

Nuclease : enzyme de dégradation ADN/ARN pour bioprocédés, clarification de lysats, biosenseurs et édition génomique

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

Une **nuclease** est une enzyme qui coupe les liaisons phosphodiester des acides nucléiques, c'est-à-dire l'ADN et/ou l'ARN, afin de produire des fragments plus courts. Dans les usages B2B, elle sert principalement à réduire l'ADN ou l'ARN résiduel, diminuer la viscosité de lysats biologiques, préparer des matrices analytiques, soutenir certains biosenseurs ou, dans des familles spécialisées comme les zinc finger nucleases et les TALEN nucleases, réaliser une coupure génomique ciblée. Enzymes.bio vend la Nuclease directement en ligne par unité de **1 kg** ; le **CoA** et la **SDS** sont fournis avec la commande.

Comprendre ce que recouvre le terme « nuclease »

Le mot **nuclease** ne désigne pas une seule enzyme universelle, mais une fonction enzymatique : la coupure d'acides nucléiques. Les substrats possibles incluent l'ADN double brin, l'ADN simple brin, l'ARN, les hybrides, les régions mal appariées ou encore des séquences précises lorsqu'il s'agit de nucleases programmables. Cette diversité explique pourquoi deux enzymes appelées « nuclease » peuvent avoir des comportements très différents en procédé, en analyse ou en biologie moléculaire ^[1].

D'un point de vue mécanistique, une nuclease catalyse l'hydrolyse d'une liaison phosphodiester du squelette sucre-phosphate. Cette rupture transforme une chaîne longue en fragments plus courts, ce qui peut réduire l'encombrement macromoléculaire, faciliter certaines séparations ou modifier la détectabilité d'un acide nucléique. Les travaux structuraux sur la staphylococcal nuclease, notamment l'analyse d'un complexe enzyme-thymidine 3',5'-bisphosphate-ion calcium à résolution atomique, ont historiquement illustré comment la reconnaissance du substrat et l'environnement ionique participent au mécanisme de coupure ^[2].

Les nucleases sont classées de plusieurs façons. Une **endonucléase** coupe à l'intérieur d'une chaîne nucléique ; une **exonucléase** agit depuis une extrémité. Une **DNA nuclease** cible l'ADN, une **ribonucléase** cible l'ARN, tandis que certaines nucleases dites non spécifiques peuvent traiter plusieurs

formes d'acides nucléiques. Des études sur des nucleases non spécifiques, par exemple celle de *Pseudomonas syringae*, montrent que des résidus du sillon de liaison au substrat influencent fortement la reconnaissance et l'activité catalytique [1].

Cette précision est utile dans les achats techniques : une nuclease utilisée pour réduire de l'ADN dans un lysat n'a pas le même objectif qu'une **nuclease S1** employée pour analyser des régions simple brin, ni qu'une **zinc finger nuclease** utilisée pour créer une cassure ciblée dans un génome. Le terme doit donc être interprété selon le contexte : dégradation globale d'acides nucléiques, préparation analytique, biosenseur, fabrication pharmaceutique, transformation alimentaire ou édition génomique [3].

Pourquoi les entreprises utilisent des nucleases

Réduction d'ADN ou d'ARN résiduel dans les matrices biologiques

Dans les procédés utilisant des cellules, des tissus, des biomasses microbiennes ou des extraits biologiques, l'ADN et l'ARN peuvent devenir des contaminants de procédé. Après lyse cellulaire, ces polymères se retrouvent dans les surnageants, lysats ou suspensions et peuvent interférer avec la clarification, la filtration, la concentration ou l'analyse. L'intérêt d'une nuclease est de convertir ces chaînes longues en fragments plus courts, plus faciles à gérer dans un flux technique [4].

Cette fonction est particulièrement importante lorsque l'acide nucléique n'est pas le produit d'intérêt. Dans la fabrication biotechnologique ou pharmaceutique, les nucleases recombinantes sont reconnues comme des matériaux de procédé suffisamment importants pour justifier des travaux de standardisation nationale, ce qui montre que leur rôle dépasse l'usage de laboratoire et concerne aussi la robustesse des procédés industriels [4].

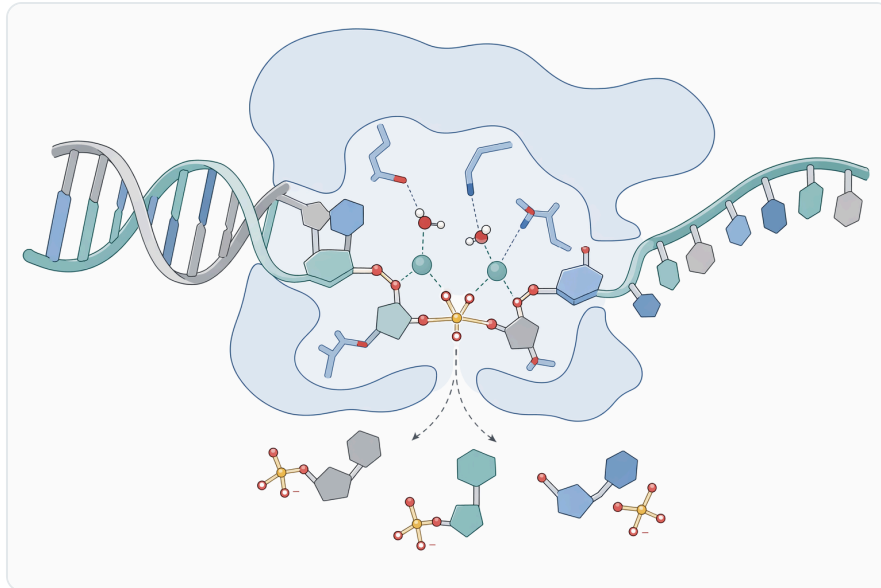


Figure 1. 뉴클레이스 활성은 DNA나 RNA 골격의 인산다이에스터 결합을 가수분해하여 긴 핵산 중합체를 더 짧은 조각으로 전환합니다.

Diminution de la viscosité des lysats

L'ADN génomique libéré lors de la rupture cellulaire augmente fortement la viscosité d'un lysat. Une viscosité élevée complique l'agitation, ralentit les transferts, gêne la centrifugation et peut diminuer l'efficacité d'étapes de filtration ou de clarification. En coupant l'ADN en segments plus courts, une nuclease réduit l'effet rhéologique de ces longues chaînes et rend le milieu plus maniable ^[5].

Les études cinétiques sur la nuclease BAL 31, réalisées sur de petits substrats et sur de l'ADN simple brin, illustrent que l'action d'une nuclease dépend de la nature du substrat, de la progression de la digestion et du mode d'attaque enzymatique. Pour un procédé, cela signifie que la diminution de viscosité n'est pas seulement une question de présence d'enzyme : elle dépend aussi de l'accessibilité de l'ADN, de la structure des acides nucléiques et des conditions du milieu ^[5].

Préparation analytique et biosenseurs

Les nucleases sont aussi des outils analytiques. Elles peuvent éliminer des acides nucléiques non désirés, révéler des régions accessibles ou participer à des systèmes de détection. Les travaux sur les biosenseurs ADN fondés sur des DNazymes et des nucleases montrent que la coupure enzymatique peut être intégrée à des dispositifs de signalisation, où l'activité de clivage devient un élément du mécanisme de détection ^[6].

Dans les capteurs ou essais moléculaires, l'activité nucléasique doit être maîtrisée avec soin : une digestion insuffisante peut laisser un bruit de fond, tandis qu'une digestion trop étendue peut dégrader une cible utile. Les biosenseurs à base d'ADN et les approches utilisant des enzymes de coupure

reposent donc sur une correspondance précise entre substrat, architecture du signal et spécificité enzymatique [6].

Transformation de substrats nucléiques

Certaines nucleases ne sont pas seulement utilisées pour éliminer l'ADN ou l'ARN, mais pour transformer des matières riches en acides nucléiques en produits plus courts, par exemple des oligonucléotides ou des nucléotides. Cette logique s'inscrit dans la biocatalyse, où l'enzyme est choisie pour convertir un substrat biologique en une famille de produits utiles, avec une sélectivité que les approches purement chimiques ne fournissent pas toujours [7].

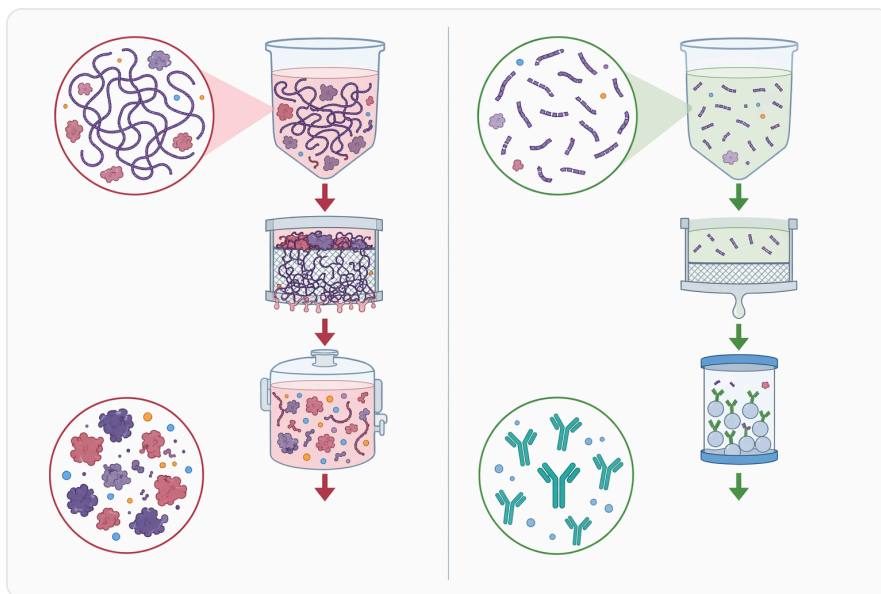


Figure 2. 엔도뉴클레이스는 핵산 가닥 내부를 절단하는 반면, 엑소뉴클레이스는 노출된 가닥 말단에서부터 점진적으로 분해합니다.

Dans la fabrication pharmaceutique et les bioprocédés modernes, les enzymes sont appréciées parce qu'elles peuvent fonctionner dans des conditions plus ciblées que de nombreuses transformations chimiques classiques. Les revues récentes sur la synthèse enzymatique en production pharmaceutique soulignent que l'intérêt industriel des enzymes vient de leur sélectivité, de leur compatibilité avec des substrats complexes et de leur capacité à s'intégrer dans des étapes de procédé [8].

Mécanisme d'action : de la reconnaissance du substrat à la coupure

Une nuclease agit en trois étapes conceptuelles : reconnaissance du substrat, positionnement de la liaison phosphodiester dans le site actif, puis catalyse de l'hydrolyse. Les détails varient selon la famille enzymatique, mais le principe général reste la rupture du squelette nucléique. Les études de

cartographie enzyme–substrat montrent que comprendre les contacts entre enzyme et substrat est essentiel pour expliquer la sélectivité et les effets de matrice [9].

Les ions métalliques jouent souvent un rôle dans l'activité de nombreuses nucleases. Ils peuvent stabiliser les charges, participer à l'activation de l'eau impliquée dans l'hydrolyse ou aider à positionner le phosphate. L'exemple structural de la staphylococcal nuclease en complexe avec un ion calcium a contribué à formuler des modèles mécanistiques reliant géométrie du site actif, liaison au substrat et catalyse [2].

La **nuclease S1** illustre une autre dimension : la reconnaissance de structures nucléiques particulières. Les études de complexes de S1 nuclease avec l'ARN à résolution atomique ont mis en évidence des détails d'interaction enzyme–ARN, tout en soulignant les difficultés d'interprétation structurale liées aux défauts de translocation dans les cristaux. Cette enzyme est donc un bon exemple de nuclease dont l'usage dépend fortement de la structure du substrat nucléique [10].

Les nucleases virales montrent aussi que l'activité de coupure peut s'inscrire dans des fonctions biologiques complexes. La protéine UL15 du virus de la peste du canard a été décrite comme une enzyme multifonctionnelle possédant non seulement une activité nucléasique, mais aussi des activités ATPase et de liaison à l'ADN. Ce type de résultat rappelle qu'une activité nuclease peut coexister avec d'autres modules fonctionnels dans une même protéine [11].

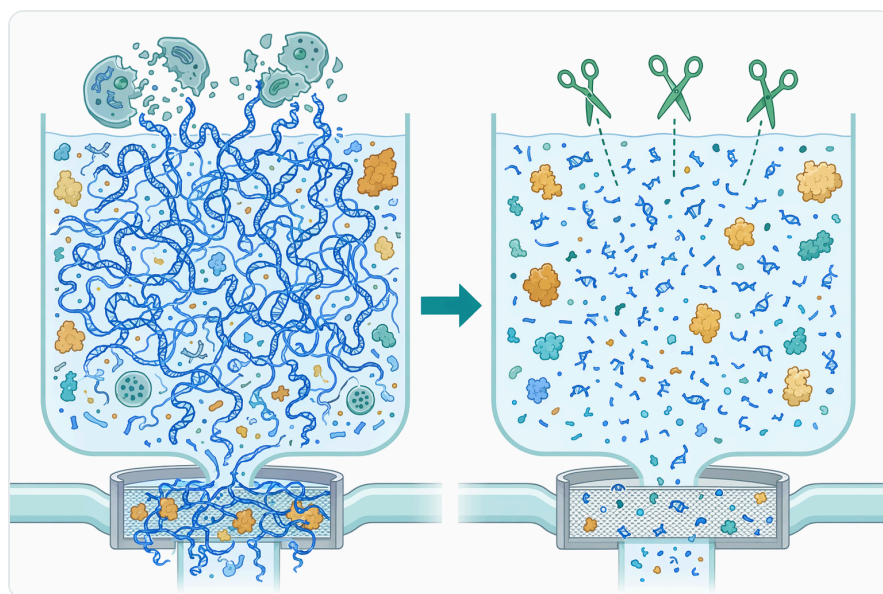


Figure 3. 방출된 긴 핵산은 점도와 점도를 증가시킬 수 있으며, 뉴클레아제에 의한 단편화는 이를 더 짧고 다루기 쉬운 물질로 바꿉니다.

Tableau comparatif : principales familles et usages techniques

Catégorie de nuclease	Substrat ou cible principale	Mode d'utilisation typique	Points techniques à retenir
Nuclease non spécifique	ADN et/ou ARN selon l'enzyme	Réduction d'acides nucléiques résiduels, clarification, préparation de matrices	La spécificité dépend de la famille, du site actif et du milieu réactionnel ^[1]
DNA nuclease	ADN simple ou double brin selon l'enzyme	Réduction d'ADN contaminant, diminution de viscosité des lysats	L'accessibilité de l'ADN et sa conformation influencent la progression de la digestion ^[5]
Nuclease S1	Régions nucléiques accessibles, notamment dans des complexes ARN étudiés structuralement	Analyse de structures ou de régions sensibles à la coupure	Les interactions enzyme-ARN sont spécifiques et doivent être interprétées avec prudence ^[10]
BAL 31 nuclease	Petits substrats et ADN simple brin étudiés cinétiquement	Modèle d'étude de la progression de digestion	Les courbes de progression dépendent du substrat et du mode d'action ^[5]
Nuclease recombinante de procédé	Acides nucléiques résiduels dans les bioprocédés	Matériau de procédé pour fabrication biologique ou pharmaceutique	Des travaux de standardisation existent pour encadrer la reproductibilité de ce type de matériau ^[4]
Zinc finger nuclease / ZFN	Séquence ADN ciblée par domaine de liaison	Édition génomique ciblée	Repose sur une coupure programmée, différente d'une digestion globale ^[3]
TALEN nuclease	Séquence ADN ciblée par effecteurs TAL	Édition génomique, suppression de gène	Exemple documenté : suppression médiée par TALEN d'un allergène majeur de l'œuf chez le poulet ^[12]
Nuclease virale spécialisée	ARN ou ADN selon la protéine virale	Biologie virale, cible mécanistique ou antivirale	La nuclease nsp15 du SARS-CoV-2 est étudiée comme cible mécanistique potentielle ^[13]

Applications B2B par secteur

Bioprocédés, fermentation et clarification

Dans les fermentations et les cultures cellulaires, la nuclease peut être intégrée à une étape de traitement après libération des acides nucléiques. L'objectif n'est pas de « purifier » par elle-même, mais de rendre l'ADN ou l'ARN moins problématique : fragments plus courts, viscosité réduite, meilleure compatibilité avec des opérations en aval. Cette logique est cohérente avec l'usage des nucleases recombinantes comme matériaux de procédé en fabrication pharmaceutique ^[4].

Les procédés biologiques sont sensibles aux effets de matrice : sels, protéines, polysaccharides, lipides, particules et agents de lyse peuvent influencer l'accès de l'enzyme au substrat. Les analyses générales de biocatalyse soulignent que la performance d'une enzyme dépend de l'environnement réactionnel, pas seulement de sa fonction théorique. Pour une nuclease, cela signifie que l'efficacité réelle dépend de la structure du milieu et de la disponibilité des acides nucléiques ^[7].

Fabrication pharmaceutique et matériaux de procédé

Les nucleases occupent une place particulière dans les procédés pharmaceutiques parce qu'elles peuvent contribuer à contrôler les acides nucléiques résiduels issus de systèmes d'expression biologique. L'établissement d'un standard national chinois pour une nuclease recombinante utilisée comme matériau de procédé en fabrication pharmaceutique illustre l'importance de la comparabilité, de la traçabilité et de la reproductibilité dans cette catégorie d'enzymes ^[4].

Dans ce contexte, il faut distinguer la fonction enzymatique de la revendication finale. Une nuclease peut participer à la réduction d'ADN ou d'ARN dans un procédé, mais la conformité du produit final dépend de l'ensemble du procédé, des étapes de séparation, des contrôles internes et du cadre réglementaire applicable. Les enzymes sont des outils puissants, mais leur effet doit être intégré dans une stratégie de procédé complète ^[8].

Biosenseurs ADN et systèmes de détection

Les nucleases peuvent aussi servir à amplifier ou révéler un signal dans des biosenseurs. Dans les dispositifs à base d'ADN, la coupure d'un brin peut libérer une sonde, modifier une structure ou déclencher une lecture optique, électrochimique ou autre. Les revues sur le développement de biosenseurs ADN fondés sur des DNAzymes et des nucleases montrent que l'activité de clivage est exploitable comme mécanisme fonctionnel, pas seulement comme outil de dégradation ^[6].

Les biosenseurs à transistor à effet de champ, notamment ceux utilisant le graphène, soulèvent cependant des défis propres à l'interface entre reconnaissance biologique et transduction physique. Même si tous ces dispositifs n'utilisent pas directement une nucléase, ils illustrent la difficulté générale de convertir un événement moléculaire en signal robuste dans une matrice réelle [14].

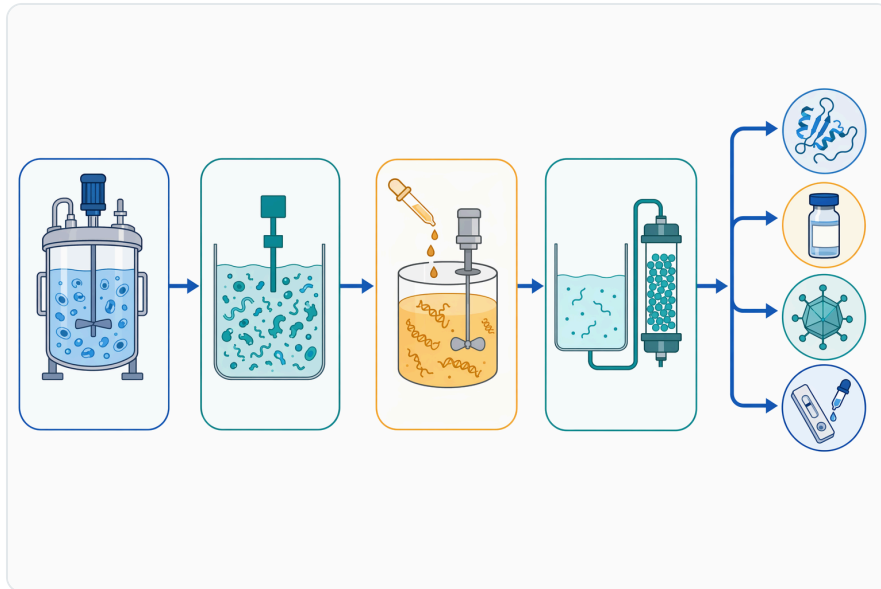


Figure 4. 뉴클레이스 처리 단계는 세포 파쇄 후에 배치하여 정화, 여과 또는 기타 하류 공정 전에 핵산 부담을 줄일 수 있습니다.

Édition génomique : zinc finger nuclease, TALEN et autres nucléases programmables

Les nucléases programmables sont une catégorie à part. Une **zinc finger nuclease** associe un domaine de reconnaissance de l'ADN à un domaine de coupure ; dans les recherches anglophones, les expressions **zinc finger nuclease gene editing** et **zinc-finger nuclease gene editing** désignent cette approche de modification ciblée du génome. Les revues sur l'édition des céréales comme le riz et le blé décrivent les ZFN, les TALEN et d'autres outils comme des techniques d'édition utilisées pour introduire des modifications génétiques ciblées [3].

La **TALEN nuclease** repose également sur une reconnaissance programmée de séquence, mais avec une architecture différente. Un exemple marquant est la suppression médiée par TALEN du gène codant l'ovomucoïde, allergène majeur de l'œuf, chez le poulet ; cette étude montre comment une coupure ciblée peut être exploitée pour éliminer une fonction génétique précise dans un organisme animal [12].

Ces outils ne doivent pas être confondus avec une nucléase de procédé destinée à dégrader de l'ADN ou de l'ARN en vrac. Dans l'édition génomique, la valeur vient de la précision de ciblage et de la réparation cellulaire après cassure. Dans un lysat ou une matrice biologique, la valeur vient plutôt de la

dépolymérisation globale des acides nucléiques. Les deux appartiennent au monde des nucleases, mais leurs critères techniques sont radicalement différents [3].

Nucleases virales et recherche mécanistique

Certaines nucleases sont étudiées comme cibles biologiques plutôt que comme ingrédients de procédé. La nuclease nsp15 du SARS-CoV-2, par exemple, a été analysée comme cible potentielle pour combattre le virus, avec un intérêt porté à son mécanisme d'action et à son inhibition par des médicaments déjà approuvés. Cette littérature montre l'importance des nucleases dans la biologie infectieuse, mais ne doit pas être extrapolée directement à une application industrielle générale [13].

De même, des nucleases bactériennes ou virales peuvent contribuer à la pathogénicité ou à l'évasion immunitaire. La nuclease Mhp597 de *Mycoplasma hyopneumoniae* a été rapportée comme régulant négativement une voie TBK1-IRF3-IFN-I via la vimentine, facilitant ainsi l'infection. Ce type de résultat souligne que les nucleases sont aussi des facteurs biologiques actifs dans les interactions hôte-pathogène [15].

Paramètres de procédé qui influencent l'efficacité

Les paramètres importants sont la nature du substrat, la conformation de l'acide nucléique, la composition du milieu, la température, le pH, les ions disponibles, le temps de contact et la présence de composants inhibiteurs ou compétiteurs. Les analyses cinétiques d'enzymes sur substrats attachés à une surface montrent que la progression d'une réaction enzymatique peut différer fortement selon l'accessibilité du substrat et la géométrie de contact [16].

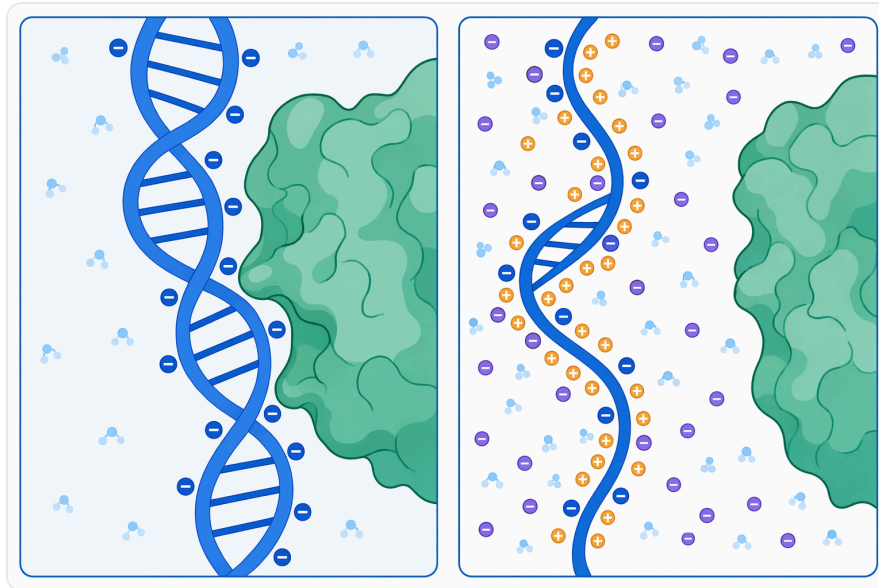


Figure 5. 염 농도와 매트릭스 화학은 효소 표면과 핵산 골격 사이의 정전기적 상호작용에 영향을 주어 뉴클레이스 성능을 좌우할 수 있습니다.

Pour une nuclease, la différence entre ADN soluble, ADN associé à des protéines, ADN piégé dans des débris cellulaires ou ARN structuré peut modifier l'activité apparente. Une enzyme capable de couper un substrat purifié peut agir plus lentement dans un lysat complexe. Les approches de cartographie enzyme-substrat rappellent que l'interaction physique entre enzyme et substrat conditionne le mécanisme observé [9].

L'immobilisation enzymatique est parfois étudiée pour améliorer la stabilité, protéger l'enzyme ou faciliter sa réutilisation. Des hydrogels auto-assemblés d'acides aminés ont par exemple été développés pour immobiliser et protéger des enzymes, montrant l'intérêt de microenvironnements qui peuvent modifier la conservation et la performance catalytique. Ces résultats sont pertinents pour la réflexion sur les procédés, même si chaque nuclease et chaque support doivent être considérés séparément [17].

Dans les applications environnementales ou biologiques, des microenvironnements de type hydrogel peuvent également améliorer la performance d'enzymes extracellulaires, comme observé dans des travaux sur des enzymes de champignons de pourriture blanche appliquées à la remédiation de sols contaminés. Bien que ces travaux ne portent pas spécifiquement sur une nuclease de procédé, ils renforcent un principe général : l'environnement physique autour d'une enzyme peut influencer sa performance [18].

Nuclease, nuclease-free water et ambiguïtés de recherche

Les recherches en ligne autour de « nuclease » mélangent souvent des sujets très différents. **Nuclease-free water** ou **nuclease free water** désigne une eau préparée pour éviter l'introduction de DNases ou RNases dans des manipulations sensibles d'ADN ou d'ARN ; ce n'est pas une nuclease, mais au contraire un consommable destiné à limiter l'activité nucléasique indésirable. Des requêtes comme **nuclease-free water sigma**, **nuclease free water sigma**, **nuclease-free water ambion**, **nuclease free water ambion**, **NEB nuclease free water** ou **nuclease-free water HiMedia** relèvent donc d'une logique de consommables de biologie moléculaire, pas d'une enzyme de dégradation [6].

À l'inverse, des termes comme **benzonase nuclease**, **nuclease S1**, **DNA nuclease**, **MIF nuclease**, ou encore **zinc finger nuclease PDF** renvoient à des familles, produits, articles ou documents techniques dont les mécanismes et usages peuvent diverger. Le point essentiel est de ne pas supposer qu'un résultat trouvé sous le mot-clé « nuclease » correspond à la même enzyme, à la même spécificité ou au même niveau d'application industrielle [1].



Figure 6. 뉴클레이스는 DNA 복구, RNA 조절, 면역 방어, 바이러스 RNA 처리, 바이오필름 매트릭스 분해, 바이오공정 정제 등 생물학과 기술 전반에서 기능합니다.

Cette distinction est particulièrement importante pour les équipes qui alternent entre préparation d'échantillons, bioprocédés et édition génomique. Une eau « nuclease-free » sert à protéger des acides nucléiques ; une nuclease de procédé sert à les dégrader ; une zinc finger nuclease ou une TALEN sert à créer une coupure ciblée dans un génome. Le même mot racine couvre donc des objectifs opposés selon le contexte [3].

Limites techniques et interprétation prudente des résultats

Les nucleases ne sont pas interchangeables. Une enzyme efficace sur ADN simple brin peut être inadaptée à l'ARN structuré ; une nuclease programmable peut couper une séquence génomique précise sans être utile pour réduire la viscosité d'un lysat ; une enzyme virale étudiée comme cible thérapeutique n'est pas automatiquement pertinente pour un flux industriel. Les études sur les sillons de liaison au substrat montrent que de petites différences de résidus peuvent modifier la reconnaissance et l'activité ^[1].

La digestion excessive peut poser problème lorsque l'on cherche à préserver certaines molécules, interpréter une structure ou maintenir une information analytique. Les complexes de S1 nuclease avec l'ARN, bien qu'informatifs, montrent aussi que l'interaction enzyme-substrat peut être structurale et non simplement destructive ; l'interprétation d'un profil de coupure demande donc une compréhension du système étudié ^[10].

Les cinétiques publiées doivent également être lues dans leur périmètre. Les résultats sur BAL 31, sur une nuclease non spécifique, sur une nuclease virale ou sur une nuclease recombinante de procédé ne sont pas directement transférables sans tenir compte du substrat, du milieu et de l'objectif. Les guides de progression cinétique rappellent que les courbes enzymatiques dépendent des conditions et de la forme sous laquelle le substrat est présenté ^[16].

Enfin, l'activité nucléasique peut être bénéfique ou indésirable selon le contexte. Dans un lysat, elle peut réduire la viscosité ; dans une préparation d'ARN, elle peut détruire la cible ; dans un biosenseur, elle peut produire le signal ; dans un système infectieux, elle peut soutenir la biologie d'un pathogène. Le bénéfice technique vient donc de l'adéquation entre enzyme, matrice et objectif, non du mot « nuclease » pris isolément ^[15].

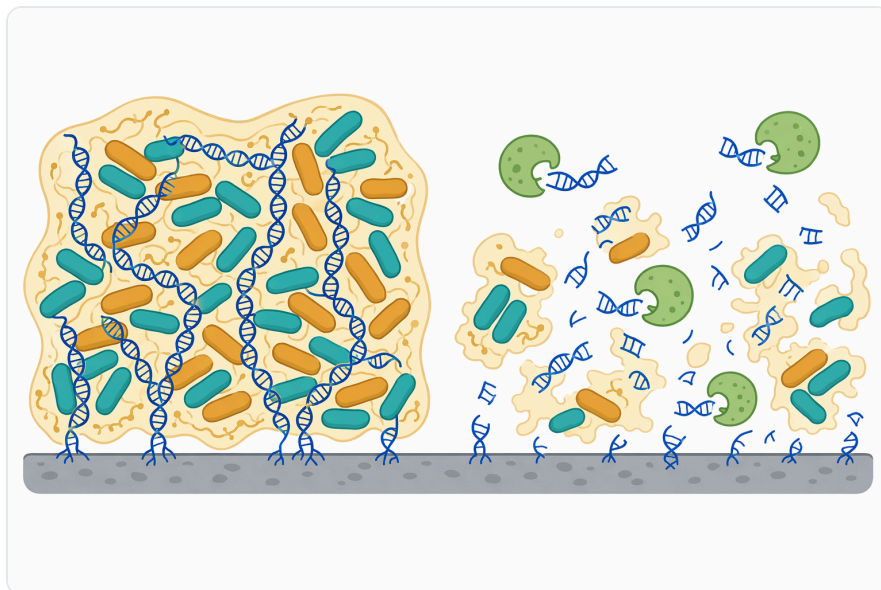


Figure 7. 세포외 DNA가 매트릭스 구조에 기여하는 바이오필름에서는 뉴클레이스 절단이 매트릭스 내 고분자 연속성을 감소시킬 수 있습니다.

Disponibilité via Enzymes.bio

Enzymes.bio propose la **Nuclease** à l'achat direct en ligne par unité de **1 kg**. Enzymes.bio agit comme fournisseur en ligne et ne doit pas être interprété comme un fabricant ou un laboratoire d'essai. Le **certificat d'analyse — CoA —** et la **fiche de données de sécurité — SDS —** sont fournis avec la commande afin d'accompagner l'utilisation professionnelle du produit.

Cette disponibilité convient aux utilisateurs qui savent déjà intégrer une nuclease dans leur propre cadre technique : bioprocédé, traitement de lysat, préparation analytique, formulation expérimentale ou développement interne. Les performances attendues doivent être reliées au type de substrat nucléique, au milieu réel et aux exigences du procédé, conformément au principe général selon lequel l'action enzymatique dépend du contact enzyme–substrat et des conditions de réaction ^[9].

Conclusion technique

La nuclease est une enzyme centrale pour les activités qui nécessitent de couper l'ADN ou l'ARN : réduction d'acides nucléiques résiduels, diminution de viscosité, préparation de matrices, biosenseurs, bioprocédés et, dans des formes programmables, édition génomique. Les données disponibles montrent que la fonction de clivage est robuste, mais que la spécificité dépend fortement de la famille enzymatique, du substrat et du contexte réactionnel ^[1].

Pour un usage B2B, l'enjeu n'est donc pas seulement de savoir qu'une nuclease « coupe les acides nucléiques », mais de relier cette fonction à un objectif concret : dégrader un contaminant, fluidifier un lysat, produire un signal, transformer une matière nucléique ou cibler une séquence génomique. Les exemples allant de la nuclease S1 aux TALEN, des biosenseurs ADN aux nucleases recombinantes de procédé, illustrent l'étendue du domaine et la nécessité d'une lecture technique précise [\[10\]](#) [\[12\]](#) [\[4\]](#).

Enzymes.bio met la Nuclease à disposition en ligne par unité de 1 kg, avec CoA et SDS fournis avec la commande. Pour l'utilisateur professionnel, cette enzyme doit être considérée comme un outil de traitement des acides nucléiques dont l'efficacité dépendra de la matrice, de l'accessibilité du substrat et de l'intégration dans le procédé global.

Commander Nuclease 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 Nuclease →](#)

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. Schwardmann, L. S., Schmitz, S., Nölle, V., & Elleuche, S. (2019). Decoding Essential Amino Acid Residues in the Substrate Groove of a Non-Specific Nuclease from *Pseudomonas syringae*. *Catalysts*.
2. Cotton, F. A., Hazen, E., & Legg, M. (1979). Staphylococcal nuclease: proposed mechanism of action based on structure of enzyme-thymidine 3',5'-bisphosphate-calcium ion complex at 1.5-Å resolution.. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 76 6, 2551-5 .
3. Das, N., Dhar, D. G., & Dhar, P. (2022). Editing the genome of common cereals (Rice and Wheat): techniques, applications, and industrial aspects. *Molecular Biology Reports*, 50, 739-747.
4. Wang, L., Sun, Y., Xu, K., Hu, X., Li, Y., Lyu, P., Liu, X., ... et al. (2025). Establishment of the first Chinese national standard for recombinant nuclease used as a process material in pharmaceutical manufacturing. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 13.
5. Lu, T., & Gray, H. B. (1995). Kinetics and mechanism of BAL 31 nuclease action on small substrates and single-stranded DNA. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1251 2, 125-8 .
6. Yang, H., Peng, Y., Xu, M., Xu, S., & Zhou, Y. (2021). Development of DNA Biosensors Based on DNAzymes and Nucleases. *Critical reviews in analytical chemistry*, 53, 161 - 176.

7. Varfolomeev, S., Švedas, V., Efremenko, E., Egorov, A. M., Khrenova, M., Tishkov, V., Atroshenko, D., ... et al. (2024). Biocatalysis: modern problems and applications. *Russian Chemical Reviews*.
8. Zhao, Z. (2024). Enzyme-Catalyzed Synthesis in Pharmaceutical Manufacturing. *Highlights in Science Engineering and Technology*.
9. Roda, S., Santiago, G., & Guallar, V. (2020). Mapping enzyme-substrate interactions: its potential to study the mechanism of enzymes.. *Advances in Protein Chemistry and Structural Biology*, 122, 1-31 .
10. Adámková, K., Koval', T., Østergaard, L., Dušková, J., Malý, M., Švecová, L., Skálová, T., ... et al. (2022). Atomic resolution studies of S1 nuclease complexes reveal details of RNA interaction with the enzyme despite multiple lattice-translocation defects.. *Acta Crystallographica Section D: Structural Biology*, 78 Pt 10, 1194-1209 .
11. Yang, Q., Zhou, G., Yang, J., Wang, M., Wu, Y., Tian, B., & Cheng, A. (2025). Duck Plague Virus Full-Length UL15 Protein Is a Multifunctional Enzyme Which Not Only Possesses Nuclease Activity but Also Exerts ATPase and DNA-Binding Activity. *Veterinary Sciences*, 12.
12. Ezaki, R., Sakuma, T., Kodama, D., Sasahara, R., Shiraogawa, T., Ichikawa, K., Matsuzaki, M., ... et al. (2023). Transcription activator-like effector nuclease-mediated deletion safely eliminates the major egg allergen ovomucoid in chickens.. *Food and Chemical Toxicology*, 113703 .
13. Saramago, M., Costa, V., Souza, C. S., Bária, C., Domingues, S., Viegas, S. C., Lousa, D., ... et al. (2022). The nsp15 Nuclease as a Good Target to Combat SARS-CoV-2: Mechanism of Action and Its Inactivation with FDA-Approved Drugs. *Microorganisms*, 10.
14. Ono, T., Okuda, S., Ushiba, S., Kanai, Y., & Matsumoto, K. (2024). Challenges for Field-Effect-Transistor-Based Graphene Biosensors. *Materials*, 17.
15. Li, R., Zheng, W., Xiao, Y., Yu, X., Sheng, J., Zhang, H., Chen, C., ... et al. (2025). Mycoplasma hyopneumoniae nuclease Mhp597 negatively regulates TBK1-IRF3-IFN-I pathway by targeting vimentin to facilitate infection.. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141351 .
16. Anne, A., & Demaille, C. (2012). Kinetics of enzyme action on surface-attached substrates: a practical guide to progress curve analysis in any kinetic situation.. *Langmuir*, 28 41, 14665-71 .
17. Wang, Z., Li, D., Yu, J., Guo, J., Zou, H., Chen, Y., & Gao, J. (2025). A Self-Assembled Amino Acid Hydrogel for Immobilization and Protection of Enzymes.. *Macromolecular rapid communications*, e2401028 .
18. Wang, L., Li, Y., Du, X., Jing-Wu, Zhang, Z., Hui-Jin, Liang, H., ... et al. (2023). Performance enhancement of white rot fungi extracellular enzymes via new hydrogel microenvironments for remediation of benzo[a]pyrene contaminated soil.. *Journal of Hazardous Materials*, 454, 131505 .


Contacter 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.