

Cela nous amène à préciser la longue liste des facteurs propices à l'apparition de la vie. Il est frappant que la Voie lactée se trouve juste dans la situation favorable où son trou noir supermassif est actif. Il est possible que ce ne soit pas une simple coïncidence.

■ L'AUTEUR



Caleb SCHARF est directeur du Département d'astrobiologie à l'Université Columbia,

aux États-Unis.

Il tient le blog *Life, Unbounded* pour *Scientific American*.

Article adapté de C. Scharf, *Gravity's Engines: How Bubble-Blowing Black Holes Rule Galaxies, Stars and Life in the Cosmos*, Scientific American/Farrar, Straus and Giroux, 2012.
©Caleb Scharf, 2012.

■ BIBLIOGRAPHIE

C. Scharf, *Gravity's Engines: How Bubble-Blowing Black Holes Rule Galaxies, Stars and Life in the Cosmos*, Scientific American/Farrar, Straus and Giroux, 2012.

K. Weaver, Les trous noirs supermassifs, *Dossier Pour la Science* n° 75, avril-juin 2012.
http://bit.ly/doss75_trousnoirs

J. Greene, À la recherche des trous noirs de masse intermédiaire, *Pour la Science* n° 413, mars 2012.
http://bit.ly/413_greene

W. Tucker et al., Le souffle des trous noirs, *Pour la Science* n° 354, avril 2007.
http://bit.ly/354_tucker

A. Barger, *Cosmos: la crise de l'âge mûr*, *Pour la Science* n° 328, février 2005.
http://tiny.cc/328_barger

Le calme règne en banlieue galactique

Notre Système solaire subit-il des conséquences directes de l'activité d'un trou noir situé à quelque 25 000 années-lumière ? Ce dernier favoriserait-il la formation de planète dans notre banlieue galactique ? Quand le trou noir central s'active, avalant de la matière et recrachant de l'énergie, il n'est probablement pas très lumineux vu depuis notre voisinage. Les énormes bulles émettrices de rayons gamma qui s'étendent à l'extérieur du disque galactique trahissent certes une débauche d'énergie considérable, mais pas dirigée vers nous. Si des événements plus importants se sont produits, cela devait être dans un passé lointain, peut-être avant la formation de notre Système solaire il y a 4,5 milliards d'années. Depuis, le monstre central n'a vraisemblablement eu qu'un impact limité sur les lointaines banlieues galactiques telles que la nôtre.

Du point de vue de la vie, cela pourrait être une bonne chose. La Terre serait perturbée par une forte augmentation du bombardement ambiant de particules et de photons très énergétiques, originaires du centre galactique. Un tel rayonnement peut avoir un effet délétère sur les organismes et même affecter la structure et la composition de l'atmosphère et des océans. Nous serions peut-être relativement épargnés à 25 000 années-lumière du centre galactique, mais si nous habitons plus près, cela serait une autre affaire. Le fait que nous n'habitons pas sur une planète plus centrale n'est peut-être pas une coïncidence. De même, nous ne devrions peut-être pas nous étonner de nous trouver ici maintenant, et non pas des milliards d'années plus tôt ou plus tard.

Notre Galaxie a, comme tant d'autres, coévolué avec son trou noir supermassif. De fait, le rapport entre les trous noirs supermassifs et leurs galaxies nous fournit un véritable outil pour évaluer l'histoire galactique. Les quasars, des trous noirs supermassifs extrêmement puissants que l'on observe dans l'Univers lointain, se trouvent en général dans les plus grosses

galaxies elliptiques, situées au centre des amas de galaxies. Ces galaxies se sont formées de façon violente, rapide et précoce ; aujourd'hui, leurs étoiles sont vieilles et le gaz qu'elles renferment est trop peu dense et trop chaud pour former de nouveaux systèmes stellaires. D'autres galaxies elliptiques semblent s'être formées plus tard par fusion de galaxies. Un certain phénomène y a mis en somme la formation d'étoiles. Le dégagement d'énergie des trous noirs supermassifs est un excellent candidat pour ce rôle de régulateur. Les galaxies spirales dotées de bulbes centraux d'étoiles bien marqués présentent également les signes d'une histoire commune avec leurs trous noirs centraux. Elles partagent certains traits avec les galaxies elliptiques. Dans les unes comme dans les autres, la masse du trou noir central vaut environ un millième de la masse du bulbe ou des étoiles qui l'entourent. Ainsi, le bulbe imposant de notre voisine Andromède contient un trou noir 20 fois plus massif que celui de la Voie lactée.

Plus bas dans la hiérarchie, il y a les galaxies sans bulbe, comme c'est le cas de nombreuses spirales. Bien que la Voie lactée soit une grande galaxie, elle abrite un trou noir assez chétif. La quasi-absence de bulbe stellaire est un mystère : soit la galaxie avait initialement moins de matière brute à disposition pour former un bulbe d'étoiles, soit le trou noir n'a jamais joué son rôle régulateur, soit trop peu de petites galaxies satellites ont été absorbées au fil du temps.

Les galaxies naines sont, pour leur part, dépourvues de trous noirs centraux. Enfin, les véritables microbes du zoo galactique sont des objets rassemblant à peine quelques dizaines de millions d'étoiles, et presque dénuées de gaz ou de poussière susceptibles d'en former de nouvelles. Et celles qui sont riches en gaz sont extrêmement pauvres en étoiles.

La Voie lactée fabrique encore des étoiles, à un rythme d'environ trois masses solaires par an. Ce n'est pas beaucoup à l'échelle d'une vie humaine, mais cela fait quelque dix millions de nouvelles étoiles depuis que nos ancêtres se sont redressés pour marcher quelque part en Tanzanie. C'est une productivité honorable pour une région d'un univers qui a 13,7 milliards d'années. Les galaxies géantes de l'univers jeune, brillant du feu des quasars qui dévorait leur cœur, se sont assoupies depuis longtemps. Les débordements d'énergie de leurs trous noirs



2. LA GALAXIE ELLIPTIQUE CENTAURUS A abrite un trou noir central dont la masse est estimée à 55 millions de fois celle du Soleil. Il est à l'origine de ces immenses jets de matière qui s'échappent du centre galactique et qui sculptent de gigantesques bulles dans le milieu interstellaire, visibles en rayons X (*en bleu*) et en infrarouge (*en orange*). Le disque de poussière [visible en infrarouge] qui barre la galaxie témoigne de l'absorption récente d'une galaxie.

centraux ont étouffé la formation de nouvelles étoiles ; les ondes de pression de leurs bulles d'éjectats empêchent le milieu interstellaire de se refroidir et de se condenser en étoiles et en planètes. Pendant ce temps, la Voie lactée continue d'avancer à son train de sénateur.

Un trou noir ni trop actif ni trop endormi

Le fait que nous vivions dans une grande galaxie dotée d'un bulbe stellaire peu développé et d'un trou noir central modeste suggère que les galaxies les mieux adaptées à la vie sont celles qui n'ont pas passé leur temps à faire croître des trous noirs colossaux et à subir les effets des forces déchaînées par le processus. De nouvelles étoiles continuent à se former dans notre Galaxie, mais pas avec la même vigueur que dans d'autres. La plupart des nouvelles étoiles se forment sur les bords des bras spiraux, sous l'effet des ondes de pression à grande échelle qui balayent le disque de gaz et de poussière. Les étoiles se forment également plus loin du centre galactique que dans le passé. Nous vivons dans une région de formation stellaire modérée. Une formation stellaire intense produit un environnement très chaotique. Des étoiles massives naissent, qui épuisent rapidement leur combustible et meurent bientôt dans de colossales explosions de

supernovæ. Les atmosphères planétaires peuvent être soufflées par le rayonnement intense de ces étoiles, et les particules énergétiques accélérées peuvent pilonner la surface des planètes. Même le flux de neutrinos libérés par les explosions d'étoiles suffirait à porter atteinte à la vie. Et ce ne sont que les effets modérés : trop près d'une supernova, un système planétaire risque d'être purement et simplement vaporisé.

Et pourtant, ces mécanismes sont aussi ceux par lesquels le riche mélange chimique engendré au sein des étoiles est disséminé dans le cosmos. Ce matériau est celui dont sont faites les étoiles et les planètes. Il s'agit de planètes comportant des hydrocarbures et de l'eau, brassés par la chaleur produite par les radio-isotopes, ayant devant elles des milliards d'années d'évolution géophysique. Ainsi, quelque part entre la région où les jeunes étoiles se forment à foison et celle où dorment les vieilles étoiles, il y a un endroit « juste comme il faut », suffisamment éloigné du centre galactique vieillissant, mais pas trop près des zones agitées de formation stellaire. Notre Système solaire s'y trouve.

La contrainte que font peser les trous noirs supermassifs sur la possibilité de la vie est simple : une galaxie contenant un trou noir de taille modérée qui s'alimente de façon régulière et sans excès a plus de chance d'abriter une zone « tempérée » qu'une galaxie dotée d'un colosse autre-

fois vorace, mais assoupi depuis longtemps. L'existence de galaxies telles que la Voie lactée est intimement liée aux processus contraires d'accrétion et d'éjection de matière par les trous noirs centraux. Trop d'activité, et la formation d'étoiles serait faible. La production d'éléments lourds cesserait alors. Trop peu d'activité, et les jeunes étoiles explosives seraient trop abondantes, ou au contraire, le milieu interstellaire ne serait pas assez brassé pour donner naissance à quoi que ce soit. Si l'on modifie un tant soit peu cet équilibre, on modifie tout le processus de formation d'étoiles et d'évolution des galaxies.

La chaîne d'événements qui a conduit à la vie serait différente, voire inexistante, sans la coévolution des galaxies avec les trous noirs supermassifs et leur effet régulateur. Le nombre d'étoiles, la proportion de petites et de grosses étoiles, la forme des galaxies, leur structure, les régions stérilisées ou au contraire dynamisées par le rayonnement et les ondes de pression – tout cela serait différent sans les trous noirs supermassifs.

Notre petit coin fertile du cosmos a subi les influences de tout ce qui s'est passé autour de lui, y compris du comportement du trou noir niché au centre de la Voie lactée. Ces objets, eux-mêmes coupés du reste de l'Univers, ont joué un rôle majeur dans son évolution. Nous leur devons beaucoup. ■