

Le froid, l'acide et la base

Les milieux froids sont plus courants que les milieux chauds. Les océans, dont la température moyenne est comprise entre 1 °C et 3 °C, couvrent plus de la moitié du Globe, et de vastes zones émergées de l'Arctique et de l'Antarctique sont gelées en permanence ou ne dégèlent que pendant quelques semaines, en été. Ces milieux inhospitaliers abritent également des micro-organismes : les bactéries psychrophiles (étymologiquement «qui aiment le froid»).

James Staley et ses collègues de l'Université de Washington ont montré que des micro-organismes variés peuplent l'eau de l'Antarctique, pourtant gelée pendant une grande partie de l'année. De tous les eucaryotes photosynthétiques, algues, diatomées et bactéries récoltés par le groupe de J. Staley, la bactérie *Polaromonas vacuolata* est la plus remarquable : sa température de croissance optimale est de 4 °C, et des températures supérieures à 12 °C sont trop chaudes pour sa reproduction. De tels organismes intéressent les industriels, car ces derniers ont besoin d'effectuer certains traitements à la température des réfrigérateurs : pour modifier des aliments frais, pour limiter l'évaporation des parfums ou pour les lavages à froid.

Les extrémophiles qui se développent en milieu acide ou basique (res-

pectivement nommés acidophiles et alcalinophiles) sont également recherchés. La plupart des milieux naturels terrestres sont neutres, avec un pH compris entre cinq et neuf (le pH se mesure sur une échelle comprise entre 0 et 14; la neutralité correspond au pH égal à sept). Les acidophiles se rencontrent dans les milieux assez rares dont le pH est inférieur à cinq, tandis que les alcalinophiles préfèrent les endroits où le pH est supérieur à neuf.

Les milieux les plus acides résultent surtout d'activités géochimiques, telles que le dégagement de gaz soufrés par les événements hydrothermaux ou par quelques sources chaudes; certains résultent des activités métaboliques de certains acidophiles eux-mêmes. On trouve aussi ces organismes dans les résidus de l'industrie du charbon. Leur tolérance à l'acidité du milieu externe ne s'accompagne pas d'une acidification interne, qui détruirait les molécules importantes, tel l'ADN. Aussi une des clefs de la survie dans les milieux acides tient à la neutralisation du milieu interne, à l'aide de molécules de neutralisation et de molécules qui, restant en contact avec le milieu externe, évitent l'acidification interne; ces deux types de molécules défensives restent opérationnelles en milieu très acide : on a isolé de la paroi et de la membrane de certains acidophiles des extrémozymes qui fonctionnent

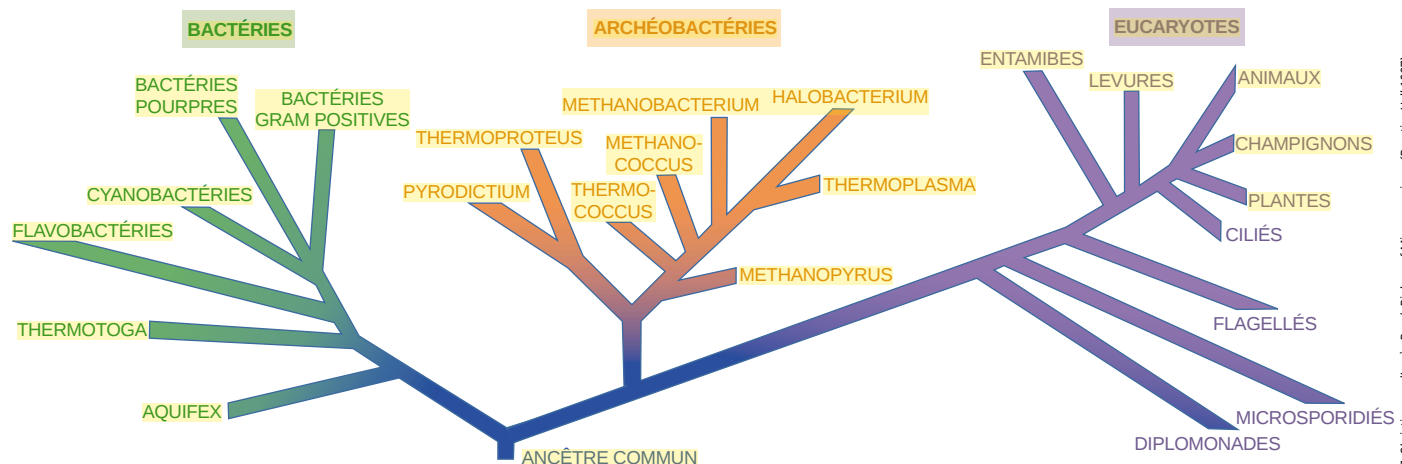
aux pH inférieurs à un (le pH du vinaigre est généralement supérieur à deux, par exemple).

Ces extrémozymes acidophiles sont utiles comme catalyseurs pour la synthèse chimique en solutions acides ou comme additifs pour l'alimentation animale (ils conservent leur activité dans l'estomac des animaux) : elles dissocient des molécules difficiles à digérer, ce qui permet l'emploi de graines bon marché.

Les alcalinophiles, d'autre part, vivent dans les sols riches en carbonates et dans les «lacs salifères», tels ceux que l'on trouve en Égypte, dans la vallée du Rift, en Afrique ou à l'Ouest des États-Unis. Aux pH supérieurs à huit, certaines molécules vitales, notamment les ARN, se dégradent. Aussi, comme les acidophiles, les alcalinophiles maintiennent un pH interne neutre, avec des extrémozymes en surface ou à proximité de la membrane, ainsi que dans les sécrétions des cellules. Plusieurs fabricants de détergents sont intéressés par ces enzymes, car, pour laver efficacement, les détergents doivent éliminer les taches d'origine alimentaire ou autres, ce dont s'acquittent des enzymes comme les protéases (qui dégradent les protéines) et les lipases (qui dégradent les graisses); or les protéases et les lipases classiques sont dégradées aux pH de la plupart des lessives. Les versions alcalinophiles de ces enzymes conservent leur activité; plusieurs de celles qui sont

posent donc que ces deux groupes sont apparus les premiers, se différenciant peu de temps après l'apparition de l'ancêtre commun à toutes les formes de vie. Les eucaryotes se seraient ultérieurement séparés des archéobactéries. L'arbre ci-dessous est conforme à cette hypothèse : les micro-organismes hyperthermophiles, tels que *Methanopyrus* (archéobactérie) et *Aquifex* (bactérie), divergent près de la racine de l'arbre.

Les biologistes s'intéressent aujourd'hui beaucoup aux gènes qui n'existent que chez les archéobactéries. Ces gènes codent l'information nécessaire à la synthèse des enzymes et d'autres protéines importantes pour la structure et la fonction cellulaires. De nombreux gènes archéobactériens codent probablement des protéines inconnues, à partir desquelles on veut étudier la vie primitive sur le Globe.



J. Christiansen, d'après Brock Biology of Microorganisms (Prentice Hall 1997)