



# La Glutamine chez les Sportifs : Une Analyse Scientifique Complète

## Résumé Exécutif

La glutamine est un acide aminé non-essentiel qui représente **60% de la composition du muscle** squelettique et joue un rôle pivot dans le métabolisme énergétique et la récupération athlétique. Bien que largement utilisée par les sportifs, l'efficacité de sa supplémentation reste **nuancée et contexte-dépendante**. Les preuves scientifiques les plus solides soutiennent son utilisation pour renforcer l'immunité et réduire les dommages musculaires, tandis que les preuves concernant la performance directe restent faibles. Cette analyse synthétise 80+ sources scientifiques pour guider les décisions nutritionnelles basées sur la littérature peer-reviewed.

## Qu'est-ce que la Glutamine ? Fondamentaux Physiologiques

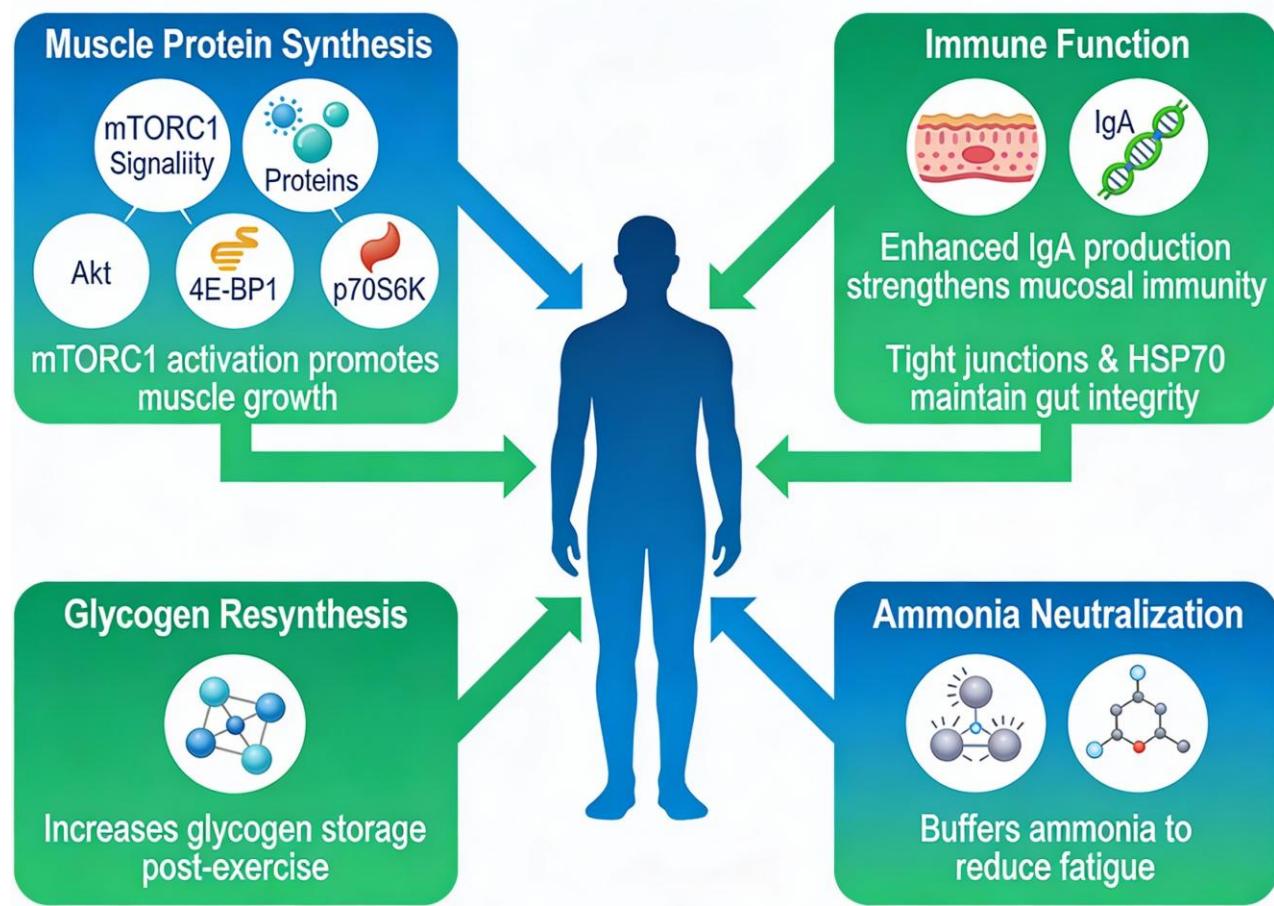
La glutamine est un acide aminé formé principalement dans le muscle squelettique à partir de la glutamate et ammoniaque. Elle remplit multiple rôles métaboliques critiques:<sup>[1][2]</sup>

- **Source énergétique** : Substrat de glucose pour le muscle lors d'efforts intensifs et prolongés<sup>[3]</sup>

- **Synthèse protéique** : Constituent majeur du muscle et cofacteur de voies anaboliques<sup>[4][5]</sup>
- **Immunité** : Source énergétique primaire pour les lymphocytes et cellules immunitaires<sup>[2][1]</sup>
- **Synthèse du glycogène** : Contribue à la reconstitution des réserves énergétiques musculaires<sup>[6]</sup>
- **Santé intestinale** : Principal carburant des cellules intestinales et maintien de la barrière épithéliale<sup>[7]</sup>

Pendant l'exercice intense, les besoins en glutamine augmentent drastiquement. Des études montrent que les concentrations plasmatiques de glutamine diminuent de façon significative après l'exercice, et les niveaux musculaires peuvent **chuter de 50% après un entraînement de musculation intensif**. Cette déplétion est particulièrement critique chez les athlètes en surentraînement, où les niveaux de glutamine plasmatique peuvent rester **bas pendant des mois ou des années.**<sup>[8][9]</sup>

## Mécanismes Physiologiques de la Glutamine dans la Récupération Musculaire



## Mécanismes d'Action de la Glutamine chez les Athlètes

La glutamine exerce ses effets sur la récupération musculaire via plusieurs voies moléculaires identifiées :

### 1. Stimulation de la Synthèse Protéique Musculaire

La glutamine active la **voie de signalisation mTORC1**, un régulateur clé de la croissance musculaire. Des études en rats montrent que la supplémentation en glutamine augmente la phosphorylation des protéines critiques (Akt, 4E-BP1, p70S6K, S6), résultant en une **augmentation significative de la surface transversale des fibres musculaires**. Ces changements moléculaires sont associés à l'activation des voies anaboliques essentielles à la synthèse protéique musculaire.<sup>[4][5][10]</sup>

### 2. Réduction de la Dégradation Protéique

Au-delà de stimuler la synthèse, la glutamine **supprime la dégradation protéique** en réduisant l'activité du protéasome 26S, la machinerie cellulaire responsable de la destruction protéique. Cet effet anticatabolique est particulièrement valuable dans les conditions de stress métabolique post-exercice.<sup>[5][10]</sup>

### 3. Protection de la Barrière Intestinale

C'est ici que les preuves les plus robustes émergent. Des études montrent que 7 jours de supplémentation en glutamine réduisent de façon **complète l'augmentation de la perméabilité intestinale** induite par l'exercice de haute intensité. Le mécanisme implique l'activation de la **réponse aux protéines de choc thermique (HSP70)**, qui stabilise les protéines des jonctions serrées (occludin) et maintient l'intégrité épithéliale. Cet effet protecteur est particulièrement pertinent car l'exercice intense peut augmenter la perméabilité intestinale, favorisant la translocation bactérienne et l'inflammation systémique.<sup>[7]</sup>

### 4. Synthèse du Glycogène

La glutamine contribue au processus de resynthèse du glycogène via plusieurs mécanismes : voies gluconéogeniques et signalisation métabolique directe. Un étude classique a montré que le contenu en glycogène musculaire était **plus élevé de 2 heures post-exercice chez les sujets traités à la glutamine** comparé à d'autres groupes.<sup>[11]</sup>

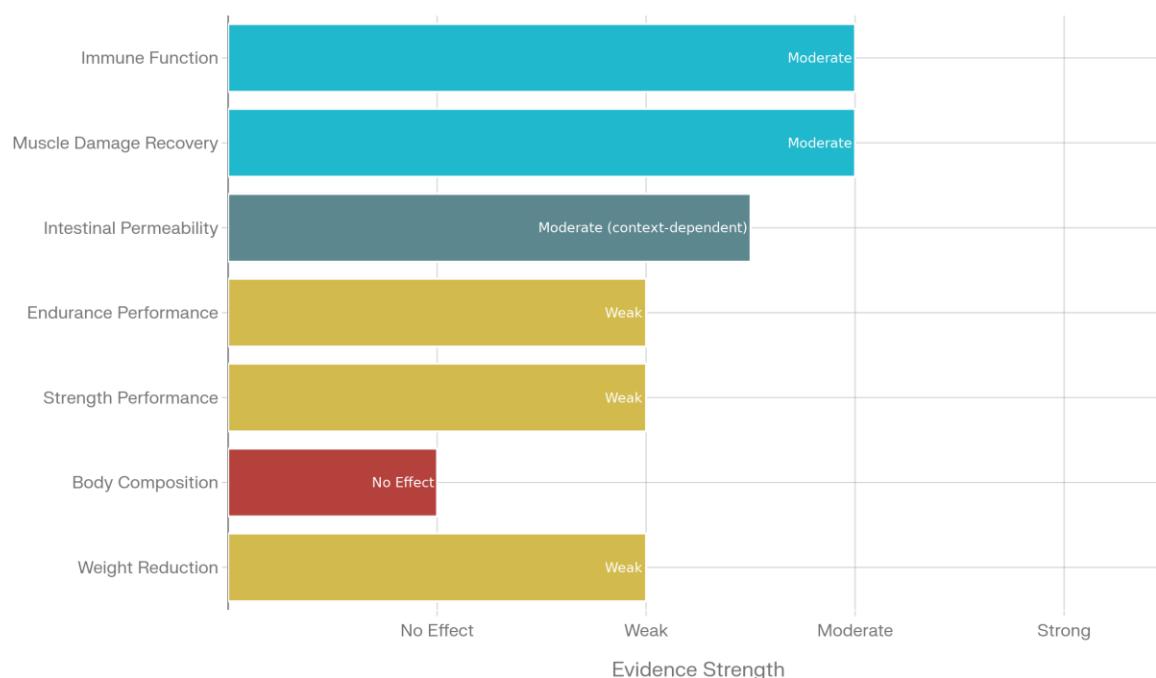
## 5. Neutralisation de l'Ammoniaque

Pendant l'exercice intensif, l'ammoniaque s'accumule et peut contribuer à la fatigue. La glutamine neutralise cet ammoniaque via la **synthesis de glutamate amido-glutamine synthétase**, réduisant la sensation de fatigue et permettant une durée d'effort prolongée.<sup>[12][11]</sup>

### Efficacité Scientifique : Analyse des Résultats par Domaine

#### Glutamine Supplementation Shows Moderate Evidence (Athletic Outcomes)

Strongest support for immune and recovery benefits



Efficacité de la Supplémentation en Glutamine selon les Domaines Athlétiques

### Immunité et Santé Infectieuse : Preuves Modérées à Fortes

Les preuves les plus convaincantes pour la glutamine concernent la **fonction immunitaire muqueuse**. Une étude prospective randomisée chez des athlètes de sports de combat montre que **trois semaines de supplémentation en L-glutamine (0.3 g/kg de poids corporel)** ont significativement :<sup>[11]</sup>

- **Augmenté les concentrations de IgA salivaire** (anticorps muqueux critique pour l'immunité locale)

- **Augmenté les niveaux de monoxyde d'azote (NO)** (signalant immunitaire protecteur)
- **Réduit l'incidence d'infections respiratoires des voies supérieures (URTI)** chez les athlètes entraînés intensément
- **Amélioré le bien-être général et la qualité de récupération**

Ces résultats sont confirmés par une étude complémentaire montrant que la glutamine supprime effectivement la **cascade inflammatoire pro-inflammatoire en inhibant la translocation de NF-κB** dans les cellules mononucléaires périphériques.<sup>[7]</sup>

Un résultat particulièrement intéressant : les niveaux de cortisol (hormone de stress) **n'augmentaient pas chez les athlètes prenant une supplémentation en glutamine**, suggérant un **effet protecteur sur la fonction immunitaire** lors du stress métabolique.<sup>[13]</sup>

## **Récupération des Dommages Musculaires : Preuves Modérées**

Les données sur la réduction des marqueurs de dommages musculaires sont robustes mais montrent une **variation importante selon le timing d'administration** :<sup>[14]</sup>

**Après entraînement intensif vs avant :** Une étude comparative montrant que la glutamine est **beaucoup plus efficace comme traitement post-exercice** que comme prévention pré-exercice. Les résultats :

- **Groupe traitement post-exercice** : réduction significative des marqueurs de dommages musculaires (créatine kinase, myoglobine)
- **Groupe prévention pré-exercice** : réduction moins importante

Cela suggère que le **timing optimal est post-exercice immédiatement après** l'entraînement.<sup>[14]</sup>

**Basket-ball professionnel :** Une étude chez les joueurs de basket montre qu'**6 g/jour de glutamine pendant 40 jours** résultait en niveaux **significativement plus bas de marqueurs de dommages musculaires** comparé au placebo.<sup>[13]</sup>

## **Perméabilité Intestinale : Preuves Modérées (Hautement Contextuelles)**

La perméabilité intestinale est une zone où le **dosage et la durée sont critiques** :<sup>[15][16]</sup>

- **Dosages > 30 g/jour pendant < 2 semaines** : réduction **significative et vérifiable** de la perméabilité intestinale

- **Dosages plus bas** : pas d'effet significatif
- **Durée prolongée (> 2 semaines)** : les données deviennent moins robustes

Cette découverte explique pourquoi certaines études trouvent un effet et d'autres non - le contexte de dosage est crucial.<sup>[16][15]</sup>

## **Performance Aérobie : Aucun Effet Significatif Démontré**

La littérature est univoque : **la glutamine n'améliore pas significativement la capacité aérobie ou VO<sub>2max</sub>.** Une méta-analyse incluant 25 essais randomisés conclut qu'il n'y a **pas d'association entre l'ingestion de glutamine et d'autres résultats de performance** en termes de puissance aérobie.<sup>[17][18]</sup>

Cependant, une nuance importante : chez les athlètes d'endurance, la glutamine peut améliorer **la perception de la fatigue** (RPE - rating of perceived exertion) et les **paramètres métaboliques** sans changer les mesures de performance objective.<sup>[19][11]</sup>

## **Performance en Force-Puissance : Pas d'Amélioration Directe de la Force**

Contrairement aux suppléments comme les acides aminés à chaîne ramifiée (BCAA), la glutamine ne stimule **pas directement la synthèse protéique musculaire au repos ou post-exercice.** Une analyse computationnelle de la nutrition affirmant que "la glutamine commune n'est pas un supplément efficace dans le contexte de l'augmentation de la synthèse protéique et donc de la masse musculaire".<sup>[20]</sup>

## **Composition Corporelle : Pas de Changement Significatif**

Les méta-analyses ne trouvent **aucun effet sur la masse musculaire maigre, le pourcentage de graisse corporelle, ou la composition corporelle.** La seule exception mineure : une **légère réduction de poids** a été observée dans certaines études, un résultat probablement confondant d'autres variables de régime.<sup>[17][18]</sup>

## **Résultats Contradictoires : Comprendre la Variation**

Un problème central dans la littérature sur la glutamine est la **variation significative entre les études.** Plusieurs facteurs expliquent ces incohérences :

### **1. Type de Glutamine : Libre vs Dipeptide Alanyl-Glutamine**

Il existe deux formes principales :<sup>[21][22][11]</sup>

### **Glutamine Libre (L-glutamine):**

- Forme la plus commune et la moins onéreuse
- Problème : faible biodisponibilité (grande partie absorbée par les cellules intestinales, peu atteignant la circulation systémique)
- Taux d'absorption limités

### **Dipeptide Alanyl-Glutamine (Ala-Gln) :**

- Forme liée à lalanine créant un dipeptide stable
- **Avantage majeur** : absorbé via le transporteur PepT-1 plus efficacement que la glutamine libre<sup>[11]</sup>
- Résultats : **augmentation plasma, muscle et foie de la glutamine + 30-50% supérieure** à la glutamine libre<sup>[11]</sup>
- Meilleure stabilité en solution et à pH bas - idéale pour les boissons de sport

Les études utilisant le dipeptide rapportent généralement des résultats plus consistants et reproductibles.<sup>[11]</sup>

## **2. Dosage et Durée**

Les résultats dépendent fortement du **dosage et de la durée de traitement** :<sup>[17][16]</sup>

- **Faibles doses (< 5-10g/jour)** : résultats mitigés
- **Doses modérées (5-15g/jour)** : résultats positifs sur immunité et récupération
- **Doses élevées (> 30g/jour)** : nécessaires pour certains effets (perméabilité intestinale)
- **Durée courte (1-7 jours)** : effets observés pour la perméabilité intestinale
- **Durée longue (3+ semaines)** : résultats plus robustes pour limmunité et la récupération

## **3. Population et Type d'Entraînement**

L'efficacité varie par type d'athlète :<sup>[1][19][23][24]</sup>

- **Sports de combat** (arts martiaux, boxe) : preuves fortes pour limmunité et la réduction URTI

- **Endurance** (course, cyclisme, triathlon) : preuves modérées pour réduction de fatigue
- **Force-puissance** (musculation, haltérophilie) : preuves faibles pour l'hypertrophie directe
- **Athlètes en surentraînement** : bénéfices importants pour la stabilisation de la glutamine et l'immunité

## 4. Études Mono-centres vs Multi-centres

Une découverte troublante de la littérature : les **études single-center rapportent des bénéfices significativement plus importants** que les études multi-center. Cela suggère que certains résultats positifs peuvent être liés à des biais méthodologiques plutôt qu'à de vrais effets physiologiques.<sup>[25]</sup>

## Dosages Recommandés et Application Pratique

### Glutamine Dosage Guidelines for Athletes

Training Type	Dosage (g/day)	Duration	Timing	Benefits
Moderate Training	5g/day	Ongoing	Post-workout ideally	Immune maintenance
Intensive Training	10-15g/day	Training blocks	Spread throughout day	Enhanced recovery
Combat Sports (High Volume)	0.3g/kg body weight	3 weeks min	Daily at same time	Reduced URTI, improved hormones
Endurance Sports (>60min)	5-10g/day	Throughout season	During/post exercise	Fatigue reduction, glycogen
After Exhaustive Exercise	Post-workout dose	Single dose	Immediately after	Muscle damage reduction
Overtraining Risk	Variable	Extended	Daily	Stabilize glutamine levels
Recovery Phase	5-10g/day	2-4 weeks	Post-workout	Restore depleted stores

Guide Pratique des Dosages de Glutamine pour Différents Profils d'Athlètes

## Recommandations par Profil d'Athlète

Entraînement Modéré (3-5 jours/semaine, intensité faible à modérée) :

- **Dosage** : 5 g/jour
- **Timing** : Post-entraînement idéalement
- **Durée** : Année-long si performance immunitaire est priorité
- **Bénéfice attendu** : Maintien de la fonction immunitaire

#### **Entraînement Intensif (5-6 jours/semaine, haute intensité) :**

- **Dosage** : 10-15 g/jour (ou 0.1-0.2 g/kg de poids corporel)
- **Timing** : Répartir sur la journée, priorité post-exercice
- **Durée** : Blocs de 4-8 semaines pendant les phases de concentration
- **Bénéfice attendu** : Réduction des dommages musculaires, récupération accélérée

#### **Sports de Combat (Boxe, MMA, Judo) :<sup>[11]</sup>**

- **Dosage** : 0.3 g/kg de poids corporel/jour (environ 21 g pour 70 kg)
- **Timing** : Quotidien à la même heure
- **Durée** : 3 semaines minimum pour voir les effets sur l'immunité
- **Bénéfice** : Réduction URTI, amélioration hormonale, bien-être général

#### **Endurance Longue Distance :**

- **Dosage** : 5-10 g/jour
- **Timing** : Pendant et après les efforts prolongés
- **Durée** : Pendant la saison de compétition
- **Bénéfice** : Réduction perception de fatigue, soutien glycogène

#### **Après Entraînement Exhaustif :**

- **Dosage** : Single dose post-workout (optimal : dans l'heure suivante)<sup>[14]</sup>
- **Quantité** : 5-10 g
- **Bénéfice** : Meilleur que la prise pré-exercice pour réduire les dommages

#### **Athlètes à Risque de Surentraînement :**

- **Dosage** : 10-15 g/jour pendant toute la période de récupération
- **Durée** : Plusieurs mois si nécessaire

- **Bénéfice** : Stabilisation des niveaux chroniquement bas, récupération immunitaire

## Protocole de Dosage Progressif Recommandé

Pour débuter une supplémentation en glutamine de façon sécurisée :

**Semaine 1-2** : 5 g/jour pour évaluer la tolérance digestive

**Semaine 3-4** : 10 g/jour si bien toléré

**À partir de semaine 5** : 10-15 g/jour selon les besoins et réponse

## Effets Secondaires et Sécurité

### Profil de Sécurité Général

La glutamine est **généralement sûre jusqu'à 40 g/jour** selon la littérature. Les effets secondaires rapportés sont **légers et rares** :<sup>[26]</sup>

- Ballonnements
- Nausées légères
- Vertiges
- Reflux gastrique
- Douleur abdominale légère

Ces symptômes disparaissent typiquement lors de la réduction du dosage ou de l'adaptation du corps.<sup>[26]</sup>

## Cas Spéciaux et Préoccupations

**Hépatotoxicité (Très Rare)** : Un cas isolé rapportant une **lésion hépatique** chez une femme après trois semaines de consommation de poudre de glutamine. Cependant, cet unique cas soulève des **questions sur la pureté et la contamination potentielle** du produit plutôt qu'un effet direct de la glutamine. Les auteurs recommandent une vigilance pharmacologique rigoureuse et l'analyse toxicologique des suppléments.<sup>[27]</sup>

**Grossesse et Allaitement** : Données insuffisantes - recommandation conservatrice d'éviter les suppléments à doses médicinales<sup>[26]</sup>

**Interférences avec les Maladies Chroniques :** Les données sur la glutamine chez les patients atteints de maladies rénales ou hépatiques sont limitées - consultation médicale recommandée

**Qualité des Produits :** Le marché des suppléments manque de régulation stricte.

**Recommandations:**

- Privilégier les produits avec certification (NSF, Informed Sport)
- Rechercher les tests de pureté tiers
- Éviter les poudres très bon marché potentiellement contaminées

**Quand la Glutamine EST Recommandée vs Ne L'est PAS**

**LA GLUTAMINE EST RECOMMANDÉE POUR:**

**1. Athlètes en Périodes de Risque Infectieux Élevé**

- Compétitions majeures
- Camps d'entraînement intensifs
- Saisons de transition (automne/hiver)
- Hiver en climat froid (augmente les infections respiratoires)

**2. Athlètes de Sports de Combat**

- Réseau d'immunité muqueuse compromis
- Preuves scientifiques solides pour cette population
- Haute incidence URTI sans supplément

**3. Athlètes d'Endurance**

- Fatigue perception/performance subjective
- Problèmes gastro-intestinaux durant l'effort
- Récupération entre sessions d'entraînement fréquentes

**4. Athlètes en Surentraînement ou Récupération**

- Niveaux chroniquement déprimés de glutamine plasmatique
- Dysfonction immunitaire manifeste

- Infections répétées malgré repos

#### **5. Après Exercice Exhaustif**

- Dommages musculaires significatifs prévisibles
- Compétitions majeures nécessitant récupération rapide

### **✗ LA GLUTAMINE EST PAS RECOMMANDÉE (MANQUE DE PREUVES) POUR:**

#### **1. Augmentation Directe de la Masse Musculaire ou de la Force**

- Preuves insuffisantes : utilisez plutôt protéine + BCAA + creatine
- Coût-bénéfice peu favorable pour cet objectif

#### **2. Amélioration de la Performance Aérobie (VO2max, Puissance)**

- Aucun effet démontré
- Autres interventions plus efficaces

#### **3. Perte de Poids ou Réduction de Graisse Corporelle**

- Effets mineurs sur le poids, pas sur la composition
- D'autres stratégies nutritionnelles plus efficaces

#### **4. Athlètes Sans Facteurs de Risque Infectieux**

- Bénéfice marginal si système immunitaire normal
- Coûts supplémentaires peu justifiés

#### **5. Prévention Primaire chez Athlètes d'Élite Sains**

- Données insuffisantes pour la prévention (vs traitement)
- Utiliser seulement si risque spécifique identifié

### **Glutamine Libre vs Dipeptide Alanyl-Glutamine : Quelle Forme Choisir?**

La forme du complément affecte significativement l'efficacité :<sup>[21][22][11]</sup>

Aspect	Glutamine Libre	Dipeptide Alanyl-Glutamine
Biodisponibilité	Modérée (faible plasmatique)	<b>Élevée (+30-50% supérieure)</b>

Absorption Intestinale	Via transporteur amino-acide (LAT)	Via transporteur PepT-1 (très efficace)
Stabilité en Solution	Instable	<b>Très stable</b>
Stabilité à pH Acide	Sensible	<b>Excellent</b> e
Coût	Plus bas	Plus élevé
Bénéfice Démontré	Modéré	<b>Plus consistant</b>
Idéal pour Boissons Sport	Non	<b>Oui</b>

**Recommandation :** Pour une **supplémentation optimale**, préférer le **dipeptide alanyl-glutamine**, particulièrement pour :

- Les boissons de sport ou formules (stabilité supérieure)
- Les athlètes nécessitant une biodisponibilité maximale
- Les protocoles d'endurance longue distance

Pour les **budgets limités**, la glutamine libre reste bénéfique, bien que moins optimale.

## Interactions Nutritionnelles et Synergies

La glutamine fonctionne mieux dans un contexte nutritionnel adéquat :

### Augmente l'Efficacité :

- **Consommation hydrique** (augmente biodisponibilité, dilue glycogène, favorise l'absorption)
- **Glucides** (favorisent la resynthèse du glycogène + glutamine)
- **Protéines complètes** (fournissent tous les acides aminés pour synthèse optimale)
- **Minéraux (sodium, potassium)** (crucial si prise en milieu déshydraté)

### Peut Réduire ou Interférer :

- **Gel de glucosamine** ou suppléments de glucosamine (compétence d'absorption)
- **Consommation excessive de caféine** (peut accélérer la dégradation)
- **Alcool** (interfère avec l'absorption intestinale)

## Lacunes de la Littérature et Recommandations pour Futures Recherches

Malgré 80+ études, des **lacunes importantes persistent** :

1. **Manque d'Études à Long Terme** : La plupart des études durent 3-6 semaines. Impact à 6-12 mois inconnu.
2. **Population Limitée** : Études concentrées chez sportifs d'élite. Données insuffisantes chez amateurs ou "fitness".
3. **Variabilité Dosage** : Pas de consensus sur les dosages optimaux. Recommandations basées sur petits effectifs.
4. **Mécanismes Incomplets** : Certains mécanismes proposés ne sont pas rigoureusement testés chez l'humain.
5. **Effet Placebo Non Séparé** : Nombre limide d'études aveugles bien contrôlées.
6. **Génétique Individuelle** : Aucune étude sur les variations génétiques affectant la réponse à la glutamine.

## Recommandations Finales et Conclusion

### Pour Différentes Situations Athlétiques :

#### Athlètes de Loisir (Fitness) :

- Glutamine non urgente si alimentation complète
- Considérer seulement si infections répétées
- Priorité : protéine + hydratation + sommeil

#### Athlètes Compétitifs Réguliers :

- Glutamine peut être utile 4-8 semaines avant compétitions majeures
- Focus sur les formes dipeptide alanyl-glutamine
- Dosage : 10 g/jour
- Coût-bénéfice : modéré

#### Athlètes d'Élite/Professionnels :

- Analyse personnalisée recommandée (test glutamine plasmatique)
- Supplémentation justifiée si niveaux chroniquement bas
- Considérer dipeptide alanyl-glutamine (biodisponibilité)
- Monitoring immunitaire (marqueurs muqueux : IgA)

### **Athlètes en Surentraînement :**

- Glutamine fortement recommandée
- Dosage : 0.15-0.3 g/kg/jour
- Durée : aussi longtemps que nécessaire pour stabilisation
- Approche combinée : repos + nutrition + supplémentation

### **Stratégie Optimale Recommandée :**

1. **Optimiser les Bases d'Abord** : Nutrition complète, hydratation, sommeil
2. **Identifier le Besoin** : Risque infectieux, stress métabolique, surentraînement?
3. **Choisir la Forme** : Dipeptide alanyl-glutamine > glutamine libre
4. **Doser Adéquatement** : 5-15 g/jour selon population et contexte
5. **Timer Correctement** : Post-exercice pour dommages musculaires; quotidien pour immunité
6. **Monitorer** : Observation de l'incidence infectieuse, sensation de récupération
7. **Durée Adéquate** : Minimum 3 semaines pour effets immunitaires; utilisation flexible pour récupération
8. **Produits de Qualité** : Certifications tiers, pureté testée

### **Conclusion**

La glutamine est un **supplément nutrimental scientifiquement justifié pour les athlètes**, mais **pas un remède universel**. Ses bénéfices les plus robustes concernent **l'immunité muqueuse, la réduction des infections respiratoires, et la récupération post-exercice** chez des populations spécifiques (sports de combat, endurance, surentraînement).

La littérature est univoque : **la glutamine n'améliore pas directement la force, la puissance, ou l'aérobic** - deux attentes courantes mais erronées. Son rôle est plutôt **supportif** : permettre

une meilleure récupération, maintenir la santé intestinale et immunitaire, et prévenir les infections qui détériorent la performance.

Pour un athlète français en Espagne, cette information permet une **prise de décision éclairée basée sur la science** plutôt que sur le marketing. La glutamine mérite une place dans le arsenal nutritionnel des athlètes intensifs, mais doit être **contextualisée dans une stratégie nutritionnelle plus large** incluant protéines, glucides, hydratation et micronutriments.

Études sur effets immunitaires et muqueux<sup>[1][2][19]</sup>

Récupération musculaire et dommages<sup>[6][14][13][9]</sup>

Perméabilité intestinale<sup>[15][16]</sup>

Méta-analyses efficacité globale<sup>[17][18]</sup>

Mécanismes synthèse protéique<sup>[4][5][10]</sup>

Barrière intestinale et HSP70<sup>[8][7]</sup>

Dipeptide vs forme libre<sup>[21][22][11]</sup>

Sécurité et effets secondaires<sup>[26][27]</sup>

\*\*

1. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15502783.2023.2300259>
2. <https://www.smjournal.ru/jour/article/view/348>
3. <https://nhco-nutrition.com/journal/a-quoi-sert-la-glutamine-en-musculation/>
4. <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/22/4711>
5. <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10674901/>
6. <https://greenwhey.com/blogs/news/glutamine-en-musculation-un-vrai-interet>
7. <https://PMC.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3921361/>
8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8775515/>
9. <https://skill-nutrition.com/blog/glutamine-key-amino-acid-for-recovery>
10. <https://apcz.umk.pl/QS/article/download/59797/42226/184075>

11. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6520936/>
12. <https://www.cf7.fr/blog-fitness/la-glutamine-le-secret-ultime-des-athletes-pour-des-performances-explosives/>
13. <https://ndlprohealth.com/en-us/blogs/tips/glutamine-for-athletes>
14. <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2023.1172342/full>
15. <https://link.springer.com/10.1007/s00726-024-03420-7>
16. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39397201/>
17. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261561418301730>
18. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29784526/>
19. <https://www.mdpi.com/2075-4663/10/10/147>
20. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3740736/>
21. <https://link.springer.com/10.1186/s41110-018-0087-9>
22. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1358193/>
23. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9610368/>
24. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4155228/>
25. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4095613/>
26. <https://www.webmd.com/vitamins/ai/ingredientmono-878/glutamine>
27. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7069532/>
28. <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/neu.2017.5254>
29. <http://corepaedia.pub/index.php/JDRSSA/article/view/548>
30. <http://link.springer.com/10.2165/00007256-200333080-00006>
31. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1186/1550-2783-11-S1-P8>
32. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1186/s12970-015-0110-y>
33. <https://bjsm.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bjsm.34.3.210>

34. <http://journals.lww.com/00003246-200910001-00016>
35. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10783826/>
36. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4411100/>
37. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8234492/>
38. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3316133/>
39. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2851582/>
40. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11220999/>
41. <https://impulse-nutrition.fr/blogs/news/glutamine-un-allie-incontournable-pour-la-performance-et-la-sante-du-sportif>
42. <https://www.nutripure.fr/fr/blog/bienfaits-glutamine-n42>
43. <https://www.toutelanutrition.com/blogs/wikifit/pourquoi-la-glutamine-est-elle-si-importante-pour-le-sportif>
44. <https://academic.oup.com/qjmed/article/doi/10.1093/qjmed/hcae070.057/7704848>
45. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01635581.2021.1889623>
46. <https://www.nature.com/articles/ejcn2014255>
47. <https://link.springer.com/10.1007/s00520-023-07685-8>
48. [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0266462311000705/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0266462311000705/type/journal_article)
49. <https://academic.oup.com/jbcr/article/45/3/675/7577730>
50. <http://e-epih.org/journal/view.php?doi=10.4178/epih.e2024030>
51. <https://www.mdpi.com/2076-3921/12/3/570>
52. <https://journals.lww.com/10.1097/CCM.00000000000005887>
53. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8053267/>
54. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4057299/>
55. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5431459/>
56. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9791694/>

57. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352587822000705>
58. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11471693/>
59. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7517657/>
60. <https://www.bulk.com/uk/the-core/glutamine-the-ultimate-guide/>
61. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jcsm.13285>
62. [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0954422423000197/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0954422423000197/type/journal_article)
63. <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/8/2788>
64. <https://journals.lww.com/10.1681/ASN.2019121277>
65. <https://physoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1113/JP278996>
66. <https://www.semanticscholar.org/paper/10d19b7fd7c5257d95342da593ac9ee2f12421d4>
67. <https://nutritionandmetabolism.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12986-024-00820-0>
68. <https://journals.lww.com/00005768-201608000-00022>
69. <https://academic.oup.com/ejendo/article/173/1/R25/6668030>
70. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4008813/>
71. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8201612/>
72. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11206787/>
73. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2698645/>
74. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3854183/>
75. <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbf.1611>
76. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0016508594901686>
77. [https://faseb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1096/fasebj.30.1\\_supplement.915.41](https://faseb.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1096/fasebj.30.1_supplement.915.41)
78. <https://journals.eco-vector.com/2658-4433/article/view/696109>
79. <https://xlink.rsc.org/?DOI=C8RA00819A>
80. <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/jct.2016.79064>

81. <https://www.nature.com/articles/1703759>
82. [https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0007114516001999/type/journal\\_article](https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0007114516001999/type/journal_article)
83. [http://ijbms.mums.ac.ir/article\\_11077.html](http://ijbms.mums.ac.ir/article_11077.html)
84. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1756055/>
85. <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/22/4711/pdf?version=1699350097>
86. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10175630/>
87. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3425386/>
88. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11395908/>
89. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9853540/>
90. <https://www.fitness-world-nutrition.com/en/blogs/news/l-glutamine-et-intestins>