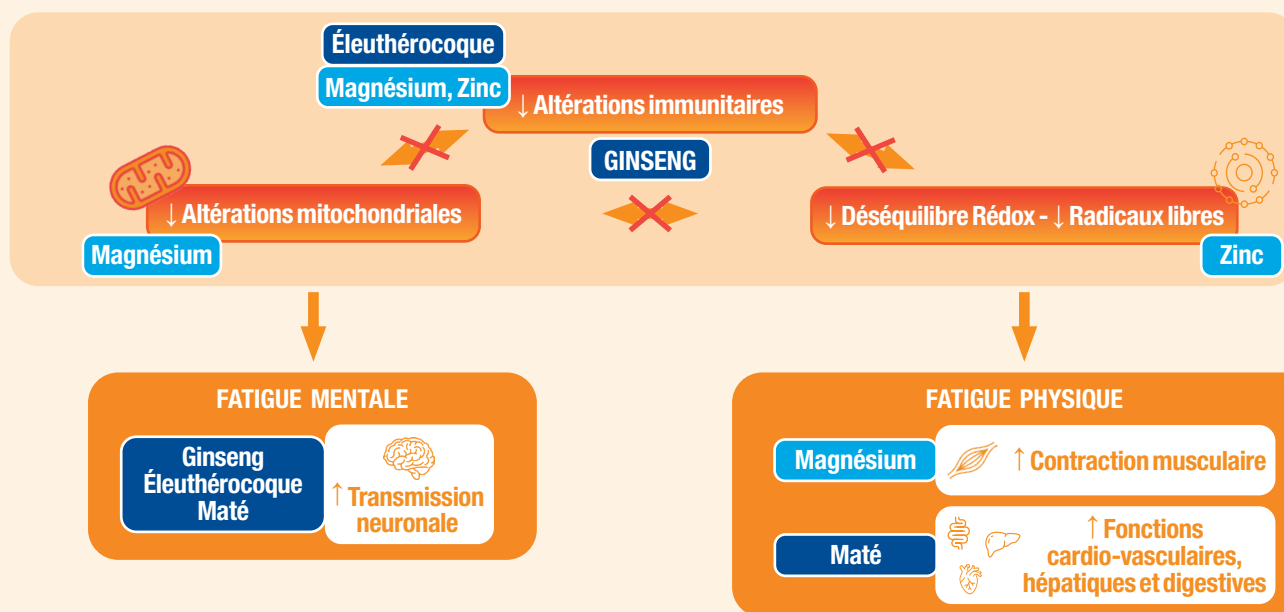
Selon une étude, le zinc sérique était significativement plus faible chez les patients atteints du SFC que chez les témoins normaux. Le zinc étant un **puissant antioxydant**, les résultats étayaient davantage les conclusions selon lesquelles le SFC s'accompagne d'un stress oxydatif accru [87].

Des statuts inadéquats en zinc peuvent donc perturber certaines fonctions, dont les altérations sont des sources indirectes de fatigue à plus ou moins long terme. Ainsi, un apport adapté en zinc a été corrélé à une **meilleure qualité de vie** chez des individus [88] et pourrait **aider à contrer le stress oxydatif** responsable de la fatigue [89, 90].

L'énergie revitalisante des plantes et minéraux en synergie

La synergie de plantes (Ginseng, Eleuthérocoque, Maté) et de minéraux (Zinc, Magnésium) contribue à **réduire la fatigue physique et mentale** en cas de **manque de tonus** ou de **baisse d'énergie**. Il s'agit d'un **dynamisant phytominéral** permettant de **retrouver de l'énergie**.

BILAN DE L'ACTION DES PLANTES ET DES MINÉRAUX



1. Wasserman, M. R. (2023). *Fatigue* (Vol. 2023). Le Manuel MSD. <https://www.msdmanuals.com/fr/professional/sujets-spéciaux/symptômes-non-spécifiques/fatigue>
2. Asthénie (fatigue) : Définition, symptômes et causes. (2025, mai 26). [Ameli.fr]. <https://www.ameli.fr/lot/assure/sante/themes/asthenie-fatigue/definition-symptomes-causes>
3. Perrey, S. (2022, juin 30). *La fatigue : Un phénomène psychophysiologique (normalement) sous contrôle*. Université de Montpellier. <https://www.umontpellier.fr/articles/la-fatigue-un-phenomene-psychophysiologique-normale-ment-sous-contrôle>
4. Sesboüé, B., & Guincestre, J.-Y. (2006). *La fatigue musculaire*. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 49(6), 257-264. <https://doi.org/10.1016/j.annrmp.2006.04.021>
5. Trautmann, A. (2021). *Mécanismes sous-jacents à la fatigue chronique, un symptôme trop souvent négligé : II. De l'immunité dérégulée à la neuroinflammation et ses conséquences*. *médecine/sciences*, 37(11), 1047-1054. <https://doi.org/10.1051/medsci/2021170>
6. Guessous, I., Favrat, B., Comuz, J., & Verdon, F. (2006). *Fatigue : Revue et approche diagnostique*. *Revue Médicale Suisse*, 2(89), 2725-2731. <https://doi.org/10.53738/REVMED.2006.2.89.2725>
7. Js, H., Sw, R., M, P., Dr, P., & Amk, C. (2023). *Mitochondria in health, disease, and aging*. *Physiological reviews*, 103(4), Article 4. <https://doi.org/10.1152/physrev.00058.2021>
8. Li, Q., & Hoppe, T. (2023). *Role of amino acid metabolism in mitochondrial homeostasis*. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 11, 1127618. <https://doi.org/10.3389/fcell.2023.1127618>
9. Makinde, E., Ma, L., Mellick, G. D., & Feng, Y. (2023). *Mitochondrial Modulators : The Defender*. *Biomolecules*, 13(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/biom13020226>
10. San-Millán, I. (2023). *The Key Role of Mitochondrial Function in Health and Disease*. *Antioxidants* (Basel, Switzerland), 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/antiox12040782>
11. Romano, A. (2013). (PDF) *Bioenergetics and Mitochondrial Dysfunction in Aging : Recent Insights For a Therapeutical Approach*. ResearchGate. <https://doi.org/10.2174/13816128113196660700>
12. Brand, M. D., Orr, A. L., Perevoshchikova, I. V., & Quinlan, C. L. (2013). *The role of mitochondrial function and cellular bioenergetics in ageing and disease*. *The British Journal of Dermatology*, 169 Suppl 2(0 2), Article 0 2. <https://doi.org/10.1111/bjd.12208>
13. Benard, G., Bellance, N., Jose, C., Melser, S., Nouette-Gaulain, K., & Rossignol, R. (2010). *Multi-site control and regulation of mitochondrial energy production*. *Biochimica Et Biophysica Acta*, 1797(6-7), Article 6-7. <https://doi.org/10.1016/j.bbabi.2010.02.030>
14. Trautmann, A. (2021). *La fatigue chronique, un symptôme trop souvent négligé : I. Une immunité dérégulée à son origine ? médecine/sciences*, 37(10), 910-919. <https://doi.org/10.1051/medsci/2021143>
15. Logan, A. C., & Wong, C. (2001). *Chronic fatigue syndrome : Oxidative stress and dietary modifications*. *Alternative Medicine Review: A Journal of Clinical Therapeutic*, 6(5), Article 5.
16. Kennedy, G., Spence, V. A., McLaren, M., Hill, A., Underwood, C., & Belch, J. J. F. (2005). *Oxidative stress levels are raised in chronic fatigue syndrome and are associated with clinical symptoms*. *Free Radical Biology & Medicine*, 39(5), Article 5. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2005.04.020>
17. Bjørklund, G., Dadar, M., Pivina, L., Dosa, M. D., Semenova, Y., & Maes, M. (2020). *Environmental, Neuro-immune, and Neuro-oxidative Stress Interactions in Chronic Fatigue Syndrome*. *Molecular Neurobiology*, 57(11), Article 11. <https://doi.org/10.1007/s12035-020-01939-w>
18. Yamano, E., Watanabe, Y., & Kataoka, Y. (2021). *Insights into Metabolite Diagnostic Biomarkers for Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3423. <https://doi.org/10.3390/ijms22073423>
19. Raizen, D. M., Mullington, J., Anacleot, C., Clarke, G., Critchley, H., Dantzer, R., Davis, R., Drew, K. L., Fessel, J., Fuller, P. M., Gibson, E. M., Harrington, M., Ian Lipkin, W., Klerman, E. B., Klimas, N., Komaroff, A. L., Koroshetz, W., Krupp, L., Kuppuswamy, A., ... Craig Heller, H. (2023). *Beyond the symptom : The biology of fatigue*. *SLEEP*, 46(9), zsad069. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad069>
20. Arron, H. E., Marsh, B. D., Kell, D. B., Khan, M. A., Jaeger, B. R., & Pretorius, E. (2024). *Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome : The biology of a neglected disease*. *Frontiers in Immunology*, 15, 1386607. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1386607>
21. Wee, J. J., Mee Park, K., & Chung, A.-S. (2011). *Biological Activities of Ginseng and Its Application to Human Health*. In I. F. F. Benzie & S. Wachtel-Galor (Éds.), *Herbal Medicine : Biomolecular and Clinical Aspects* (2nd éd.). CRC Press/Taylor & Francis. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92776/>
22. Bach, H. V., Kim, J., Myung, S. K., & Cho, Y. A. (2016). *Efficacy of Ginseng Supplements on Fatigue and Physical Performance : A Meta-analysis*. *Journal of Korean Medical Science*, 31(12), Article 12. <https://doi.org/10.3346/jkms.2016.31.12.1879>
23. Li, X., Yang, M., Zhang, Y. L., Hou, Y.-N., Smith, C. M., Korenstein, D., & Mao, J. J. (2023). *Ginseng and Ginseng Herbal Formulas for Symptomatic Management of Fatigue : A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Journal of Integrative and Complementary Medicine*, 29(8), 468-482. <https://doi.org/10.1089/jicm.2022.0532>
24. Etemadifar, M., Sayahi, F., Abtahi, S.-H., Shemshaki, H., Dorooshi, G.-A., Goodarzi, M., Akbari, M., & Fereidan-Esfahani, M. (2013). *Ginseng in the treatment of fatigue in multiple sclerosis : A randomized, placebo-controlled, double-blind pilot study*. *The International Journal of Neuroscience*, 123(7), 480-486. <https://doi.org/10.3109/00207454.2013.764499>
25. Bhattacharjee, I., & Bandyopadhyay, A. (2020). *Effects of Acute Supplementation of Panax ginseng on Endurance Performance in Healthy Adult Males of Kolkata, India*. *International Journal of Clinical and Experimental Physiology*, 7(2), 63-68. <https://doi.org/10.5530/ijcep.2020.7.2.16>
26. Lu, G., Liu, Z., Wang, X., & Wang, C. (2021). *Recent Advances in Panax ginseng C.A. Meyer as a Herb for Anti-Fatigue : An Effects and Mechanisms Review*. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(5), 1030. <https://doi.org/10.3390/foods10051030>
27. D'Angelo, L., Grimaldi, R., Caravaggi, M., Marcoli, M., Perucca, E., Lecchini, S., Frigo, G. M., & Crema, A. (1986). *A double-blind, placebo-controlled clinical study on the effect of a standardized ginseng extract on psychomotor performance in healthy volunteers*. *Journal of Ethnopharmacology*, 16(1), Article 1. [https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90063-2](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90063-2)
28. Feng, H., Xue, M., Deng, H., Cheng, S., Hu, Y., & Zhou, C. (2022). *Ginsenoside and Its Therapeutic Potential for Cognitive Impairment*. *Biomolecules*, 12(9), 1310. <https://doi.org/10.3390/biom12091310>
29. Kennedy, D. O., & Scholey, A. B. (2003). *Ginseng : Potential for the enhancement of cognitive performance and mood*. *Pharmacology, Biochemistry, and Behavior*, 75(3), Article 3. [https://doi.org/10.1016/s0091-3057\(03\)00126-6](https://doi.org/10.1016/s0091-3057(03)00126-6)
30. Kennedy, D. O., Scholey, A. B., & Wesnes, K. A. (2002). *Modulation of cognition and mood following administration of single doses of Ginkgo biloba, ginseng, and a ginkgo/ginseng combination to healthy young adults*. *Physiology & Behavior*, 75(5), Article 5. [https://doi.org/10.1016/s0031-9384\(02\)00665-0](https://doi.org/10.1016/s0031-9384(02)00665-0)
31. Sünram-Lea, S. (2005). *The effect of acute administration of 400mg of Panax ginseng on cognitive performance and mood in healthy young volunteers* | Request PDF. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/288148111_The_effect_of_acute_administration_of_400mg_of_Panax_ginseng_on_cognitive_performance_and_mood_in_healthy_young_volunteers
32. Kennedy, D. O., Scholey, A. B., & Wesnes, K. A. (2001). *Dose dependent changes in cognitive*

- performance and mood following acute administration of Ginseng to healthy young volunteers. *Nutritional Neuroscience*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.1080/1028415x.2001.11747370>
33. Reay, J. L., Kennedy, D. O., & Scholey, A. B. (2005). Single doses of *Panax ginseng* (G115) reduce blood glucose levels and improve cognitive performance during sustained mental activity. *Journal of Psychopharmacology* (Oxford, England), 19(4), Article 4. <https://doi.org/10.1177/0269881105053286>
34. Reay, J. L., Scholey, A. B., & Kennedy, D. O. (2010). *Panax ginseng* (G115) improves aspects of working memory performance and subjective ratings of calmness in healthy young adults. *Human Psychopharmacology*, 25(6), Article 6. <https://doi.org/10.1002/hup.1138>
35. Ellis, J. M., & Reddy, P. (2002). Effects of *Panax ginseng* on quality of life. *The Annals of Pharmacotherapy*, 36(3), Article 3. <https://doi.org/10.1345/aph.1A245>
36. Chen, W., Yao, P., Vong, C. T., Li, X., Chen, Z., Xiao, J., Wang, S., & Wang, Y. (2021). Ginseng : A bibliometric analysis of 40-year journey of global clinical trials. *Journal of Advanced Research*, 34, 187-197. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.07.016>
37. Jin, T.-Y., Rong, P.-Q., Liang, H.-Y., Zhang, P.-P., Zheng, G.-Q., & Lin, Y. (2020). Clinical and Preclinical Systematic Review of *Panax ginseng* C. A. Mey and Its Compounds for Fatigue. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 1031. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.01031>
38. Zhu, J., Xu, X., Zhang, X., Zhuo, Y., Chen, S., Zhong, C., Liu, M., & Wang, Z. (2022). Efficacy of ginseng supplements on disease-related fatigue : A systematic review and meta-analysis. *Medicine*, 101(26), e29767. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000029767>
39. Huang, Q., Gao, S., Zhao, D., & Li, X. (2021). Review of ginsenosides targeting mitochondrial function to treat multiple disorders : Current status and perspectives. *Journal of Ginseng Research*, 45(3), 371-379. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.12.004>
40. Fan, W., Huang, Y., Zheng, H., Li, S., Li, Z., Yuan, L., Cheng, X., He, C., & Sun, J. (2020). Ginsenosides for the treatment of metabolic syndrome and cardiovascular diseases : Pharmacology and mechanisms. *Biomedicine & Pharmacotherapy* = *Biomedecine & Pharmacotherapie*, 132, 110915. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110915>
41. Cao, X., Yao, F., Zhang, B., & Sun, X. (2023). Mitochondrial dysfunction in heart diseases : Potential therapeutic effects of *Panax ginseng*. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1218803. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1218803>
42. Li, X.-T., Chen, R., Jin, L.-M., & Chen, H.-Y. (2009). Regulation on energy metabolism and protection on mitochondria of *Panax ginseng* polysaccharide. *The American Journal of Chinese Medicine*, 37(6), Article 6. <https://doi.org/10.1142/S0192415X09007454>
43. Huang, Y., Kwan, K. K. L., Leung, K. W., Yao, P., Wang, H., Dong, T. T., & Tsim, K. W. K. (2019). Ginseng extracts modulate mitochondrial bioenergetics of live cardiomyoblasts : A functional comparison of different extraction solvents. *Journal of Ginseng Research*, 43(4), Article 4. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2018.02.002>
44. Wang, J.-R., Zhou, H., Yi, X.-Q., Jiang, Z.-H., & Liu, L. (2012). Total ginsenosides of *Radix Ginseng* modulates tricarboxylic acid cycle protein expression to enhance cardiac energy metabolism in ischemic rat heart tissues. *Molecules* (Basel, Switzerland), 17(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/molecules171112746>
45. Leung, K. W., & Wong, A. S.-T. (2010). Pharmacology of ginsenosides : A literature review. *Chinese Medicine*, 5, 20. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-5-20>
46. Lee, N.-H., & Son, C.-G. (2011). Systematic Review of Randomized Controlled Trials Evaluating the Efficacy and Safety of Ginseng. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 4(2), 85-97. [https://doi.org/10.1016/S2005-2901\(11\)60013-7](https://doi.org/10.1016/S2005-2901(11)60013-7)
47. Weltgesundheitsorganisation. (1999). WHO monographs on selected medicinal plants. Volume 1 (Vol. 1). World Health Organization. <https://www.e-lactancia.org/media/papers/Fitoterapia-WHO-01.pdf>
48. Bian, X.-B., Yu, P.-C., Yang, X.-H., Han, L., Wang, Q.-Y., Zhang, L., Zhang, L.-X., & Sun, X. (2023). The effect of ginsenosides on liver injury in preclinical studies : A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1184774. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1184774>
49. He, B., Chen, D., Zhang, X., Yang, R., Yang, Y., Chen, P., & Shen, Z. (2022). Oxidative Stress and Ginsenosides : An Update on the Molecular Mechanisms. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2022, 9299574. <https://doi.org/10.1155/2022/9299574>
50. Dai, W., Zhang, F., Jia, Z., Wei, C., Gao, P., Lu, X., Wu, Y., & Xu, G. (2011). [Evaluation of the effect of the traditional Chinese medicine tongxinluo or ginseng on excess fatigue rats studied by metabonomics approach based on liquid chromatography-mass spectrometry]. *Se Pu = Chinese Journal of Chromatography*, 29(11), 1049-1054.
51. Wang, J., Li, S., Fan, Y., Chen, Y., Liu, D., Cheng, H., Gao, X., & Zhou, Y. (2010). Anti-fatigue activity of the water-soluble polysaccharides isolated from *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Journal of Ethnopharmacology*, 130(2), 421-423. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.05.027>
52. Azike, C. G., Charpentier, P. A., Hou, J., Pei, H., & King Lui, E. M. (2011). The Yin and Yang actions of North American ginseng root in modulating the immune function of macrophages. *Chinese Medicine*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-6-21>
53. Scaglione, F., Cattaneo, G., Alessandria, M., & Cogo, R. (1996). Efficacy and safety of the standardised Ginseng extract G115 for potentiating vaccination against the influenza syndrome and protection against the common cold [corrected]. *Drugs Under Experimental and Clinical Research*, 22(2), Article 2.
54. Azike, C. G., Charpentier, P. A., Hou, J., Pei, H., & King Lui, E. M. (2011). The Yin and Yang actions of North American ginseng root in modulating the immune function of macrophages. *Chinese Medicine*, 6(1), 21. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-6-21>
55. Dai, W., Zhang, F., Jia, Z., Wei, C., Gao, P., Lu, X., Wu, Y., & Xu, G. (2011). [Evaluation of the effect of the traditional Chinese medicine tongxinluo or ginseng on excess fatigue rats studied by metabonomics approach based on liquid chromatography-mass spectrometry]. *Se Pu = Chinese Journal of Chromatography*, 29(11), 1049-1054.
56. Im, D.-S. (2020). Pro-Resolving Effect of Ginsenosides as an Anti-Inflammatory Mechanism of *Panax ginseng*. *Biomolecules*, 10(3), 444. <https://doi.org/10.3390/biom10030444>
57. Iqbal, H., Kim, Y., Jin, M., & Rhee, D.-K. (2025). Ginseng as a therapeutic target to alleviate gut and brain diseases via microbiome regulation. *Journal of Ginseng Research*, 49(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2024.04.005>
58. Zhao, X.-Y., Zhang, F., Pan, W., Yang, Y.-F., & Jiang, X.-Y. (2021). Clinical potentials of ginseng polysaccharide for treating gestational diabetes mellitus. *World Journal of Clinical Cases*, 9(19), 4959-4979. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v9.i19.4959>
59. Wang, N., & Xin, Y. (2025). Review : Gut microbiota: Therapeutic targets of ginseng polysaccharides against multiple disorders. *International Journal of Biological Macromolecules*, 287, 138527. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.138527>
60. Ginseng—Phytothérapie. (2023, février 10). VIDAL. <https://www.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/ginseng.html>
61. Zaluski, D., Smolarz, H. D., & Szpilewska, M. (2011). Eleutherosides in Aerial Parts of *Eleutherococcus Species Cultivated in Poland*. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 94(5), 1422-1426. <https://doi.org/10.1093/jaoac/94.5.1422>
62. WHO - monographs on selected medicinal plants Volume 2. (2002). World Health Organization. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/42052/9241545372.pdf>
63. Jip Kuo, Kenny Wen-Chyuan Chen, I-Shiung Cheng, Pu-Hsi Tsai, Ying-Jui Lu, & Ning-Yuean Lee. (2010). The Effect of Eight Weeks of Supplementation with *Eleutherococcus senticosus* on Endurance Capacity and Metabolism in Human. *The Chinese Journal of Physiology*, 53(2). <https://doi.org/10.4077/CJP.2010.AMK018>
64. Todorova, V., Ivanov, K., Delattre, C., Nalbantova, V., Karcheva-Bahchevanska, D., & Ivanova, S. (2021). Plant Adaptogens—History and Future Perspectives. *Nutrients*,

- 13(8), 2861. <https://doi.org/10.3390/nu13082861>
65. Cheng, J., Qiu, L., Ahmad, N., Liu, J., Tian, M., Li, C., & Zhao, C. (2023). Screening of anti-fatigue active ingredients of *Eleutherococcus senticosus* via spectrum-effect relationship based on factor analysis and LC-MS/MS. *Natural Product Research*, 37(24), 4144-4155. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2171416>
66. Lutomski, P., Goź dziewska, M., & Florek-Łuszczki, M. (2020). Health properties of Yerba Mate. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 27(2), 310-313. <https://doi.org/10.2644/aaem/119994>
67. Heck, C. I., & De Mejia, E. G. (2007). Yerba Mate Tea (*Ilex paraguariensis*) : A Comprehensive Review on Chemistry, Health Implications, and Technological Considerations. *Journal of Food Science*, 72(9). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00535.x>
68. Berté, K., Rucker, N., & Hoffmann-Ribani, R. (2011). Yerba maté *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. *Phytothérapie*, 9(3), 180-184. <https://doi.org/10.1007/s10298-011-0629-2>
69. Gawron-Gzella, A., Chanaj-Kaczmarek, J., & Cielecka-Piontek, J. (2021). Yerba Mate—A Long but Current History. *Nutrients*, 13(11), 3706. <https://doi.org/10.3390/nu13113706>
70. Walton, C. M., Saito, E. R., Warren, C. E., Larsen, J. G., Remund, N. P., Reynolds, P. R., Hansen, J. M., & Bikman, B. T. (2023). Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) Supplement Exerts Beneficial, Tissue-Specific Effects on Mitochondrial Efficiency and Redox Status in Healthy Adult Mice. *Nutrients*, 15(20), 4454. <https://doi.org/10.3390/nu15204454>
71. Yamanaka, R., Tabata, S., Shindo, Y., Hotta, K., Suzuki, K., Soga, T., & Oka, K. (2016). Mitochondrial Mg2+ homeostasis decides cellular energy metabolism and vulnerability to stress. *Scientific Reports*, 6(1), 30027. <https://doi.org/10.1038/srep30027>
72. Kubota, T., Shindo, Y., Tokuno, K., Komatsu, H., Ogawa, H., Kudo, S., Kitamura, Y., Suzuki, K., & Oka, K. (2005). Mitochondria are intracellular magnesium stores : Investigation by simultaneous fluorescent imagings in PC12 cells. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Cell Research*, 1744(1), 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2004.10.013>
73. Barbagallo, M., Veronese, N., & Dominguez, L. J. (2021). Magnesium in Aging, Health and Diseases. *Nutrients*, 13(2), 463. <https://doi.org/10.3390/nu13020463>
74. Tardy, A.-L., Pouteau, E., Marquez, D., Yilmaz, C., & Scholey, A. (2020). Vitamins and Minerals for Energy, Fatigue and Cognition : A Narrative Review of the Biochemical and Clinical Evidence. *Nutrients*, 12(1), 228. <https://doi.org/10.3390/nu12010228>
75. Reno, A. M., Green, M., Killen, L. G., O'Neal, E. K., Pritchett, K., & Hanson, Z. (2022). Effects of Magnesium Supplementation on Muscle Soreness and Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 36(8), 2198-2203. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003827>
76. Hahn, A., & Schuchardt, J. P. (2011). Minerals.
77. Chasapis, C. T., Loutsidou, A. C., Spiliopoulou, C. A., & Stefanidou, M. E. (2012). Zinc and human health : An update. *Archives of Toxicology*, 86(4), Article 4. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>
78. Chasapis, C. T., Loutsidou, A. C., Spiliopoulou, C. A., & Stefanidou, M. E. (2012). Zinc and human health : An update. *Archives of Toxicology*, 86(4), 521-534. <https://doi.org/10.1007/s00204-011-0775-1>
79. Stiles, L. I., Ferrao, K., & Mehta, K. J. (2024). Role of zinc in health and disease. *Clinical and Experimental Medicine*, 24(1), Article 1. <https://doi.org/10.1007/s10238-024-01302-6>
80. Wang, X., Wu, W., Zheng, W., Fang, X., Chen, L., Rink, L., Min, J., & Wang, F. (2019). Zinc supplementation improves glycemic control for diabetes prevention and management : A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 110(1), 76-90. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqz041>
81. Jafarnejad, S., Mahboobi, S., McFarland, L. V., Taghizadeh, M., & Rahimi, F. (2019). Meta-Analysis : Effects of Zinc Supplementation Alone or with Multi-Nutrients, on Glucose Control and Lipid Levels in Patients with Type 2 Diabetes. *Preventive Nutrition and Food Science*, 24(1), 8-23. <https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.1.8>
82. Momen-Heravi, M., Barahimi, E., Razzaghi, R., Bahmani, F., Gilasi, H. R., & Asemi, Z. (2017). Expression of Concern : The effects of zinc supplementation on wound healing and metabolic status in patients with diabetic foot ulcer: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Wound Repair and Regeneration*, 25(3), 512-520. <https://doi.org/10.1111/wrr.12537>
83. Maggini, S., Pierre, A., & Calder, P. C. (2018). Immune Function and Micronutrient Requirements Change over the Life Course. *Nutrients*, 10(10), 1531. <https://doi.org/10.3390/nu10101531>
84. J. Drake, V. (2016, novembre 7). Immunity In Depth. Linus Pauling Institute. <https://lpi.oregonstate.edu/mic/health-disease/immunity>
85. Barnish, M., Sheikh, M., & Scholey, A. (2023). Nutrient Therapy for the Improvement of Fatigue Symptoms. *Nutrients*, 15(9), 2154. <https://doi.org/10.3390/nu15092154>
86. Afzali, A., Goli, S., Moravveji, A., Bagheri, H., Mirhosseini, S., & Ebrahimi, H. (2021). The effect of zinc supplementation on fatigue among elderly community dwellers : A parallel clinical trial. *Health Science Reports*, 4(2), e301. <https://doi.org/10.1002/hsr2.301>
87. Maes, M., Mihaylova, I., & De Ruyter, M. (2006). Lower serum zinc in Chronic Fatigue Syndrome (CFS) : Relationships to immune dysfunctions and relevance for the oxidative stress status in CFS. *Journal of Affective Disorders*, 90(2-3), 141-147. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2005.11.002>
88. Ribeiro, S. M. de F., Braga, C. B. M., Peria, F. M., Martinez, E. Z., Rocha, J. J. R. da, & Cunha, S. F. C. (2017). Effects of zinc supplementation on fatigue and quality of life in patients with colorectal cancer. *Einstein (São Paulo)*, 15, 24-28. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082017A03830>
89. Afzali, A., Goli, S., Moravveji, A., Bagheri, H., Mirhosseini, S., & Ebrahimi, H. (2021). The effect of zinc supplementation on fatigue among elderly community dwellers : A parallel clinical trial. *Health Science Reports*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.1002/hsr2.301>
90. Maes, M., Mihaylova, I., & De Ruyter, M. (2006). Lower serum zinc in Chronic Fatigue Syndrome (CFS) : Relationships to immune dysfunctions and relevance for the oxidative stress status in CFS. *Journal of Affective Disorders*, 90(2-3), Article 2-3. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2005.11.002>