

substances anti-oxydantes et en molécules actives contre l'athérosclérose.

En 1995, une étude danoise, où 13 000 personnes ont été suivies pendant 12 ans, a confirmé cette hypothèse. De notre côté, en 1990, puis en 1997, nous avons montré que les buveurs de vin et de bière ont des risques de maladie cardio-vasculaire plus faibles que les amateurs de liqueurs. Puis, en 2002, lors d'une mise à jour de l'étude de 1990, nous avons révélé que, pour une même consommation d'alcool, ceux qui boivent du vin tous les jours ont un risque de mourir de maladie cardio-vasculaire environ 25 pour cent inférieur à celui des buveurs de bière. De plus, chez les buveurs de vin (rouge ou blanc), le risque d'un décès consécutif à une maladie cardio-vasculaire est environ 35 pour cent inférieur à celui des buveurs légers et modérés d'alcools forts.

Toutefois, les habitudes des buveurs de vin, de bière ou de liqueurs perturbent peut-être les résultats de ces études. Par exemple, au Danemark, la consommation de vin va de paire, d'une part, avec un régime « sain » riche en fruits, en légumes et en poissons et, d'autre part, avec un statut socio-économique et un quotient intellectuel plus élevés souvent associés à une meilleure santé. Dans nos études, ceux qui préfèrent le vin fument moins, ont fait plus d'études supérieures et sont plus modérés dans leur consommation d'alcool que les adeptes de la bière ou des alcools forts. Ainsi, les styles de vie compliquent la tâche des épidémiologistes qui cherchent à déterminer si les différences observées dans les effets sur la santé sont liées au type de boisson lui-même, aux habitudes de consommation ou à d'autres facteurs.

La plupart des individus boivent pour des raisons autres que les bienfaits de l'alcool sur la santé, et beaucoup en consomment des quantités qui semblent favoriser l'état cardio-vasculaire. Toutefois, la mise au jour des effets positifs de l'alcool représente un défi pour les médecins. Certes, chez certaines personnes, une consommation légère à modérée d'alcool semble meilleure pour le cœur que l'abstinence. Cependant, une grande consommation d'alcool est indéniablement dangereuse et entraîne des pathologies, tels la cirrhose du foie, la pancréatite, certains cancers et des troubles neurodégénératifs. De plus, elle joue un rôle dans un grand nombre d'accidents, d'homicides et de suicides, et peut avoir de graves conséquences sur le développement du fœtus.

Une consommation abusive d'alcool contribue aussi aux maladies cardio-vasculaires, telles la cardiomyopathie alcoolique (le cœur est trop faible pour pomper efficacement), les hémorragies cérébrales et l'hypertension, source de maladies cardio-vasculaires et d'insuffisance cardiaque ou rénale.

Face aux dangers de l'alcool, comment « prescrire » des boissons alcoolisées et dans quelles proportions ? Connaître les risques de chacun et les conséquences possibles d'une consommation modérée d'alcool serait un atout. L'histoire familiale et personnelle d'un individu renseignent sur ces risques, mais ils ne tiennent pas compte d'événements imprévus pouvant, par la suite, rendre délétères des effets supposés bénéfiques auparavant.

Ces dangers – connus ou inconnus – ont focalisé les responsables de la santé publique sur les conséquences sociales et médicales de l'excès d'alcool et ont justifié les pressions en faveur de l'abstinence. Pourtant, un message

plus complexe s'impose : il est inapproprié de recommander l'abstinence à des consommateurs modérés qui ont un risque élevé de maladies cardio-vasculaires et dont le terrain physique et psychique n'interdit pas la consommation d'alcool. Bien sûr, pour ces individus, il convient surtout de suivre un régime approprié, de pratiquer un sport, d'éviter de fumer et de lutter contre l'obésité, le diabète, l'hypertension et l'hypercholestérolémie. Toutefois, une faible consommation d'alcool a une place dans cette liste.

Au cas par cas

Les individus qui boivent peu ou modérément ont tout intérêt à continuer. À l'inverse, les individus sobres doivent-ils commencer à boire pour leur santé ? La réponse est négative pour la plupart d'entre eux, mais il y a des exceptions. Par exemple, ceux qui, atteints d'une maladie cardio-vasculaire, décident de se « prendre en main » et arrêtent de fumer, adoptent un régime sévère, font du sport et, avec les meilleures intentions, abandonnent la bouteille de bière ou le verre de vin quotidien. Cette prohibition auto-imposée n'est pas la meilleure solution. De plus, certains buveurs occasionnels – les hommes de plus de 40 ans et les femmes de plus de 50 ans qui ont de forts risques de maladies cardio-vasculaires et de faibles risques liés à la consommation d'alcool – ont intérêt à augmenter leur consommation d'alcool jusqu'à un verre par jour.

Les femmes ont un risque supplémentaire : plusieurs études indiquent que la consommation d'alcool augmente le risque de cancer du sein. Pour les femmes jeunes, qui ont souvent un risque faible de maladie cardio-vasculaire à court terme, le cancer du sein est une menace plus grande que les effets positifs de l'alcool sur le cœur.

Au final, les buveurs invétérés et les individus qui ont un risque vis-à-vis de l'alcool doivent réduire leur consommation, voire s'abstenir de boire. Face à la multitude des facteurs à prendre en compte, les risques et les bienfaits de l'alcool doivent être évalués au cas par cas. Dans cette optique, nous avons élaboré un algorithme qui aiderait les médecins à décider de la quantité d'alcool adaptée à un individu donné. Ainsi, il en va de l'alcool comme de toute chose : la modération est de rigueur !

Arthur KLATSKY est cardiologue au Centre médical de Oakland, en Californie.

Arthur KLATSKY, *Epidemiology of Coronary Heart Disease-Influence of Alcohol*, in *Alcoholism Clinical and Experimental Research*, vol. 18, n° 1, pp. 88-96, janvier 1994.

S. LEMESHOW, L. LETENNEUR, J.-F. DARTIGUES, S. LAFONT, J.-M. ORGOGOZO et D. COMMENGES, *Illustration of analysis taking into account complex survey considerations : The association between wine consumption and dementia in the PAQUID study*, in *Am. J. Epidemiol.*, vol. 148, pp. 298-306, 1998.

Luc LETENNEUR et al., *Education and the risk for Alzheimer's disease : Sex makes a difference. EURODEM pooled analyses*, in *Am. J. Epidemiol.*, vol. 151, pp. 1064-1071, 2000.

Giovanni CORRAO, Luca RUBBIATI, Vincenzo BAGNARDI, Antonella ZAMBON et Kari POIKOLAINEN, *Alcohol and Coronary Heart Disease*, in *Addiction*, vol. 95, n° 10, pp. 1505-1523, octobre 2000.

Alcohol in Health and Disease, sous la direction de Dharam Agarwal et Helmut Seitz, Marcel Dekker, 2001.

Groix: une île fossile

MICHEL BALLÈVRE • VALÉRIE BOSSE • GILBERT FÉRAUD

Les roches de l'île de Groix sont uniques en France. L'étude des minéraux de cette île révèle un passé géologique vieux de 400 millions d'années, à une époque où ce petit coin du territoire appartenait à un domaine océanique, aujourd'hui disparu.



Du port de Lorient, sur la côte méridionale de la Bretagne, à l'île de Groix, la traversée ne dure que 45 minutes, mais les passagers changent de monde. Sur le continent abonde le granite, une roche qui résulte de la cristallisation lente en profondeur de magma. Utilisé dans nombre de constructions, des menhirs et des dolmens jusqu'aux habitations rurales, le granit symbolise la Bretagne. À Groix, il est absent : les visiteurs de l'île entrent dans un monde de minéraux et de roches qui sont inconnus sur le continent, et qui ont valu à Groix son surnom d'île aux grenats, et la création, en 1982, d'une réserve naturelle ayant pour objet la protection du patrimoine géologique. D'où vient ce contraste géologique entre l'île et le continent distants de quelque six kilomètres ?

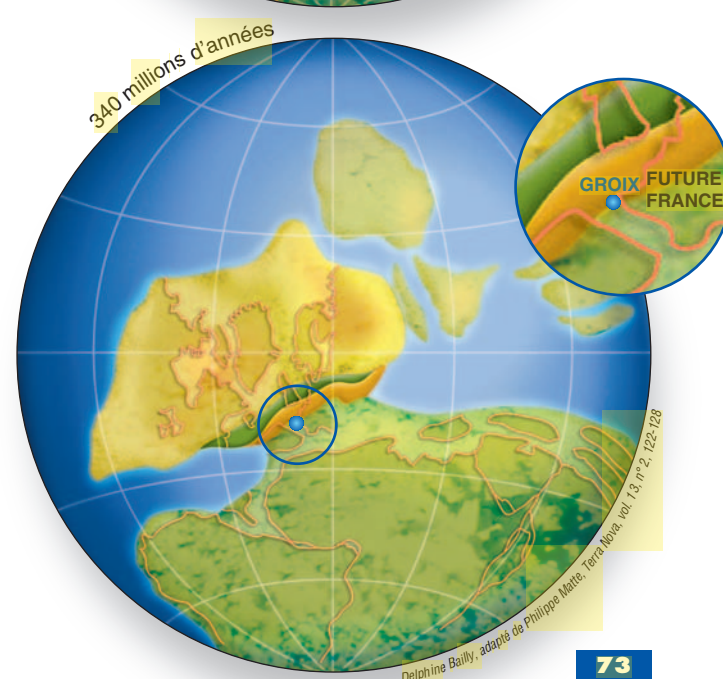
Les prospections sous-marines réalisées dans les années 1970 par Jean-Pierre Lefort et Claude Audren, du Laboratoire géosciences Rennes, ont montré que des roches identiques à celles de l'île s'étendent sur la plate-forme littorale, sur une distance d'environ 50 kilomètres. En outre, des roches analogues existent en Vendée, au Bois-de-Céné, mais elles affleurent rarement, ce qui en rend l'étude difficile. Ces données montrent que l'île n'est pas en elle-même une exception, mais un témoin émergé d'un vaste ensemble partiellement érodé et submergé.

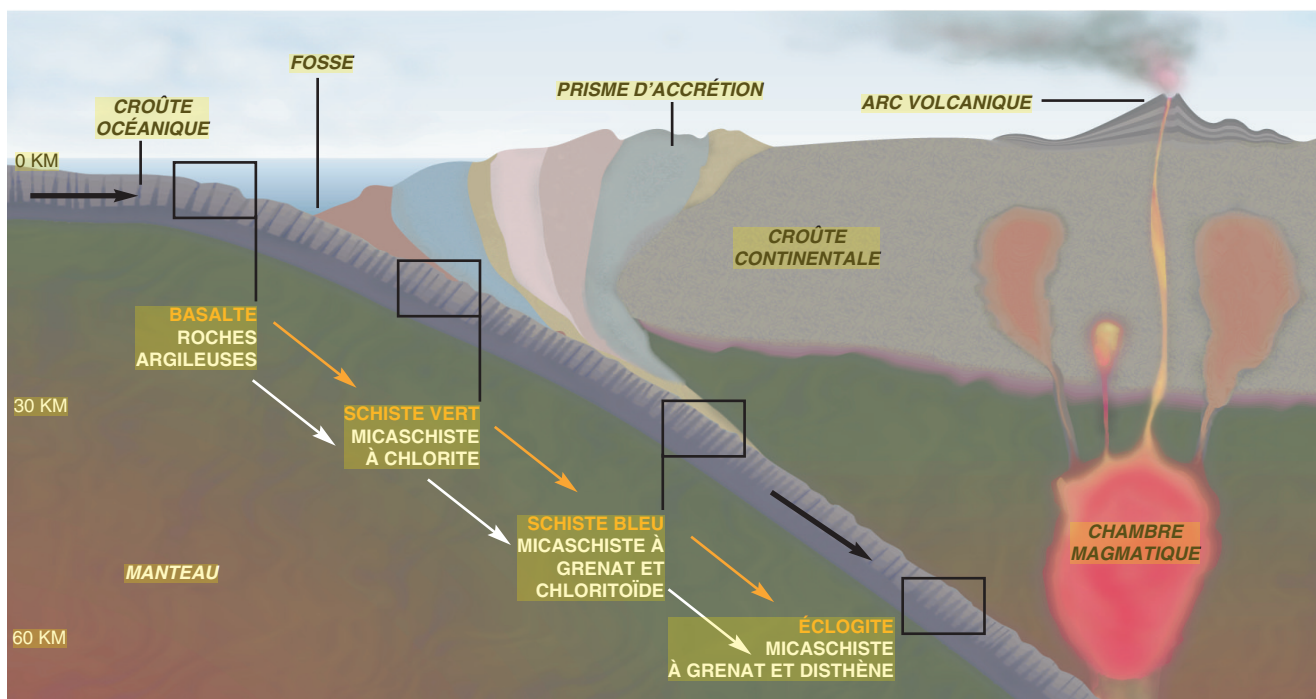
Quel était ce large territoire ? Pas à pas, durant ces 30 dernières années, les géologues ont fait parler les roches, qui ont livré une partie de leur histoire : les roches de Groix appartenaient, il y a plus de 400 millions d'années, au plancher d'un océan aujourd'hui disparu, qui séparait un supercontinent, le Gondwana, d'un continent englobant notamment les actuelles Bretagne et Galice, l'Armorica. Puis les continents se sont percutés et les roches ont été enfouies à plusieurs dizaines de kilomètres de profondeur, avant de remonter à la surface, près de ce qui sera plus tard la France. Les roches de Groix sont les ultimes témoins de ce passé géologique.

Une histoire de subduction

La surface de la planète est découpée en un petit nombre de plaques, minces et rigides, qui se déplacent les unes par rapport aux autres. Ces plaques comprennent une partie profonde, constituée de péridotites (une roche essentiellement formée d'olivine, un silicate contenant du fer et du magnésium), et une partie superficielle, la croûte terrestre, de composition différente selon qu'elle est continentale ou océanique. La croûte continentale contient en abondance du granite. Au contraire, la croûte océanique est constituée en surface de laves basaltiques et de leur équivalent cristallisé en profondeur, le gabbro. Les plaques océaniques sont issues

1. À QUELQUES ENCABLURES de la côte méridionale de la Bretagne, l'île de Groix surprend par la spécificité de ses minéraux et de ses roches. Ceux-ci témoignent de l'existence d'une ancienne zone de subduction dans cette région. Il y a 425 millions d'années (*en haut*), Groix (*le point bleu*) était encore une portion du plancher océanique séparant le supercontinent Gondwana de la microplaque Armorica. La future île disparaît bientôt sous la plaque Armorica par subduction, il y a 370 millions d'années (*au milieu*). Plus tard, quand la collision entre les deux continents majeurs, Gondwana et Laurussia, créa une immense chaîne de montagnes, la chaîne hercynienne, Groix fut exhumée et arbora au grand jour les minéraux formés lors de l'enfouissement (*en bas*).





2. DANS LA ZONE DE SUBDUCTION, le basalte de la plaque océanique se transforme en différentes roches à mesure qu'il plonge sous la plaque continentale et parallèlement s'appauvrit en eau : en schistes verts (qui contiennent de l'albite et de la chlorite, cette dernière comportant une fraction importante d'eau), puis en schistes bleus

(quand apparaît la glaucophane, un minéral contenant deux pour cent d'eau), et enfin en éclogites (quand le grenat et le pyroxène, deux minéraux anhydres, se développent). Les roches argileuses de la plaque se métamorphosent en micaschiste à chlorite, en micaschiste à grenat et en chloritoïde, puis en micaschiste à grenat et disthène.

des dorsales médio-océaniques, gigantesques chaînes de montagnes sous-marines. À mesure de leur formation, le plancher océanique s'éloigne de l'axe de la dorsale, et se refroidit. Dans les zones de subduction, les plaques océaniques s'enfoncent dans les profondeurs, en plongeant soit sous une autre plaque océanique (telle la plaque pacifique sous les Mariannes) ou sous une plaque continentale (telle la plaque Nazca sous les Andes).

Après plusieurs décennies d'explorations géophysiques et d'observations directes avec des submersibles océanographiques, le fonctionnement des zones de subduction est maintenant bien connu. La plongée d'une plaque océanique engendre une fosse, profonde, étroite et allongée, qui marque la limite entre les deux plaques en convergence. L'enfoncement de cette plaque dans le manteau est repérable par les nombreux séismes provoqués par l'avancée de la plaque. Au-dessus de la plaque qui s'enfonce se dresse en général un arc volcanique, c'est-à-dire un alignement de volcans dont les éruptions souvent explosives peuvent causer de redoutables dommages. Dans ces volcans, les magmas sont issus de la fusion partielle du coin de manteau situé au-dessus de la plaque plongeante. Enfin, entre l'arc volcanique et la fosse océanique se forme souvent un prisme d'accrétion, empilement de matériaux sédimentaires et parfois volcaniques arrachés à la plaque océanique plongeante.

Qu'advient-il à la plaque océanique quand elle plonge ? Pour le savoir, on recourt à des modélisations numériques, puis on compare les prévisions des modèles avec les phénomènes effectivement observés dans les zones de subduction actives. Quand une plaque s'enfonce dans le manteau, elle pénètre dans un milieu de plus en plus chaud. La conduction de la chaleur dans les roches étant extrêmement lente, la température de la plaque met du temps à s'équilibrer avec celle du manteau : la plaque

constitue une lame relativement froide au sein d'un milieu chaud. La carte des températures dans une plaque qui s'enfonce dépend de plusieurs facteurs, notamment l'âge de la plaque et la vitesse de subduction. Même s'il persiste des désaccords sur les détails de la diffusion de la chaleur dans les plaques, tous les modèles thermiques montrent que, dans les zones de subduction, la température reste relativement faible, même à de grandes profondeurs, c'est-à-dire à forte pression.

Des dorsales océaniques aux zones de subduction, la croûte océanique rencontre donc tout au long de son histoire des variations de pression et de température. Ces variations modifient la composition de la roche. Durant la phase où la croûte océanique constitue le plancher océanique, de l'eau de mer s'infiltre par des fractures jusqu'à quelques kilomètres de profondeur, et entraîne une altération hydrothermale des basaltes et des gabbros : les minéraux présents à haute température et anhydres (tels l'olivine et le pyroxène) sont remplacés par des minéraux hydratés stables à plus basse température (la chlorite, l'albite et l'épidote). Cet hydrothermalisme s'accompagne sur le plancher océanique du jaillissement de saumures chaudes et riches en éléments dissous (cuivre, fer et manganèse par exemple), qui forment les fumeurs noirs, des sources chaudes autour desquelles se développent des oasis de vie. Quand la croûte océanique parvient dans la zone de subduction, les roches magmatiques plus ou moins altérées par l'eau et par la chaleur se métamorphosent, c'est-à-dire qu'elles subissent des transformations, notamment des recristallisations (voir la figure 2). La nature exacte des minéraux formés dépend des conditions de pression et de température. À faible pression (de 4 à 8×10^8 pascals environ) et très faible température (de 300 à 400 °C), les basaltes se transforment en schistes verts. Avec l'augmentation de la pression (entre 8 et 12×10^8 pascals)