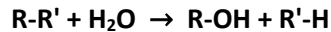


# PETase - Polyéthylène téréphthalate hydrolase

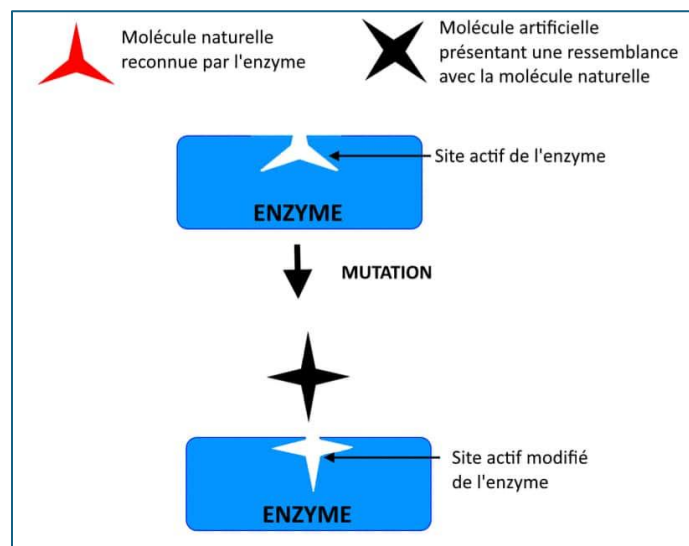
Les **hydrolases** constituent une classe d'enzymes qui catalysent les réactions d'hydrolyse de molécules suivant la réaction générale :



<https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/bacteries-bacteries-devoreuses-plastique-solutions-9812/>

**Comment le PET, molécule artificielle issue de la chimie, peut-il être dégradé par des micro-organismes ?**

Toute cellule a besoin pour sa croissance d'une source de carbone et d'une source d'énergie. Le carbone constitue le « squelette » de toutes les molécules organiques. L'énergie, elle, est extraite grâce à des réactions d'oxydation. Une seule et même molécule peut suffire pour apporter ces deux facteurs essentiels à la survie cellulaire, à condition toutefois pour la cellule de posséder l'arsenal enzymatique nécessaire pour assurer sa dégradation. Certaines enzymes présentent une spécificité large de substrat, c'est-à-dire qu'une même enzyme peut transformer des molécules différentes (bien qu'ayant une parenté structurale). Ainsi, une molécule artificielle (comme le PET) peut présenter une structure suffisamment proche d'une molécule naturelle pour être transformée par une enzyme reconnaissant la molécule naturelle. Des mutations dans le gène codant cette enzyme peuvent permettre la production d'une enzyme reconnaissant plus spécifiquement la molécule artificielle, ici le PET. [...]



Modification du site actif d'une enzyme. © SD, Futura

<https://www.nature.com/articles/s42004-024-01154-x>

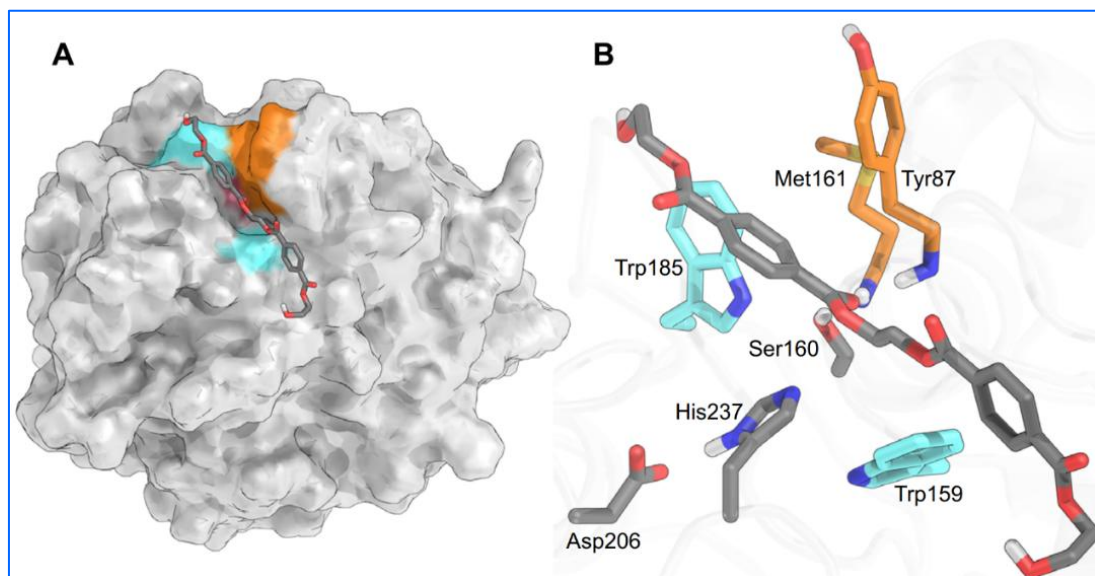


Fig. 1 | The Ideonella sakaiensis PETase enzyme and active site. A Surface depiction of the equilibrated Michaelis complex. PETase (white surface) bound to the PET dimer (gray sticks), with catalytic Ser160 (red surface), Trp residues (teal surface), and oxyanion residues (orange surface) highlighted. B Detailed view of the active site, showing the catalytic triad (Ser160, His237, and Asp206) and PET dimer as gray sticks, Trp185 and Trp159 as teal sticks, and the oxyanion hole residues, Met161 and Tyr87 as orange sticks. PET is oriented with respect to Ser160 to allow for nucleophilic attack of the PET carboxyl carbon. Hydrogen bonds are formed between the catalytic residues, as well as between the carboxyl oxygen of PET and the oxyanion hole. Trp185 and Trp159 interact with the PET aromatic rings through a parallel-displaced and an edge-to-face  $\pi$ - $\pi$  interaction, respectively. For clarity, nonpolar hydrogens are not shown.

Fig. 1 | L'enzyme PETase d'Ideonella sakaiensis et son site actif. Une représentation superficielle du complexe de Michaelis équilibré. PETase (surface blanche) liée au dimère PET (bâtonnets gris), avec Ser160 catalytique (surface rouge), résidus Trp (surface sarcelle) et résidus d'oxyanion (surface orange) mis en évidence. B Vue détaillée du site actif, montrant la triade catalytique (Ser160, His237 et Asp206) et le dimère PET sous forme de bâtonnets gris, Trp185 et Trp159 sous forme de bâtonnets bleus, et les résidus de trous oxyanions\*, Met161 et Tyr87 sous forme de bâtonnets orange. Le PET est orienté par rapport au Ser160 pour permettre l'attaque nucléophile du carbone carboxyle PET. Des liaisons hydrogène se forment entre les résidus catalytiques, ainsi qu'entre l'oxygène carboxyle du PET et le trou oxyanion. Trp185 et Trp159 interagissent avec les cycles aromatiques PET par le biais d'une interaction  $\pi$ - $\pi$  parallèle et d'un bord à face, respectivement. Par souci de clarté, les hydrogènes non polaires ne sont pas représentés.

\* Un **trou oxyanion** est une cavité dans la structure d'une enzyme qui stabilise un atome d'oxygène ou un alcoolate déprotoné

<https://www.nature.com/articles/s41598-023-37227-5>

**A PETase enzyme synthesised in the chloroplast of the microalga *Chlamydomonas reinhardtii* is active against post-consumer plastics.** Giulia Di Rocco, Henry N. Taunt, Marcello Berto, Harry O. Jackson, Daniele Piccinini, Alan Carletti, Giulia Scurani, Niccolò Braidi & Saul Purton.

**Abstract.** Polyethylene terephthalate hydrolases (PETases) are a newly discovered and industrially important class of enzymes that catalyze the enzymatic degradation of polyethylene terephthalate (PET), one of the most abundant plastics in the world. The greater enzymatic efficiencies of PETases compared to close relatives from the cutinase and lipase families have resulted in increasing research interest. Despite this, further characterization of PETases is essential, particularly regarding their possible activity against other kinds of plastic. In this study, we exploited for the first time the use of the microalgal chloroplast for more sustainable synthesis of a PETase enzyme. A photosynthetic-restoration strategy was used to generate a marker-free transformant line of the green microalga *Chlamydomonas reinhardtii* in which the PETase from *Ideonella sakaiensis* was constitutively expressed in the chloroplast. Subsequently, the activity of the PETase against both PET and post-consumer plastics was investigated via atomic force microscopy, revealing evidence of degradation of the plastics.

Les polyéthylènes-téréphthalates-hydrolases (PETases) sont une classe d'enzymes récemment découverte et d'importance industrielle qui catalyse la dégradation enzymatique du polyéthylène téréphthalate (PET), l'un des plastiques les plus abondants au monde. La plus grande efficacité enzymatique des PETases par rapport aux proches parents des familles des cutinases et des lipases a suscité un intérêt croissant pour la recherche. Malgré cela, une caractérisation plus poussée des PETases est essentielle, en particulier en ce qui concerne leur éventuelle activité contre d'autres types de plastique. Dans cette étude, nous avons exploité pour la première fois l'utilisation du chloroplaste de microalgues pour une synthèse plus durable d'une enzyme PETase. Une stratégie de restauration photosynthétique a été utilisée pour générer une lignée transformante sans marqueur de la microalgue verte *Chlamydomonas reinhardtii* dans laquelle la PETase d'*Ideonella sakaiensis* a été exprimée de manière constitutive dans le chloroplaste. Par la suite, l'activité de la PETase contre le PET et les plastiques post-consommation a été étudiée par microscopie à force atomique, révélant des preuves de dégradation des plastiques.