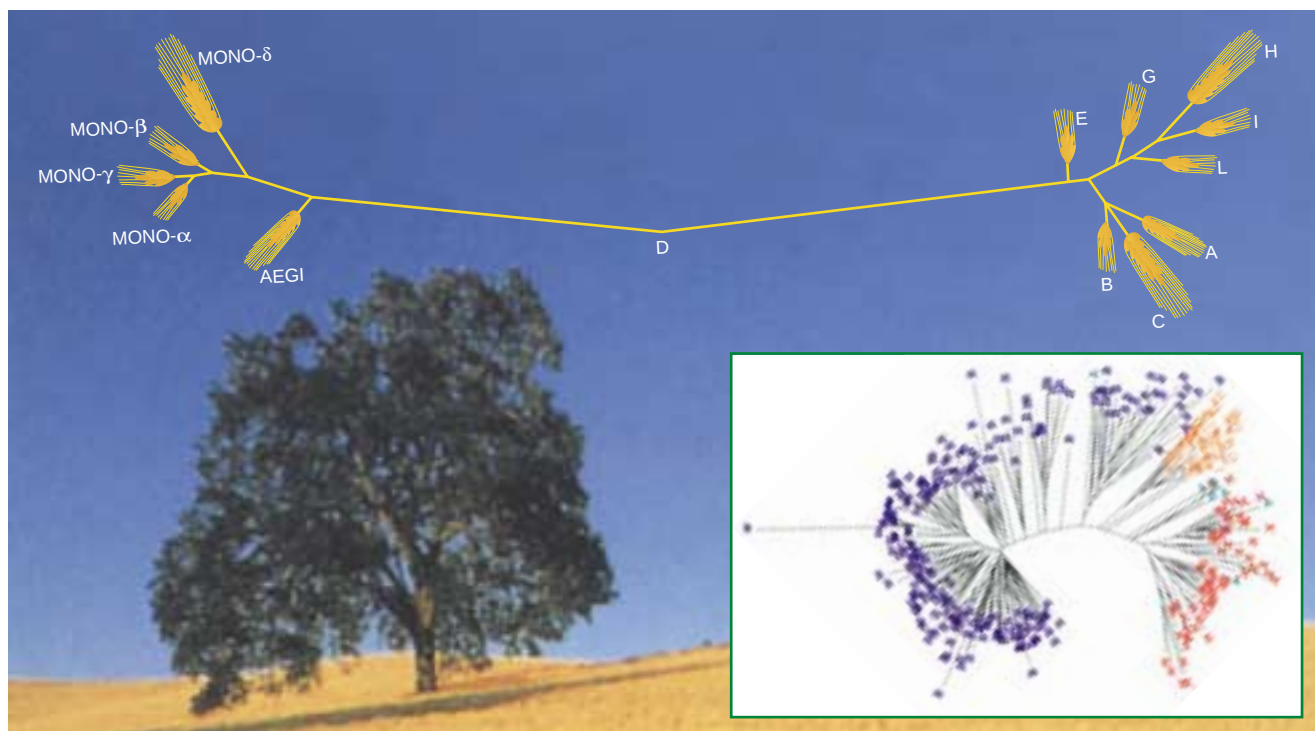




4. DANS CET ARBRE GÉNÉALOGIQUE du blé engrain, on tient compte des échantillons sauvages de *Triticum monococcum boeoticum* du Croissant fertile (groupes de A à L), des formes semi-sauvages des Balkans (AEGI), et des diverses variétés cultivées de blé engrain (groupes MONO de α à δ). Les formes cultivées de blé engrain proviennent de pays méditerranéens (α), d'Europe centrale (β), des Balkans (γ) et de la Turquie (δ). Les formes sau-

vages du groupe D sont sans conteste les ancêtres des formes cultivées. Un arbre plus précis (à droite) montre que tous les échantillons de variétés cultivées (en rouge) ou de formes semi-sauvages (en vert) appartiennent à un seul groupe généalogique qui se distingue des variétés sauvages (en bleu). À une distance génétique intermédiaire entre les formes cultivées et les formes sauvages, s'insèrent les lignées sauvages des monts Karaca Dag (en orange).

Des expériences et des vérifications ultérieures ont exclu les blés sauvages récoltés dans les zones d'habitat secondaire de la généalogie des blés engrains cultivés, et l'analyse des 19 échantillons du groupe D a déterminé les 11 qui sont les plus proches des variétés cultivées.

La confirmation archéologique

Ainsi la biologie moléculaire désignait clairement les ancêtres sauvages des espèces cultivées ! Des témoignages fossiles de blés domestiqués au Néolithique existaient-ils dans la zone localisée par la génétique ? Des recherches archéologiques autour des montagnes du Karaca Dag, notamment les sites de Cafer Höyük, Nevalı Cori et Cayönü (voir la figure 2), ont mis au jour des grains de blé engrain sauvage et cultivé.

Les archéologues datent la culture de cette espèce entre 9 700 et 7 500 avant notre ère. À cette période, les grains de blé engrain sauvage étaient probablement rassemblés dans différentes localités et transportés jusqu'aux campements, tels ceux découverts dans le Nord de la Syrie, à Abu Hureyra et Murey-

bit, avant le début de la culture du blé dans ces localités.

Les populations qui vivaient il y a 9 000 ans dans ces zones montagneuses du Kurdistan ont sans doute contribué à la fondation de l'agriculture mésopotamienne. Depuis nos résultats, certains archéologues ont relancé la candidature de la vallée du Jourdain. Toutefois, l'absence d'ancêtres sauvages du blé engrain dans cette zone contredit cette hypothèse. La découverte des ancêtres d'une espèce

cultivée, tel que le blé engrain, qui s'est séparée d'eux il y a 9 500 ans, n'a été possible que grâce au nombre réduit de gènes responsables des différences morphologiques évidentes entre les formes cultivées et les formes sauvages. En termes génétiques, le processus de domestication de l'espèce a donc été relativement simple. Peut-être cette plante mériterait-elle d'être aujourd'hui à nouveau cultivée : ses résistances au stress et aux maladies pourraient être alors transmises aux blés cultivés.

Francesco SALAMINI travaille à l'Institut Max Planck de Cologne et est professeur à l'Université de Cologne.

D. ZOHARY et M. HOPE, *Domestication of Plants in the Old World in the Origin and Spread of Cultivated Plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley*, 2^e édition, Clarendon Press, Oxford, UK, 1993.

D. SMITH BRUCE, *The Emergence of Agriculture*, Scientific American Library, New York, 1995.

B. BORGHI, R. CAZSTAGNA, M. CORBELLINI, M. HEUN, et F. SALAMINI, *Breadmaking Quality of Triticum mono-*

coccum monococcum, in *Cereal Chemistry*, 73, 2, pp. 208-214, 1996.

S. PADULOSI, K. HAMMER et J. HELLER (a cura???), *Hulled Wheats. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops*, in *Proceeding of the First International Workshop on Hulled Wheats*, 21-22 juillet 1995, Castelvecchio Pascoli, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, 1996.

M. HEUN, R. SCHFER-PREGL, D. KLA-WAND, R. CASTAGNA, M. ACCERBI, B. BORGHI et F. SALAMINI, *Site of Einkorn Wheat Domestication Identified by DNA Fingerprinting*, in *Science*, n° 278, novembre 1997.

Flambées d'étoiles dans les galaxies naines

SARA BECK

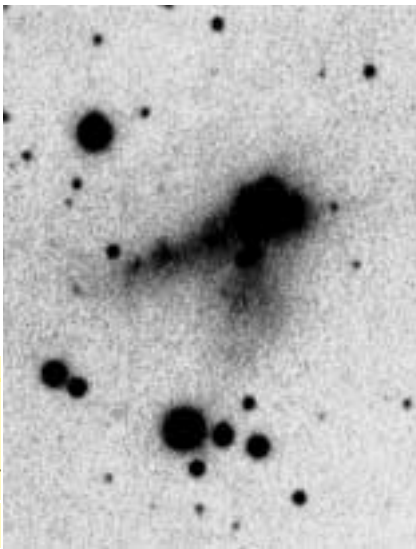
Dans des galaxies minuscules, les étoiles naissent parfois par bouffées spectaculaires. Ces flambées stellaires renseignent sur l'histoire des débuts de l'Univers.

A 12 millions d'années-lumière de la Terre se trouve Messier 83, une majestueuse galaxie spirale barrée. En l'examinant de près, on remarque, à sa périphérie, une petite nébuleuse quasi elliptique : c'est la galaxie naine NGC 5253, qui semble n'être qu'un compagnon insignifiant de Messier 83. Les apparences sont trompeuses : dans cette

petite galaxie, les étoiles naissent à un rythme considérable.

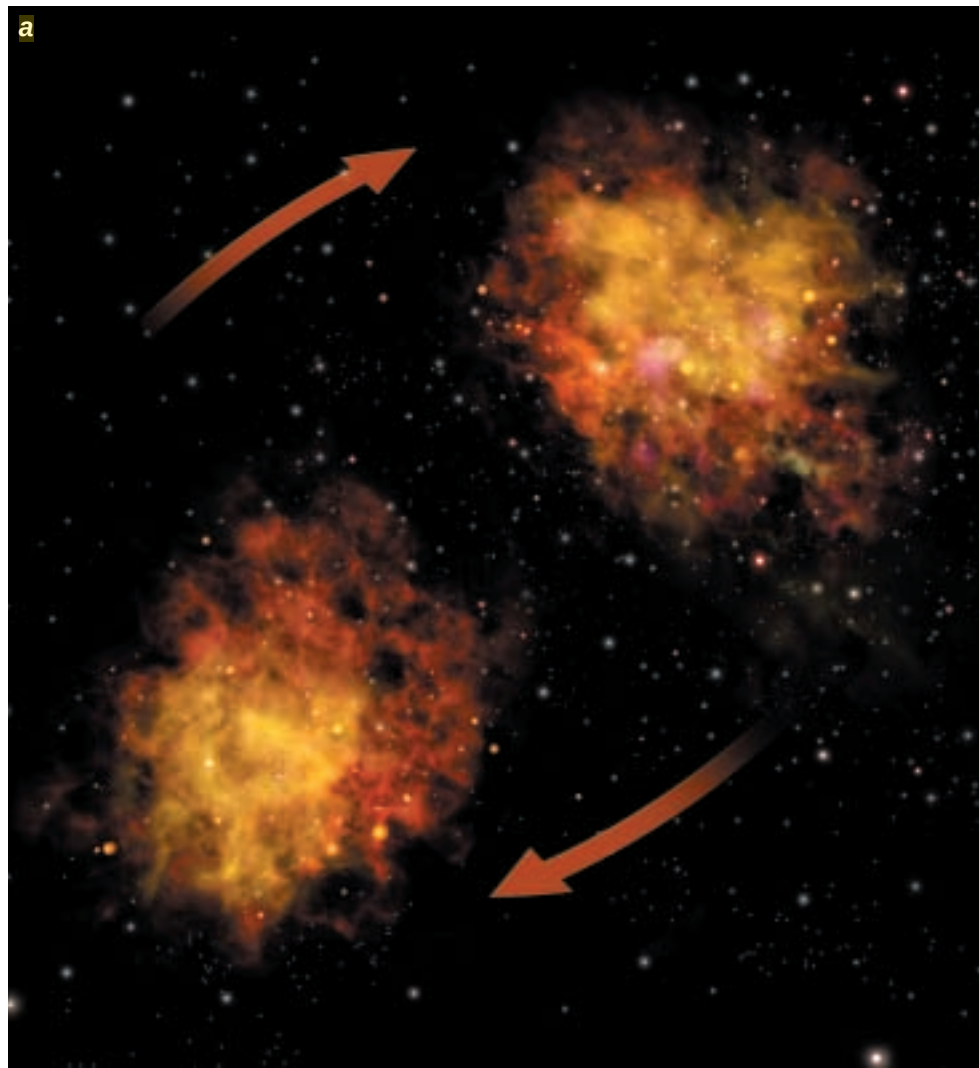
Ces dernières années, les astronomes ont découvert que les galaxies naines comme NGC 5253 sont plus nombreuses qu'ils ne le supposaient. De surcroît, ces galaxies diffèrent de leurs grandes cousines : elles restent calmes pendant des milliards d'années, puis des étoiles s'y forment par bouf-

fées. Les grandes galaxies sont également le siège de telles flambées stellaires ou sursauts de formation d'étoiles, mais le rayonnement émis est souvent masqué par les autres émissions galactiques. Aussi les galaxies naines sont-elles de remarquables systèmes pour l'étude de ce phénomène mystérieux. Vestiges d'une époque reculée, ces galaxies détiennent éga-



Alfred T. Kamajian/AURA/NOAO/NSE

1. LES FUSIONS de galaxies déclenchent des sursauts de formation stellaire. Ici on a modélisé l'évolution de la galaxie naine à sursauts II Zwicky 40. Dans la première étape (a), deux galaxies naines composées de vieilles étoiles rouges et de nuages de gaz atomique (en jaune) s'approchent, mutuellement attirées par la gravitation, et se mettent en orbite. Au cours de leur coalescence, des queues de gaz et des étoiles sont étirées (b) et des concentrations de jeunes étoiles bleues se forment. L'étape finale (c) correspond à la galaxie fusionnée telle qu'on la voit aujourd'hui sur les images des télescopes (ci-dessus).



b



c



lement des secrets de l'histoire de l'Univers primordial, car les matériaux qui les composent ont peu changé depuis le Big Bang.

Quelles sont les causes des flambées stellaires dans les galaxies naines ? Pourquoi les astronomes leur accordent-ils tant d'importance ? Pour répondre à ces questions, examinons les mécanismes de formation des étoiles. Depuis le début de l'Univers, des étoiles se forment. La Voie lactée, cette grande galaxie spirale dont la seule particularité est de contenir le Système solaire, en renferme au moins 100 milliards. La formation stellaire y est lente et régulière ; elle résulte de la contraction de vastes nuages de gaz et de poussières interstellaires. Chaque année, en moyenne, une masse solaire environ de gaz et de poussières se transforme en nouvelles étoiles. En revanche, les sursauts stellaires se déroulent sur une période relativement courte (entre 1 et 20 millions d'années), pendant laquelle les étoiles se forment plus vite que la moyenne, jusqu'à 100 fois plus vite que dans la Voie lactée. Ces périodes sont nécessairement courtes : après quelques centaines de millions d'années de ce régime, la galaxie épuiserait toute sa réserve de gaz.

Les flambées stellaires augmentent considérablement la luminosité des galaxies. Lors de ces brefs épisodes, le rayonnement émane surtout de jeunes étoiles chaudes de 20 masses solaires ou davantage, dont la durée de vie ne dépasse guère quelques millions d'années (plus une étoile est massive, moins longtemps elle vit). Ces étoiles, chacune des dizaines de milliers de fois plus brillantes que le Soleil, chauffent et ionisent les nuages denses de poussières et de gaz à partir desquels elles se forment ; ces nuages absorbent les rayonnements visibles et ultraviolets de l'étoile, puis réémettent cette énergie sous forme de rayonnement radio ou infrarouge, que les astronomes détectent. Parfois, la luminosité des sursauts stellaires atteint presque celle des quasars, les objets les plus lumineux de l'Univers.

Les flambées d'étoiles jouent un rôle crucial dans l'évolution des galaxies. Aussi les astronomes étudient-ils les causes de leur déclenchement, leur déroulement et leur apaisement. Ces questions sont sans doute plus faciles à élucider dans les galaxies naines, qui ne contiennent pas plus

de 100 millions d'étoiles, que dans les grandes galaxies spirales comme la Voie lactée ou Messier 83.

Un déluge de naines

Comme la plupart des galaxies naines sont très peu lumineuses, les astronomes ne peuvent les étudier que depuis quelques années. Les deux galaxies naines les plus connues sont les deux Nuages de Magellan, le Grand et le Petit, qui nous apparaissent brillants parce qu'ils sont « proches » de notre Galaxie (ils sont à moins de 300 000 années-lumière, visibles dans le ciel austral). Aucune autre galaxie naine n'est visible à l'œil nu, mais, grâce aux nouveaux télescopes, équipés de détecteurs sensibles, nous savons désormais que les galaxies naines sont bien plus nombreuses que les grandes galaxies. Le Groupe local, l'amas de galaxies où se trouve la Voie lactée, ne contient (au dernier recensement) que deux grandes spirales (la Voie lactée et Andromède) pour une quarantaine de galaxies naines. Cette proportion se retrouve probablement pour la majeure partie de l'Univers proche.

Certaines galaxies naines ont une forme elliptique et, parmi celles-ci, les plus petites et les moins brillantes sont nommées naines sphéroïdales. Cependant, la plupart des galaxies naines n'ont pas de structure ou de forme

simple. Les observateurs leur ont attribué des surnoms. On parle de « grosses gouttes » ou d'« œufs au plat », ce qui donne une idée de leur apparence typique ; la nomenclature officielle est « galaxies naines irrégulières ».

Les galaxies naines ne sont pas des grandes galaxies en miniature : elles évoluent par des mécanismes différents. Ainsi, les grandes galaxies spirales contiennent des nuages géants d'hydrogène moléculaire (H_2), d'hélium et de poussières qui se contractent lentement et forment des étoiles. Les bras spiraux résultent d'ondes de densité, les étoiles se trouvant dans le creux de l'onde. Le passage de ces ondes déclenche la formation d'étoiles en comprimant les nuages moléculaires qu'elles traversent. Les galaxies spirales ne sont ainsi jamais complètement au repos : des étoiles y naissent en permanence.

À l'inverse, les galaxies naines contiennent peu d'hydrogène moléculaire, mais beaucoup d'hydrogène atomique, c'est-à-dire des atomes d'hydrogène libres, non appariés. La masse des nuages d'hydrogène atomique y est dix fois supérieure à celle des étoiles. Toutefois, leur densité est inférieure à celle des nuages d'hydrogène moléculaire : la contraction sous l'action des forces de gravitation est plus lente, et les étoiles se forment plus rarement. De surcroît, aucune onde de densité ni aucun déplacement organisé de gaz ne



2. LES GALAXIES NAINES À SURSAUTS, telle NGC 4214 (a), contiennent des concentrations de jeunes étoiles bleues, entourées de nuages de gaz ionisés rougeoyants. Des flambées d'étoiles sont également visibles dans la galaxie naine NGC 2366 (b) ; un gros plan pris par le télescope spatial Hubble montre un amas dense d'étoiles massives enfouies