

# Pullulanase enzyme pour brassage de bière rentable : conversion de l'amidon, sucres fermentescibles et bières à forte atténuation

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

La pullulanase est une enzyme de débranchement de l'amidon : elle hydrolyse surtout les liaisons  $\alpha$ -1,6 des glucides ramifiés, ce qui rend l'amylopectine et certaines dextrans plus accessibles aux amylases. En brasserie, elle est pertinente pour améliorer la production de sucres fermentescibles dans les moûts riches en amidon, les recettes avec adjuncs, les bières sèches ou les procédés cherchant une atténuation plus poussée. Enzymes.bio la propose comme enzyme de brassage vendue en ligne par unité de 1 kg ; le CoA et la SDS sont fournis avec la commande.

## Rôle technique de la pullulanase dans un moût de bière

La pullulanase appartient aux enzymes amylolytiques utilisées pour transformer des glucides ramifiés en fractions plus facilement hydrolysables. La littérature la décrit comme une enzyme industrielle de débranchement, principalement associée à l'hydrolyse des liaisons  $\alpha$ -1,6 présentes dans le pullulane, l'amylopectine et les dextrans limites issues de l'amidon <sup>[1]</sup>. En brassage, cette fonction est importante parce que l'amidon des céréales n'est pas une matière homogène : il contient une fraction linéaire, l'amylose, et une fraction ramifiée, l'amylopectine, dont les points de branchement peuvent limiter la conversion complète en sucres fermentescibles.

Dans un empâtage classique, les enzymes du malt et les enzymes ajoutées ne travaillent pas toutes sur le même type de liaison. Les  $\alpha$ -amylases coupent des liaisons  $\alpha$ -1,4 à l'intérieur des chaînes, ce qui réduit la taille des polymères et favorise la liquéfaction ; les  $\beta$ -amylases du malt libèrent surtout du maltose à partir des extrémités non réductrices ; les glucoamylases peuvent poursuivre la saccharification vers le glucose. La pullulanase intervient différemment : elle ouvre les points de branchement  $\alpha$ -1,6, ce qui transforme une partie des structures ramifiées en chaînes plus accessibles à ces autres enzymes <sup>[1]</sup>.

Cette distinction explique pourquoi la pullulanase n'est pas seulement une "enzyme de plus" dans le brassage. Elle répond à un verrou structurel précis : les ramifications de l'amylopectine. Quand ces ramifications restent nombreuses, une partie du carbone amidonnier demeure sous forme de dextrans peu ou non fermentescibles. Quand elles sont réduites, les chaînes deviennent plus disponibles pour les amylases, ce qui peut augmenter la proportion de sucres utilisables par la levure, sous réserve que les autres paramètres du moût soient maîtrisés.

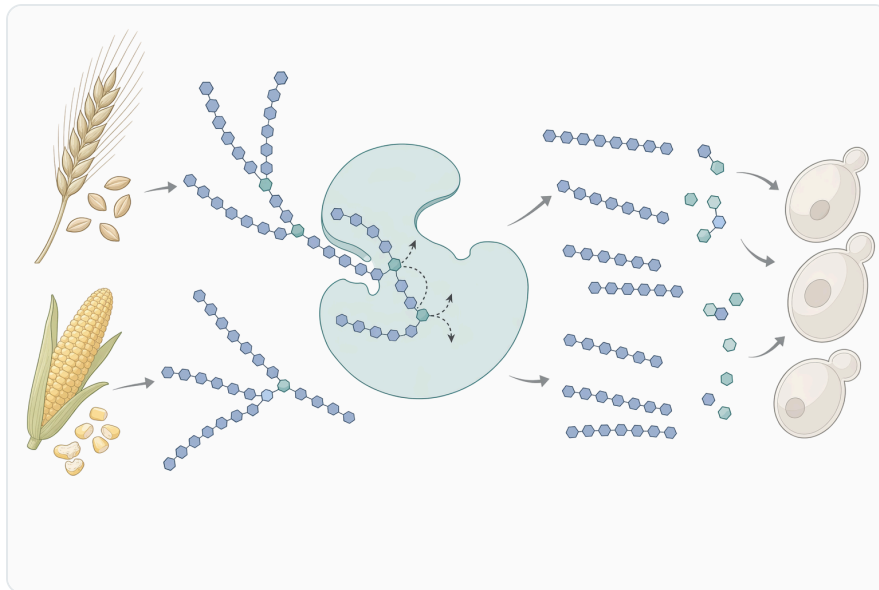
## **Pourquoi la pullulanase peut rendre le brassage plus rentable**

---

L'expression "cost effective beer brewing" doit être comprise de manière technique, pas comme une promesse automatique de rendement. La pullulanase peut contribuer à un brassage plus rentable lorsqu'elle aide à convertir une plus grande part de l'amidon déjà présent dans la charge matière, notamment dans les recettes utilisant du riz, du maïs, du sorgho, du triticale, de l'avoine ou d'autres sources d'amidon à côté du malt d'orge. Les travaux sur le brassage sans gluten montrent que la génération de sucres fermentescibles dépend fortement du profil enzymatique des malts et que des procédures adaptées peuvent l'améliorer de façon significative <sup>[2]</sup>.

L'intérêt économique est donc lié à la valorisation de l'extrait. Si une recette contient beaucoup d'amidon mais que la saccharification laisse une fraction élevée de dextrans ramifiées, la densité potentielle n'est pas convertie de manière optimale en alcool et en profil fermentaire visé. En réduisant les points de branchement, la pullulanase peut aider à transformer davantage de matière amidonnaire en sucres fermentescibles, surtout lorsqu'elle agit en complément de l' $\alpha$ -amylase, de la glucoamylase ou de l'activité enzymatique résiduelle du malt <sup>[1]</sup>.

Cette logique est particulièrement pertinente pour les brasseries qui recherchent des profils secs, nets ou fortement atténués. Dans ces bières, la présence de dextrans résiduelles peut augmenter la densité finale, la rondeur et la sensation de douceur. La pullulanase ne remplace pas la formulation ni le choix de la levure, mais elle peut réduire la proportion de substrats ramifiés qui résistent partiellement aux enzymes amylolytiques classiques. L'effet attendu est une meilleure fermentescibilité du moût, à condition que la recette soit conçue pour accepter une réduction du corps.



**Figure 1.** 풀룰라나아제는 아밀로펙틴에서 유래한 덱스트린의  $\alpha$ -1,6 분지점을 절단해, 그 조각들이 당화 효소에 더 쉽게 작용하도록 합니다.

## Mécanisme biochimique : débrancher avant de saccharifier

L'amidon est construit autour de liaisons  $\alpha$ -1,4 formant les segments linéaires et de liaisons  $\alpha$ -1,6 créant les points de branchement. Les enzymes qui coupent uniquement les liaisons  $\alpha$ -1,4 fragmentent bien les chaînes, mais elles peuvent produire des dextrans limités autour des embranchements. La pullulanase cible précisément ces nœuds  $\alpha$ -1,6, ce qui libère des chaînes latérales et expose de nouvelles extrémités aux amylases <sup>[1]</sup>.

On peut résumer le mécanisme en trois étapes. D'abord, la chaleur et l'hydratation rendent l'amidon plus accessible, en particulier lorsque les granules gonflent et que la matrice se désorganise. Les recherches sur le riz en brassage du saké soulignent que le comportement de gonflement des grains pendant le chauffage influence la digestibilité enzymatique de l'amidon du riz cuit <sup>[3]</sup>. Ensuite, l' $\alpha$ -amylase fragmente rapidement les longues chaînes et diminue la viscosité du milieu. Enfin, la pullulanase réduit les embranchements, ce qui facilite l'action ultérieure des amylases libérant maltose, maltotriose ou glucose selon le système enzymatique présent.

Cette action séquentielle est importante dans le moût réel, car l'amidon n'est pas isolé dans un tube idéal. Il est inclus dans une matrice de protéines, de fibres, de lipides, de polyphénols et de minéraux. Une étude sur la farine d'orge a montré que l'adsorption de l' $\alpha$ -amylase sur les protéines d'orge peut affecter la digestion in vitro de l'amidon, ce qui rappelle que l'efficacité enzymatique dépend aussi de l'accessibilité physique du substrat <sup>[4]</sup>. La pullulanase agit donc mieux lorsqu'elle est intégrée dans un procédé où la gélification, la liquéfaction et la saccharification sont cohérentes.

## Pullulanase, $\alpha$ -amylase et glucoamylase : fonctions comparées

La pullulanase est souvent plus utile lorsqu'elle est pensée en combinaison avec les autres enzymes de conversion de l'amidon. Le tableau suivant compare les rôles techniques sans assimiler ces enzymes à des produits interchangeables.

Enzyme ou activité	Substrat ou liaison principalement concerné	Effet principal dans le moût	Limite pratique	Intérêt dans un brassage rentable
$\alpha$ -amylase	Liaisons $\alpha$ -1,4 internes de l'amidon	Liquéfaction, réduction de taille des chaînes, formation de dextrans	Ne supprime pas efficacement les points de branchement $\alpha$ -1,6	Améliore l'accessibilité générale de l'amidon et prépare la saccharification
$\beta$ -amylase du malt	Extrémités non réductrices des chaînes $\alpha$ -1,4	Production de maltose, contribution à la fermentescibilité	S'arrête près des ramifications	Utile dans les empâtages maltés bien maîtrisés
Glucoamylase / amyloglucosidase	Extrémités des dextrans	Libération de glucose, atténuation plus poussée	Les dextrans ramifiés peuvent ralentir la conversion	Pertinente pour bières sèches, faibles en glucides ou très atténuées
Pullulanase	Liaisons $\alpha$ -1,6 des structures ramifiées	Débranchement de l'amylopectine et des dextrans limites	Son effet dépend de l'accessibilité de l'amidon et de la présence d'autres activités amylolytiques	Augmente le potentiel de conversion des fractions ramifiées en sucres fermentescibles
$\beta$ -glucanase	$\beta$ -glucanes des parois cellulaires	Réduction de viscosité liée aux gommages, aide possible à la filtration	Ne convertit pas directement l'amidon en sucres fermentescibles	Utile si le problème principal est la viscosité ou le lautering, pas la saccharification

La comparaison met en évidence le positionnement précis de la pullulanase. Elle ne fait pas le même travail que l' $\alpha$ -amylase, qui fragmente rapidement les chaînes, ni celui de la glucoamylase, qui libère des unités de glucose à partir des extrémités. Elle intervient sur l'architecture ramifiée, ce qui peut

améliorer l'efficacité des étapes suivantes de saccharification. La revue sur la biotechnologie de la pullulanase souligne justement son importance dans la transformation des glucides ramifiés et ses applications industrielles liées à l'amidon [1].

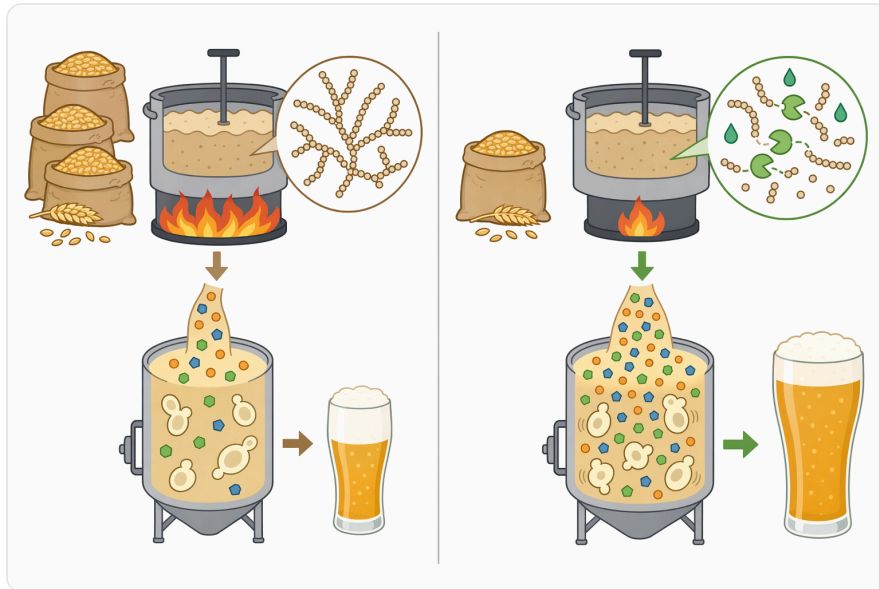


Figure 2. 양조에서 전분 전환 효소들은 서로 보완적으로 작용합니다.  $\alpha$ -아밀라아제는 사슬을 액화하고,  $\beta$ -아밀라아제와 글루코아밀라아제는 당을 방출하며, 풀룰라나아제는 분지점을 제거합니다.

## Applications brassicoles prioritaires

### Bières sèches, light et à forte atténuation

Les styles qui recherchent une finale sèche bénéficient d'un moût plus fermentescible. Dans ce contexte, la pullulanase peut réduire les dextrines ramifiées qui contribueraient autrement à la densité finale et au corps. Elle s'intègre logiquement avec des schémas de saccharification poussée lorsque l'objectif est de limiter les glucides résiduels et de favoriser une fermentation plus complète, sans prétendre remplacer le rôle de la levure ou des choix de palier d'empâtage [1].

La prudence reste nécessaire : une meilleure conversion ne signifie pas toujours une meilleure bière. Dans une bière où la rondeur, la tenue en bouche et la douceur maltée sont recherchées, une dégradation excessive des dextrines peut produire un profil trop mince. La pullulanase est donc surtout adaptée aux recettes où la réduction des dextrines est cohérente avec le style, par exemple des bières très atténuées, des bases neutres pour aromatisation ou des produits où la netteté finale est prioritaire.

## Recettes avec adjunts et céréales alternatives

Les adjunts apportent de l'amidon mais pas toujours l'équipement enzymatique naturel du malt d'orge. Les travaux sur les malts sans gluten ont montré que l'amélioration de la production de sucres fermentescibles peut nécessiter une procédure de brassage adaptée au profil enzymatique des matières premières <sup>[2]</sup>. Dans les recettes utilisant riz, maïs, sorgho, millet, sarrasin ou autres céréales, la pullulanase peut contribuer à mieux valoriser la fraction ramifiée de l'amidon, surtout si l' $\alpha$ -amylase a déjà rendu les chaînes accessibles.

Les études sur le millet perlé montrent aussi que le temps et la température influencent l'hydrolyse de l'amidon et l'activité enzymatique pendant le maltage et la fermentation <sup>[5]</sup>. Cette observation est utile pour la brasserie : l'enzyme n'agit pas indépendamment du procédé. Si les adjunts sont insuffisamment gélatinisés ou si l'empâtage ne donne pas accès à l'amidon, la pullulanase ne pourra pas compenser entièrement une préparation inadéquate de la matière première.

## Moûts à forte densité et recherche d'extrait

Dans un moût concentré, chaque point de conversion compte davantage parce que la charge en amidon et en dextrines est élevée. La pullulanase peut aider à limiter la formation de dextrines ramifiées résiduelles et à orienter une partie plus importante de l'extrait vers des sucres fermentescibles. Des travaux récents sur un biocatalyseur amylolytique à base de triticales ont été orientés vers l'amélioration des sucres du moût de brasserie, ce qui confirme l'intérêt industriel des solutions enzymatiques pour renforcer la conversion amidonnaire <sup>[6]</sup>.

La contribution au rendement doit cependant être formulée avec précision. La pullulanase ne crée pas d'extrait à partir de rien ; elle aide à rendre plus exploitable l'amidon disponible. Son intérêt économique est donc maximal lorsque la brasserie dispose déjà d'un empâtage efficace, d'une mouture adaptée, d'une bonne hydratation des grains et d'une levure capable de fermenter les sucres produits.



**Figure 3.** 풀룰라나아제는 분지 덱스트린이 발효성을 제한하는 고발효도 맥주, 부원료 매시, 고비중 양조 및 기타 곡물 발효에서 특히 중요합니다.

## Conditions de procédé à considérer sans surpromettre

L'activité d'une enzyme dépend du contexte : température, durée de contact, pH, composition du moût, accessibilité du substrat et interactions avec la matrice céréalière. Les recherches sur l'hydrolyse enzymatique de différentes sources d'amidon montrent que les variables de procédé modifient fortement la structure, la digestibilité et le comportement thermique des amidons hydrolysés <sup>[7]</sup>. Pour la pullulanase, cela signifie qu'un ajout dans un moût où l'amidon est encore peu disponible produira moins d'effet qu'une intégration dans une étape où les chaînes ont déjà été hydratées, gonflées ou partiellement liquéfiées.

Le chauffage joue un rôle central car il modifie la structure du grain et la disponibilité de l'amidon. Dans le brassage du saké, la digestibilité enzymatique du riz cuit est liée au gonflement des grains pendant la chauffe <sup>[3]</sup>. Même si le procédé de bière diffère du saké, le principe reste utile : la pullulanase agit sur des liaisons chimiques, mais elle doit d'abord accéder physiquement à ces liaisons. Une préparation correcte des céréales ou adjunts est donc indispensable.

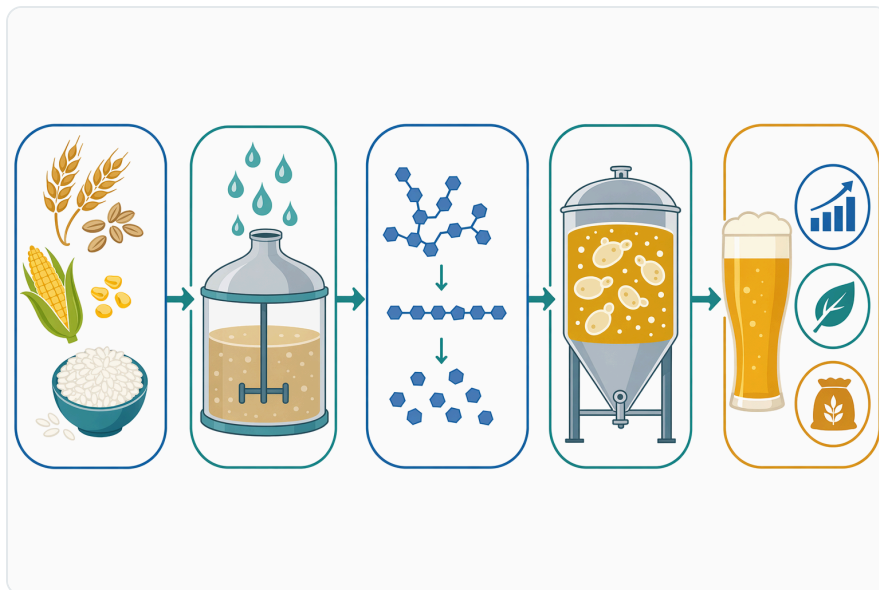
Le pH et la température doivent rester compatibles avec l'ensemble du système enzymatique, pas seulement avec la pullulanase. Un empâtage est un compromis entre plusieurs activités : liquéfaction, saccharification, maintien de la filtrabilité, préservation du profil sensoriel et disponibilité des nutriments. Les travaux sur le maltage et la fermentation du millet montrent que le couple temps-température affecte l'hydrolyse de l'amidon et l'activité enzymatique, ce qui confirme l'importance d'une conduite de procédé stable <sup>[5]</sup>.

## Ce que la pullulanase ne fait pas

La pullulanase n'est pas une enzyme universelle de correction du brassage. Elle ne remplace pas une  $\beta$ -glucanase lorsque le problème principal est une viscosité élevée liée aux  $\beta$ -glucanes. Elle ne remplace pas non plus une protéase lorsque l'enjeu concerne la solubilisation des protéines, la nutrition azotée de la levure ou certaines questions de stabilité colloïdale. Son champ d'action prioritaire reste l'hydrolyse des branchements  $\alpha$ -1,6 dans les glucides ramifiés [1].

Elle ne garantit pas non plus, à elle seule, une fermentation plus rapide ou une bière de meilleure qualité. Une augmentation de la fermentescibilité peut modifier l'équilibre sensoriel : moins de dextrans peut signifier une finale plus sèche, mais aussi un corps plus léger. Pour une pils très sèche, une bière faible en glucides ou une base fermentaire neutre, cela peut être recherché. Pour une bière ambrée ronde, une stout douce ou une bière de dégustation riche en texture, l'effet doit être évalué par rapport à l'objectif de style.

Enfin, elle ne compense pas entièrement une mauvaise disponibilité de l'amidon. Les études sur différentes matrices céréalières montrent que la digestibilité enzymatique dépend de la structure des grains, du traitement thermique et des interactions avec les protéines ou d'autres composants [4]. La pullulanase doit donc être comprise comme un levier de conversion, pas comme une solution indépendante de la qualité de mouture, de l'empâtage et de la formulation.



**Figure 4.** 풀룰라나아제의 경제적 가치는 전분 이용률, 맥즙 발효성, 부원료 활용 유연성, 발효도 예측 가능성을 향상시키는 데서 나옵니다.

## Fondement scientifique et transposition à la bière

---

La base scientifique la plus solide concerne le mécanisme de débranchement. La pullulanase est largement étudiée comme enzyme de transformation des polysaccharides ramifiés, avec des applications dans l'amidon, les sirops et les procédés alimentaires <sup>[1]</sup>. Cette base est directement pertinente pour la brasserie parce que la conversion de l'amidon en sucres fermentescibles est l'un des objectifs centraux de l'empâtage.

Les études sur les sources d'amidon autres que l'orge renforcent cette logique. Dans le brassage sans gluten, l'optimisation des profils enzymatiques et des procédures peut améliorer la génération de sucres fermentescibles <sup>[2]</sup>. Dans les travaux sur le triticale, l'objectif d'amélioration des sucres du moût montre que les biocatalyseurs amylolytiques sont étudiés pour soutenir la performance de conversion en brasserie <sup>[6]</sup>. Ces sources ne signifient pas que chaque moût réagira de la même façon, mais elles confirment que la conversion enzymatique de l'amidon est un levier technique reconnu.

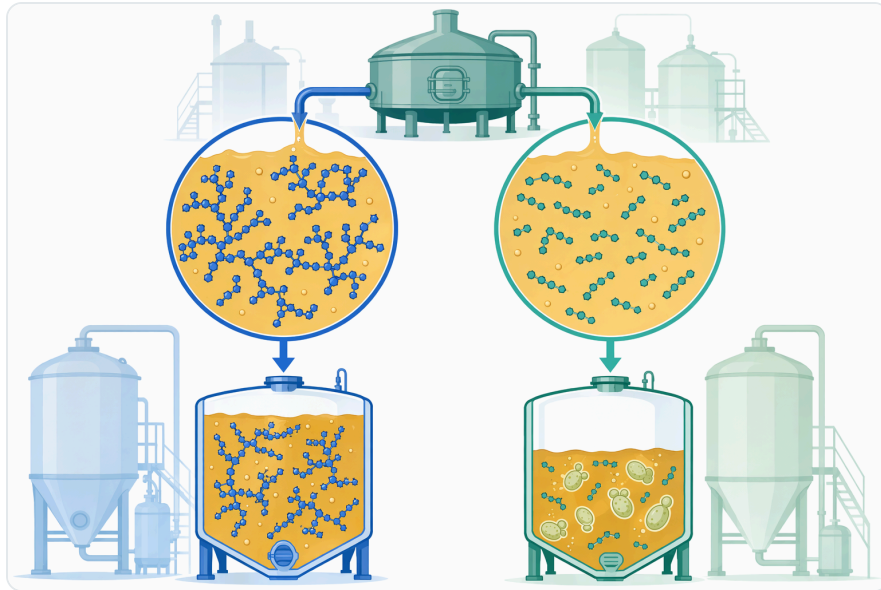
Les recherches sur l'amidon de riz, d'avoine, de millet ou d'autres matières premières montrent également que l'hydrolyse enzymatique dépend fortement de la structure du substrat et des traitements appliqués [[6], [13], [14]]. La pullulanase doit donc être utilisée dans une approche de procédé : elle cible les ramifications, tandis que la préparation de la matière première et les autres enzymes déterminent l'accès aux chaînes à hydrolyser.

## Intégration dans une stratégie de brassage orientée fermentescibilité

---

Une stratégie efficace consiste à considérer l'amidon comme une ressource à rendre successivement accessible, fragmentée, débranchée et fermentescible. L'accessibilité dépend de la mouture, de l'hydratation et de la gélatinisation. La fragmentation dépend principalement des activités amylolytiques coupant les liaisons  $\alpha$ -1,4. Le débranchement dépend de la pullulanase. La production finale de sucres fermentescibles dépend ensuite des amylases disponibles et de la capacité de la levure à consommer le spectre de sucres obtenu <sup>[1]</sup>.

Cette approche est particulièrement utile dans les brasseries travaillant avec des matières premières variables. Les céréales alternatives et les adjunts peuvent apporter des amidons dont la température de gélatinisation, la structure granulaire et les interactions avec les protéines diffèrent du malt d'orge. Les données sur la digestibilité du riz chauffé et sur l'impact des protéines d'orge sur l' $\alpha$ -amylase rappellent que la matrice du grain influence fortement l'hydrolyse [[6], [7]]. La pullulanase apporte alors une action ciblée sur les branchements, mais elle doit être coordonnée avec le reste du procédé.



**Figure 5.** 풀룰라나아제는 효모 대사를 직접 바꾸기보다 맥즙의 탄수화물 조성을 변화시켜 발효에 간접적으로 영향을 줍니다.

Pour les bières à forte atténuation, l'enjeu principal est de réduire les dextrines résiduelles sans déstabiliser le profil sensoriel. La pullulanase peut aider à déplacer l'équilibre du moût vers davantage de sucres fermentescibles, mais elle ne décide pas du résultat final : la levure, la température de fermentation, l'oxygénation, la nutrition et le style jouent également un rôle. La valeur technique de l'enzyme vient de sa précision : elle traite une limite structurelle de l'amidon que les amylases seules contournent parfois difficilement.

## Positionnement Enzymes.bio

Enzymes.bio est un fournisseur d'enzymes, et non un fabricant ni un laboratoire. La pullulanase destinée au brassage s'inscrit dans une gamme d'enzymes pour la bière, aux côtés d'autres outils enzymatiques utilisés pour la conversion de l'amidon, la gestion de certaines matrices céréalières et l'optimisation du procédé brassicole . Le produit est vendu directement en ligne par unité de 1 kg ; le certificat d'analyse et la fiche de données de sécurité sont fournis avec la commande.

Ce positionnement convient aux utilisateurs professionnels qui recherchent une enzyme de procédé pour soutenir la conversion des amidons ramifiés. Le rôle d'Enzymes.bio est de fournir le produit et les documents associés à la commande, tandis que l'intégration technique relève du procédé de la brasserie : recette, matières premières, profil d'empâtage, objectifs d'atténuation et contrôle qualité interne.

## Conclusion technique

---

La pullulanase est pertinente en brasserie parce qu'elle cible un obstacle précis de la saccharification : les liaisons  $\alpha$ -1,6 des structures amidonnées ramifiées. En ouvrant ces points de branchement, elle rend l'amylopectine et certaines dextrans limites plus accessibles aux amylases, ce qui peut augmenter la production de sucres fermentescibles et soutenir des bières plus sèches, plus atténuées ou formulées avec des adjunts <sup>[1]</sup>.

Son intérêt "cost effective" vient de cette meilleure valorisation potentielle de l'amidon disponible, non d'un effet isolé ou universel. Elle est plus utile lorsque le procédé vise explicitement la fermentescibilité, la réduction des dextrans ramifiées ou l'optimisation de l'extrait dans des moûts riches en amidon. Employée dans ce contexte, la pullulanase est un levier enzymatique ciblé pour améliorer la conversion du moût tout en laissant au brasseur la maîtrise du style, du corps et de l'équilibre sensoriel final.

### Commander Pullulanase Enzyme For Cost Effective 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 Pullulanase Enzyme For Cost Effective 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. Xu, P., Zhang, S., Zhi-Luo, Min-Zong, Xiao-Li, & Lou, W. (2021). Biotechnology and bioengineering of pullulanase: state of the art and perspectives. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 37.
2. Ledley, A. J., Elias, R., Hopfer, H., & Cockburn, D. (2021). A Modified Brewing Procedure Informed by the Enzymatic Profiles of Gluten-Free Malts Significantly Improves Fermentable Sugar Generation in Gluten-Free Brewing. *Beverages*.
3. Okuda, M., Joyo, M., Takahashi, K., & Mukai, N. (2025). Evaluation of the Starch Properties of Rice Grains and Enzymatic Digestibility of Steamed Rice During Sake Brewing Based on the Swelling Behavior of Rice Grains During Heating. *Cereal Chemistry*.
4. Yu, W., Zou, W., Dhital, S., Wu, P., Gidley, M., Fox, G., & Gilbert, R. (2018). The adsorption of  $\alpha$ -amylase on barley proteins affects the in vitro digestion of starch in barley flour. *Food Chemistry*, 241, 493-501 .

5. Fabien, G., Ndungutse, V., & Alothmany, R. (2025). Effect of Time and Temperature on Starch Hydrolysis and Enzymatic Activity During Malting and Fermentation of Finger Millet. *Journal of scientific reports-A*.
6. Girón-Orozco, D., Mariezcurrena-Berasaín, M. D., Heredia-Olea, E., & Vargas-Flores, O. R. (2025). Development of a Triticale-Based Amyolytic Biocatalyst for Starch Hydrolysis With Applications in Brewing Wort Sugar Enhancement. *Food Bioengineering*.
7. Bhokarika, S., Gurumoorthi, P., Athmaselvi, K., & Pushpadhas, H. A. (2024). Optimization of process variables for the preparation of oat milk using the Box–Behnken response surface model and studying the effect of enzyme hydrolysis on structural and thermal properties of oat starch. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*.

## Contactez 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.