

des raisons légitimes de poursuivre les recherches et des formations dans le domaine du nucléaire, ce qui lui permettrait de mieux dissimuler un programme militaire.

Comment éviter cette éventualité ? La communauté internationale pourrait réclamer que l'AIEA applique sans attendre de nouvelles méthodes de surveillance, afin de mettre immédiatement en évidence des travaux de séparation du plutonium, d'enrichissement de l'uranium ou de construction de composants d'armes nucléaires. En 1993, après la découverte d'un programme nucléaire en Irak, l'AIEA a défini de nouvelles procédures d'inspection qu'elle pensait appliquer deux ans plus tard (d'où le nom de 93 + 2). Depuis l'approbation de la première tranche du programme, en 1996, les inspecteurs peuvent employer de puissantes techniques de détection isotopique.

Les inspections de l'environnement

Les autorités iraniennes ont accepté le principe de ces détections, dont l'application fait l'objet de négociations laborieuses. De surcroît, le conseil des gouverneurs de l'AIEA a adopté, le 16 mai 1997, une résolution d'élargissement du système de surveillance à n'importe quelle installation dans tout pays membre de l'AIEA, y compris les installations qui n'ont pas été déclarées comme sites nucléaires. L'Iran serait suspect de refuser ce nouveau type de surveillance.

Les techniques de détection isotopique sur lesquelles se fonde le programme 93 + 2 permettent d'effectuer ce que l'on nomme une surveillance de l'environnement : on recherche d'infimes quantités de matière radioactive qui serait inévitablement libérée par les usines et installations nucléaires. Des techniques de spectrométrie de masse, par exemple, permettent l'ana-

lyse isotopique d'échantillons contenant moins d'un milliardième de gramme de matière. Les proportions d'uranium 235 et d'uranium 238 étant quasi identiques dans tous les minerais d'uranium, des échantillons présentant un rapport supérieur ou inférieur révéleraient un probable enrichissement.

De même, des concentrations élevées en plutonium signaleraient qu'un retraitement a été effectué, et la détection de produits de fission nucléaire, tels l'iode radioactif et des isotopes du krypton, sur les murs ou sur les équipements, ainsi que dans des échantillons de sol, d'air, de végétation et d'eau prélevés sur des sites choisis avec pertinence, serait l'indice d'une fabrication d'armes nucléaires.

L'Iran, qui a accepté des inspections de tous ses sites industriels, ne devrait pas s'opposer à la mise en place d'un programme de surveillance de l'environnement sur l'ensemble de son territoire. L'AIEA, pour sa part, pourrait exiger une application généralisée de ces techniques, qui se sont révélées performantes en Irak (le programme 93 + 2 ne détecterait pas l'acquisition de matières de qualité militaire au marché noir ou le vol d'une bombe atomique « mal surveillée »). Pourra-t-on toutefois justifier politiquement d'en faire plus en Iran que dans un autre pays ?

Avec ses colossales réserves de gaz naturel et la proximité des marchés en croissance d'Asie et d'Europe de l'Est, l'Iran pourrait devenir un acteur économique de premier plan au cours du siècle prochain. L'importance croissante du gaz naturel, le renforcement des liens économiques avec d'autres pays et la stimulation du développement économique intérieur devraient tempérer les ambitions nucléaires du pays. L'Iran peut s'éviter les dépenses exorbitantes d'un programme nucléaire... si ses intentions sont vraiment pacifiques.

David SCHWARZBACH travaille au Centre d'études de l'énergie et de l'environnement, à l'Université Princeton.

Anthony CORDESMAN, *Iran and Iraq : The Threat from the Northern Gulf*, Westview Press, Boulder, Colorado., 1994.

Shahram CHUBIN, *Does Iran Want Nuclear Weapons ?*, in *Survival*, vol. 37, n° 1, pp. 86-104, printemps 1995.

Environmental Monitoring for Nuclear Safeguards, U.S. Congress Office of Technology Assessment, U.S. Government Printing Office (OTA-BP-ISS-168), Washington, D.C., septembre 1995.

David SCHWARZBACH, *Iran's Nuclear Program : Energy or Weapon ?*, publication de Natural Resources Defense Council, Nuclear Weapons Databook series, 1995.

Les premiers hominidés en Afrique

MEAVE LEAKEY • ALAN WALKER

La découverte d'une nouvelle espèce d'hominidés primitifs recule les origines de la bipédie vers quatre millions d'années.

En 1965, à Kanapoi, au Nord du Kenya, Bryan Patterson et ses collègues de l'Université de Harvard dégagent un morceau de l'articulation du coude d'un hominidé, c'est-à-dire d'un primate qui marche avec le corps redressé. Certaines caractéristiques rappellent un genre d'hominidé primitif, *Australopithecus* (communément nommé australopithèque), découvert une quarantaine d'années auparavant en Afrique du Sud, mais, selon Patterson, ce fragment d'os se rapproche plus, par ses détails, de celui d'un homme moderne que de l'autre humérus d'australopithèque connu à l'époque.

L'âge du fossile de Kanapoi est étonnant : selon les techniques de datation rudimentaires utilisées, il est bien plus ancien que les autres australopithèques découverts jusqu'alors.

Néanmoins, dans les années qui suivent, les anthropologues découvrent les restes d'un si grand nombre d'hominidés primitifs que l'humérus de Kanapoi est oublié. L'importance de cette découverte ne sera reconnue qu'une trentaine d'années plus tard : associé à d'autres, ce fossile établit l'existence d'une nouvelle espèce d'australopithèque, la plus ancienne que nous connaissions. Les origines de la marche bipède sont ainsi repoussées à plus de quatre millions d'années.

Les ancêtres directs du genre *Homo* (dont fait partie notre propre espèce, *Homo sapiens*) appartiennent au genre *Australopithecus*, dont l'apparition fut longtemps située il y a 3,5 millions d'années. Les premiers spécimens, découverts en Afrique du Sud, indiquaient l'existence d'au moins deux espèces

d'australopithèques : *Australopithecus africanus* et *Australopithecus robustus*. Les os des jambes de ces deux espèces faisaient penser que celles-ci étaient bipèdes, ce qui caractérise l'homme parmi les primates. Cette bipédie a été confirmée en 1978 par la découverte, sur le site de Laetoli, en Tanzanie, d'une série spectaculaire d'empreintes de pieds laissées il y a 3,6 millions d'années par trois australopithèques qui traversaient une zone couverte de cendres volcaniques humides.

Australopithecus africanus et *Australopithecus robustus* avaient tous deux des cerveaux assez petits, et leurs canines différaient de celles des singes modernes : elles faisaient à peine saillie du reste de la rangée de dents. La plus récente de ces deux espèces, *Australopithecus robustus*, était bizarrement adaptée à la mastication : elle avait des prémolaires et des molaires énormes, associées à des crêtes osseuses situées sur le crâne qui servaient probablement de point d'ancrage à de puissants muscles masticateurs.

Une profusion d'australopithèques

D'autres espèces d'australopithèques furent progressivement identifiées. Ainsi, en 1959, Mary Leakey détterra, en Afrique de l'Est, un crâne d'une autre espèce étroitement apparentée à *Australopithecus robustus*. Les différences



1. AUSTRALOPITHECUS ANAMENSIS est un hominidé qui a vécu il y a quatre millions d'années. Les paléontologues l'ont identifié grâce à une mâchoire et une partie de la face (à gauche), des fragments d'os de bras (au centre) et des fragments de tibia (à droite). Ces derniers fossiles indiquent que cet hominidé marchait en position dressée, ce qui en fait le plus ancien primate bipède connu.



entre les crânes découverts dans le Nord-Est de l'Afrique, en Éthiopie et au Kenya, et ceux qui avaient été trouvés en Afrique du Sud conduisirent les anthropologues à distinguer deux espèces d'australopithèques dits robustes.

En 1978, Donald Johanson, aujourd'hui à l'Institut des origines de l'homme de Berkeley, Tim White, de l'Université de Berkeley, et Yves Coppens, du Collège de France, ont identifié une autre espèce, *Australopithecus afarensis*, à partir de quelques ossements et de quelques dents d'hominidés provenant du site de Laetoli, ainsi que d'une importante collection provenant de la région de l'Hadar, en Éthiopie (parmi lesquels figurait le célèbre squelette nommé «Lucy»). Selon une datation radiométrique, cette espèce vivait il y a 3,6 à 2,9 millions d'années : c'était alors la plus ancienne espèce d'australopithèque connue.

Australopithecus afarensis est l'espèce la plus étudiée et, certainement, celle qui a engendré le plus de controverses depuis 20 ans. Les *Australopithecus afarensis* sont-ils vraiment différents des *Australopithecus africanus* trouvés en Afrique du Sud ? Les fossiles de Tanzanie et d'Éthiopie, voire seulement ceux de Hadar, appartiennent-ils tous à une seule et même espèce ? La datation de tous ces fossiles est-elle exacte ?

La controverse la plus vive concerne la locomotion d'*Australopithecus afarensis*. La structure de plusieurs os et des articulations est typique d'animaux grimpant aux arbres. Ces caractéristiques indiquent-elles que ces hominidés passaient une partie de leur temps dans les arbres, ou ont-elles seulement été léguées par de lointains ancêtres arboricoles ? La réponse à cette question indiquerait si *Australopithecus afarensis* vivait plutôt dans la forêt ou plutôt dans la savane.

Au début des années 1990, un bon nombre de traits communs à tous les australopithèques étaient établis : bipédie, cerveau de la taille de celui d'un grand singe, larges dents recouvertes

d'une épaisse couche d'émail et implantées dans des mâchoires puissantes, canines non saillantes ; les mâles devaient être plus grands que les femelles et, enfin, la croissance était rapide et la maturité sexuelle précoce. Nous savions aussi comment chaque espèce s'était adaptée à sa niche écologique, mais les origines des australopithèques demeuraient obscures : pour étudier la période qui sépare le dernier ancêtre commun de l'homme et du chimpanzé (il y a entre 5 et 6 millions d'années) d'*Australopithecus afarensis* (il y a 3,5 millions d'années), on ne disposait que de quelques fragments d'os, de dents et de mâchoires d'hominidés.

Des fouilles qui comblent un vide

Les découvertes faites au Kenya depuis quelques années ont comblé une partie de cet intervalle de temps. Depuis 1982, des expéditions organisées par les muséums nationaux du Kenya dans le bassin du Lac Turkana, au Nord du Kenya, trouvent des restes d'hominidés qui ont vécu il y a près de quatre millions d'années. Ces fossiles sont surtout des dents isolées (aucun maxillaire ni aucun crâne n'ont été retrouvés), qui ressemblent aux restes d'*Australopithecus afarensis* trouvés à Laetoli ; les hominidés auxquels ils ont appartenu restaient inconnus. Toutefois, des fossiles plus complets que nous avons mis au jour lors de nos campagnes de fouilles dans la baie d'Allia, sur la rive Est du lac Turkana, éclairent l'histoire des hominidés.

Le site de la baie d'Allia est une couche sédimentaire qui contient des millions de fragments d'os et de dents provenant d'une grande variété d'espèces animales, y compris des hominidés. La couche affleure au flanc d'une colline, dont le sommet est recouvert d'une couche de cendres volcaniques durcies, le tuf de Moiti. L'âge de ce tuf a été estimé par datation radiométrique