



4. LES CELLULASES éliminent les «peluches», sur les vêtements. À mesure que les tissus s'usent (a à c), les fibres de surface se détachent et s'effritent ; «digérées» par les enzymes, elles se détachent et sont éliminées au lavage (d).

pas présentes sous forme active dans le produit fini.

Les différentes enzymes utilisées dans l'industrie des détergents sont les protéases, qui éliminent les taches dues aux protéines, par exemple les taches d'œuf ; les lipases, qui enlèvent les taches d'huile ; les amylases qui dégradent les substances amylacées (pommes de terre, pâtes), et les cellulases. Ces dernières assurent un biopolissage qui améliore la qualité du coton et des autres fibres naturelles cellulosiques. Elles donnent un aspect lisse et lustré aux tissus. En effet, à l'usage, les fibres de surface des vêtements deviennent cassantes et forment de petites pilosités, qui donnent un aspect pelucheux. Les cellulases (qui, nous l'avons indiqué, hydrolysent les extrémités des fibres cellulosiques) utilisées dans les détergents éliminent les microfibrilles de surface, assouplissent les tissus et avivent les couleurs (en éliminant les fibrilles endommagées et décolorées).

L'utilisation des enzymes dans les détergents pose de nombreuses difficultés techniques. Elles doivent résister à de notables variations de l'acidité du milieu, à des concentrations ioniques variables et aux divers additifs, notamment les substances tensioactives qui évitent aux salissures de se redéposer sur le tissu propre. Les lessives domestiques liquides posent des difficultés supplémentaires, car les enzymes y sont moins stables que dans les lessives en poudre : en milieu liquide, elles risquent de perdre partiellement leur stabilité et, par conséquent, leur activité, tandis que dans les lessives en poudre, elles ne deviennent actives qu'au moment de la dissolution de la poudre.

Ainsi, depuis mai 1997, la Société Genencor International commercialise Puradax HA, un nouvel additif pour les détergents, dont le composé principal est une cellulase extraite d'un extrêmophile : elle a une forte activité catalytique lors du nettoyage des vête-

ments à un pH supérieur ou égal à 10. Cette cellulase provient de lagons alcalins situés au milieu des montagnes, dans un pays dont les découvreurs taient le nom.

L'intérêt des catalases

Sous la pression de l'opinion publique qui réclame une industrie textile moins polluante, les industriels essaient de substituer les agents de blanchiment à base de chlore par le peroxyde d'hydrogène (l'eau oxygénée). Après l'opération de blanchiment, l'excès de peroxyde d'hydrogène est éliminé des bains et des effluents grâce à des catalases, des enzymes qui dégradent ce composé en eau et en oxygène. De surcroît, comme elles libèrent de l'eau, les catalases réduisent les besoins en eau dans les étapes ultérieures (de teinture, par exemple). Les enzymes utilisées dans ce procédé doivent être stables à des températures élevées et en milieu basique, et résister au peroxyde d'hydrogène, très réactif.

Ainsi, les extrêmophiles, capables de résister à des conditions physico-chimiques extrêmes, constituent une nouvelle source de molécules intéressantes pour l'industrie. Aujourd'hui, seules quelques unes sont utilisées dans des procédés industriels, dans le secteur de la biologie moléculaire, dans celui de la papeterie ou dans celui des détergents. Lorsque des enzymes naturelles sont utilisées dans des applications industrielles, comme catalyseurs pour des synthèses chimiques ou comme additifs dans des détergents, elles ne sont pas toujours très bien adaptées à leur tâche, car les substrats ne sont pas assez solubles, ou que les produits sont instables, ou encore en raison de réactions chimiques «parasites» qui entrent en compétition avec la réaction principale.

Ainsi, les enzymes qui interviennent dans certaines voies biochi-

miques sont souvent inhibées par leurs propres substrats ou par les produits réactionnels, ces derniers agissant alors en limitant le rendement du procédé biocatalytique. Au contraire, les biotechnologies nécessitent des enzymes qui sont stables et actives sur de longues périodes et dans un environnement contraignant (solvant organique, par exemple). Les enzymes disponibles ne présentent généralement pas toutes les caractéristiques nécessaires à une application industrielle particulière et doivent être modifiées.

Malheureusement, on ignore, la plupart du temps, les relations entre la séquence protéique d'une enzyme, sa structure et sa fonction, condition pourtant indispensable à la modélisation rationnelle d'une protéine. En revanche, les techniques moléculaires permettent aux biologistes de réaliser des mutations dirigées *in vitro* sur des gènes clonés et de sélectionner ainsi les gènes et les molécules qu'ils codent, qui ont les caractéristiques recherchées. En continuant l'exploration de l'immense réservoir d'activité enzymatique enfoui au fond des océans et en utilisant les techniques d'ingénierie des protéines pour ajuster les propriétés des enzymes aux exigences industrielles, on disposera, dans quelques années, de catalyseurs enzymatiques qui faciliteront les réactions déjà connues et qui autoriseront des réactions nouvelles, qui restent à découvrir.

Yannick GUEGUEN, biochimiste, mène ses recherches dans le Laboratoire de biotechnologie des micro-organismes hydrothermaux, de l'IFREMER, à Brest, que dirige Jacques DIETRICH.

C. R. WOESE et al., *Towards a natural system of organisms : proposal for the domain Archaea, Bacteria and Eucarya*, in *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, vol. 87, pp. 4576-4579, 1990.

J. GUEZENNEC et J. DIETRICH, *Les micro-organismes extrêmophiles*, in *La science au présent : 2000*, coll. Biotechnologies, Éditions Encyclopedia Universalis, 1999.