

# Protéase neutre pour le brassage de la bière : applications en empâtage, nutrition levurienne, limpidité et maîtrise des protéines du moût

Équipe de recherche Enzymes.bio · Wellington, Nouvelle-Zélande · June 19, 2026

La protéase neutre pour le brassage est une enzyme de procédé utilisée pour hydrolyser partiellement les protéines du malt et des céréales pendant l'empâtage, afin de générer des peptides et de l'azote assimilable par la levure. Elle peut aider les brasseries à mieux gérer les brassins avec adjuvants, les matières premières variables, la fermentation et certains risques de trouble protéique, tout en exigeant un dosage prudent pour ne pas affaiblir les protéines utiles à la mousse.

## Rôle technique d'une protéase neutre dans le brassage

Une protéase est une enzyme qui coupe des liaisons peptidiques dans les protéines. Dans un moût de bière, cette action transforme une partie des protéines longues en fragments plus courts : grands peptides, petits peptides et, indirectement ou conjointement avec d'autres activités peptidasiques, acides aminés disponibles pour la levure. Le qualificatif « neutre » désigne une protéase dont la zone d'activité est compatible avec des conditions de procédé proches de celles rencontrées dans certains empâtages, sans impliquer que toutes les préparations commerciales aient exactement le même profil d'activité ou la même stabilité. Les revues sur la modification enzymatique des protéines alimentaires décrivent l'hydrolyse enzymatique comme un outil permettant de modifier la taille, la solubilité et les propriétés fonctionnelles des protéines, ce qui est directement pertinent pour les matrices céréalieres utilisées en brasserie <sup>[1]</sup>.

Dans la bière, les protéines ne sont pas uniquement des composés indésirables. Elles contribuent à la nutrition de la levure, au corps, à la perception en bouche, à la tenue de mousse et parfois à la stabilité ou à l'instabilité colloïdale. Les protéines solubles de la bière ont été étudiées comme un ensemble complexe issu du malt, transformé par le maltage, l'empâtage, l'ébullition, la fermentation et la maturation ; cette complexité explique pourquoi une protéolyse utile doit être contrôlée plutôt que maximale <sup>[2]</sup>.

La fonction d'une protéase neutre en brasserie est donc de déplacer l'équilibre protéique du moût : suffisamment d'hydrolyse pour rendre l'azote plus disponible et réduire une partie des protéines problématiques, mais pas au point d'éliminer les fractions qui soutiennent la mousse et la structure sensorielle. Les études consacrées à l'activité protéolytique dans les matrices de brassage montrent que les endoprotéases et peptidases interagissent avec des substrats complexes et que leur effet dépend fortement du procédé, ce qui justifie une lecture technique prudente des bénéfices attendus <sup>[3]</sup>.

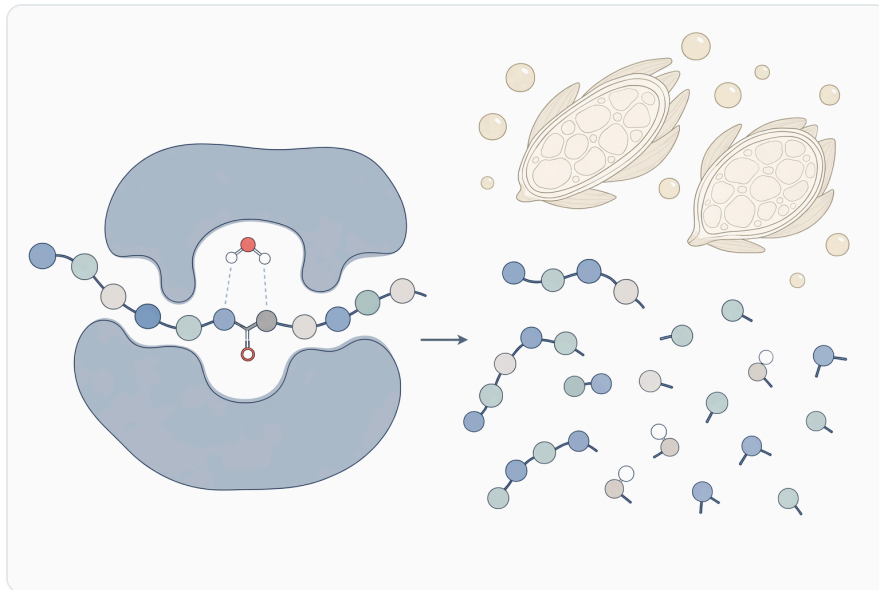
## **Pourquoi les protéines du moût sont un levier critique**

---

### **Azote assimilable et fermentation**

La levure de brasserie ne fermente pas seulement des sucres ; elle a aussi besoin d'azote pour sa croissance, son métabolisme et la production de composés aromatiques. Dans le moût, l'azote assimilable provient en grande partie de la dégradation des protéines du malt et des céréales en acides aminés et peptides utilisables. Lorsque le moût est pauvre en composés azotés assimilables, la fermentation peut devenir moins régulière, plus longue ou plus sensible aux dérives métaboliques, notamment dans les brassins à densité élevée ou à forte proportion d'adjuvants.

L'intérêt d'une protéase neutre est d'augmenter la fraction azotée disponible avant la fermentation, au moment où les protéines sont encore accessibles dans le moût. Les travaux sur les protéines végétales montrent que l'hydrolyse enzymatique améliore souvent la solubilité et génère des peptides plus petits, ce qui peut changer la disponibilité nutritionnelle et fonctionnelle de la matrice protéique <sup>[4]</sup>. En brassage, cette logique s'applique à une matrice plus spécifique : malt d'orge, céréales non maltées, adjuvants amidonniers et protéines solubilisées pendant l'empâtage.



**Figure 1.** 중성 프로테아제는 맬스에서 곡물 단백질의 접근 가능한 펩타이드 결합을 절단해 더 짧은 펩타이드와 아미노 질소 화합물을 형성한다.

L'activité protéolytique endogène du malt existe déjà, mais elle varie avec la céréale, la variété, le maltage et la modification du grain. Une étude sur des cultivars de triticale non malté utilisés comme adjuvants brassicoles a montré que la composition et les activités enzymatiques influencent la qualité du moût, ce qui illustre l'importance de la variabilité des matières premières lorsque le brassin ne repose pas uniquement sur un malt d'orge standardisé [5].

### **Limpidité, trouble et complexes protéines–polyphénols**

La stabilité visuelle de la bière dépend notamment des interactions entre protéines et polyphénols. Ces associations peuvent former des colloïdes responsables de trouble, en particulier dans les bières claires où une faible opalescence devient visible. Les technologies de stabilisation comme le PVPP ciblent précisément des composés impliqués dans les troubles, notamment les protéines et polyphénols ; des travaux récents sur la modification enzymatique du PVPP rappellent que ces deux familles de molécules sont centrales dans la formation de haze en bière [6].

Une protéase neutre ne remplace pas la clarification, la garde à froid, la filtration ou les stabilisants colloïdaux quand ils sont nécessaires. Elle intervient plus en amont, en modifiant la taille et la réactivité de certaines protéines avant qu'elles ne participent à des agrégats. L'effet réel dépendra de la recette, du malt, du houblon, de la charge en polyphénols, de l'ébullition, du refroidissement, de la fermentation et de la filtration.

## Mousse et risque de sur-protéolyse

La même action qui peut aider à réduire certaines protéines instables peut aussi affaiblir des protéines bénéfiques. La mousse de bière dépend d'un ensemble de protéines, polypeptides, iso-alpha-acides et composés tensioactifs ; une protéolyse excessive peut donc réduire la capacité du film de mousse à se former ou à persister. Des travaux sur l'activité protéolytique de la levure en fermentations à forte et faible densité ont explicitement étudié son effet sur la rétention de mousse, montrant que les protéases sont un facteur technologique important pour ce paramètre de qualité <sup>[7]</sup>.

Cette limite est essentielle pour l'usage d'une protéase neutre. L'objectif n'est pas de « nettoyer » le moût de toutes ses protéines, mais de produire un degré de fragmentation compatible avec la fermentation, la limpidité et la tenue de mousse. Dans les bières où la mousse est un attribut central — lager claire, pils, bière de blé, bière de spécialité à service pression — l'intégration de l'enzyme doit rester particulièrement mesurée.

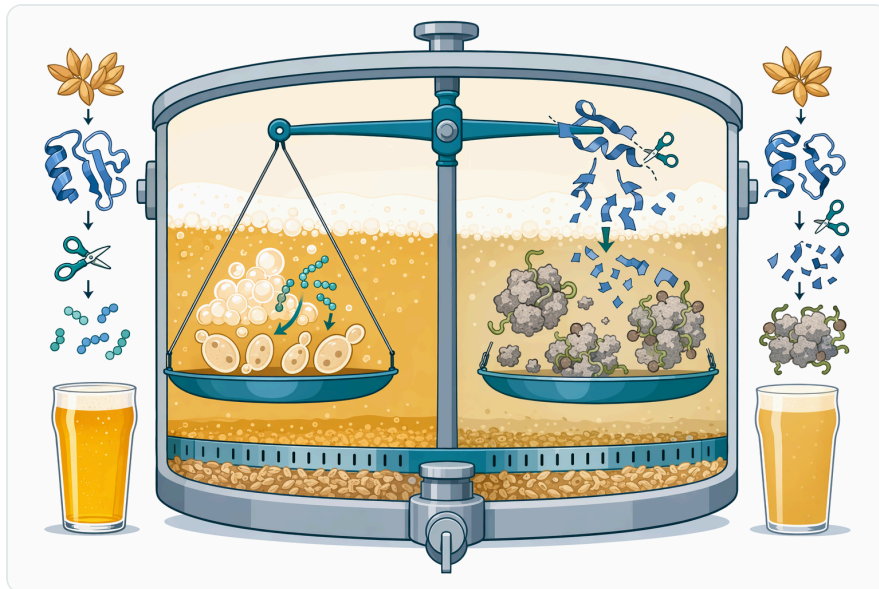


Figure 2. 양조에서 단백질 관리는 조절된 가수분해가 필요하다. 일부 단백질 분획은 거품과 입안의 질감을 돕는 반면, 다른 분획은 혼탁이나 낮은 질소 이용성을 유발할 수 있기 때문이다.

## Mécanisme d'action pendant l'empâtage

Pendant l'empâtage, l'eau chaude hydrate les particules de malt et de céréales, solubilise une partie des protéines, active ou inactive progressivement les enzymes présentes et rend les substrats accessibles. La protéase neutre agit sur les protéines solubilisées ou partiellement solubilisées en coupant certaines liaisons internes de la chaîne polypeptidique. Cette action réduit la taille moyenne des protéines et augmente la proportion de peptides.

Ce mécanisme est cohérent avec les principes généraux de modification enzymatique des protéines végétales : l'hydrolyse peut exposer de nouveaux groupes chimiques, modifier l'hydrophobicité, accroître la solubilité et transformer les propriétés fonctionnelles de la protéine hydrolysée [8]. Dans un moût, ces changements ne sont pas recherchés pour créer un ingrédient protéique isolé, mais pour ajuster une matrice fermentescible qui doit ensuite supporter l'ébullition, la fermentation, la garde et le conditionnement.

L'effet de la protéase neutre peut être séparé en trois niveaux. Le premier est nutritionnel : production de peptides plus courts et contribution à un pool azoté plus accessible. Le deuxième est colloïdal : réduction possible de certaines protéines susceptibles d'interagir avec les polyphénols et de participer au trouble. Le troisième est sensoriel et physique : modification du corps, de la mousse et de la texture lorsque la protéolyse devient trop forte ou mal placée dans le procédé.

Les protéines spécifiques de la bière illustrent cette finesse. La protéine Z4 de l'orge, par exemple, a été étudiée pour sa stabilité thermique, ses interactions avec des protéases et son lien avec des phénomènes comme le gushing ; ce type de travail montre que toutes les protéines brassicoles ne se comportent pas comme un simple substrat indifférencié [9]. Une protéase neutre doit donc être pensée comme un outil de pilotage de la fraction protéique, et non comme une solution uniforme.

## Applications principales en brasserie

---

### Brassins avec adjuvants et céréales non maltées

Les recettes utilisant riz, maïs, sorgho, avoine, triticale, cassava ou autres sources d'amidon peuvent présenter un profil enzymatique et protéique différent d'un brassin tout malt. Les adjuvants apportent souvent de l'extrait fermentescible, mais pas nécessairement la même capacité enzymatique que le malt. Dans ce contexte, une protéase neutre peut aider à compenser une protéolyse insuffisante et à rendre le moût plus favorable à la fermentation.

Les travaux sur des adjuvants comme le triticale non malté montrent que la qualité du moût dépend des activités enzymatiques et de la composition de la matière première, ce qui soutient l'intérêt des ajustements enzymatiques lorsque le malt ne fournit pas toute l'activité nécessaire [5]. De même, les recherches sur les schémas d'empâtage d'avoine maltée pour bière sans gluten illustrent l'importance d'adapter la technologie d'empâtage aux céréales employées plutôt que de transposer mécaniquement un procédé d'orge maltée [10].



**Figure 3.** 중성 프로테아제는 더 큰 곡물 단백질을 발효를 지원할 수 있는 아미노산과 짧은 펩타이드로 전환해 효모가 이용할 수 있는 질소를 증가시킨다.

Pour les brasseries qui développent des bières à base de céréales alternatives, la protéase neutre s'inscrit donc dans une logique plus large d'enzymation du moût. Elle peut être utilisée aux côtés d'autres enzymes de brassage, selon la recette, pour ajuster l'amidon, les bêta-glucanes, la viscosité et la fraction protéique. L'intérêt principal reste la régularité : obtenir un moût fermentescible et nutritif malgré la variabilité des matières premières.

### Soutien de la fermentation et des brassins difficiles

Les brassins à densité élevée, les recettes pauvres en malt, les moûts issus de matières premières atypiques ou les fermentations rapides peuvent mettre la levure sous contrainte. Dans ces cas, l'accès à l'azote devient un paramètre de conduite de fermentation. Une protéase neutre peut contribuer à générer davantage de peptides et d'acides aminés disponibles avant l'ensemencement, sans dépendre uniquement des enzymes endogènes du malt.

La protéolyse ne doit toutefois pas être confondue avec une nutrition levurienne complète. Les sels minéraux, vitamines, lipides, oxygénation, vitalité de levure et température de fermentation restent déterminants. Les études sur l'activité protéolytique de levure en fermentation montrent que la protéolyse peut aussi se poursuivre ou se manifester après l'empâtage, avec des effets sur la qualité finale, notamment la mousse <sup>[7]</sup>.

Une protéase neutre en empâtage agit donc en amont : elle prépare le moût. Elle ne corrige pas à elle seule une levure stressée, une oxygénation insuffisante ou une recette déséquilibrée, mais elle peut réduire un facteur limitant lorsque la fraction azotée du moût est insuffisamment disponible.

## Contribution à la stabilité colloïdale

Dans les bières destinées à être limpides, la fraction protéique résiduelle joue un rôle important. Les protéines instables peuvent survivre à l'empâtage, à l'ébullition et à la fermentation, puis interagir avec les polyphénols du malt et du houblon pendant la garde ou le stockage. Une protéase neutre peut réduire une partie de ces précurseurs en fragments moins aptes à former des agrégats visibles.



**Figure 4.** 민감한 단백질 분획의 크기와 교차결합 능력을 줄임으로써, 매시 단계의 프로테아제 처리는 단백질-폴리페놀 혼탁에 관여하는 물질의 양을 낮추는데 도움이 될 수 있다.

Cette contribution doit être présentée avec précision : elle est plausible et technologiquement cohérente, mais elle n'est pas une garantie universelle de limpidité. Les travaux sur les matériaux de stabilisation de la bière ciblant protéines et polyphénols rappellent que le trouble est un phénomène multifactoriel, lié à la fois à la nature des colloïdes et aux opérations de clarification ou d'adsorption appliquées après fermentation <sup>[6]</sup>.

Dans une brasserie, l'enzyme peut donc s'intégrer à une stratégie globale : choix du malt, conduite de l'empâtage, qualité de séparation du moût, ébullition, trub, refroidissement, fermentation, maturation, filtration et conditionnement. Son rôle est de réduire une partie de la charge protéique problématique en amont, pas de remplacer l'ensemble de la chaîne de stabilisation.

## Bières spéciales, sans gluten ou à gluten réduit : prudence sur les allégations

Les brasseries travaillant sur des bières sans gluten ou à teneur réduite en gluten s'intéressent souvent aux protéases. Cependant, toutes les protéases ne sont pas équivalentes pour hydrolyser les séquences immunoréactives du gluten. Les revues sur les protéines de gluten soulignent que leur modification

enzymatique est un sujet spécifique, lié à la structure particulière des prolamines et à des objectifs fonctionnels ou thérapeutiques précis <sup>[11]</sup>.

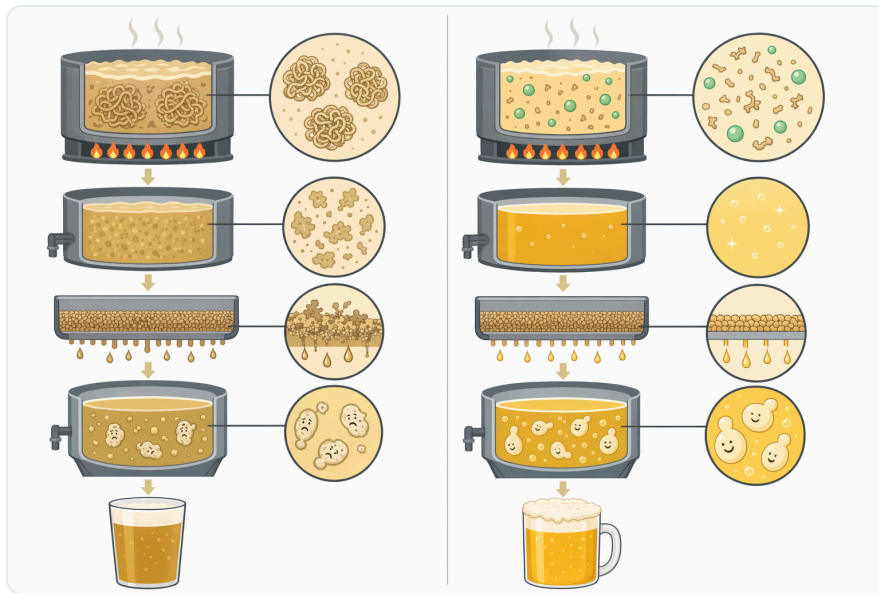
Une protéase neutre de brassage doit donc être positionnée d’abord comme enzyme de gestion protéique du moût, et non comme solution autonome pour revendiquer une bière sans gluten. Les procédés sans gluten impliquent le choix des céréales, la prévention des contaminations croisées, la conformité réglementaire et des contrôles adaptés. Les recherches sur l’avoine maltée pour bière sans gluten montrent que ces formulations relèvent d’une technologie complète, pas d’un simple ajout enzymatique <sup>[10]</sup>.

## Tableau comparatif : situations de brassage et intérêt d’une protéase neutre

Situation de brassage	Problème technique fréquent	Contribution possible de la protéase neutre	Point de vigilance
Brassin tout malt avec malt peu modifié	Protéolyse endogène insuffisante, azote moins disponible	Hydrolyse partielle des protéines du malt, amélioration du pool peptidique	Éviter une dégradation excessive des protéines utiles à la mousse
Recette avec forte proportion d’adjuvants	Moût moins riche en enzymes naturelles, nutrition levurienne variable	Compensation partielle de l’activité protéolytique manquante	L’enzyme ne remplace pas les autres ajustements nécessaires sur l’amidon ou la viscosité
Bière claire filtrée	Risque de trouble colloïdal lié aux protéines et polyphénols	Réduction d’une fraction de protéines susceptibles de participer au haze	Effet dépendant de la recette, du houblon, de la garde et de la filtration
Brassins à densité élevée	Besoin accru de nutrition levurienne	Production de peptides plus accessibles avant fermentation	La gestion de la levure et de l’oxygénation reste déterminante
Bière où la mousse est prioritaire	Nécessité de conserver les polypeptides moussants	Ajustement limité de la fraction protéique	Sur-protéolyse susceptible d’affaiblir la rétention de mousse
Céréales alternatives ou bière sans gluten	Protéines et enzymes différentes de l’orge maltée	Outil possible dans un schéma enzymatique plus large	Ne pas assimiler protéase neutre et garantie de dégradation du gluten

## Intégration dans le procédé d'empâtage

La protéase neutre s'utilise généralement pendant l'empâtage, lorsque la matière protéique est hydratée et accessible. Elle est plus pertinente dans une phase où les conditions du moût permettent encore l'activité enzymatique et avant que les traitements thermiques ultérieurs ne réduisent cette activité. Le point essentiel est d'intégrer son action dans le profil global d'empâtage, plutôt que de l'ajouter sans lien avec les objectifs de recette.



**Figure 5.** 산성, 중성, 알칼리성 프로테아제는 공정 적합성, 양조 관련성, 단백질에 미치는 영향, 주의점이 서로 다르므로 서로 대체할 수 있는 효소 도구가 아닙니다.

Les enzymes de brassage sont déjà utilisées pour améliorer l'efficacité des transformations biochimiques du moût, qu'il s'agisse de l'amidon, des parois cellulaires ou des protéines. Des travaux sur l'amélioration de l'activité enzymatique pendant le brassage ont montré l'intérêt d'optimiser les conditions de procédé pour exploiter les enzymes disponibles ou ajoutées, ce qui s'applique aussi à une protéase neutre [\[12\]](#).

L'intégration pratique dépend de plusieurs variables : type de malt, proportion d'adjuvants, mouture, consistance de l'empâtage, profil thermique, pH du moût, durée de contact, objectif de fermentation, filtration prévue et style de bière. Ces paramètres influencent non seulement l'activité de l'enzyme, mais aussi l'accessibilité des protéines et la nature des fragments produits.

Il est également important d'anticiper les interactions avec les étapes suivantes. Une protéolyse plus importante peut modifier la coagulation des protéines à l'ébullition, la composition du trub, la disponibilité de l'azote pendant la fermentation et la stabilité de mousse. Les études sur les protéines

solubles de la bière rappellent que le profil final observé dans la bière est le résultat d'une succession d'étapes, et non de l'empâtage seul [2].

## Effets attendus sur la qualité de la bière

### Fermentation plus régulière

Le premier bénéfice attendu est une fermentation plus régulière lorsque la disponibilité de l'azote est un facteur limitant. En générant des peptides plus courts et en contribuant à un goût plus nutritif, la protéase neutre peut soutenir l'activité métabolique de la levure. Cet effet est surtout pertinent dans les brassins où la matière première ou la recette limite naturellement la protéolyse.

Les recherches sur l'hydrolyse enzymatique des protéines alimentaires montrent que la fragmentation des protéines change leur comportement nutritionnel et fonctionnel, notamment par la génération de peptides de taille réduite [1]. En brasserie, ce principe se traduit par une meilleure accessibilité potentielle de l'azote, mais l'effet final reste dépendant de la levure, du procédé et de la composition initiale du moût.

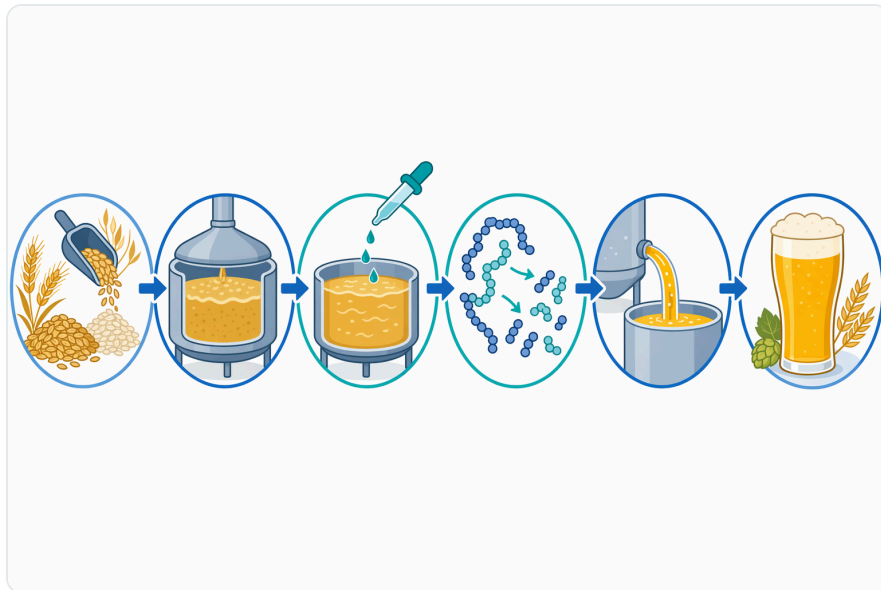


Figure 6. 중성 프로테아제는 맥즙 분리, 끓임, 발효 전에 단백질 가수분해가 일어나도록 매시 초기나 단백질 휴지 단계에 적용하는 것이 가장 적합하다.

### Meilleure tolérance aux variations de matières premières

Le malt et les céréales ne sont jamais parfaitement constants. Leur teneur en protéines, leur degré de modification, leurs enzymes endogènes et leur comportement à l'empâtage varient d'un lot à l'autre. Une protéase neutre peut aider à réduire l'impact de cette variabilité lorsque l'objectif est de maintenir un profil de fermentation stable.

Les études sur les adjuvants céréaliers confirment que la composition et les activités enzymatiques des grains influencent la qualité du moût <sup>[5]</sup>. Pour une brasserie, l'intérêt n'est pas seulement d'augmenter un paramètre isolé, mais de rendre le procédé plus robuste face aux différences de matières premières.

### **Contribution à la limpidité**

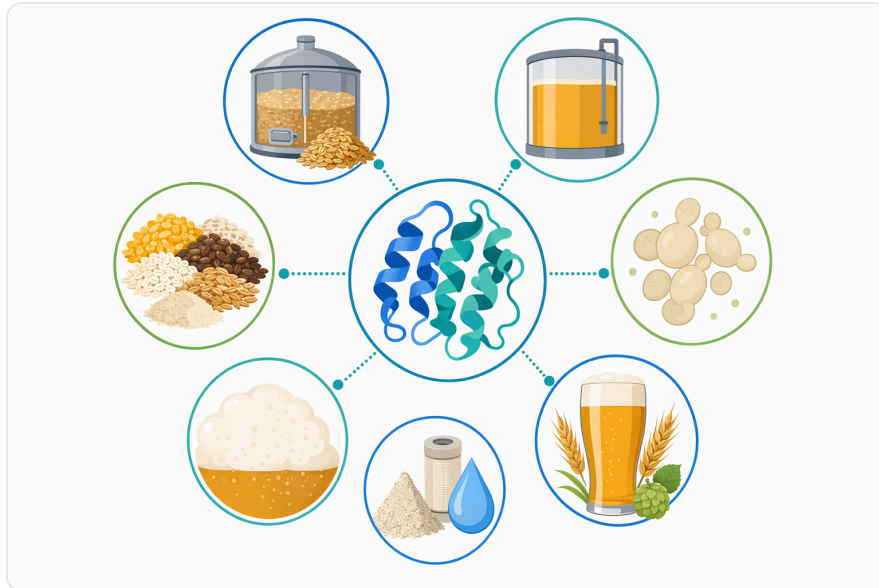
Lorsque le trouble est lié en partie à des protéines sensibles aux polyphénols, la protéase neutre peut contribuer à réduire les précurseurs du haze. Elle agit alors comme une intervention préventive sur la fraction protéique, complémentaire des opérations de clarification et de stabilisation.

Les recherches sur les protéines et polyphénols responsables de trouble dans la bière montrent que la stabilité colloïdale implique des interactions complexes entre molécules dissoutes, particules et adsorbants utilisés en stabilisation <sup>[6]</sup>. L'effet de l'enzyme doit donc être évalué à l'échelle du procédé complet, en particulier pour les bières houblonnées, riches en polyphénols ou conditionnées pour une longue durée de conservation.

### **Effet sur la mousse : bénéfique indirect ou risque selon le niveau de protéolyse**

Une protéase neutre peut parfois améliorer la qualité globale d'un brassin en corrigeant une protéolyse insuffisante, mais elle peut aussi nuire à la mousse si elle réduit trop les polypeptides moussants. Les travaux sur les protéases de levure et la rétention de mousse illustrent que l'activité protéolytique, même lorsqu'elle intervient plus tard dans le procédé, peut modifier un attribut sensoriel très visible <sup>[7]</sup>.

Certaines souches ou stratégies de fermentation ont d'ailleurs été étudiées pour réduire l'impact de protéases levuriennes sur la qualité de la bière. Des travaux de mutation de levure de brasserie visant un niveau plus faible de protéase A en fermentation pilote montrent que la maîtrise de l'activité protéolytique est un sujet industriel réel, au-delà de l'empâtage <sup>[13]</sup>.



**Figure 7.** 중성 프로테아제는 부원료 비율이 높은 양조, 비맥아 곡물 사용, 고농도 맥즙, 혼탁에 민감한 스타일, 그리고 더 넓은 단백질 관리 개념에서 가장 관련성이 높다.

## Limites scientifiques et interprétation correcte

Le niveau de preuve le plus solide concerne le mécanisme général : les protéases hydrolysent les protéines, changent la distribution des peptides et peuvent modifier les propriétés fonctionnelles des matrices alimentaires. Les revues sur les protéines végétales et alimentaires soutiennent largement ce principe, y compris pour des objectifs de solubilité, fonctionnalité et digestibilité <sup>[1]</sup>.

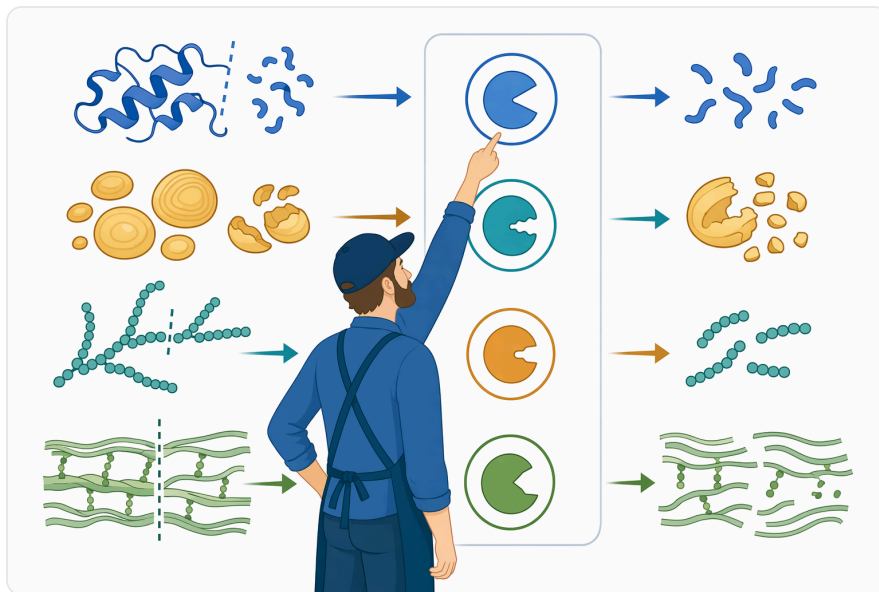
En brasserie, les preuves les plus directement pertinentes montrent que les protéines de la bière, les activités protéolytiques et les interactions protéines–polyphénols influencent des critères de qualité comme la fermentation, la mousse, le trouble et la stabilité. Les études sur les protéines solubles de la bière, la protéine Z4, l'activité protéolytique de levure et les systèmes de stabilisation colloïdale convergent vers cette idée : la fraction protéique est un levier technologique majeur <sup>[9]</sup>.

Ce qui reste dépendant du cas est l'ampleur du bénéfice dans une recette donnée. Deux brasseries utilisant la même enzyme peuvent observer des résultats différents si leurs malts, houblons, densités, temps d'empâtage, filtrations ou levures diffèrent. La protéase neutre doit donc être décrite comme un outil de procédé, pas comme une promesse unique de limpidité, de rendement ou de performance fermentaire.

## Positionnement du produit Enzymes.bio

Enzymes.bio fournit une protéase neutre destinée aux applications de brassage, notamment pour l'empâtage, la gestion de la fraction protéique du moût, le soutien de la nutrition levurienne et la contribution à la stabilité visuelle de certaines bières. Enzymes.bio n'est ni un fabricant ni un laboratoire ; le rôle de l'entreprise est la fourniture en ligne d'enzymes de procédé pour utilisateurs professionnels.

Le produit est vendu directement en ligne par unité de 1 kg. Après commande, le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande, afin d'accompagner l'utilisation professionnelle du produit dans un cadre documenté. Les enzymes de brassage proposées par Enzymes.bio s'inscrivent dans la famille plus large des solutions enzymatiques utilisées pour ajuster les conversions du moût et les paramètres de procédé .



**Figure 8.** 중성 프로테아제는 단백질을 표적으로 하므로 전분 전환을 위한 아밀라아제나 세포벽 베타글루칸 문제를 해결하는 베타글루카나아제를 대체하지 않는다.

Pour une brasserie, l'intérêt principal de cette protéase neutre est sa fonction ciblée : agir sur les protéines du moût avant fermentation. Elle est particulièrement pertinente lorsque le procédé doit mieux gérer des adjuvants, des céréales alternatives, un malt variable, un besoin de fermentation plus régulière ou un objectif de limpidité.

## Conclusion

---

La protéase neutre pour le brassage de la bière est un outil enzymatique de gestion des protéines du moût. Elle hydrolyse partiellement les protéines issues du malt et des céréales, augmente potentiellement la disponibilité de peptides et d'azote assimilable, et peut contribuer à réduire une partie des protéines impliquées dans le trouble colloïdal. Son intérêt est particulièrement marqué dans les brassins avec adjuvants, les matières premières variables, les moûts exigeants pour la levure et les bières claires où la stabilité visuelle compte.

Son emploi doit toutefois rester équilibré. Les protéines brassicoles participent aussi à la mousse, au corps et à la qualité sensorielle ; une protéolyse excessive peut donc devenir contre-productive. La littérature sur les protéines de la bière, les protéases de levure et les interactions protéines–polyphénols montre que la fraction protéique est un système complexe, à piloter avec précision plutôt qu'à supprimer <sup>[7]</sup>.

Utilisée comme levier de procédé, la protéase neutre permet aux brasseries de mieux maîtriser la transformation des protéines pendant l'empâtage. Enzymes.bio la fournit en unité de 1 kg pour les utilisateurs professionnels qui souhaitent intégrer cette fonctionnalité enzymatique dans leur production, avec CoA et SDS fournis avec la commande.

### Commander Neutral Protease For Beer Brewing en ligne

Vendu par unité de 1 kg, en stock et prêt à expédier. Commandez directement sur notre boutique — payez en ligne et nous traitons votre commande. Un certificat d'analyse et une fiche de données de sécurité sont inclus avec chaque commande.

[Acheter Neutral Protease For Beer Brewing →](#)

## Références

---

Numérotées par ordre de première citation. Sources en libre accès, chacune vérifiée comme accessible au moment de la publication ; les numéros de citation dans le texte renvoient ici.

1. Olatunde, O. O., Owolabi, I. O., Fadairo, O., Ghosal, A., Coker, O. J., Soladoye, O. P., Aluko, R., ... et al. (2022). Enzymatic Modification of Plant Proteins for Improved Functional and Bioactive Properties. *Food and Bioprocess Technology*, 16, 1216-1234.
2. Didier, M., & Bénédicte, B. (2009). Soluble Proteins of Beer. *Beer in Health and Disease Prevention*, 265-271.

3. Kerpes, R., Ludwig, C., Dionisio, G., Brinch-Pedersen, H., & Becker, T. (2026). Characterising peptidase activity of barley endoprotease B in complex technical matrices of the brewing process. *Food Chemistry*, 516, 149314 .
4. Tapal, A., & Tiku, P. K. (2019). Nutritional and Nutraceutical Improvement by Enzymatic Modification of Food Proteins. *Enzymes in Food Biotechnology*.
5. Glatthar, J., Heinisch, J., & Senn, T. (2005). Unmalted triticale cultivars as brewing adjuncts: effects of enzyme activities and composition on beer wort quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 647-654.
6. Postai, A. N., Muxel, A. A., Zapp, E., & Brondani, P. B. (2025). Enzymatic Modification of Polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) for Improved Adsorption of Proteins and Polyphenols Causing Haze in Beer. *ACS Food Science & Technology*.
7. Cooper, D., Stewart, G., & Bryce, J. (2000). Yeast proteolytic activity during high and low gravity wort fermentations and its effect on head retention. *Journal of The Institute of Brewing*, 106, 197-202.
8. Kulikov, D., & Korolev, A. (2025). Aspects of enzymatic modification of plant proteins. *Food systems*.
9. Specker, C., Niessen, L., & Vogel, R. (2014). In vitro studies on the main beer protein Z4 of *Hordeum vulgare* concerning heat stability, protease inhibition and gushing. *Journal of The Institute of Brewing*, 120, 85-92.
10. Kosiv, P. R. (2024). RATIONALE OF TECHNOLOGY OF MASHING OAT MALT FOR THE PRODUCTION OF GLUTEN-FREE BEER. *Grain Products and Mixed Fodder's*.
11. Saadi, S., Saari, N., Ghazali, H., Abdulkarim, S. M., Hamid, A., & Anwar, F. (2021). Gluten proteins: Enzymatic modification, functional and therapeutic properties. *Journal of Proteomics*, 104395 .
12. Li-hua, S. (2011). Method to Improve Enzymatic Activity during Beer Brewing. *Journal of Microbiology*.
13. Jing, Y. (2008). Mutation breeding of brewing yeast with lower-level protease A and pilot scale fermentation.

## Contacter Enzymes.bio

Des questions sur une commande ? Notre équipe se fera un plaisir de vous aider.

E-MAIL [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

TÉLÉPHONE (ÉTATS-UNIS) **+1 (507) 428-6057**

[Nous contacter →](#)



**400+** Clients B2B



**60+** partenaires de recherche universitaires



**54** servis dans le monde entier

© 2026 Enzymes.bio · Fourniture d'enzymes industrielles & de transformation alimentaire · Non destiné à la consommation humaine ni à la vente au détail.