

Archéologie

Les mégalithes

Les mégalithes des hautes terres de Sumatra, que l'on croyait néolithiques comme ceux d'Europe, témoignent en fait des intenses échanges entre les tribus de la forêt et les royaumes bouddhiques du Moyen Âge indonésien.

Dominik Bonatz

1. CE MÉGALITHE COUCHÉ DANS LA FORÊT a été érigé dans la région de Kérinci, dans les hautes terres de Sumatra, où de nombreuses autres pierres dressées sont dispersées dans la jungle.

de Sumatra

Dans la grande épopée indienne du Ramayana, Sumatra est nommée l'«île de l'or». Parce qu'elle était riche ? Au VII^e siècle de notre ère, des princes malais de religion bouddhique bâtirent des villes et des temples dans le royaume de Srivijaya, situé dans les basses terres de l'île. Ce royaume livrait de l'or à l'Inde et aux États du golfe Persique, et ses envoyés apportaient ivoire, cornes de rhinocéros, plumes de calao, miel, bois aromatiques, camphre, benjoin à l'empereur de Chine. D'où provenaient ces richesses ? En grande partie des forêts pluviales des hautes terres de Sumatra, comme on l'expliquera ici, et leur commerce a induit un mégalithisme particulier.

De riches royaumes

Le mégalithisme semble être un très ancien trait culturel de tous les peuples indonésiens. Depuis la Préhistoire, à Sumatra, à Java et partout dans l'archipel, des tribus ont laissé menhirs, dolmens, tables et autels de pierre, pierres couchées et pierres dressées, souvent anthropomorphes ou ornées. Cette activité millénaire sous-tend un culte des ancêtres qu'il importe de bien disposer, car il s'agit d'intermédiaires entre ce monde-ci et l'au-delà. Répandu partout en Indonésie (comme il l'était dans toutes les cultures mégalithiques), ce trait culturel est si profond dans l'archipel qu'il a traversé de façon plus ou moins occulte toutes les périodes et s'est combiné avec les vagues culturelles indo-bouddhique, chinoise, musulmane, puis chrétienne, qui ont successivement gagné l'archipel.

Les deux royaumes indo-bouddhiques de Srivijaya et de Malayu, auxquels nous allons nous intéresser, fournissent justement un exemple de ce phénomène de fusion culturelle. La richesse passée de Srivijaya et de Malayu, qui lui a succédé, se traduit aujourd'hui par de nombreuses ruines de temples et de palais somptueux. Après avoir beaucoup étudié les monuments ostentatoires érigés par les rois de ces royaumes, les archéologues ont récemment pris conscience qu'ils ont un intéressant pendant dans les montagnes : des mégalithes.

Sumatra est une île de contrastes (voir la figure 2) : à une longue chaîne de montagnes occidentale s'oppose une vaste plaine orientale sillonnée de fleuves. Aujourd'hui encore, les habitants de la plaine affrontent les crues de la mousson

L'ESSENTIEL

- Au VII^e siècle, l'émergence de royaumes bouddhiques florissants à Sumatra a donné une grande importance commerciale à cette île indonésienne.
- Au XIX^e siècle, l'archéologie coloniale néerlandaise a attribué aux mégalithes des hautes terres forestières de Sumatra la même ancienneté néolithique que les menhirs et dolmens européens.
- Selon les fouilles récentes, c'est le commerce des produits de la forêt avec les royaumes bouddhiques médiévaux qui a poussé les habitants de la forêt à marquer leurs territoires de pierres dressées.



2. L'INDONÉSIE MÉDIÉVALE comportait plusieurs royaumes, dont celui de Srivijaya, dont la capitale était Palembang. Ce royaume jouait un rôle particulièrement important, car il contrôlait les routes maritimes – notam-

ment le détroit de Malacca – par où transitait le commerce de toute l'Asie méridionale. Il a été supplanté au IX^e siècle par le royaume de Malayu. Certaines régions (*cartouche à gauche*) sont riches en mégalithes.

en construisant des maisons sur pilotis ou des bateaux-maisons. Bien souvent, les sols marécageux de la côte sont impropres à la culture. La forêt des hautes terres, en revanche, fournit aux insulaires des matériaux de construction, des épices et d'autres produits. Jusqu'à aujourd'hui, les ethnies des montagnes, qui vivent dans des vallées difficilement accessibles, ont préservé leurs cultures. La présence supposée de cannibales dans les hautes terres les a peut-être aidées...

Pendant que ces chasseurs-cueilleurs parcouraient la forêt, sur les rives des fleuves, en arrière des embouchures marécageuses, des villes apparaissaient. On y échangeait l'or, les produits alimentaires, le bois et d'autres marchandises des hautes terres, contre des objets de métal, du verre, de la céramique, ainsi que, probablement, des textiles et du sel. Sur la base de ce commerce, la dynastie des rajas (rois) du Srivijaya, installée à Palembang, a tissé un vaste réseau de relations politiques et économiques, où se sont intégrés un grand nombre de villes et de royaumes vassaux. Les inscriptions en sanscrit que l'on trouve jusqu'aux limites de la région montagneuse révèlent les serments d'allégeance de ces vassaux à Srivijaya.

Pour montrer leur puissance et pour unifier leur royaume sous le toit du bouddhisme, les rajas ont édifié de nombreux temples. Ils sont aussi parvenus à contrô-

ler tout au long des IX^e et X^e siècles la route maritime de Malacca, située entre Sumatra et la Malaisie péninsulaire, et ainsi la circulation des marchandises entre la Perse, l'Inde et la Chine. Les navires étrangers qui empruntaient cette route ou faisaient escale dans l'un des ports de Sumatra devaient s'acquitter de droits de passage. Srivijaya envoyait aussi ses marchands en Chine, qui en rapportaient porcelaine, métaux, soieries, etc., autant de biens qui se vendaient ensuite jusqu'en Méditerranée.

Invasion indienne

En 1025, une armée d'invasion indienne détruisit Palembang, de sorte que le royaume de Malayu, dont la capitale était à Jambi, sur la rivière Batanghari, se substitua à Srivijaya. Ses rois ont toutefois été incapables d'atteindre la puissance de ceux de Srivijaya. Certaines parties de Sumatra tombèrent aux mains de royaumes de l'île voisine Java. Les conflits guerriers du royaume de Malayu avec ces voisins l'affaiblirent, puis, au XIV^e siècle, il perdit son indépendance par rapport à Java. C'est alors que des sultans musulmans s'établirent dans le Nord de l'île. Puis, à partir du XVII^e siècle, Sumatra a subi la colonisation européenne : Britanniques et Néerlandais se la sont disputée jusqu'à ce que les Bataves l'emportent au XIX^e siècle.

Tandis que, partout sur l'île, des plantations supplantèrent la jungle, les Européens se mirent à étudier les ruines malaises. En 1932, l'administrateur colonial, nommé Thomassen à Thuessink van der Hoop, publia un ouvrage répertoriant et décrivant les mégalithes découverts dans la province de Bengkulen sur le plateau de Pasémah. Sept ans après parut *Les royaumes oubliés de Sumatra*, de Friedrich Schnitger. Pour le compte de la Société néerlandaise de géographie, cet archéologue autrichien avait mené des recherches sur le terrain à Sumatra, auxquelles il avait ajouté l'ouvrage de van der Hoop. Avec d'autres chercheurs, Schnitger estima que les pierres dressées étaient anciennes de 3000 à 4000 ans, leur apparence préhistorique rappelant les menhirs et dolmens que l'on trouve depuis l'Ouest de l'Europe jusqu'au Levant.

Ces chercheurs ont donc postulé l'existence passée d'une culture mégalithique remontant au Néolithique, qui serait apparue sur la côte orientale de la Méditerranée avant d'entrer en expansion vers l'Est et l'Ouest au VI^e millénaire avant notre ère. Cette théorie a généralement été acceptée jusqu'au milieu du XX^e siècle, ce qui a poussé les archéologues de l'Asie du Sud-Est à laisser les mégalithes aux préhistoriens, pour ne s'intéresser qu'aux monuments faciles d'accès des basses terres...

Quand, le 27 décembre 1949, les Pays-Bas rendirent leur indépendance aux colonies indonésienne (la Nouvelle-Guinée occidentale n'a suivi qu'en 1962), l'étude et la conservation des monuments anciens incombèrent aux chercheurs autochtones. Vers la fin du XX^e siècle, l'aide de la Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger a permis de réaliser les premières fouilles systématiques dans les hautes terres. Le désir d'étudier les liens avec l'Asie du Sud-Est révélés par les objets mis au jour m'a alors conduit dans la région perdue du Kérinci où, entre 2003 et 2008, j'ai dirigé un projet archéologique avec des collègues de Djakarta, de Palembang et de Jambi.

À partir de 2010, ce projet a été suivi par des recherches, subventionnées par la Fondation allemande pour la recherche, dans les hautes terres de Minangkabau, plus au Nord (voir l'encadré page 49). C'est ainsi que reprit l'étude des mégalithes de Sumatra, 70 ans après van der Hoop.

Le nom de Kérinci désigne une région des montagnes de l'Ouest de Sumatra où, sur les bords d'un plateau fertile, se trouve le lac Kérinci, tandis qu'au Sud s'étend un réseau de vallées difficiles d'accès, où croît l'une des dernières grandes forêts pluviales de Sumatra. Nombre d'espèces animales menacées, tels le tigre de Sumatra ou le calao bicolore, vivent dans cette région devenue aujourd'hui le Parc national de Kérinci Seblat.

C'est dans une lointaine zone de ce parc que, année après année, nous avons mené nos explorations et nos fouilles. Parvenus en voiture au Sud du lac, nous marchions deux jours jusqu'au village de Renah Kemumu (voir la figure 4), où l'on nous hébergeait. Des porteurs acheminaient pendant ce temps le matériel nécessaire à l'équipe. Depuis qu'en 1990, Renah Kemumu s'est retrouvé au milieu du Parc national, ses 400 habitants sont dans l'illégalité. Ils ont pu résister jusqu'à présent aux tentatives de relocalisation de leur village, notamment en soulignant que la présence de vestiges prouve l'ancienneté de leur terroir... Outre l'hébergement, le village nous fournissait de la main-d'œuvre; l'équipe de campagne que nous avons constituée comptait jusqu'à 25 fouilleurs et de nombreuses autres personnes qui exploraient la région avec des guides afin de vérifier les on-dit relatifs à la présence d'un mégalithe.

Nous avons ainsi localisé 21 mégalithes, dont seuls quelques-uns étaient

déjà connus; de nombreux autres doivent encore se cacher dans la forêt vierge. La plupart des mégalithes de Sumatra et d'autres îles indonésiennes sont debout et forment des groupes de quelques exemplaires à plusieurs centaines, comme sur l'île de Nias, située à 125 kilomètres à l'Ouest de Sumatra. En revanche, les pierres de la région de Kérinci sont toutes isolées (voir la figure 5) et couchées (et le furent dès leur installation).

■ L'AUTEUR



Dominik BONATZ, archéologue, est professeur d'archéologie du Proche-Orient à l'Université libre de Berlin.

Il dirige le projet archéologique de Tanah Datar.



Van der Hoop, A.N.J. Th. à Th. : Megalithische Oudheden in Zuid-Sumatra. W.J. Thieme & Cie. Zuyphen 1932. III, 34

3. CES SCULPTURES DE PIERRE sont les premières à avoir été documentées dans la région. Le fonctionnaire colonial van der Hoop les photographia sur le plateau de Pasémah en 1931, mais les archéologues les ont jugées peu dignes d'intérêt, et les ont interprétées comme provenant d'une culture mégalithique supposée s'être étendue de l'Asie du Sud-Est jusqu'à l'Europe.



Dominik Bonatz

4. DANS LA VALLÉE DE SERAMPA, au sein de la région du Kérinci, où se trouve un grand Parc national, toute campagne archéologique est une aventure. Les anciennes zones d'habitation sont situées sur les sommets, de sorte que de longues heures de marche dans la jungle sont nécessaires pour les retrouver. Pour ce faire, l'auteur et ses collègues ont établi un camp de base dans le village de Renah Kemumu (visible à l'arrière-plan), d'où ils portaient en exploration.



Les quatre photographies : Dominik Bonatz

5. LES MÉGALITHES MALAIS PRENNENT DES APPARENCES DIVERSES. Le plus souvent, ils sont disposés en groupes, telles ces pierres anthropomorphes photographiées sur l'île de Nias *(b)*, une île de la province de Sumatra, où subsisterait l'une des toutes dernières cultures mégalithiques du monde. Ce mégalithe courbe *(c)* de la vallée de Mahat, dans les hautes terres de Minangkabau à Sumatra, est tout différent. La région de Pasémah a aussi livré la « pierre à l'éléphant » *(d)*, dont la représentation plastique en ronde-bosse figure un guerrier qui s'agrippe aux oreilles d'un éléphant. Les mégalithes de la région de Kérinci, en revanche, sont isolés, couchés *(a)* et ornés de bas-reliefs abstraits, ici soulignés à la craie.

La forme de base des mégalithes est conique ou cylindrique; leur longueur peut atteindre 4,5 mètres, pour un diamètre d'au moins un mètre. Sur leurs surfaces et aux extrémités en forme de tambour, nous avons découvert de très nombreux bas-reliefs comportant des représentations figuratives ou florales stylisées. À la différence de celles-ci, les ornements des pierres de la région autour de Pasémah, dans le Sud de Sumatra, sont des représentations en ronde-bosse. Les habitants de Minangkabau ont quant à eux taillé dans les pièces brutes des piliers dont les extrémités supérieures sont courbes (voir la figure 5).

Quelles étaient les fonctions de ces pierres dressées? Même si la référence primordiale aux ancêtres est une constante, une grande variété de fonctions mégalithiques existe à travers les époques et l'Indonésie. En ce qui concerne les mégalithes courbes de la région de Pasémah, ils marquent des lieux funéraires. Du reste, leur curieuse forme s'est perpétuée dans les pierres tombales de la période musulmane de Sumatra. La fonction des mégalithes de la région de Kérinci était différente, puisque ces pierres dressées se trouvent toujours seules sur un sommet de montagne ou un bord de vallée, bref en un endroit exposé. La fouille de leurs voisinages immédiats a produit des débris de poterie, des lames d'obsidienne, des fragments métalliques ainsi que des trous de poteaux.

Des pierres dressées aux fonctions diverses

Comme les habitants de la région construisent toujours sur pilotis, nous avons en profiter pour étudier les techniques de construction employées dans la région autour de l'an 1000 (voir la figure 6). Manifestement, on cherchait à obtenir des poteaux capables de résister avant tout aux intempéries plutôt qu'à l'humidité: aucune fondation en pierre n'a été retrouvée. Étant plus résistant à la charge que le bambou, le bois de l'arbre de fer (*Parrotia persica*) servait probablement à réaliser ces poteaux.

À Pondok, au Sud du lac Kérinci, deux trous de poteaux situés devant la façade longitudinale d'une maison attestent de la présence d'une entrée quelque peu monumentale. Au milieu de la maison, nous avons découvert un récipient en argile contenant plus de 600 perles de verre et un couteau de fer. Il s'agit sans doute d'une offrande faite aux ancêtres lors de la fon-

dation pour bien les disposer, une pratique qui perdure encore aujourd'hui.

Qui connaît les hautes terres de Sumatra aujourd'hui sait qu'elles sont couvertes de champs de riz en terrasses. Toutefois, ce paysage parfois superbe n'est apparu qu'avec les débuts de la colonisation européenne au XVIII^e siècle. L'étude des environnements précédents a montré qu'auparavant, on se contentait de cultiver dans des jardins essentiellement des plantes à tubercules, tels le taro et le yam. Cette pratique agricole persiste au reste dans les zones reculées, telle la région de Kérinci. Les céramiques mises au jour par nos recherches dans la jungle montrent qu'il en a été de même dans le passé.

Les paysans rendaient leurs champs à la jungle tous les deux ou trois ans, car la pluie en lessivait les sols défrichés, ce qui faisait baisser le rendement. Ils devaient donc créer des champs au loin, parcourir un long chemin afin de s'y rendre, et construire des huttes où séjourner plusieurs jours d'affilée quand c'était nécessaire. Cette économie agricole exigeait donc un mode de vie nomade. Même si les moyens de subsistance étaient produits au loin, le village restait le centre de la vie communautaire. Les nombreuses découvertes de céramiques à usage domestique signalent la présence passée d'activité et, partant, celle d'une interface entre la communauté villageoise et son milieu

À LA RECHERCHE D'UNE CAPITALE PERDUE

Pour des raisons inconnues, Adityawarman, qui a régné sur Malayu entre 1343 et 1375, quitta Jambi et fonda une nouvelle capitale dans les terres du peuple Minangkabau. Sans doute espérait-il que ce déplacement vers les hautes terres de Sumatra lui assurerait une meilleure protection contre ses voisins et un meilleur accès à l'or de la région. Afin de retrouver et de documenter cette capitale, l'auteur et son équipe mènent depuis 2010 un projet archéologique à l'emplacement supposé de la cité.

Le déménagement de la cour royale est connu par des représentations du souverain en divinité gardant les frontières du royaume (voir l'illustration), ainsi que par de nombreuses inscriptions en sanscrit sur des stèles de pierre. Adityawarman se vante dans ces écrits d'avoir bâti des temples, des monastères et un palais, ainsi que des systèmes d'irrigation. C'est cela qu'il s'agit de retrouver.

Pour le moment, ces chercheurs ont découvert de nombreux trous de poteaux sur la colline Bukit Gombak, en bordure de la vallée haute de Tanah Datar. Ces structures prouvent la présence ancienne de maisons et peut-être même d'un palais. Des débris de porcelaine chinoise de la période tardive des Song et Yuan (XII^e-XIV^e siècles) ont aussi été retrouvés; ils témoignent des échanges qui avaient alors lieu entre Sumatra et les marchés d'outre-mer. Il n'est pas encore possible de dire si l'endroit fouillé fut effectivement le siège de la royauté d'Adityawarman, et sa relation avec les autres sites fouillés et avec les mégalithes de Kérinci n'est pas encore éclaircie.



Parallèlement à la poursuite des fouilles, Arlo Griffiths, de l'École française d'Extrême-Orient, traduira les inscriptions attribuées à Adityawarman. De ce fait, les Minangkabau, qui, comme toutes les ethnies des hautes terres, n'ont pas laissé d'écrits et ont été ignorés par les chroniqueurs des basses terres, entreront dans l'histoire. Étant donné leur importante contribution à la prospérité des royaumes de Sumatra, ce n'est que justice.



6. DES TROUS DE POTEAUX retrouvés près du mégalithe de Pondok attestent de la présence ancienne d'une maison sur pilotis (*ci-dessus*). Leur répartition étant proche de celle des pilotis des maisons traditionnelles indonésiennes actuelles (*en haut à gauche*), l'auteur et ses collègues ont pu en proposer une restitution (*en haut à droite*).

BIBLIOGRAPHIE

D. Bonatz et al., *From Distant Tales - Archaeology and Ethno-history in the Highlands of Sumatra*, Cambridge Scholars Publishing, 2009.

F. Brinkgreve et R. Sulistianingsih (éds.), *Sumatra. Crossroads of Cultures*, KITLV Press, 2009.

R. Ptak, *Die Maritime Seidenstrasse*, C.H. Beck, 2007.

J. Miksic (éd.), *Indonesian Heritage : Ancient History*, Éditions Didier Millet, 2003.

Projet archéologique de Tanah Datar: www.geschkult.fu-berlin.de/e/vaa/Ausgrabungen/indonesien/index.html

nourricier : la forêt. Nous soupçonnons que les mégalithes marquaient la présence d'une telle interface en affirmant l'importance du village qui les érigeait.

Autrefois, la datation de ces monuments reposait uniquement sur leur ressemblance avec les menhirs néolithiques européens. Or le mégalithisme se pratique sans interruption depuis la Préhistoire en Indonésie... La présence remarquée dès 1932 par van der Hoop de représentations de tambours de bronze sur les pierres dressées du plateau de Pasémah apporte un indice. Les tambours de bronze sont des objets rituels inventés au cours de la protohistoire par les Dong Son en Indochine (Nord Viêt Nam). Or ces objets richement décorés étaient échangés par les Dong Son, et parvenaient en Indonésie, où des artisans autochtones ont appris à les imiter. Un fragment de l'un de ces tambours a été découvert en 1936 au Sud du lac Kérinci. Est-il d'époque protohistorique ? Difficile à dire : la période de son arrivée est tout aussi incertaine que l'âge exact des reliefs représentant des tambours de bronze à Pasémah.

C'est pourquoi nous espérons que les fouilles nous permettraient de dater de façon plus fiable les mégalithes. Ainsi, des céramiques retrouvées dans le voisinage immédiat de ces pierres ont pu être datées des XI^e et XIII^e siècles, par luminescence optique. Cela recoupe l'ancienneté des biens, manifestement d'importation, découverts dans les hautes terres, tels ces objets en porcelaine et en pierre de la dynastie chinoise des Song (960-1279), ou ces perles provenant du bassin indo-pacifique datant du X^e au XIV^e siècle. Les monuments de Kérinci datent donc de l'apogée du royaume de Malayu, et four-

nissent la première date fiable de l'un des complexes de mégalithes de Sumatra.

Un dicton malais, qui date de l'époque des premiers sultanats islamiques, explique peut-être la fonction des mégalithes. Cette expression, *Serah naik, raja turun*, signifie littéralement : « Tandis que le cadeau monte, le tribut descend. » La formule décrit probablement les échanges de biens entre le Srivijaya, le Malayu et les hautes terres au cours des siècles qui ont précédé la période musulmane. Ce dicton confirmerait donc que le Srivijaya tout comme le Malayu devaient leur richesse au commerce maritime des produits issus des hautes terres.

« Tandis que le cadeau monte, le tribut descend. »

Même si les habitants de ces montagnes devaient « payer tribut », ils étaient en position dominante dans les échanges. Les hautes terres où ils vivaient étaient en effet difficiles d'accès. L'exploitation des ressources de la forêt pluviale exigeait par ailleurs des compétences particulières. Ainsi, il semble probable que sans les « cadeaux » envoyés par les basses terres, il n'y aurait pas eu d'échanges. Les princes de Palembang et plus tard de Jambi prétendaient certes, dans leur langage de cour, recevoir un « tribut », mais ils se livraient en réalité à un commerce. Tandis que Malayu trouvait probablement ses partenaires commerciaux à Kérinci, Srivijaya faisait ses achats sans doute dans les hautes terres de Pasémah, dont Palembang, sa capitale, est plus proche. De fait, les mégalithes qui s'y trouvent donnent

l'impression, par l'art et la manière de représenter des objets de la culture des Dong Son, qu'ils sont plus anciens, comme l'est le royaume de Srivijaya par rapport à celui du Malayu.

L'apparition des mégalithes de Kérinci et de Pasémah s'explique donc par l'intensification des échanges entre les premiers royaumes des basses terres et les habitants de la forêt pluviale des hautes terres. Vieux trait culturel indonésien, le mégalithisme a été réinvesti par les chasseurs-cueilleurs des hautes terres, au moment où ils se sont sédentarisés pour mieux faire commerce des ressources de cette forêt et de l'or de leurs rivières.

Auparavant, ils ne connaissaient pas la propriété, mais ils se mirent progressivement à fonder des cités et à cultiver les champs afin de pouvoir eux aussi profiter des «cadeaux» envoyés par les basses terres. Désormais, pour profiter des richesses procurées par les échanges avec les basses terres, il fallait rester sur son territoire et le protéger des intrusions d'au-trui. De fait, on observe que ces anciens

chasseurs-cueilleurs se sont établis partout où les cours d'eau et la disposition des vallées facilitaient les échanges. Les cités se sont probablement ensuite formées d'abord sous la forme d'alliances de villages, dont un mégalithe constituait une sorte de centre territorial signalant une volonté de présence durable.

Des pierres que se lançaient les dieux

La taille et le transport d'une pierre de plusieurs tonnes sous-entendent main-d'œuvre et méthodes adéquates. Le cas des deux dernières cultures mégalithiques d'Indonésie – celle de l'île orientale de Sumba et celle de l'île de Nias – montre que ce sont en général des membres influents de sociétés qui lancent et dirigent l'érection d'une pierre dressée. Un tel engagement leur vaut une reconnaissance durable, puisque le donateur d'un mégalithe à la communauté continuera de vivre symboliquement à travers la pierre, devenant par là l'un des aïeux de la communauté. C'est pourquoi, une fois érigés, les mégalithes

du Kérinci et de la région de Pasémah ont influencé durablement la culture des communautés montagnardes. Pour lutter contre cette influence, le sultan de Jambi est allé jusqu'à interdire la vénération de ces vieilles pierres.

Les résultats de nos fouilles reflètent l'ascension, puis le déclin du royaume de Malayu, puisque l'on constate que les biens importés se raréfient à partir de la fin du XIV^e siècle et disparaissent au XV^e siècle. Manifestement, le Kérinci avait perdu son partenaire commercial. C'est vraisemblablement à cette époque que l'habitude de dresser des mégalithes a disparu.

De nos jours, seuls des mythes en rappellent l'histoire : un récit très populaire dans les villages du Kérinci fait allusion à la présence ancienne de dieux hindous dans les volcans de Sumatra, qui se lancent des pierres lorsqu'ils se disputent. À part cela, seule l'archéologie rappelle que les puissants royaumes bouddhiques de Srivijaya et de Malayu ont dû leur prospérité à leurs fructueux échanges avec les communautés villageoises des hautes terres de Sumatra. ■



france culture

VOYAGER DANS LE TEMPS

La marche des sciences
Aurélie Luneau
14h/15h - jeudi
En partenariat avec *Pour la Science*

franceculture.fr

2012. Photo : Mark Donaghy © Philippe Burellec. Courtesy gallery Nostal - 40407 Paris 2011

DREAM ON

Technologie

Hélium : la pénurie menace

Christian Gianese

L'hélium, indispensable pour de multiples applications, obéit à des contraintes de production et de distribution complexes. Un contexte aujourd'hui si tendu que ce gaz inerte manque déjà.



L'ESSENTIEL

- L'hélium, dont il existe deux isotopes stables, l'hélium 4 et l'hélium 3, est un fluide de plus en plus utilisé.
- Des pannes d'usines de production et les dettes contractées par les autorités américaines pour établir un stock fédéral d'hélium ont conduit à un dérèglement du marché de l'hélium et à un doublement de son prix en quelques années.
- Les attentats du 11 septembre 2001 ont provoqué une forte hausse de la demande d'hélium 3 pour des détecteurs de radioactivité. Il s'ensuit une forte pénurie de cet isotope et une envolée de son prix.

L'hélium, le deuxième élément dans le tableau de Mendeleïev, est gazeux dans les conditions habituelles ; il ne se liquéfie qu'à une température très proche du zéro absolu ($-273,15^{\circ}\text{C}$). Ce gaz chimiquement inerte ne sert pas qu'à gonfler des ballons ou à parler avec une voix étrange et hilarante quand on l'inhale. Il a d'importantes applications, en particulier pour le refroidissement à de très basses températures, où il présente de remarquables propriétés, telles que la superfluidité, encore beaucoup étudiées par les physiciens. Or l'hélium est rare, et il manque déjà. Indiquons d'où vient l'hélium, comment et où on le produit, quelles sont ses principales applications, avant d'expliquer pourquoi nous sommes proches aujourd'hui d'une situation de pénurie. Mais il faudra traiter séparément le cas de l'hélium 4 et celui de l'hélium 3, deux isotopes dont les propriétés et applications sont distinctes et dont les marchés sont sous tension pour des raisons différentes.

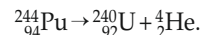
L'hélium est l'élément dont le noyau atomique comporte deux protons, d'où sa deuxième position après l'hydrogène (noyau constitué d'un proton) dans le tableau des éléments. Il peut exister sous deux formes stables : l'hélium 4 (noté ${}^4_2\text{He}$), dont le noyau est formé de deux protons et deux neutrons, et l'hélium 3 (noté ${}^3_2\text{He}$), qui a deux protons mais un seul neutron. L'atome d'hélium neutre a deux électrons, qui remplissent complètement une « couche électronique », raison pour laquelle l'hélium est inerte : il ne réagit chimiquement pas avec d'autres atomes et ne forme pas de molécules.

Après l'hydrogène, l'hélium 4 est l'élément le plus abondant dans l'Univers. La plus grande part de l'hélium s'est formée dans les minutes qui ont suivi le Big Bang, lors de la nucléosynthèse primordiale. Il s'agit du processus qui, d'après les cosmologistes, a produit les premiers noyaux atomiques légers tels que le deutérium (isotope de l'hydrogène doté d'un neutron en plus du proton), l'hélium et le lithium, grâce

1. L'HÉLIUM A ÉTÉ ABONDAMMENT utilisé lors de la course à l'espace, pour prérefroidir l'hydrogène liquide des moteurs des fusées. Ainsi, le décollage de *Saturn V* nécessitait 370 000 mètres cubes d'hélium. C'est l'un des facteurs qui ont conduit les États-Unis à créer une réserve fédérale d'hélium.

à des fusions successives de particules à des températures de l'ordre du milliard de degrés. La mesure de l'abondance de l'hélium dans le cosmos contribue d'ailleurs à fixer certains paramètres des modèles cosmologiques.

Cependant, cet hélium cosmique a disparu de notre planète. Sur Terre, l'hélium 4 est produit par la radioactivité alpha d'éléments lourds et instables, tels que l'uranium et le thorium, contenus dans différents minerais. Dans une désintégration alpha, le noyau lourd expulse une particule alpha (un assemblage de deux protons et deux neutrons, c'est-à-dire un noyau d'hélium 4) et se transforme ainsi en un noyau plus léger. Par exemple, la désintégration alpha du plutonium 244 correspond à la réaction :



Ainsi, sous nos pieds, de l'hélium 4 est produit en continu. La croûte terrestre en contient 0,91 partie par million, soit 300 fois plus que d'or... Le réacteur nucléaire sur lequel nous vivons produit chaque année environ 3 000 tonnes d'hélium, soit 17 millions de mètres cubes de gaz. Une très grande part s'échappe de la surface du globe vers la haute atmosphère, où elle se perd dans l'espace. Il s'ensuit que l'hélium est très rare dans l'atmosphère terrestre : sa concentration, en volume, n'est que de $5,2 \times 10^{-6}$.

Il reste qu'un peu d'hélium se retrouve piégé dans des gisements de gaz naturel où il est emprisonné par des couches de roche imperméable. Sa concentration en volume dans le gaz naturel varie de quelques parties par million à quelques pour cent. C'est pourquoi on extrait l'hélium 4 du gaz naturel, et les plus grands producteurs d'hélium sont évidemment les pays ayant suffisamment de gaz naturel pour l'exploiter : les États-Unis, l'Algérie, le Qatar, la Russie, la Pologne...

Les nappes de gaz naturel contiennent du méthane et d'autres hydrocarbures, principales sources d'énergie pour lesquelles ce gaz est exploité. Mais certains gisements contiennent aussi de petites quantités d'azote, de dioxyde de carbone, d'hélium et d'autres matériaux non combustibles. Afin de produire une qualité acceptable de gaz naturel, il faut éliminer ces « impuretés ». C'est durant ce processus que l'on récupère l'hélium. Il existe pour ce faire

NASA