

Cellulase neutre pour l'industrie textile : lavage denim, bio-stoning, biopolissage du coton et finition jeans

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

La **cellulase neutre pour lavage denim** est une enzyme de finition textile utilisée pour modifier de façon contrôlée la surface du coton indigo : elle aide à retirer des microfibrilles, à améliorer le toucher et à produire un effet usé ou délavé sur les jeans. Dans le procédé, l'enzyme agit surtout sur la cellulose accessible en surface, tandis que l'agitation mécanique du lavage détache les fibrilles affaiblies et une partie de l'indigo superficiel. Les cellulases sont reconnues dans les applications textiles durables, notamment pour le bio-stoning du denim, le biopolissage et la réduction partielle de traitements abrasifs ou chimiques plus sévères ^{[1][2]}.

Rôle d'une cellulase neutre dans le lavage denim

Une **cellulase** est une enzyme qui catalyse l'hydrolyse de la cellulose, polymère principal des fibres de coton. Dans l'industrie textile, son intérêt n'est pas de « dissoudre » le tissu, mais de provoquer une attaque très localisée des zones les plus accessibles : fibrilles de surface, extrémités de fibres, duvet, micro-protrusions et zones déjà fragilisées par la filature, le tissage, la teinture ou les traitements mécaniques. Cette action de surface explique son usage dans le lavage denim enzymatique, le bio-stoning, le biopolissage du coton et certaines finitions destinées à améliorer la douceur ou l'aspect visuel ^{[1][2]}.

Le qualificatif **neutre** indique que l'enzyme est destinée à fonctionner dans une zone de pH proche de la neutralité, contrairement aux cellulases acides historiquement utilisées dans plusieurs procédés de finition. Ce positionnement est important pour le denim, car le pH influence à la fois l'activité enzymatique, le comportement de l'indigo détaché et le risque de **backstaining**, c'est-à-dire la redéposition du colorant sur les zones claires du vêtement. Les problèmes pratiques liés à l'emploi des cellulases en teinture et finition textile, notamment l'équilibre entre effet visuel, perte de résistance et redéposition de colorant, sont documentés depuis longtemps dans la littérature technique ^[3].

Dans un jean indigo, le colorant est majoritairement situé près de la surface des fils plutôt qu'au cœur de la fibre. Une action enzymatique modérée, combinée au frottement du tambour, peut donc éclaircir visuellement certaines zones sans nécessiter une abrasion aussi brutale qu'un procédé reposant uniquement sur la pierre ponce. Les travaux sur le denim et les procédés de finition plus sobres montrent que les enzymes font partie des technologies mobilisées pour obtenir des effets usés, au même titre que des approches physiques comme le laser ou l'ozone selon les lignes de production [2] [4].

Comment la cellulase neutre agit sur la fibre de coton

La cellulose du coton est constituée de chaînes de glucose reliées par des liaisons β -1,4. Les systèmes cellulases peuvent comprendre plusieurs types d'activités enzymatiques : les endoglucanases coupent des chaînes internes accessibles, les exoglucanases ou cellobiohydrolases progressent depuis les extrémités, et les β -glucosidases transforment certains produits d'hydrolyse en sucres plus simples. En finition textile, l'effet recherché est généralement dominé par une attaque superficielle contrôlée, en particulier sur les zones amorphes ou accessibles de la fibre, plutôt que par une hydrolyse profonde de la cellulose cristalline [1][5].

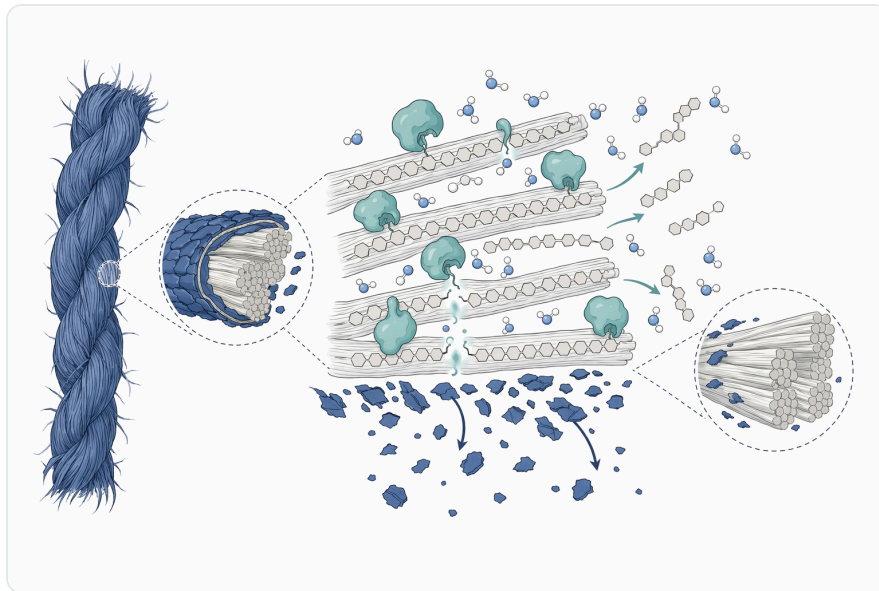


Figure 1. 중성 셀룰라아제는 데님 표면에서 접근 가능한 셀룰로오스 미세섬유를 가수분해하여 제어된 마모 효과와 인디고 염료 제거를 유도합니다.

Le mécanisme utile en lavage denim peut être décrit en quatre étapes. D'abord, l'enzyme s'adsorbe sur les zones cellulosiques accessibles du coton. Ensuite, elle hydrolyse certaines liaisons des fibrilles ou microfibrilles exposées. Puis l'action mécanique de la machine — rotation, chute des vêtements,

frottement entre articles et contact avec le bain — détache les fragments affaiblis. Enfin, l'élimination de ces fragments modifie la diffusion de la lumière, le toucher et l'aspect de la surface textile, ce qui contribue à l'effet délavé ou nettoyé ^{[2][6]}.

Cette synergie entre catalyse enzymatique et action mécanique est essentielle. Une cellulase dans un bain immobile n'a pas le même effet qu'une cellulase dans une machine de lavage denim avec charge textile, mouvement et frottements. À l'inverse, une action mécanique trop forte peut augmenter l'usure, la perte de poids ou la dégradation des zones sensibles du vêtement. Le lavage enzymatique doit donc être compris comme un procédé combiné, où l'enzyme rend certaines structures de surface plus faciles à enlever, mais où la machine détermine une partie importante de l'intensité finale ^{[7][2]}.

Pourquoi choisir une cellulase neutre plutôt qu'un traitement seulement abrasif

La finition denim traditionnelle s'est longtemps appuyée sur des procédés mécaniques ou chimiques intensifs pour créer un aspect porté : pierre ponce, abrasion, oxydation, rinçages multiples et traitements localisés. Ces méthodes peuvent donner des effets visuels forts, mais elles génèrent aussi des contraintes : poussières minérales, usure des machines, variabilité d'un lot à l'autre, casse de fibres, consommation d'eau et charge polluante des effluents. Les analyses de procédés denim et de leurs eaux usées montrent que la finition textile est une étape importante à piloter lorsque l'on cherche à réduire la pression environnementale globale d'une usine ^{[8][9]}.

La cellulase neutre n'élimine pas toute contrainte environnementale et ne transforme pas automatiquement un procédé en procédé « vert ». Elle permet plutôt de remplacer ou d'alléger une partie de l'agression mécanique ou chimique dans certaines recettes. Les revues sur le traitement textile durable décrivent les enzymes comme des outils capables de réduire l'usage de produits chimiques plus sévères dans des étapes telles que la préparation, le lavage, la finition et parfois le traitement d'effluents, mais l'impact réel dépend toujours du procédé complet : eau, énergie, temps machine, rinçages et auxiliaires ^{[1][2]}.

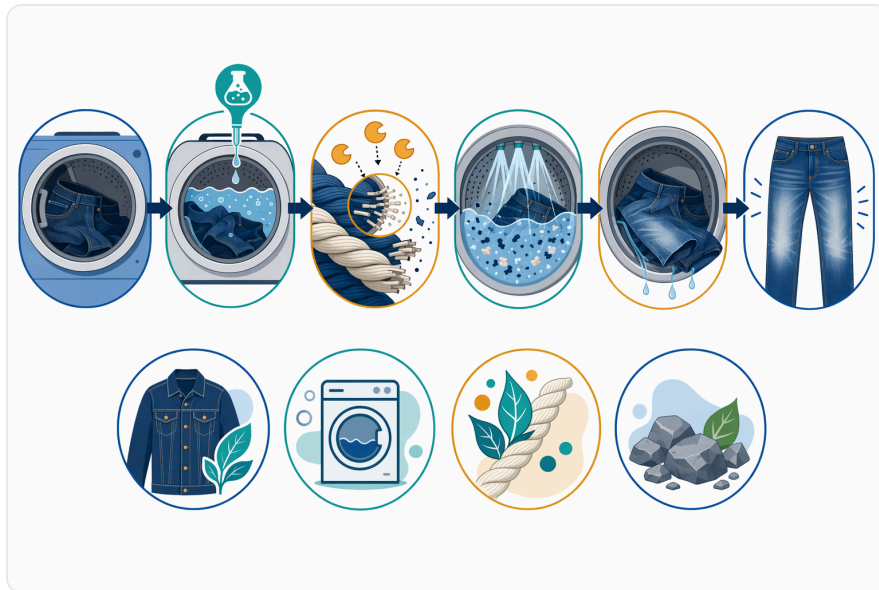


Figure 2. 데님 워싱에서 중성 셀룰라아제는 부석 마모 공정의 일부 또는 전부를 대체하여 제어된 페이딩 효과와 더 부드러운 원단 촉감을 제공합니다.

Pour le producteur de vêtements denim, l'intérêt pratique réside dans le compromis : obtenir un effet visuel et tactile exploitable tout en conservant une résistance textile acceptable. Les études portant sur les effets des cellulases sur les fibres de coton montrent que la surface peut être modifiée, mais que l'intensité du traitement doit rester maîtrisée pour éviter une dégradation excessive. C'est particulièrement important pour les jeans stretch, les denims légers ou les tissus dont la construction rend certaines zones plus sensibles à l'abrasion ^{[6][3]}.

Applications principales en denim et coton

Bio-stoning enzymatique du denim

Le **bio-stoning** désigne l'utilisation d'enzymes cellulases pour produire un aspect proche du stone-wash, avec un éclaircissement contrôlé des zones de surface. L'enzyme facilite le détachement de microfibrilles et d'indigo superficiel ; la machine distribue l'effet par frottement et mouvement. Des travaux sur des isolats fongiques producteurs de cellulases de bio-stoning montrent que ce type d'activité enzymatique reste un axe de recherche pour les finitions denim et même pour des fonctions associées comme la décoloration de colorants textiles ^{[10][5]}.

L'intérêt du bio-stoning enzymatique est de moduler l'effet utilisé sans dépendre uniquement d'un choc abrasif. En pratique, le résultat peut aller d'un nettoyage léger de surface à un contraste plus marqué, selon le tissu, la durée, le pH, la température, la charge machine et les auxiliaires présents. Les études sur les systèmes de finition destinés à obtenir un effet porté confirment que les procédés denim modernes combinent souvent plusieurs leviers technologiques plutôt qu'un seul traitement isolé ^[4].

Biopolissage du coton et réduction du duvet

Le **biopolissage** vise à éliminer les fibrilles superficielles responsables d'un toucher rêche, d'un aspect duveteux ou d'une tendance au boulochage. Sur denim, cet effet peut rendre la surface plus nette et la main plus régulière. La cellulase agit en fragilisant les petites fibrilles cellulosiques, que l'action mécanique élimine ensuite. Les revues sur les applications industrielles des cellulases microbiennes citent régulièrement le textile comme domaine majeur, notamment pour améliorer l'apparence et la main des tissus cellulosiques ^{[1][2]}.



Figure 3. 중성 셀룰라아제는 데님 페이딩, 면 바이오 폴리싱, 보풀 제거, 필링 방지 및 의류의 부드러움 개선에 사용됩니다.

Ce bénéfice doit être distingué d'un blanchiment chimique : la cellulase ne remplace pas un oxydant et ne détruit pas sélectivement une molécule de colorant comme le ferait une réaction d'oxydation. L'effet visuel vient surtout du retrait de structures superficielles et de l'exposition différentielle de zones colorées ou moins colorées. Cette différence de mécanisme explique pourquoi les cellulases peuvent être combinées à d'autres procédés, mais aussi pourquoi leur résultat dépend fortement de la teinture initiale et de la construction du tissu ^{[2][3]}.

Lavage de jeans finis et vêtements confectionnés

Les cellulases neutres sont particulièrement pertinentes sur vêtements confectionnés, car les zones de frottement naturel — coutures, cuisses, poches, ourlets, plis — réagissent différemment dans la machine. Le procédé peut donc accentuer un effet porté sur les reliefs du vêtement plutôt que

produire une modification totalement uniforme sur tissu à plat. Les études expérimentales sur le lavage enzymatique du denim examinent justement des propriétés telles que résistance, allongement, perte de poids, retrait, rigidité, absorption d'eau, couleur et morphologie de surface [7][2].

Pour les vêtements contenant de l'élasthane, du polyester ou d'autres composants non celluloses, l'action directe de la cellulase concerne essentiellement la fraction coton. Cela ne signifie pas que le reste du vêtement est sans importance : les fibres synthétiques, les fils d'âme, les coutures et les apprêts peuvent modifier la mécanique du lavage, le relargage de fibres et l'aspect final. Les recherches sur les microfibrilles libérées lors de lavages industriels de jeans rappellent que les émissions dépendent du procédé, mais aussi de la composition textile [8].

Comparaison des approches de finition denim

Approche de finition	Mécanisme dominant	Effets recherchés	Points de vigilance
Cellulase neutre	Hydrolyse superficielle de la cellulose accessible, combinée à l'agitation mécanique	Bio-stoning, toucher plus doux, réduction du duvet, effet délavé contrôlé	Paramètres de procédé à maîtriser ; risque de perte de résistance si traitement excessif [6][3]
Cellulase acide	Hydrolyse enzymatique en milieu plus acide	Dé lavage enzymatique et modification de surface	Risque de backstaining et compatibilité procédé à surveiller selon la recette [3]
Pierre ponce / abrasion mécanique	Frottement physique direct	Effet stone-wash marqué, contraste sur reliefs	Usure, poussières, variabilité, charge solide et dommages mécaniques possibles [8]
Ozone	Oxydation du colorant et traitement associé de certains effluents	Éclaircissement, réduction possible de certaines charges polluantes selon configuration	Nécessite contrôle procédé et sécurité adaptés ; impact dépend du système global [9]
Laser + lavage	Marquage ou éclaircissement localisé par énergie dirigée, souvent suivi d'un lavage	Effets visuels précis, motifs, usure localisée	Investissement, réglages matière et combinaison avec étapes humides [4]

Ce tableau montre que la cellulase neutre n'est pas une solution universelle isolée, mais un outil de procédé. Elle se distingue par son action biochimique sur le coton, sa capacité à travailler à la surface et sa compatibilité avec des recettes de lavage plus progressives. Les technologies physiques comme

l'ozone ou le laser peuvent poursuivre d'autres objectifs et être combinées avec un lavage enzymatique lorsque le style, l'équipement et la gestion des effluents le justifient ^{[9][4]}.



Figure 4. 부석만을 사용하는 마모 공정과 비교할 때, 중성 셀룰라아제를 이용한 데님 워싱은 원단 손상을 줄이고 고형 폐기물을 낮추면서 더 제어된 페이딩 효과를 제공합니다.

Paramètres qui influencent le résultat textile

Le **pH** est central, car il conditionne l'activité de la cellulase et le comportement de l'indigo dans le bain. Une cellulase neutre est choisie lorsque l'on souhaite travailler près de la neutralité, ce qui peut aider à mieux maîtriser certains problèmes de redéposition que l'on observe dans des conditions moins favorables. Les difficultés d'application des cellulases en teinture et finition textile montrent que le backstaining, la perte de résistance et la reproductibilité doivent être traités comme des variables de procédé, non comme des détails secondaires ^[3].

La **température** influence la vitesse de réaction enzymatique et la stabilité du système. Une température trop basse ralentit généralement l'effet ; une température trop élevée peut réduire l'activité utile de l'enzyme ou modifier la réponse du vêtement, de la teinture et des auxiliaires. Les études sur le lavage enzymatique du denim prennent en compte la température avec d'autres facteurs comme la concentration d'enzyme, le temps et l'action mécanique, car ces variables modifient simultanément la couleur, la résistance et l'état de surface ^{[7][2]}.

La **durée** détermine l'intensité de l'hydrolyse superficielle. Un traitement court peut améliorer le toucher ou nettoyer la surface ; un traitement plus long peut accroître l'effet usé, mais aussi la perte de masse et la fragilisation de zones sensibles. La littérature sur les effets des cellulases sur les fibres de

coton insiste sur la nécessité de relier l'action enzymatique aux propriétés mécaniques du textile, en particulier lorsque l'objectif est une finition commerciale reproductible [6][3].

L'**action mécanique** est aussi importante que l'activité enzymatique. Charge machine, rapport bain/textile, vitesse de rotation, type de tambour, présence d'autres articles et niveau de frottement peuvent accentuer ou réduire l'effet final. Une enzyme ne crée pas à elle seule un contraste de jean usé : elle prépare la surface à être modifiée, tandis que la mécanique donne l'abrasion sélective et le relief visuel. Cette logique explique pourquoi deux ateliers peuvent obtenir des résultats différents avec une même famille de cellulases [2][4].

Les **auxiliaires de lavage** et les étapes suivantes comptent également. Tensioactifs, dispersants, anti-redéposition, agents de rinçage, traitements adoucissants ou étapes d'inactivation influencent la propreté du bain, la migration du colorant et la main finale. Sans entrer dans des méthodes d'essai ou formulations spécifiques, il faut retenir que la cellulase fonctionne dans un système chimique complet : si le bain favorise la redéposition de l'indigo ou si le rinçage est insuffisant, le bénéfice visuel peut être limité [3].

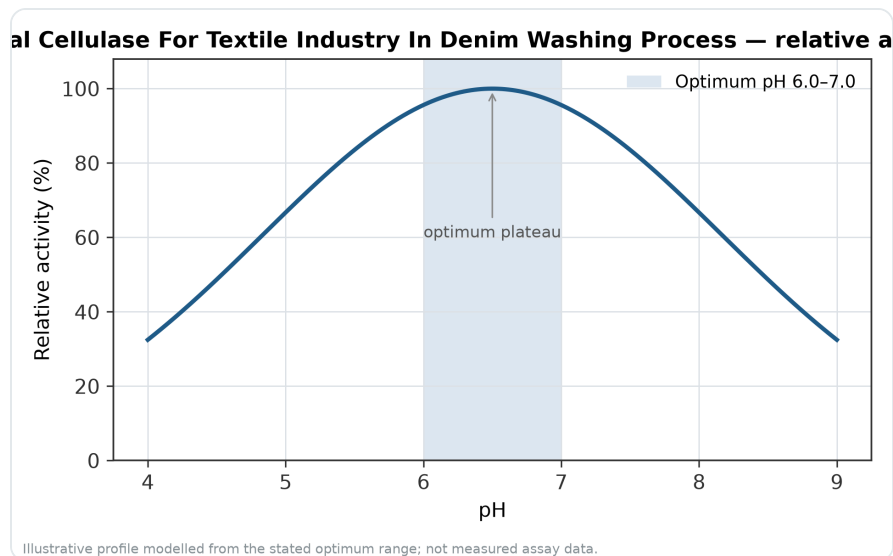


Figure 5. pH에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, pH 6.0~7.0에서 최적 활성 구간이 나타납니다.

Effets attendus sur l'apparence, la main et la qualité

Le premier effet recherché est souvent un **aspect plus propre et plus contrasté**. En retirant des fibrilles et en favorisant le départ d'une partie de l'indigo superficiel, la cellulase peut améliorer la netteté de surface et l'effet usé. Ce mécanisme est cohérent avec les applications de bio-stoning

étudiées à partir de cellulases microbiennes et d'enzymes apparentées, qui ciblent la cellulose du coton pour modifier la surface textile [10][5].

Le second effet est l'**amélioration du toucher**. Les fibrilles superficielles donnent une sensation plus sèche ou râpeuse ; leur réduction peut rendre le tissu plus lisse. Ce bénéfice est particulièrement utile pour les jeans rigides, les tissus coton lourds ou les articles pour lesquels l'aspect visuel doit être accompagné d'une main plus confortable. Les revues sur les enzymes en textile placent le biopolissage parmi les applications clés des cellulases, précisément parce qu'il relie modification de surface et qualité perçue [1][2].

Le troisième effet est la **réduction partielle de la dépendance aux abrasifs**. Dans certaines recettes, la cellulase peut diminuer le besoin de pierre ponce ou d'abrasion intensive, sans nécessairement supprimer toute action mécanique. Cette nuance est importante : le denim a besoin de frottement pour créer un relief naturel, mais l'enzyme peut rendre ce frottement plus efficace ou plus progressif. Les études de procédés denim plus durables présentent les enzymes comme une voie parmi d'autres pour réduire l'impact de la finition, à condition d'évaluer le procédé complet [2][8].

La contrepartie possible est une **perte de résistance ou de masse** si le traitement est trop poussé. Une cellulase reste une enzyme qui coupe la cellulose ; son effet doit donc être limité à la surface utile. Les études sur les effets des cellulases sur les fibres de coton et les problèmes d'application en finition textile justifient une approche prudente : chercher l'effet esthétique et tactile, mais éviter une hydrolyse excessive qui fragiliserait les zones déjà sollicitées du vêtement [6][3].

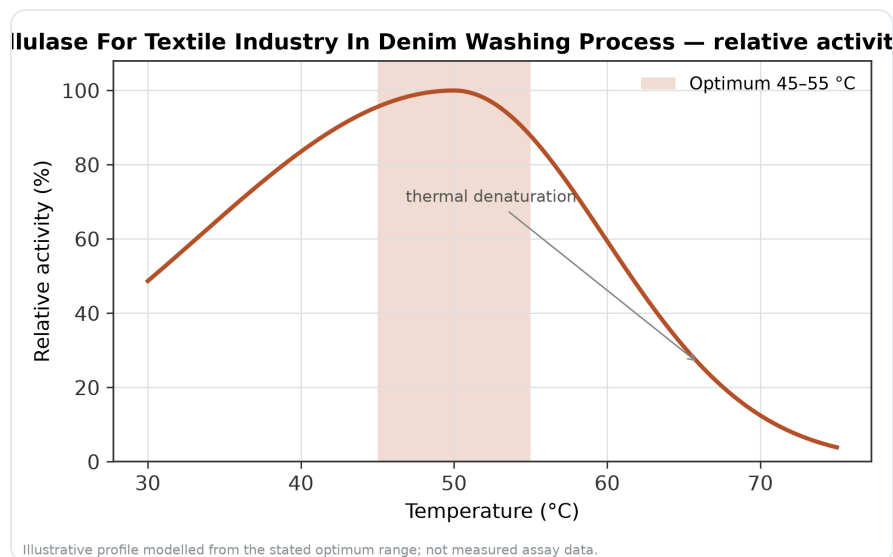


Figure 6. 온도에 따른 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 상대 활성으로, 45~55°C에서 최적 활성을 보이며 최적 온도 이상에서는 열변성으로 인한 전형적인 활성 감소가 나타납니다.

Backstaining : pourquoi la maîtrise du bain est déterminante

Le **backstaining** est l'un des défauts les plus critiques en lavage denim. Lorsque l'indigo détaché de la surface reste dispersé dans le bain, il peut se redéposer sur les zones claires, les poches, les fils de trame ou les parties que l'on souhaite garder contrastées. Le résultat est un aspect grisâtre ou sale qui réduit la valeur esthétique du vêtement. Les publications consacrées aux difficultés d'application des cellulases en textile identifient ce phénomène comme un point important de la finition denim enzymatique ^[3].

Une cellulase neutre est souvent privilégiée lorsque l'on recherche un compromis entre activité de surface et maîtrise de la redéposition. Le pH proche de la neutralité, la formulation du bain et les conditions de rinçage peuvent aider à limiter certains défauts, même si aucune enzyme ne garantit seule l'absence de backstaining. En d'autres termes, l'enzyme contribue au résultat, mais la propreté du bain, la dispersion de l'indigo et la séquence de lavage-rinçage restent décisives ^{[3][8]}.

Effluents, eau et durabilité : bénéfices réels mais non automatiques

Les procédés denim génèrent des effluents complexes contenant colorants, matières organiques, produits auxiliaires, fibres, sels et charges issues de la finition. Les analyses des meilleures techniques disponibles pour les eaux usées de manufactures denim montrent que la gestion de l'eau est un sujet structurant, car chaque étape — désencollage, lavage, délavage, rinçage, finition — contribue à la charge finale ^[8].

La cellulase neutre peut participer à une démarche de réduction d'impact lorsqu'elle remplace une partie de procédés plus agressifs, permet un effet à conditions plus douces ou s'intègre dans une ligne optimisée. Cependant, le bénéfice environnemental dépend des choix de recette, du nombre de bains, de la réutilisation éventuelle de l'eau, de l'efficacité des rinçages et du traitement des effluents. Les travaux sur l'ozonation des effluents denim et sur la réutilisation potentielle des eaux de rinçage montrent que la durabilité doit être évaluée au niveau du procédé complet, et pas seulement au niveau d'un additif ^{[9][11]}.

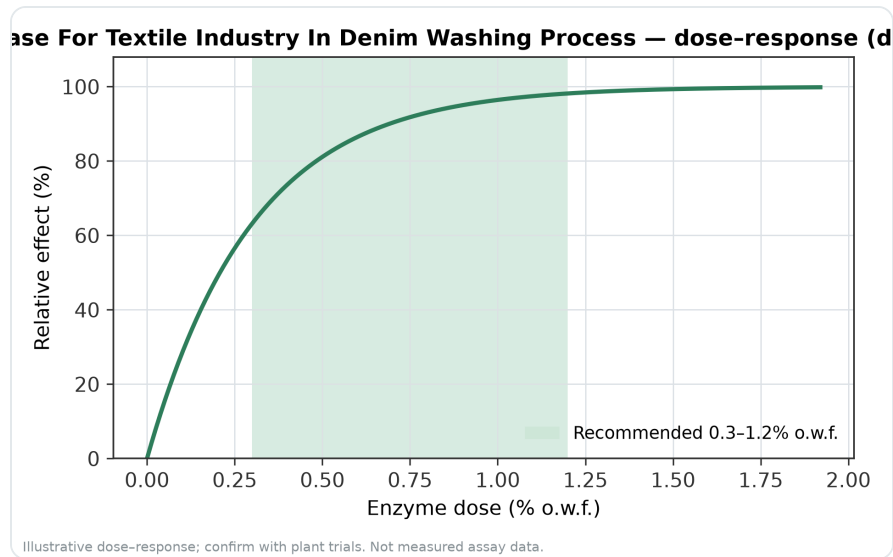


Figure 7. 권장 사용 범위(원단 중량 대비 0.3~1.2%)에서 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 예시적 용량-반응 관계입니다.

Il faut aussi éviter de confondre enzymatique et absence d'émissions. Les lavages industriels peuvent libérer des microfibrilles, y compris lors de procédés enzymatiques, et la nature de ces microfibrilles dépend de la composition des jeans. Une cellulase appliquée sur coton agit sur la cellulose, mais un vêtement contenant des fibres synthétiques peut relarguer d'autres types de particules sous l'effet de la mécanique. La maîtrise des effluents reste donc une responsabilité de procédé [8].

Place des cellulases microbiennes dans l'innovation textile

La recherche continue sur les cellulases microbiennes vise à identifier des enzymes plus adaptées aux conditions industrielles : stabilité dans certaines plages de pH, efficacité sur substrats cellulosiques, sélectivité de surface ou compatibilité avec les procédés textiles. Des travaux récents portent sur des cellulases produites par des bactéries ou champignons, ainsi que sur des enzymes recombinantes évaluées pour des applications potentielles dans le textile et d'autres secteurs biosourcés [12][13].

Les isolats d'**Aspergillus** producteurs de cellulases de bio-stoning, les endo- β -1,4-glucanases caractérisées pour des usages denim et les cellulases bactériennes testées sur coton illustrent la diversité des sources biologiques étudiées. Ces recherches ne signifient pas que chaque enzyme de laboratoire est immédiatement transférable à une ligne de lavage, mais elles renforcent la compréhension des mécanismes : adsorption, hydrolyse superficielle, modification morphologique de la fibre et effets sur les propriétés du tissu [10][5][6].

Positionnement du produit Enzymes.bio

Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process est proposé par Enzymes.bio comme produit enzymatique destiné aux applications de lavage denim et de finition textile. Enzymes.bio intervient comme **fournisseur en ligne** et non comme fabricant ou laboratoire ; le produit est disponible directement à l'achat par unité de **1 kg**. Le **certificat d'analyse — CoA** et la **fiche de données de sécurité — SDS** sont fournis avec la commande, ce qui permet d'intégrer le produit dans les procédures internes de réception, sécurité et traçabilité de l'utilisateur .

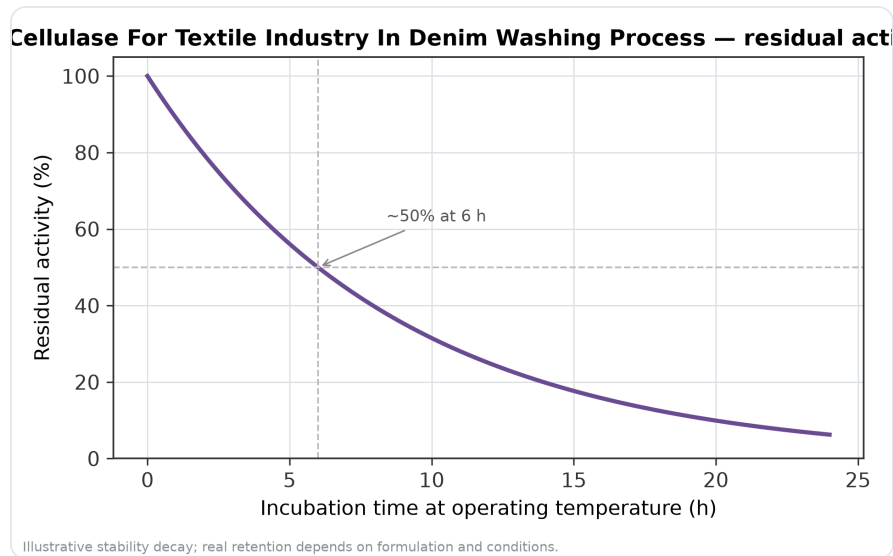


Figure 8. 데님 워싱 공정용 섬유 산업용 중성 셀룰라아제의 예시적 열 안정성 감소를 보여주며, 운전 온도에서 시간이 지남에 따라 잔존 활성이 감소합니다.

Ce positionnement convient aux ateliers de lavage, studios de développement denim, équipes R&D textile et utilisateurs industriels qui souhaitent travailler avec une cellulase neutre dans leurs propres recettes. Le résultat final dépendra toujours des paramètres du site : type de denim, construction du vêtement, objectif esthétique, machine, séquence de lavage, rinçage et contrôle qualité interne. Les publications sur les procédés enzymatiques confirment que les cellulases sont des outils puissants, mais que leur performance est indissociable du procédé textile dans lequel elles sont utilisées ^{[2][3]}.

Synthèse technique

La cellulase neutre pour l'industrie textile est un outil éprouvé pour le **lavage denim enzymatique**, le **bio-stoning**, le **biopolissage du coton** et l'amélioration du toucher des jeans. Son mécanisme repose sur l'hydrolyse contrôlée de la cellulose accessible en surface, suivie par l'élimination mécanique des fibrilles fragilisées. Cette action peut produire un aspect plus propre, plus doux et plus usé, tout en réduisant dans certains cas la dépendance à des traitements abrasifs plus intenses ^{[1][2]}.

Les bénéfiques doivent toutefois être formulés avec précision. Une cellulase neutre n'est ni un agent blanchissant universel ni une garantie automatique de durabilité : elle modifie la surface du coton dans un système où pH, température, temps, mécanique, auxiliaires, rinçages et traitement des effluents comptent autant que l'enzyme elle-même. Utilisée de manière maîtrisée, elle offre une voie technique crédible pour obtenir des finitions denim plus régulières, un toucher amélioré et un effet visuel contrôlé, avec une meilleure compatibilité avec les démarches actuelles de traitement textile plus sobre [8][9][3].

Commander Neutral Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process 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 Cellulase For Textile Industry In Denim Washing Process →](#)

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. Kabir, S. M. M., & Koh, J. (2021). Sustainable Textile Processing by Enzyme Applications. *Biodegradation [Working Title]*.
3. Dong, Y. (2004). Certain problems in applications of cellulase to textile dyeing and finishing.
4. Hinojosa, B., Montava-Seguí, I., Bou-Belda, E., Díaz-García, P., & Bonet-Aracil, M. (2017). Study of "Ecofinish" finishing system to obtain a worn-effect denim.
5. Ahmed, J., Asma-Ul-Taslim, J., Raihan, T., Shohag, M., Hasan, M., Suhani, S., Qadri, F., ... et al. (2022). Characterization of an endo-beta-1,4 glucanase gene from paper-degrading and denim bio-stoning cellulase producing Aspergillus isolates. *Biotechnology and applied biochemistry*, 70, 1057 - 1071.
6. 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*.
7. [0785F01Fe89B49B2473932Fb5177804383Ce8C63](#). *Semantic Scholar*.

8. Yukseler, H., Uzal, N., Sahinkaya, E., Kitis, M., Dilek, F. B., & Yetis, U. (2017). Analysis of the best available techniques for wastewaters from a denim manufacturing textile mill. *Journal of Environmental Management*, 203 Pt 3, 1118-1125 .
9. Morali, E. K., Uzal, N., & Yetis, U. (2016). Ozonation pre and post-treatment of denim textile mill effluents: Effect of cleaner production measures. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1-9.
10. Taslim, A., Hakim, A., & Kalam, A. M. A. (2025). Bio-decolorization of Direct Textile Dyes by Aspergillus Isolates Producing Denim Bio-stoning Cellulase. *Bangladesh Journal of Microbiology*.
11. Hamdi, R., & Mahjoubi, N. (2026). Process based assessment of wastewater quality and rinse water reuse potential in denim finishing: a scalable framework for circular water management. *Scientific Reports*, 16.
12. Bussler, L., Jacomini, D., Corrêa, J. M., Kadowaki, M. K., Maller, A., & Simão, R. (2021). Recombinant cellulase of Caulobacter crescentus: potential applications for biofuels and textile industries. *Cellulose*, 28, 2813 - 2832.
13. 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.

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.