

de son poids, remonte comme un navire qu'on aurait déchargé. Ainsi affleurent progressivement des roches qui étaient auparavant enfouies. Pour la plupart des géologues, l'érosion n'explique cependant pas, à elle seule, l'exhumation des schistes bleus. D'autres mécanismes s'ajoutent à l'érosion, par exemple la « régurgitation » de blocs rigides qui, en raison de leur faible densité, cessent de s'enfoncer plus profondément dans le manteau, ou encore l'extrusion des roches entre deux continents en collision (comme la pâte dentifrice expulsée d'un tube comprimé).

Si les roches de l'île de Groix témoignent de l'existence d'une ancienne zone de subduction, il nous reste à estimer quand cette zone de subduction a effectivement fonctionné. Un premier élément de réponse serait de connaître l'âge des anciennes coulées de basalte qui forment aujourd'hui les schistes bleus, ou l'âge du dépôt des argiles formant aujourd'hui les micaschistes, où des restes fossilisés d'organismes pourraient être conservés. En raison des intenses phénomènes de déformation et de recristallisation qu'ont subis ces roches, notre enquête est restée jusqu'à présent vaine : aucun fossile n'a été identifié, et aucun minéral précoce des anciens basaltes n'a été conservé. En revanche, grâce aux minéraux métamorphiques, il nous est possible de connaître l'âge de l'enfouissement de ces roches. En effet, les miné-

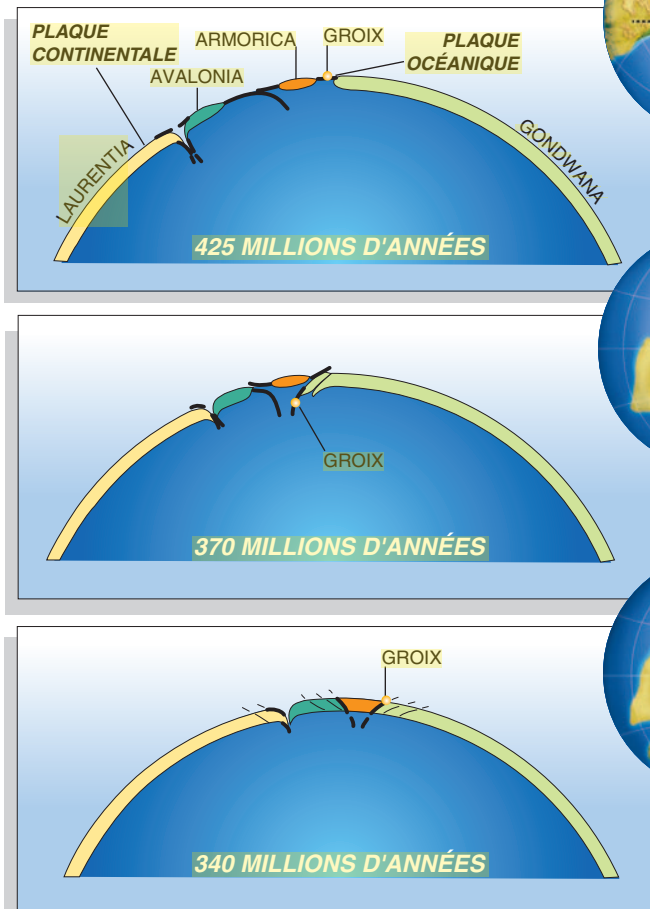
raux incorporent lors de leur cristallisation des éléments radioactifs (éléments-pères) qui, au cours du temps et à vitesse constante, se désintègrent en produisant des atomes généralement stables (éléments-fils) accompagnés de rayonnement (alpha, bêta et gamma). Si le minéral reste isolé de perturbations postérieures à sa cristallisation, la quantité d'éléments-fils formés est à chaque instant proportionnelle à la quantité d'éléments-pères non désintégrés. Cette dernière quantité diminue de moitié en un laps de temps appelé la période, caractéristique de l'élément considéré. En mesurant aujourd'hui les concentrations en éléments-pères et en éléments-fils dans le minéral, il nous est possible de connaître l'âge de sa cristallisation.

## Les géochronomètres datent les minéraux

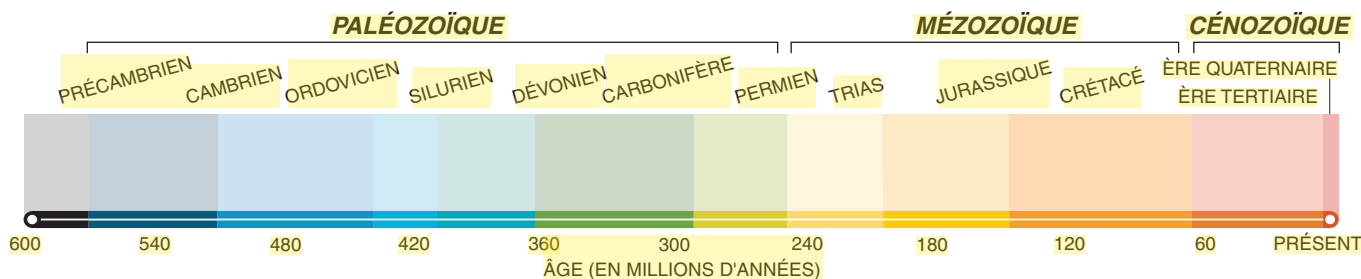
Il en est ainsi des micas, qui contiennent du potassium dont l'un des isotopes, le  $^{40}\text{K}$ , est radioactif et se transforme en  $^{40}\text{Ar}$  avec une période de 1,25 milliard d'années. D'autres géochronomètres peuvent être utilisés dans les roches de l'île de Groix, tel le rubidium 87 qui se désintègre en strontium ( $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$ ) avec une période égale à 48,8 milliards d'années, dans les micas et dans l'épidote, ou le samarium 147 qui se désintègre en néodymium ( $^{147}\text{Sm} - ^{143}\text{Nd}$ ) avec une période de 100 milliards d'années, dans le grenat. Le choix d'un géochronomètre ou d'un autre est essentiellement fonction de la composition des minéraux métamorphiques (le chronomètre K - Ar ne peut être utilisé que dans les minéraux contenant du potassium), de la température à laquelle le système est isolé de l'extérieur (c'est-à-dire au-dessous de laquelle les échanges d'éléments-fils avec l'extérieur deviennent infiniment lents, de sorte qu'ils sont stockés dans le minéral), et de l'âge approximatif de l'échantillon.

Des analyses réalisées sur de nombreux échantillons et avec divers géochronomètres ont été effectuées depuis de nombreuses années sur les schistes bleus de Groix. Les résultats et les interprétations qui en découlent ont évolué avec les techniques employées, celles-ci devenant de plus en plus précises et permettant des analyses à des échelles de plus en plus petites.

Contrairement à certaines hypothèses qui faisaient des schistes bleus les témoins d'une subduction précambrienne (il y a plus de 540 millions d'années), il a été tout d'abord établi dans les années 1970 qu'ils s'étaient formés au Paléozoïque supérieur (entre 300 et 400 millions d'années) pendant la formation de la chaîne hercynienne. Par la suite, les résultats obtenus à l'aide des géochronomètres ont confirmé ces conclusions en donnant des âges également compris entre 300 et 400 millions d'années. En collaboration avec Jean-Jacques Peucat, du Laboratoire géosciences Rennes, deux d'entre nous (Valérie Bosse et Gilbert Féraud), avons réduit cet intervalle de temps grâce aux géochronomètres  $^{87}\text{Rb} - ^{87}\text{Sr}$  et  $^{40}\text{K} - ^{40}\text{Ar}$  utilisés sur des schistes bleus et sur des schistes verts. Les âges obtenus dans les schistes bleus se situent entre 360 et 370 millions d'années, tandis que les schistes verts sont



**6. LA SUBDUCTION** de Groix est survenue au Paléozoïque supérieur. L'île était originellement une portion du plancher de l'océan séparant la microplaque Armorica du Gondwana (*en haut*). Ces deux continents se rapprochant, Groix a été enfouie sous Armorica vers - 370 millions d'années (*au milieu*). L'île a été exhumée il y a 340 millions d'années (*en bas*).



plus jeunes, vers 345 à 355 millions d'années. Ces résultats montrent que les basaltes et les argiles océaniques ont été enfouis à une cinquantaine de kilomètres de profondeur dans une zone de subduction fonctionnant au Dévonien supérieur, avant d'être exhumés rapidement au Carbonifère inférieur, dans des conditions permettant leur parfaite conservation pendant le retour vers la surface.

## Un scénario accrocheur

Durant le Paléozoïque supérieur, la répartition des continents émergés était notablement différente de sa répartition actuelle (voir la figure 1). Pour notre propos, il suffit de savoir que trois grandes masses continentales étaient présentes : la Laurentia (l'actuelle Amérique du Nord), la Baltica (l'Europe du Nord de la Norvège à l'Oural), et le Gondwana (l'Amérique du Sud, l'Afrique et l'Europe du Sud, c'est-à-dire l'Espagne et la partie méridionale de la France). Entre ces domaines continentaux majeurs existaient d'autres domaines continentaux, de petites dimensions à l'échelle du globe, dont la position précise est encore controversée. Philippe Matte, de l'Université de Montpellier, a proposé une reconstitution de l'histoire de l'ancienne région incluant Groix. Il s'est fondé sur diverses données : la position des anciens continents déduite des informations paléomagnétiques, la répartition des faunes et des flores, et la répartition des zones de subduction déterminée d'après les schistes bleus. Il a identifié deux bandes continentales : Avalonia (la côte Atlantique du Canada, le Sud des îles Britanniques et la Belgique et le Nord de la France) et Armorica (la Galice, la Bretagne et sa prolongation sous le bassin de Paris). Ces domaines continentaux étaient séparés par des espaces océaniques. Le déplacement des plaques à la surface de la Terre a entraîné la collision entre les continents laurentien, baltique et avalonien, donnant naissance à la chaîne calédonienne ; puis cet ensemble est entré en collision avec le continent gondwanien au cours du Dévonien et du Carbonifère, accouchant de la chaîne hercynienne. Les océans qui séparaient les continents ont disparu dans des zones de subduction que l'on doit maintenant rechercher en identifiant soit des arcs volcaniques, soit des roches métamorphiques de haute pression et basse température. Ce sont précisément les minéraux qui nous permettent de reconstituer l'histoire de Groix.

Il y a 425 millions d'années, au milieu du Silurien, la microplaque Armorica est encore proche du Gondwana, dont elle n'est séparée que par un petit océan, s'étirant (dans la géographie actuelle) de la Galice à la Bretagne. Vers 370 millions d'années, la convergence du Gondwana avec la Laurussia – le continent résultant de la collision des plaques laurentienne, baltique et avalonienne – conduit à la disparition de ce petit océan, qui s'enfonce sous la microplaque Armorica (voir la figure 6). Ainsi se forment les schistes bleus de l'île de Groix. Durant le Carbonifère, la convergence se poursuit, entraînant la collision des plaques Laurussia et Gondwana,

aboutissant à un vaste domaine continental, la Pangée, entouré par un vaste domaine océanique, la Panthalassa.

L'histoire ne s'est pas arrêtée là. Durant le Mésozoïque (il y a quelque 160 millions d'années), la Pangée se disloque, et l'océan Atlantique s'ouvre ; le continent américain s'éloigne de l'Afrique et de l'Europe. L'océan Atlantique en cours de formation sépare alors en deux tronçons la chaîne hercynienne, une partie étant maintenant observable dans les Appalaches alors que l'autre forme l'ossature de la partie centrale de l'Europe. Il y a environ 110 millions d'années, s'ouvre le golfe de Gascogne, qui sépare la France et l'Espagne. Étrange destin que celui de notre océan paléozoïque, enfoui sous une autre plaque, puis intégré à une chaîne de montagnes, et dont les restes furent finalement séparés en deux portions de part et d'autre du golfe de Gascogne.

Ainsi, les schistes bleus, comme les autres roches qui existent sous haute pression et à basse température, marquent l'emplacement de zones de subduction fossiles, où disparurent des océans et s'affrontèrent des continents. Les schistes bleus de l'île de Groix sont parmi les rares témoins d'un océan disparu, parce qu'ils ont échappé aux transformations associées à la collision continentale ayant amalgamé les continents en une gigantesque Pangée. Ils signalent, par leur existence même, que le globe terrestre s'est déjà notablement refroidi depuis sa formation, il y a environ 4500 millions d'années. Durant les premiers milliards d'années de son existence, l'augmentation de température avec la profondeur était trop forte pour que des minéraux comme la glaucophane puissent se former. Ce n'est qu'à la fin du Précambrien et au cours du Paléozoïque qu'apparaissent les schistes bleus, dont la formation se généralise durant le Mésozoïque et le Cénozoïque. Les schistes bleus de l'île de Groix sont ainsi parmi les plus anciens témoins du refroidissement du globe terrestre. On comprend alors leur intérêt patrimonial, justifiant la création d'une réserve naturelle sur l'île aux grenats.

Michel BALLÈVRE, professeur à l'Université de Rennes et Gilbert FÉRAUD, directeur de recherches au CNRS à Nice au Laboratoire géosciences-azur, se sont associés depuis quelques années pour étudier les mécanismes d'exhumation des roches enfouies lors d'une subduction. Valérie BOSSE a effectué la majeure partie de sa thèse sur les roches de l'île de Groix, et est maintenant maître de conférences à l'Université de Clermont-Ferrand.

V. BOSSE, M. BALLÈVRE et O. VIDAL, *Ductile thrusting recorded by the garnet isograd from blueschist-facies metapelites of the Ile de Groix, Armorican Massif, France, Journal of Petrology*, vol. 43, pp. 485-510, 2002.

C. AUDREN et al., Carte géologique de la France au 1/25000, Feuille Île de Groix, BRGM, Orléans, 1993.

*L'île de Groix*, Numéro spécial de la revue *Penn ar Bed, Bretagne vivante*, Brest, réédition de 1990.