

Cellulase : enzyme pour hydrolyse de la cellulose, textile, extraction végétale, biofuel et valorisation des fibres

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

La **cellulase** est une famille d'enzymes qui hydrolyse la cellulose, polymère structural majeur des parois végétales, en fragments plus courts puis en sucres selon la composition du système enzymatique. Dans les applications B2B, elle sert surtout à modifier des fibres cellulosiques, améliorer l'accessibilité des matrices végétales, soutenir la saccharification pour le **cellulase biofuel**, et faciliter certains procédés de textile, papier, alimentation, boissons, feed et compostage ^[1].

Définition technique de la cellulase

La définition de la cellulase ne correspond pas à une molécule unique : le terme désigne un ensemble d'activités enzymatiques capables d'attaquer les liaisons β -1,4-glycosidiques de la cellulose. Les revues récentes sur les **microbial cellulases** décrivent principalement trois fonctions complémentaires : les endoglucanases, qui ouvrent les chaînes à l'intérieur ; les exoglucanases ou cellobiohydrolases, qui libèrent des unités depuis les extrémités ; et les β -glucosidases, qui convertissent le cellobiose et certains oligomères en glucose ^[2].

Cette précision est importante pour les utilisateurs industriels, car une "cellulase enzyme" peut être une préparation à dominante endoglucanase, une préparation plus complète pour la saccharification, ou un mélange pensé pour une application spécifique. Les cellulases microbiennes, notamment fongiques et bactériennes, sont les plus discutées dans la littérature industrielle, avec des producteurs comme *Trichoderma reesei*, *Aspergillus* spp. et plusieurs bactéries cellulolytiques ^[3].

La cellulose elle-même est abondante, mais difficile à hydrolyser dans son état natif. Dans les résidus agricoles, les pulpes de fruits, les fibres de coton, les tiges de céréales ou les coques végétales, elle est organisée en microfibrilles et souvent associée à l'hémicellulose, à la pectine et à la lignine. Cette architecture explique pourquoi la **cellulase reaction** dépend autant de l'accessibilité du substrat que de l'enzyme elle-même ^[4].

Mécanisme de la cellulase : comment l'enzyme attaque la cellulose

Le **cellulase mechanism** repose sur une hydrolyse progressive. Les endoglucanases créent des cassures internes dans les zones amorphes ou accessibles de la cellulose ; ces cassures génèrent de nouvelles extrémités de chaîne. Les cellobiohydrolases exploitent ensuite ces extrémités pour libérer principalement du cellobiose ou de courts cello-oligosaccharides, tandis que les β -glucosidases limitent l'accumulation de cellobiose en produisant du glucose ^[1].

Ce mécanisme collectif explique la synergie souvent observée entre composants enzymatiques. Une préparation déséquilibrée peut ouvrir la fibre sans produire beaucoup de glucose, ou produire du cellobiose qui ralentit la suite de l'hydrolyse si l'activité β -glucosidase disponible est insuffisante. Les revues sur la cellulase et la xylanase soulignent aussi que la cellulose industrielle n'est presque jamais isolée : la dégradation de l'hémicellulose par xylanase peut améliorer l'accès de la cellulase à la fraction cellulosique ^[5].

Dans une matrice végétale réelle, l'enzyme agit principalement là où l'eau et la surface accessible permettent le contact. La lignine, la cristallinité de la cellulose et la compacité de la paroi cellulaire peuvent limiter la réaction. C'est pourquoi un même **cellulase enzyme powder** peut donner des résultats très différents sur coton lavé, son de céréale, marc de fruit, paille prétraitée ou biomasse lignocellulosique brute ^[6].

Cellulase fongique, bactérienne et *Trichoderma reesei*

Les cellulases fongiques sont largement étudiées pour les applications industrielles, car plusieurs champignons filamenteux sécrètent naturellement des cocktails extracellulaires capables de dégrader les polysaccharides végétaux. Les travaux sur *Aspergillus* spp. montrent que la fermentation solide peut produire des cellulases applicables à des matrices végétales et à certains procédés industriels, avec une attention particulière portée aux paramètres de culture et au substrat utilisé ^[7].

La **cellulase *Trichoderma reesei*** occupe une place particulière dans la littérature sur la biomasse lignocellulosique. *T. reesei* est étudié comme organisme producteur de cellulases pour la conversion de biomasse ; des travaux récents ont montré que des stratégies de fermentation fed-batch et d'induction par coques de soja pouvaient améliorer la production de cellulase et la capacité de dégradation de biomasse lignocellulosique dans le système étudié ^[8].

Les cellulases bactériennes ne sont pas moins pertinentes : elles peuvent présenter des profils de pH, de température ou de tolérance aux sels différents. Des isolats bactériens issus d'environnements comme les mangroves, les sources chaudes ou les sols salino-alcalins ont été étudiés pour produire

des cellulases adaptées à des conditions particulières, ce qui soutient l'intérêt industriel des enzymes bactériennes dans les procédés où les conditions ne sont pas typiquement acides ^{[9][10][11]}.

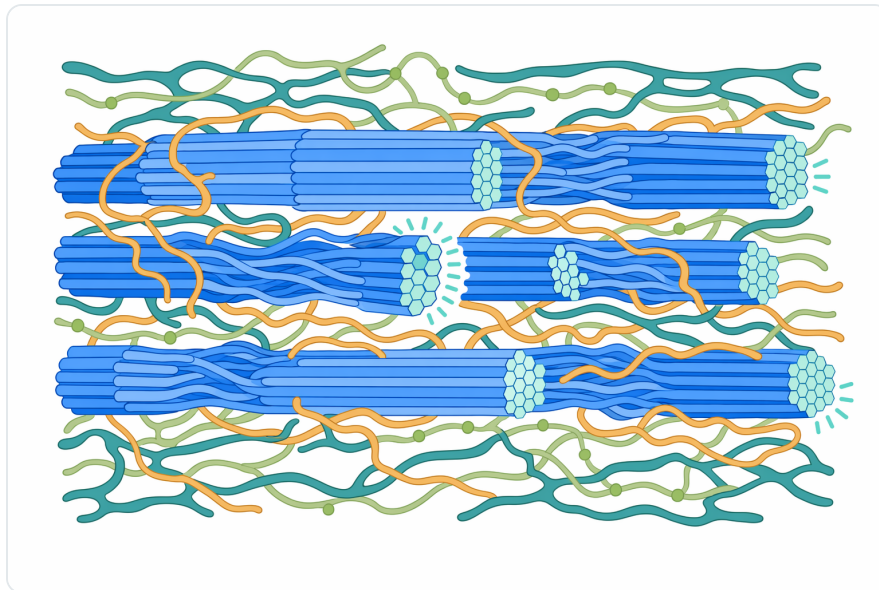


Figure 1. 셀룰로오스는 β -1,4-글루코스 사슬이 미세섬유로 조밀하게 배열되고, 종종 여러 성분이 섞인 식물 세포벽 기질 속에 박혀 있어 가공하기 어렵습니다.

Paramètres qui influencent l'activité cellulase

La **cellulase activity** dépend d'abord du pH. Le terme "cellulase pH" est souvent recherché parce que la fenêtre d'activité conditionne directement la performance du procédé. Les études d'optimisation sur isolats bactériens montrent que le pH optimal varie selon l'organisme et l'enzyme ; il n'existe donc pas un pH universel applicable à toutes les cellulases ^[9].

La température influence aussi la vitesse d'hydrolyse, la stabilité de la protéine et la durée utile de traitement. Les travaux de bioprospection sur bactéries thermophiles productrices d'amylase et de cellulase illustrent l'intérêt des enzymes issues d'environnements chauds lorsque le procédé impose une température plus élevée que les conditions courantes de fermentation mésophile ^[10].

La structure du substrat reste souvent le facteur limitant. Une biomasse prétraitée, broyée ou partiellement déstructurée expose davantage de surfaces à l'enzyme. À l'inverse, une matière fortement lignifiée peut retenir, masquer ou détourner l'action des cellulases. Les revues sur la production de cellulase à partir de déchets agro-industriels montrent que la valorisation de substrats comme résidus de fruits, pelures, coques et sous-produits dépend de cette accessibilité physique et chimique ^[4].

Enfin, la présence d’autres polymères oriente le choix de l’approche enzymatique. Sur des matrices riches en pectines, l’association **cellulase and pectinase** peut faciliter la désagrégation des parois végétales ; sur des matières riches en hémicellulose, la xylanase est souvent complémentaire. La littérature sur la synergie cellulase-xylanase montre que la déconstruction efficace de la biomasse nécessite souvent plusieurs enzymes plutôt qu’une seule activité isolée [5].

Tableau comparatif : domaines d’application de la cellulase

Domaine d’application	Rôle principal de la cellulase	Substrats typiques	Points techniques à surveiller
Textile et coton	Biopolissage, réduction de microfibrilles, modification de surface	Coton, denim, viscose, lin	Éviter le surtraitement et la perte de résistance des fibres
Biofuel et bioraffinerie	Saccharification de cellulose en sucres fermentescibles	Paille, bagasse, tiges, résidus lignocellulosiques	Prétraitement, lignine, synergie avec xylanase
Aliments et boissons	Rupture partielle de parois, extraction, clarification	Fruits, légumes, pulpes, marcs	Interaction avec pectinase, viscosité, profil sensoriel
Feed et ensilage	Amélioration de l’accessibilité des fibres	Fourrages, co-produits agricoles	Humidité, microbiote, composition fibreuse
Papier et pâte	Modification des fibres, drainage, désencrage selon procédé	Pâte cellulosique, papier recyclé	Contrôle de l’hydrolyse pour préserver les propriétés mécaniques
Compostage et déchets végétaux	Accélération de la dégradation cellulosique	Déchets verts, résidus agricoles	Aération, humidité, température, équilibre biologique

Applications textile : biopolissage, denim et coton

Dans le textile, la cellulase est utilisée pour traiter des fibres cellulosiques comme le coton. L’objectif n’est pas de dissoudre le tissu, mais de modifier la surface : élimination de microfibrilles, amélioration du toucher, réduction du boulochage et aspect plus net. Des travaux récents sur une cellulase de *Cellvibrio polysaccharolyticus* ont évalué son application dans l’industrie textile, ce qui confirme la pertinence de la cellulase au-delà des souches fongiques classiques [12].

Les études portant sur l'effet de cellulases bactériennes sur les fibres de coton indiquent que l'enzyme peut modifier la structure superficielle de la fibre. Cet effet est précisément recherché dans le biopolissage, mais il impose un contrôle du temps de contact, du pH et de l'intensité du traitement afin d'éviter une baisse excessive de résistance mécanique [13].

Dans le denim, les cellulases sont utilisées comme alternative ou complément à des procédés d'abrasion plus mécaniques. Elles agissent sur les fibres cellulosiques accessibles et peuvent contribuer à des effets de lavage. La littérature industrielle sur les cellulases microbiennes classe de manière répétée le textile parmi les applications majeures, avec le papier, les détergents, les aliments et les biocarburants [1].

Biofuel : cellulase pour saccharification et bioraffinerie

Le terme **cellulase biofuel** renvoie à l'un des usages les plus étudiés : convertir la fraction cellulosique d'une biomasse en sucres fermentescibles. Après prétraitement, la cellulase hydrolyse la cellulose en cellobiose, cello-oligosaccharides et glucose, qui peuvent ensuite alimenter une fermentation pour produire de l'éthanol ou d'autres molécules biosourcées [6].

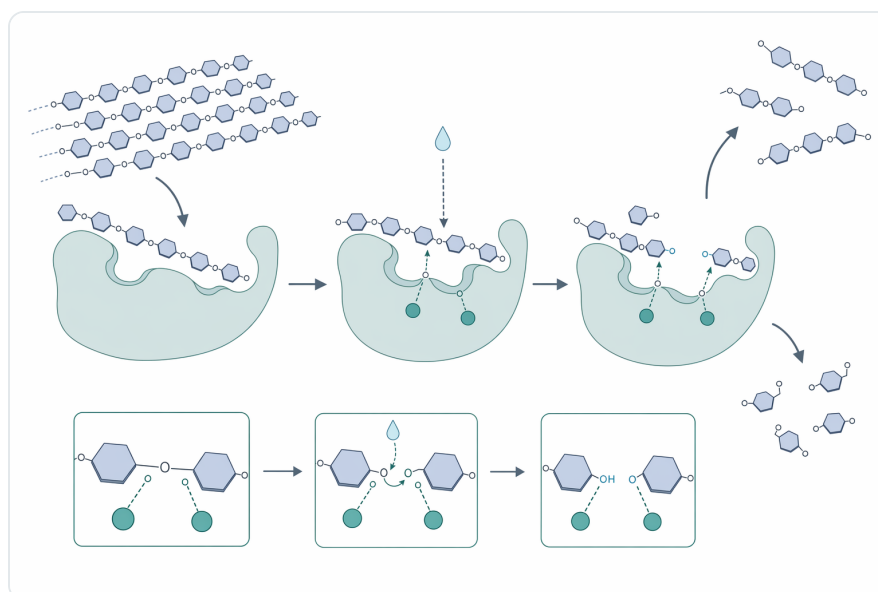


Figure 2. 셀룰라아제의 작용은 표면 결합, 내부 사슬 절단, 사슬 말단 처리, 짧은 조각을 포도당으로 전환하는 과정으로 진행됩니다.

Les déchets de fruits et autres résidus agro-industriels sont particulièrement étudiés comme substrats de production ou d'application de cellulases. Les revues sur la production microbienne de cellulase à partir de déchets fruitiers décrivent leur intérêt dans la réduction de coûts de substrat et dans la production de biocarburants, tout en rappelant que chaque résidu présente une composition différente en cellulose, hémicellulose, pectine, sucres libres et composés phénoliques [6].

La performance en bioraffinerie dépend aussi de la synergie avec d'autres enzymes. La xylanase peut réduire l'obstacle constitué par l'hémicellulose, tandis que des enzymes accessoires peuvent améliorer l'accès aux microfibrilles. Les travaux de synthèse sur la synergie cellulase-xylanase indiquent que cette complémentarité est un levier important dans la biotechnologie industrielle ^[5].

Alimentation, boissons et extraction végétale

Dans les matrices alimentaires végétales, la cellulase aide à ouvrir les parois cellulaires. Cette action peut faciliter l'extraction de jus, la libération de composés phénoliques, la réduction de certaines viscosités et la valorisation de sous-produits comme pulpes, peaux et marcs. Les revues sur les sous-produits de fruits décrivent leur potentiel industriel pour des applications nutritionnelles et de valorisation, où les enzymes de paroi végétale jouent un rôle dans l'accès aux fractions utiles ^[14].

La cellulase est rarement seule dans les procédés de fruits et boissons. Les pectinases sont souvent pertinentes pour les matrices riches en pectines, tandis que la cellulase cible davantage la charpente cellulosique. L'association **cellulase and pectinase** est donc logique lorsque l'objectif est de déstructurer une paroi végétale complexe plutôt que de viser une seule liaison chimique ^[14].

La fermentation et la valorisation de déchets végétaux constituent un autre axe. Des travaux sur des "eco enzymes" à base de déchets de fruits signalent la présence d'activités enzymatiques, dont la cellulase, dans des systèmes fermentaires destinés à la réduction de polluants ou à la valorisation biologique. Ces résultats doivent être interprétés comme des observations de systèmes fermentés, non comme une équivalence avec une préparation enzymatique standardisée ^[15].

Feed, ensilage et valorisation des fibres

En alimentation animale, la cellulase vise l'amélioration de l'accessibilité des fractions fibreuses. La cellulose n'est pas toujours directement digestible par l'animal, mais elle peut être transformée par les communautés microbiennes du rumen ou par des procédés de fermentation. L'ajout de cellulase peut contribuer à libérer des composés fermentescibles ou à modifier la structure de co-produits riches en parois végétales ^[16].

Dans l'ensilage, l'intérêt est différent : il s'agit d'aider la fermentation en rendant certains glucides plus accessibles aux microorganismes acidifiants. Les études sur enzymes bactériennes pour la dégradation de cellulose et d'hémicellulose indiquent des bénéfices médicaux et industriels potentiels, mais les résultats dépendent fortement de la matière végétale, de la flore microbienne et des conditions de conservation ^[16].

Les co-produits agro-industriels constituent un champ d'application logique. La valorisation de résidus en fermentation pour produire ou utiliser des cellulases est documentée, notamment parce que les déchets agricoles contiennent eux-mêmes des polymères inducteurs ou utilisables comme substrats. Cette approche s'inscrit dans l'économie circulaire, mais elle ne supprime pas la nécessité de maîtriser la composition de chaque matière première ^[4].

Papier, pâte et recyclage

Dans l'industrie papier, la cellulase peut modifier les fibres cellulosiques, influencer le drainage, faciliter certaines étapes de désencrage ou réduire l'intensité de traitements mécaniques. Le principe est similaire à celui du textile : action contrôlée sur les zones accessibles de la cellulose, sans chercher une hydrolyse complète de la fibre ^[2].

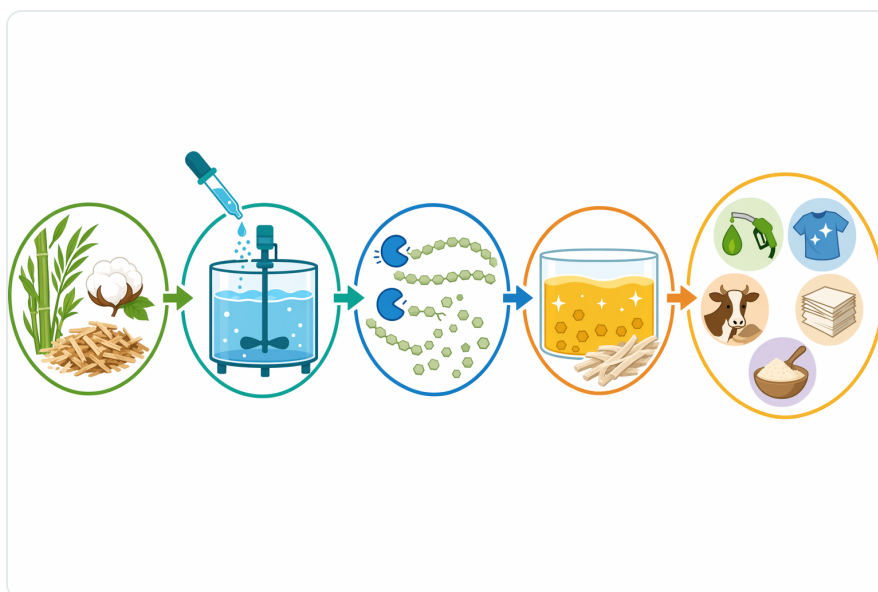


Figure 3. 면직물의 바이오 폴리싱과 섬유 관리에서 셀룰라아제는 표면의 미세 섬유를 약화시켜, 기계적 작용으로 보풀을 제거할 수 있게 하면서도 섬유의 본체는 그대로 유지합니다.

Le point critique est le dosage fonctionnel du traitement dans le procédé, car une hydrolyse excessive peut raccourcir les fibres ou dégrader les propriétés mécaniques du papier. Les revues sur les applications industrielles des cellulases soulignent donc leur utilité, mais aussi la nécessité de contrôler pH, température, temps de contact et nature de la pâte ^[1].

Les préparations de cellulase utilisées pour papier et textile ne sont pas nécessairement interchangeables avec celles utilisées en extraction végétale ou en saccharification. Les exigences de stabilité, de compatibilité chimique et d'effet recherché diffèrent selon que l'on veut polir une surface, libérer du glucose ou réduire une viscosité.

Immobilisation, nanomatériaux et performance enzymatique

Une partie de la recherche actuelle vise à améliorer l'usage des cellulases par immobilisation. L'immobilisation sur supports magnétiques, charbons activés ou nanomatériaux peut faciliter la récupération de l'enzyme, accroître sa stabilité apparente dans certains systèmes et permettre des usages répétés dans des configurations expérimentales ou industrielles adaptées ^[17].

Des travaux récents ont étudié des supports issus de coques végétales transformées en charbon actif pour immobiliser la cellulase. Ce type de recherche illustre la convergence entre valorisation de déchets, catalyse enzymatique et matériaux fonctionnels, mais il ne doit pas être confondu avec l'usage direct d'une poudre enzymatique dans un procédé classique ^[18].

Les MOF, nanomatériaux et systèmes hybrides sont également discutés comme moyens d'améliorer la performance ou la stabilité de cellulases. Ces approches restent dépendantes du support, de la matrice et du coût de mise en œuvre ; elles sont surtout utiles à considérer lorsque la récupération de l'enzyme ou sa réutilisation représente un enjeu de procédé ^[19].

Inhibiteurs, limites et causes d'échec de la cellulase

Les **cellulase inhibitors** ne sont pas seulement des molécules ajoutées volontairement : dans la pratique, ce sont souvent des obstacles de matrice. La lignine peut limiter l'accès à la cellulose, adsorber des protéines ou réduire l'efficacité apparente de l'enzyme. Des composés phénoliques, des sels, des tensioactifs incompatibles ou des conditions de pH éloignées de la plage utile peuvent aussi diminuer l'activité observée ^[1].

L'inhibition par produit est un autre point à considérer dans les systèmes de saccharification. Si le cellobiose s'accumule, il peut ralentir certaines composantes de l'hydrolyse ; c'est l'une des raisons pour lesquelles les β -glucosidases sont importantes dans les cocktails complets. Les revues sur les cellulases industrielles mettent en avant cette logique de complémentarité plutôt qu'une action isolée d'endoglucanase ^[2].

L'échec d'un traitement cellulase provient souvent d'une accessibilité insuffisante. Une poudre enzymatique active ne peut pas hydrolyser efficacement une cellulose encapsulée dans une matrice lignifiée ou trop sèche. De même, une température trop élevée peut accélérer la réaction au départ mais réduire la durée de vie de l'enzyme si elle dépasse la stabilité de la préparation utilisée ^[9].

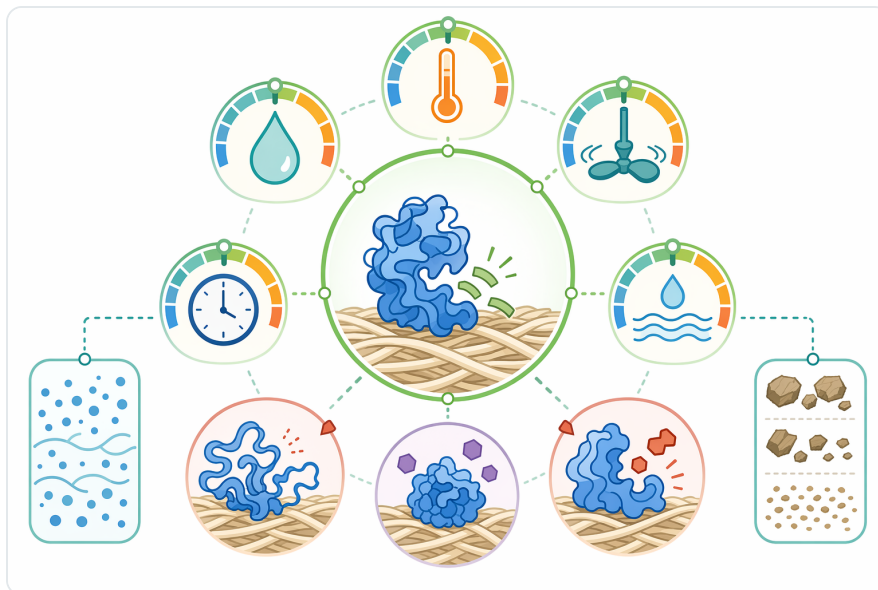


Figure 4. 셀룰라아제의 성능은 효소의 기원, 기질 접근성, pH, 온도, 물, 접촉 시간, 혼합, 그리고 저해 또는 보조 역할을 하는 처리액 성분 에 따라 달라집니다.

Clarification sur les recherches grand public : minceur, “pearls” et usage humain

Certains termes de recherche comme “**cellulase pearls antes e depois**”, “**cellulase gold advanced fa dimagrire**” ou “**cellulase amazon**” renvoient à des produits de consommation, des compléments ou des requêtes de marketplace. Ils ne doivent pas être confondus avec une cellulase technique destinée aux procédés industriels, à l’extraction végétale, au textile, au papier ou à la bioconversion.

Le terme “**cellulase mensch**” apparaît parfois dans des recherches germanophones sur l’humain. Les publications industrielles traitent surtout des cellulases microbiennes, fongiques ou bactériennes ; elles ne justifient pas, à elles seules, des allégations de santé ou de perte de poids chez l’humain ^[2]. Pour un fournisseur B2B d’enzyme, la description pertinente reste donc celle d’un biocatalyseur de transformation de matrices cellulosiques, non d’un produit amaigrissant.

Il est aussi important de distinguer les “cellulase benefits” scientifiquement établis des bénéfices marketing. Les avantages robustes concernent la modification des fibres, la libération de sucres, l’amélioration de l’accès aux parois végétales et la valorisation de biomasse. Les affirmations de type minceur, résultats “avant/après” ou promesses physiologiques ne relèvent pas des applications techniques documentées ici.

Cellulase chez Enzymes.bio : positionnement fournisseur

Enzymes.bio fournit de la cellulase en ligne pour des utilisateurs professionnels recherchant une **cellulase enzyme powder** disponible en conditionnement de 1 kg. Enzymes.bio n'est ni fabricant ni laboratoire ; le rôle est celui d'un fournisseur en ligne, avec documentation accompagnant la commande, notamment le CoA et la SDS fournis avec l'achat .

Ce positionnement convient aux besoins applicatifs où l'utilisateur maîtrise son procédé : textile, essais de formulation, transformation de biomasse végétale, extraction, papier, feed, compostage ou développement de procédés enzymatiques. La sélection finale doit tenir compte de la matrice, du pH, de la température, du temps de contact et de la compatibilité avec les autres composants du procédé, sans supposer qu'une même cellulase produira le même effet dans toutes les conditions.

Comme toute enzyme en poudre, la cellulase doit être manipulée avec prudence. Les préparations enzymatiques sont des protéines et peuvent présenter des risques d'irritation ou de sensibilisation en cas d'exposition inappropriée ; les informations de sécurité fournies avec la commande doivent donc être suivies.

Conclusion technique

La cellulase est un outil enzymatique central pour transformer la cellulose : elle coupe progressivement les chaînes cellulosiques, modifie les surfaces de fibres et rend les matrices végétales plus accessibles. Son efficacité repose sur la complémentarité entre endoglucanases, cellobiohydrolases et β -glucosidases, ainsi que sur l'intégration éventuelle d'enzymes comme xylanase ou pectinase dans les matrices végétales complexes [\[5\]\[2\]](#).

Ses applications B2B sont bien établies : biopolissage textile, denim, papier, extraction végétale, aliments et boissons, feed, ensilage, compostage, bioéthanol et bioraffinerie. Les meilleurs résultats apparaissent lorsque l'on traite la cellulase non comme un additif universel, mais comme un biocatalyseur dont la performance dépend du substrat, du pH, de la température, de l'humidité, de l'accessibilité de la cellulose et de la présence d'obstacles comme la lignine [\[1\]\[4\]](#).

Commander Cellulase 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 Cellulase →](#)

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. Sutaoney, P., Rai, S., Sinha, S., Choudhary, R., Gupta, A., Singh, S. K., & Banerjee, P. (2024). Current perspective in research and industrial applications of microbial cellulases. *International Journal of Biological Macromolecules*, 130639 .
2. Maravi, P., & Kumar, A. (2021). Cellulase: Distribution, Production, Characterization and Industrial Applications. *Biotechnology Journal International*.
3. Sarwan, J., Vijaya, Uddin, N., & K, J. B. (2024). Enhanced Production of Microbial Cellulases as an Industrial Enzyme - A Short Review. *Journal of Multidisciplinary Research Advancements*.
4. Dinil, A., & Jacob, A. (2022). Valorization of Agro-industrial Discards in Fermentation for the Production of Cellulase Enzyme. *Journal of Pure and Applied Microbiology*.
5. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
6. Areeshi, M. Y. (2022). Microbial cellulase production using fruit wastes and its applications in biofuels production. *Journal of food microbiology*, 378, 109814 .
7. Boondaeng, A., Keabpimai, J., Trakunjae, C., Vaithanomsat, P., Srichola, P., & Niyomvong, N. (2024). Cellulase production under solid-state fermentation by *Aspergillus* sp. IN5: Parameter optimization and application. *Heliyon*, 10.
8. Zhang, Z., Zhang, J., Li, H., Zhao, Q., Li, X., Liu, G., Lu, X., ... et al. (2025). The combination of continuous-pulse feeding hydrolysates with soybean hulls induction during fed-batch fermentation of *Trichoderma reesei* b5 significantly elevated the cellulase production and its degradation ability on lignocellulosic biomass. *International Journal of Biological Macromolecules*, 142244 .
9. Alamsjah, F., Aswan, D. R., & Agustien, A. (2024). pH and Temperature Optimization of Several Bacterial Isolates from Mangrove Waters in the Mandeh Area to Produce Cellulase Enzyme. *OnLine Journal of Biological Sciences*.
10. Budiharjo, A., Wulandari, D., Shabrina, J., Mawarni, R. A., Maulana, A. R., Nurhayati, N., Wijanarka, W., ... et al. (2024). Bioprospecting and Molecular Identification of Amylase and Cellulase Producing Thermophilic Bacteria from Sediment of Nglimut Hot Springs, Kendal Regency. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*.

11. Yao, X., Lin, M., Yan, Y., Jiang, S., Zhan, Y., Su, B., Zhou, Z., ... et al. (2025). Genomic Functional Analysis and Cellulase Characterization for the Enzyme-Producing Strain Bacillus subtilis Y4X3 Isolated from Saline-Alkaline Soil in Xinjiang, China. *Microorganisms*, 13.
12. Kizmaz, K., Emire, Z., & Uğraş, S. (2025). Characterization of cellulase by Cellvibrio polysaccharolyticus and assessment of its application in the textile industry. *Journal of the Textile Institute*, 117, 785 - 796.
13. Uğraş, S., Bicen, H. E. I., & Emire, Z. (2024). Determination of Cellulase Enzyme Produced by Bacillus cereus DU-1 Isolated from Soil, and Its Effects on Cotton Fiber. *Brazilian Archives of Biology and Technology*.
14. Teshome, E., Teku, T., Nandasiri, R., Rout, J., Harouna, D. V., Astatkie, T., & Urugo, M. M. (2023). Fruit By-Products and Their Industrial Applications for Nutritional Benefits and Health Promotion: A Comprehensive Review. *Sustainability*.
15. Nurseha, N., Sari, G. L., & Ratnawati, K. (2025). Experiment and Literature: Enzyme Content of Fruit Waste-Based Eco Enzyme and Its Potential in Pollutant Reduction. *JURNAL BIOLOGI TROPIS*.
16. Selim, S., Harun-Ur-Rashid, M., Hamoud, Y. A., & Shaghaleh, H. (2025). Utilization of bacterial enzymes for cellulose and hemicelluloses degradations: Medical and industrial benefits. *BioResources*.
17. Khoshnevisan, K., Vakhshiteh, F., Barkhi, M., Baharifar, H., Poor-Akbar, E., Zari, N., Stamatis, H., ... et al. (2017). Immobilization of cellulase enzyme onto magnetic nanoparticles: Applications and recent advances. *Molecular Catalysis*, 442, 66-73.
18. Muzakhar, S. S. A., Elida, F. S., Sukma, N. A., Fahmi, F., & Gunawan, S. (2025). Potential of Calophyllum Inophyllum Shell as Activated Carbon for Cellulase Immobilization. *Engineering Headway*, 24, 123 - 130.
19. Suhag, S., Yadav, P., Sachdeva, V., Lohan, K., Luhach, V., & Hooda, V. (2025). Enhancing cellulase performance through nanomaterials and MOFs: innovations and applications. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 55, 1096 - 1117.

Contacteur Enzymes.bio

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

E-MAIL 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.