



Formation des galaxies

David Elbaz – CEA Saclay



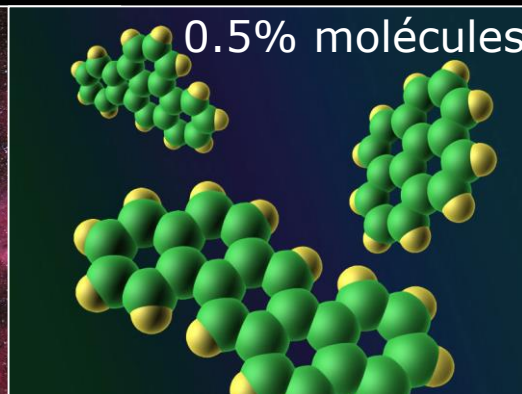
9% étoiles



1% gaz diffus



0.5% molécules



0.01% grains de poussière



90% matière noire

Masse

étoiles

gaz

poussière

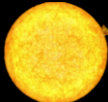
Masse

~ 10% totale

~ 10% étoiles

~ 1% gaz



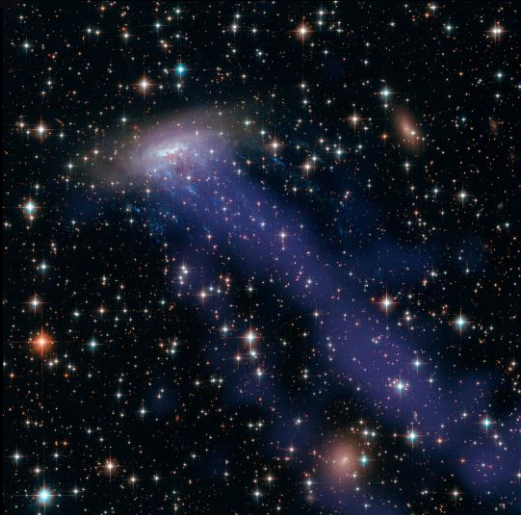
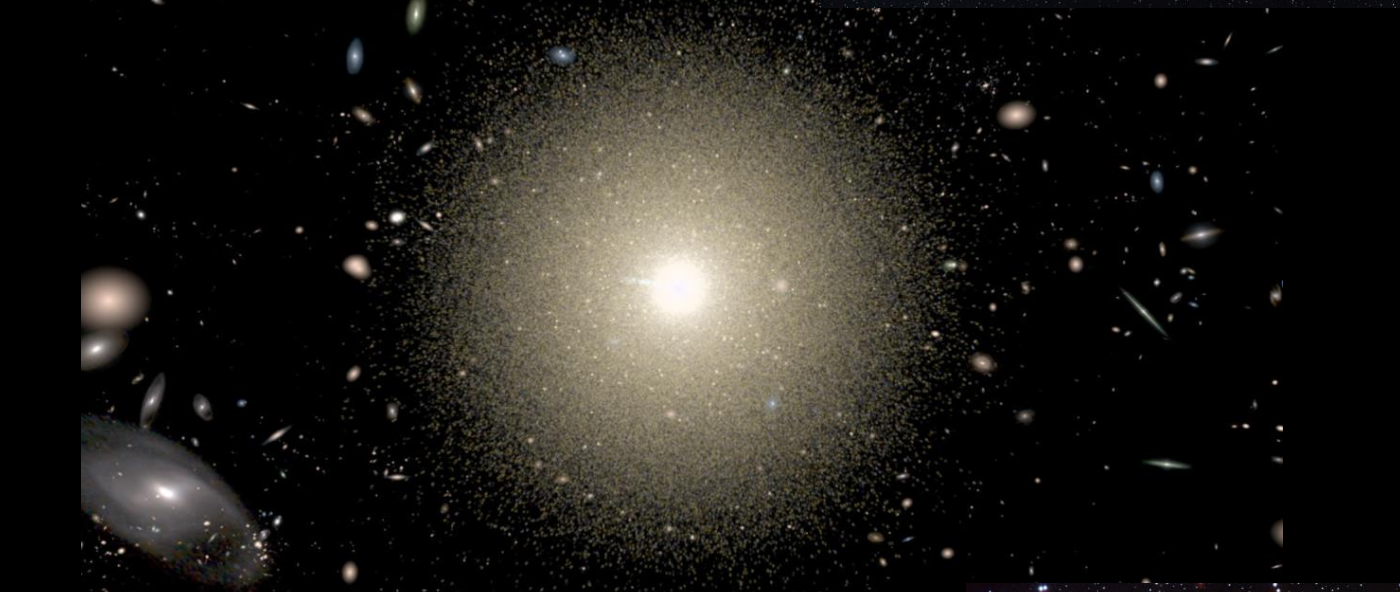
= 3500 x  Watts

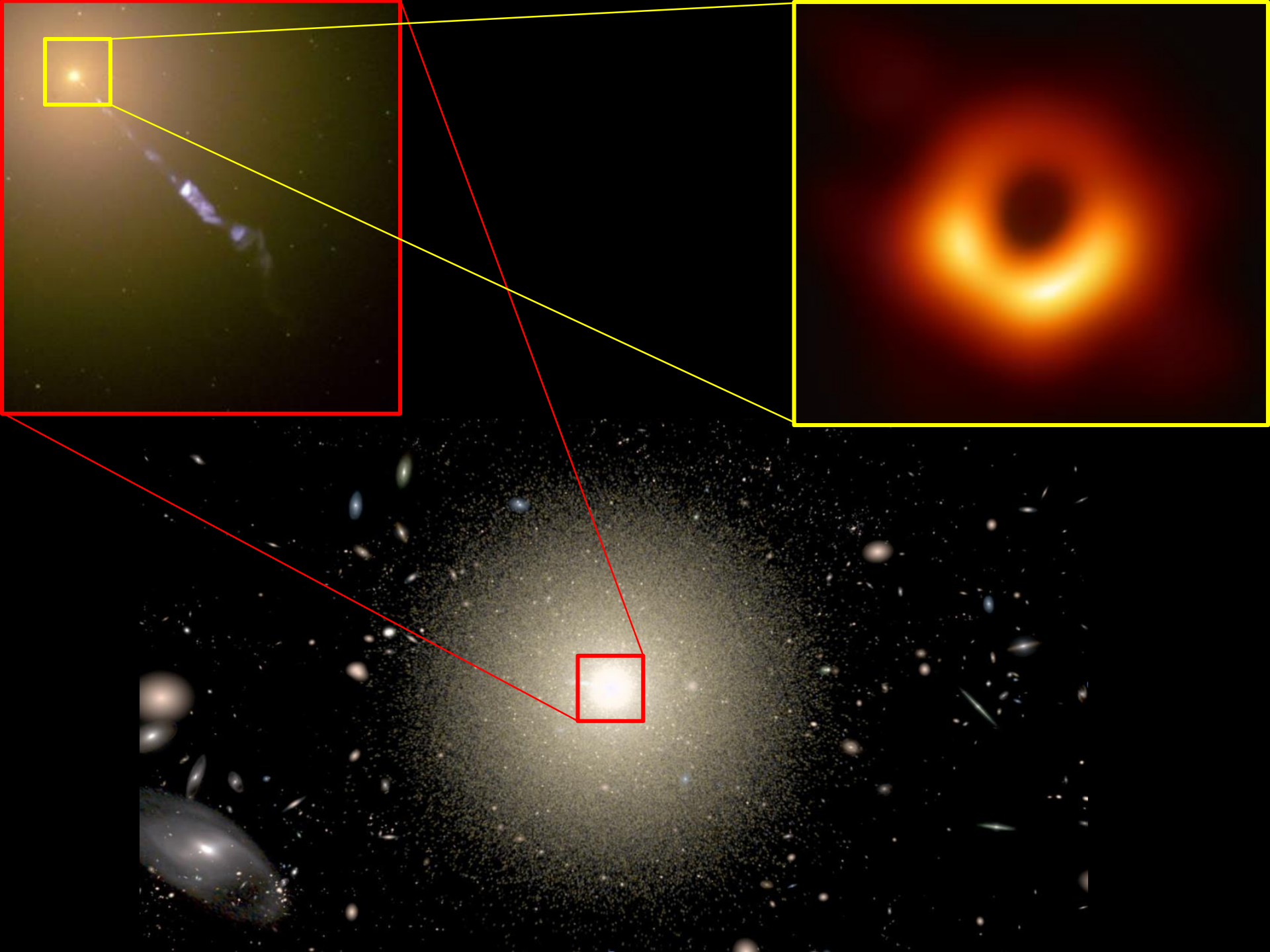
10 x masse du Soleil

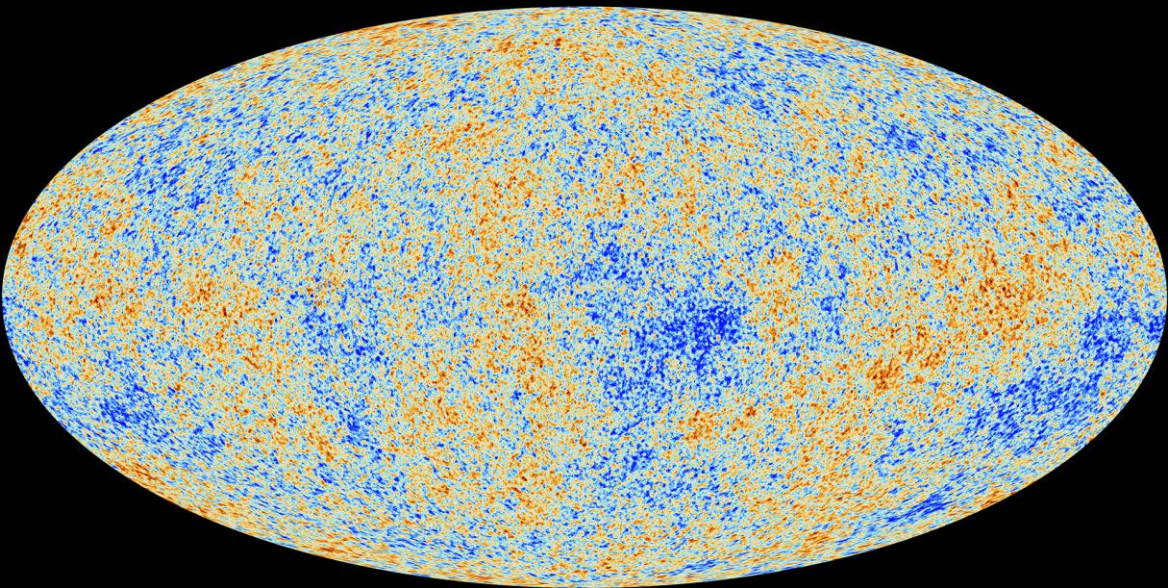
10 millions d'années

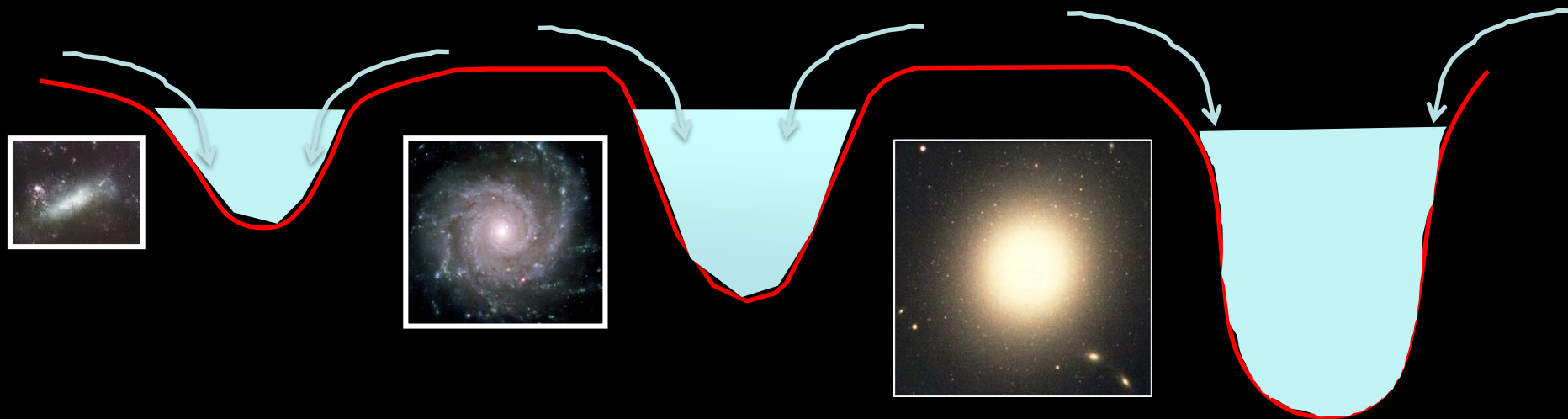
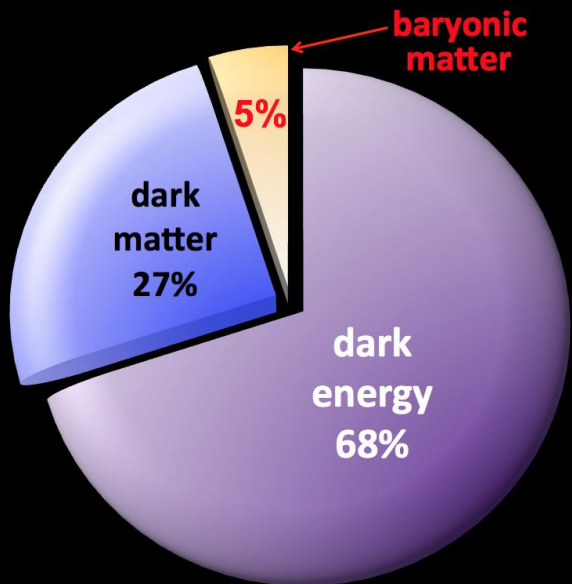
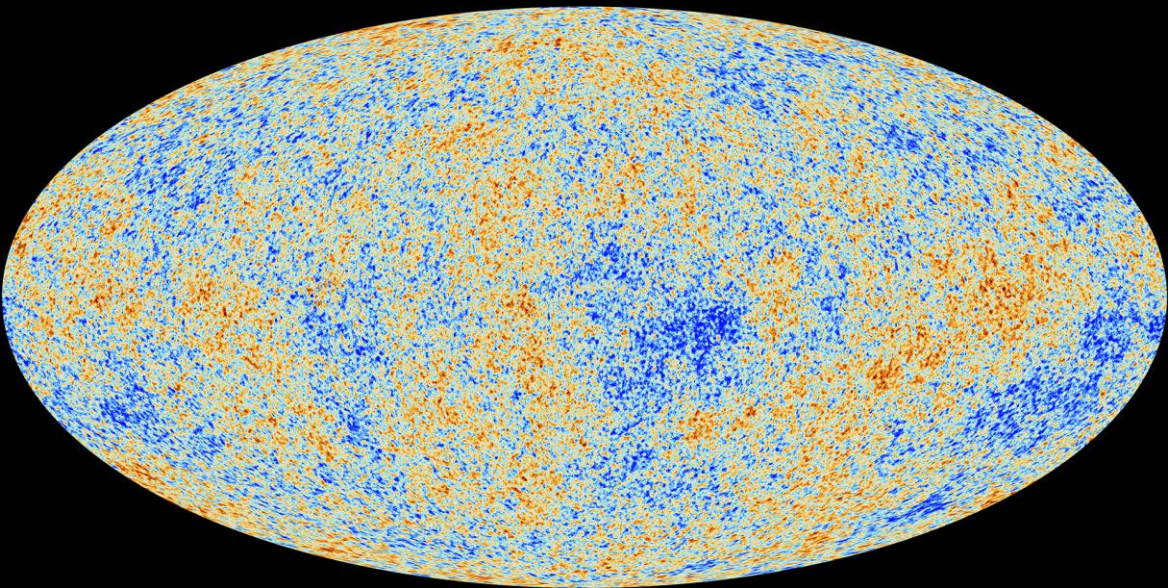
Soleil

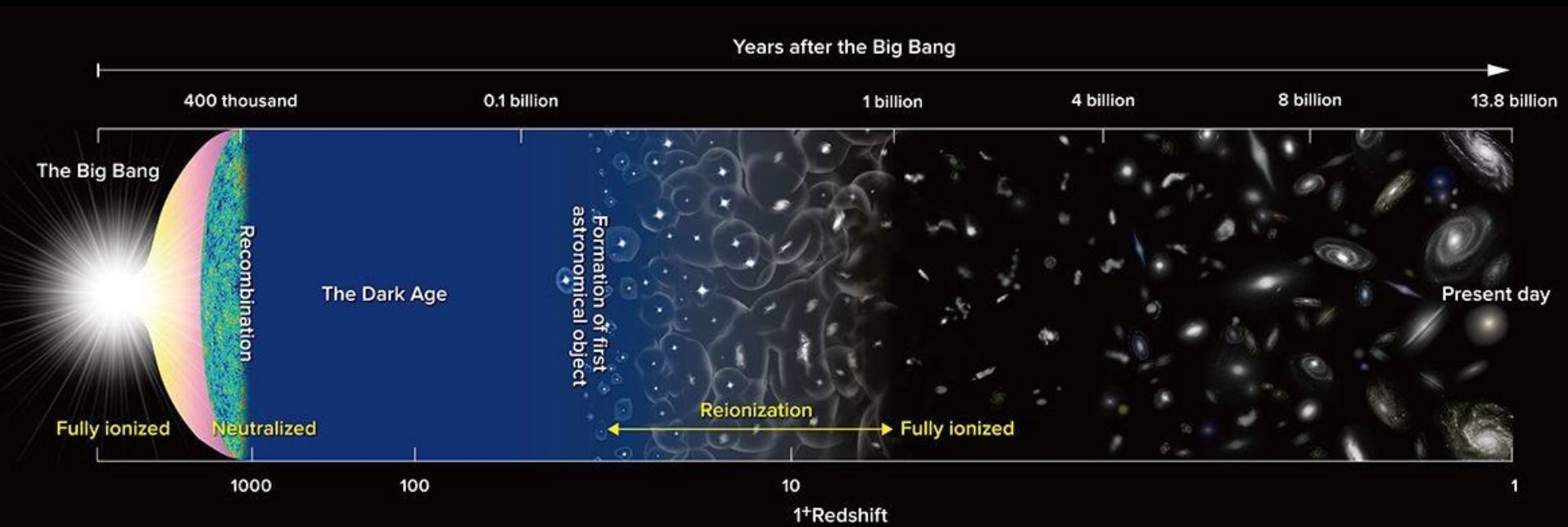
10 milliards d'années













1- Quand et comment les galaxies naissent-elles ?

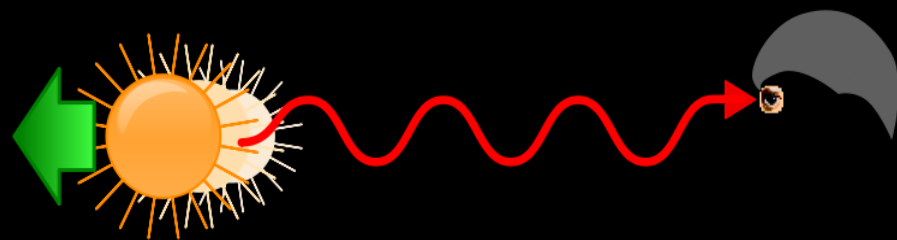
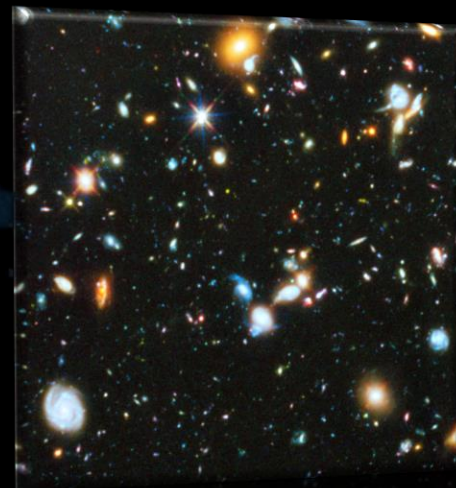
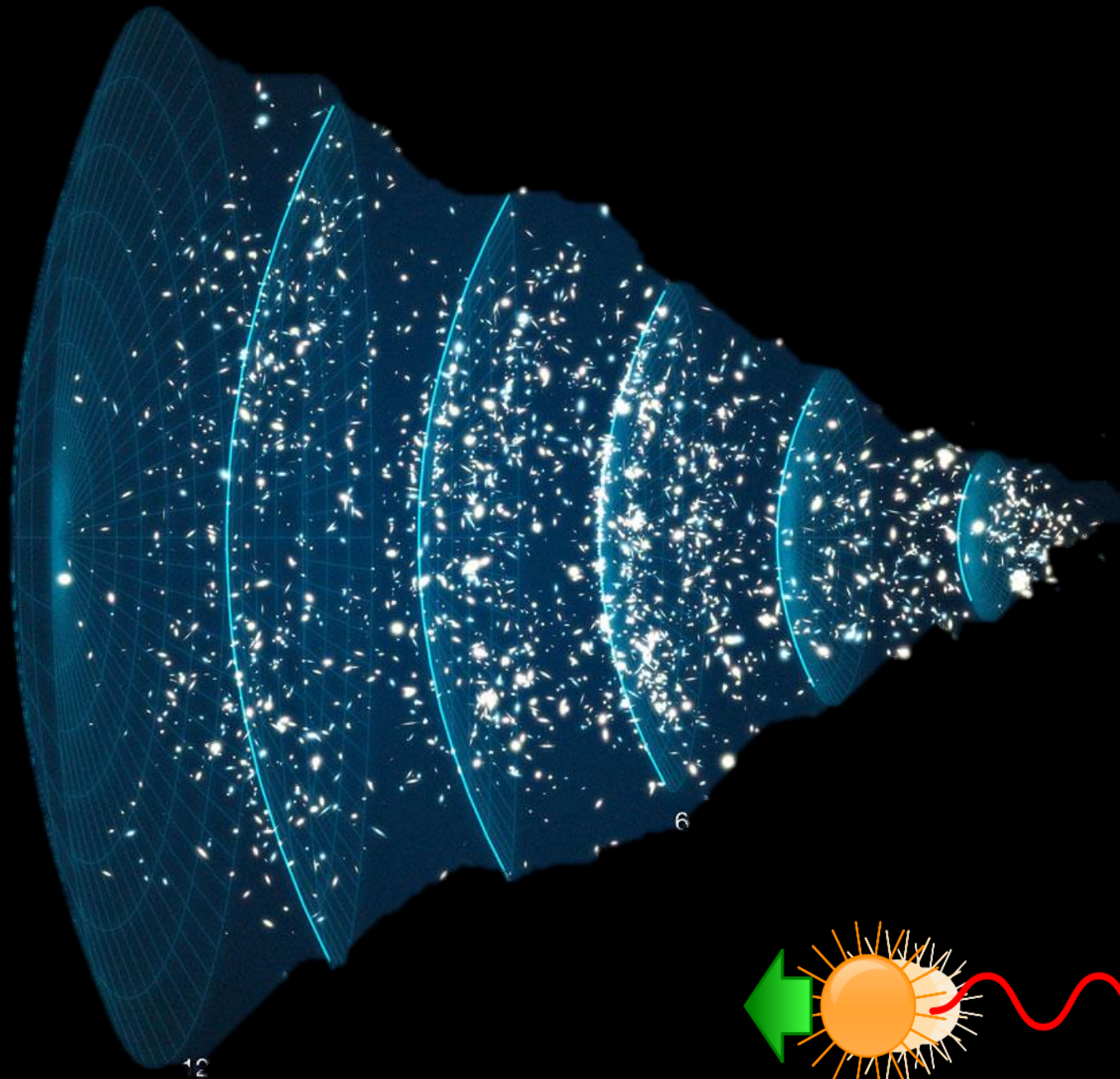
2- D'où vient leur forme (spirale, elliptique, irrégulière) ?

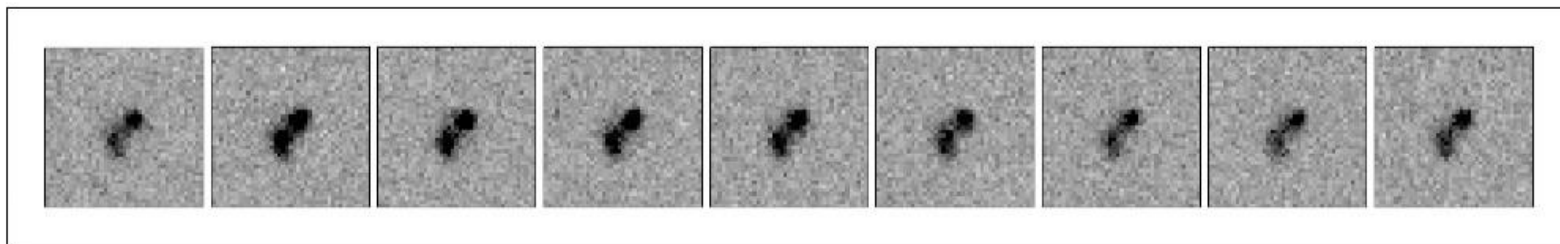
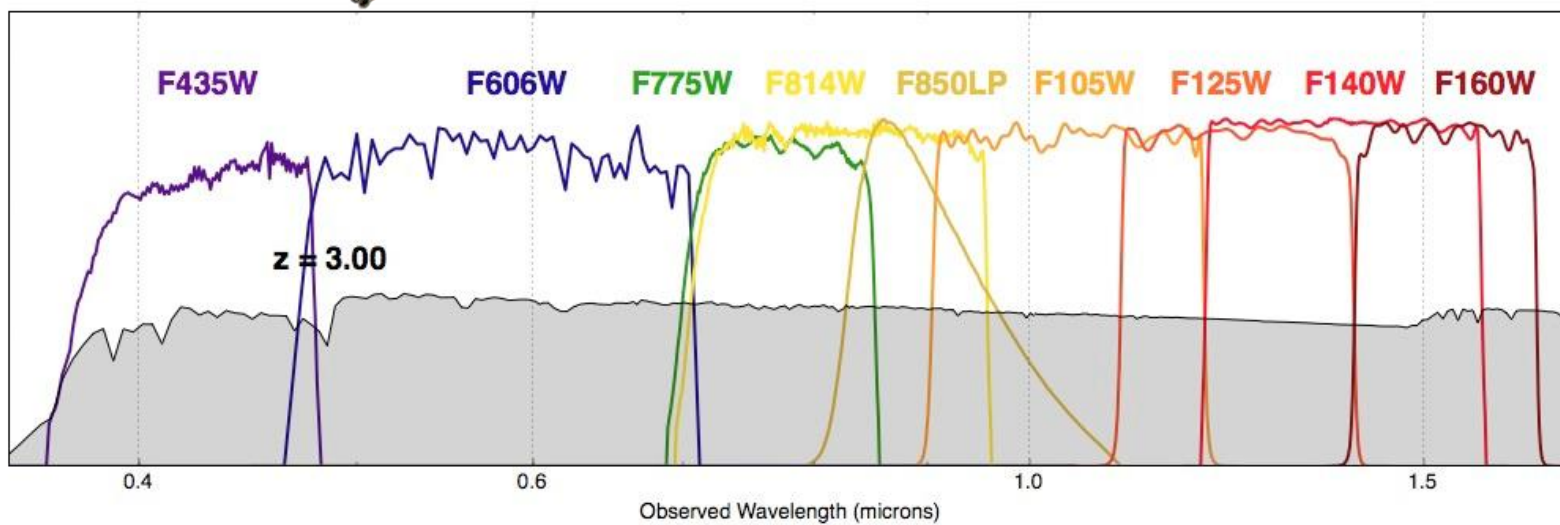
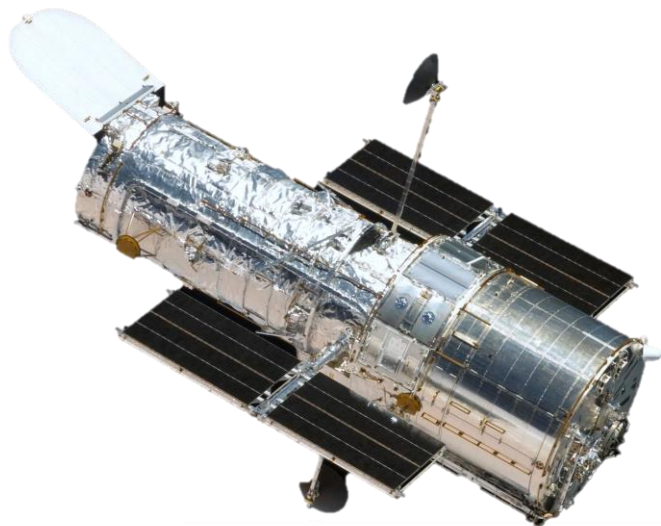
3- Pourquoi et comment certaines galaxies meurent-elles ?

4- Quel est le rôle des trous noirs galactiques ?

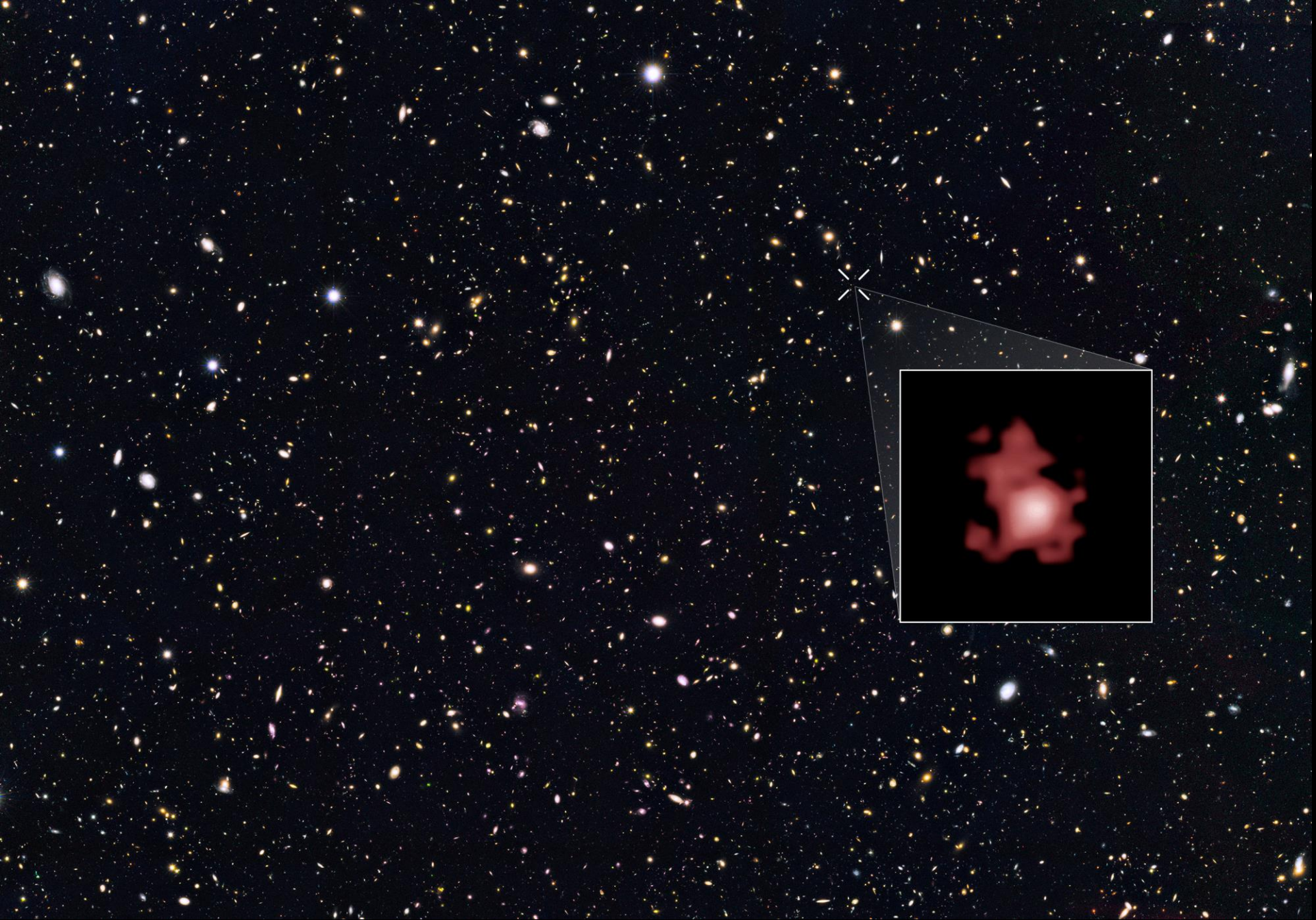
5 - Les galaxies ont-elles eu un impact sur l'univers ?

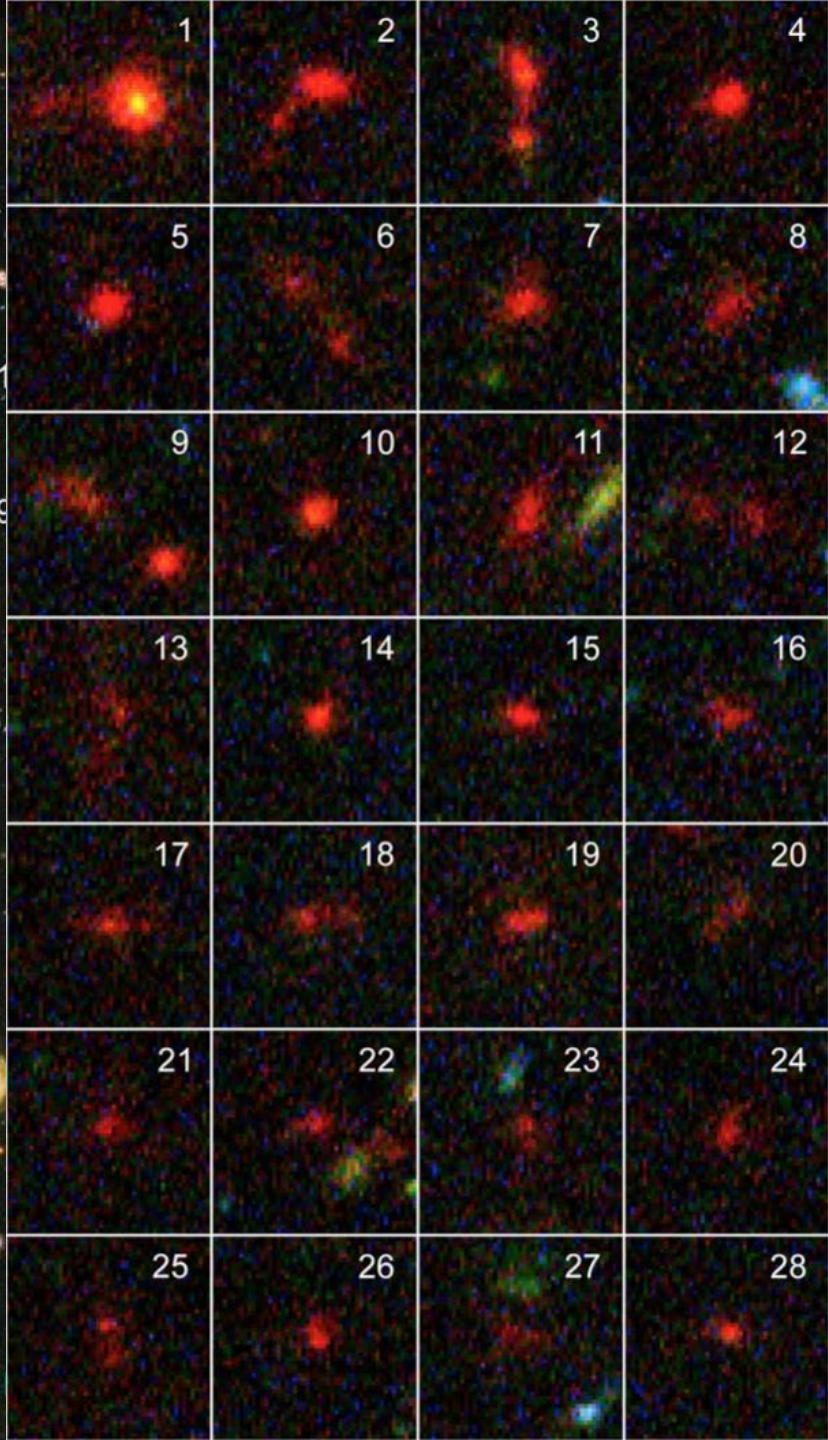
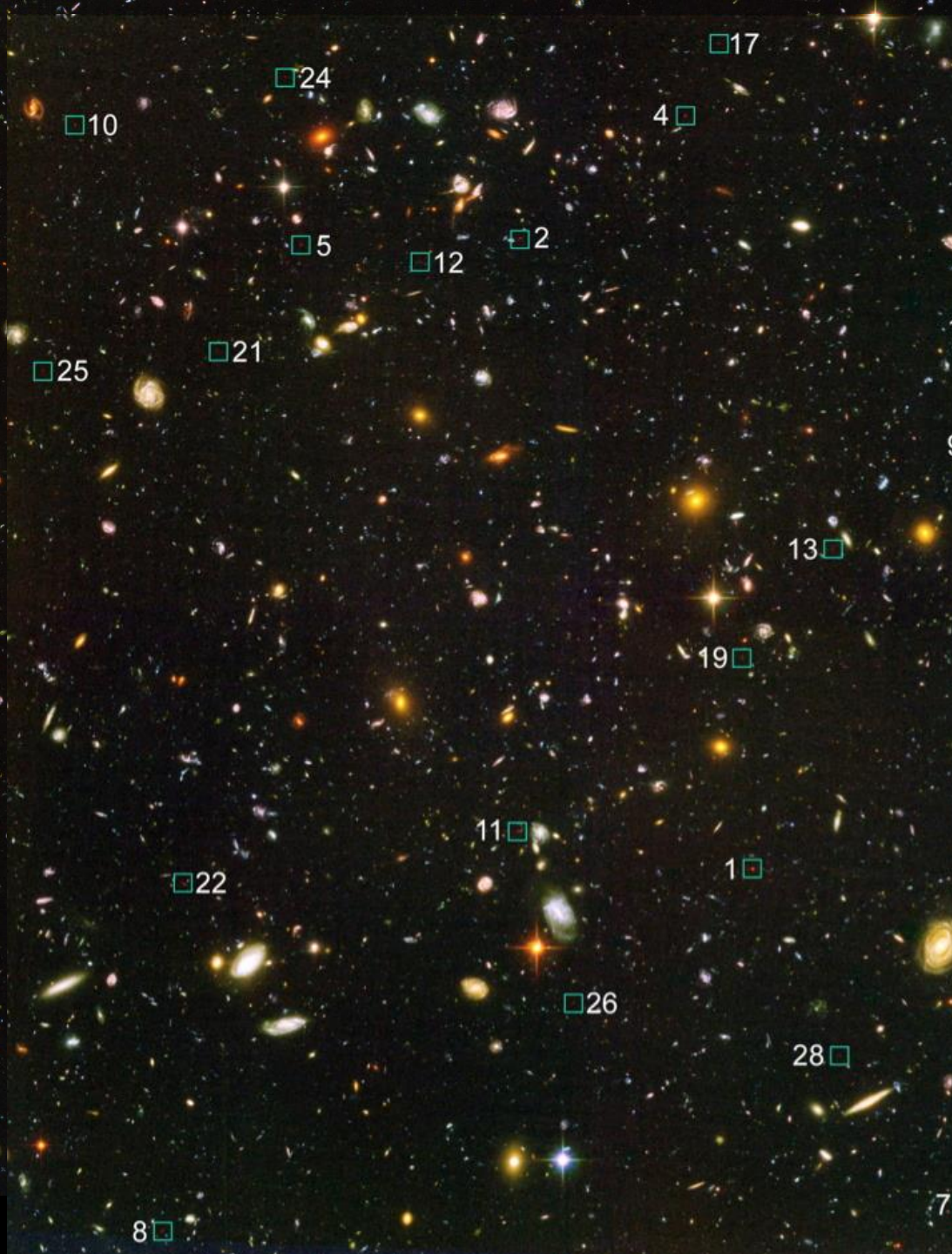


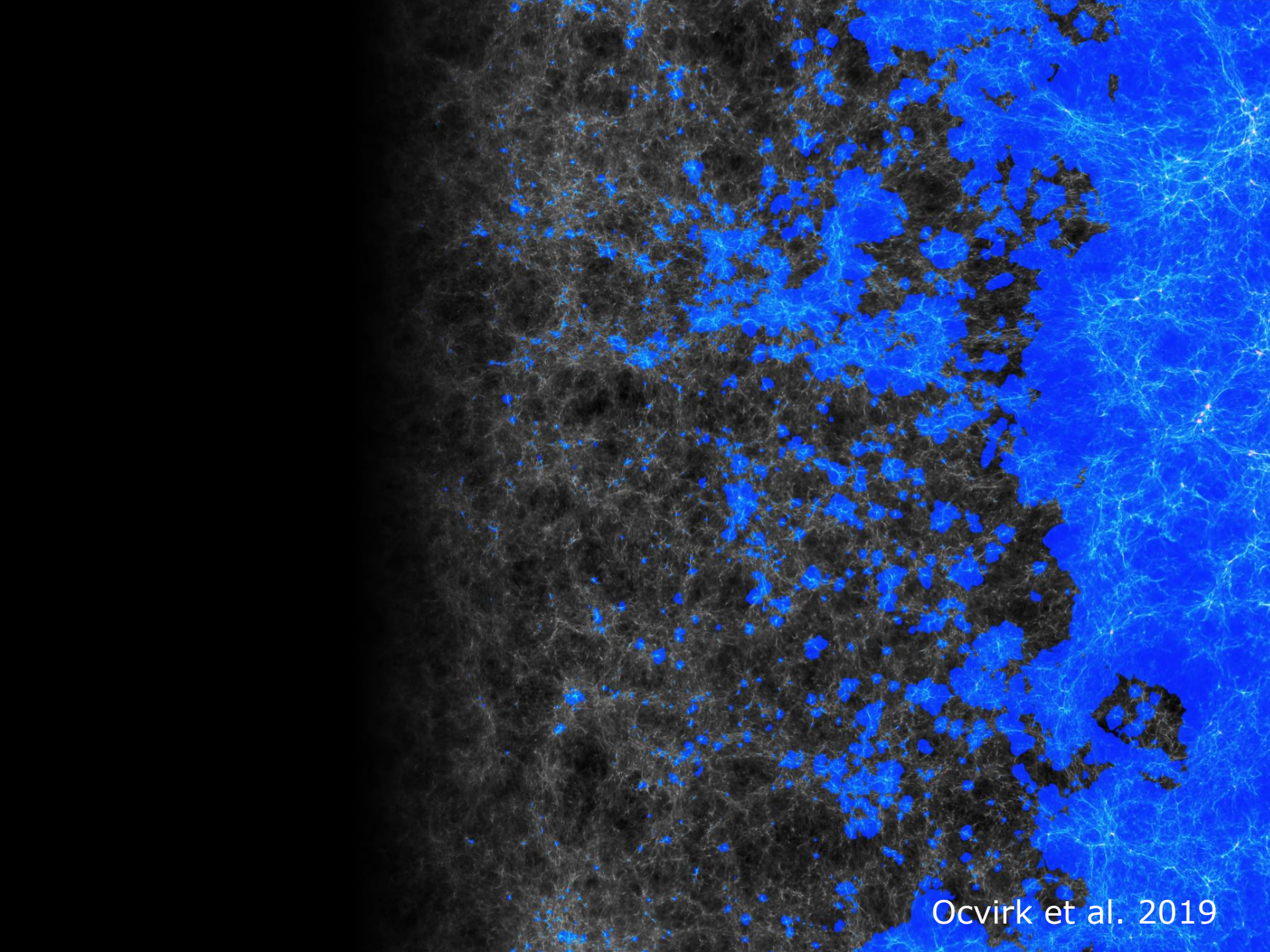




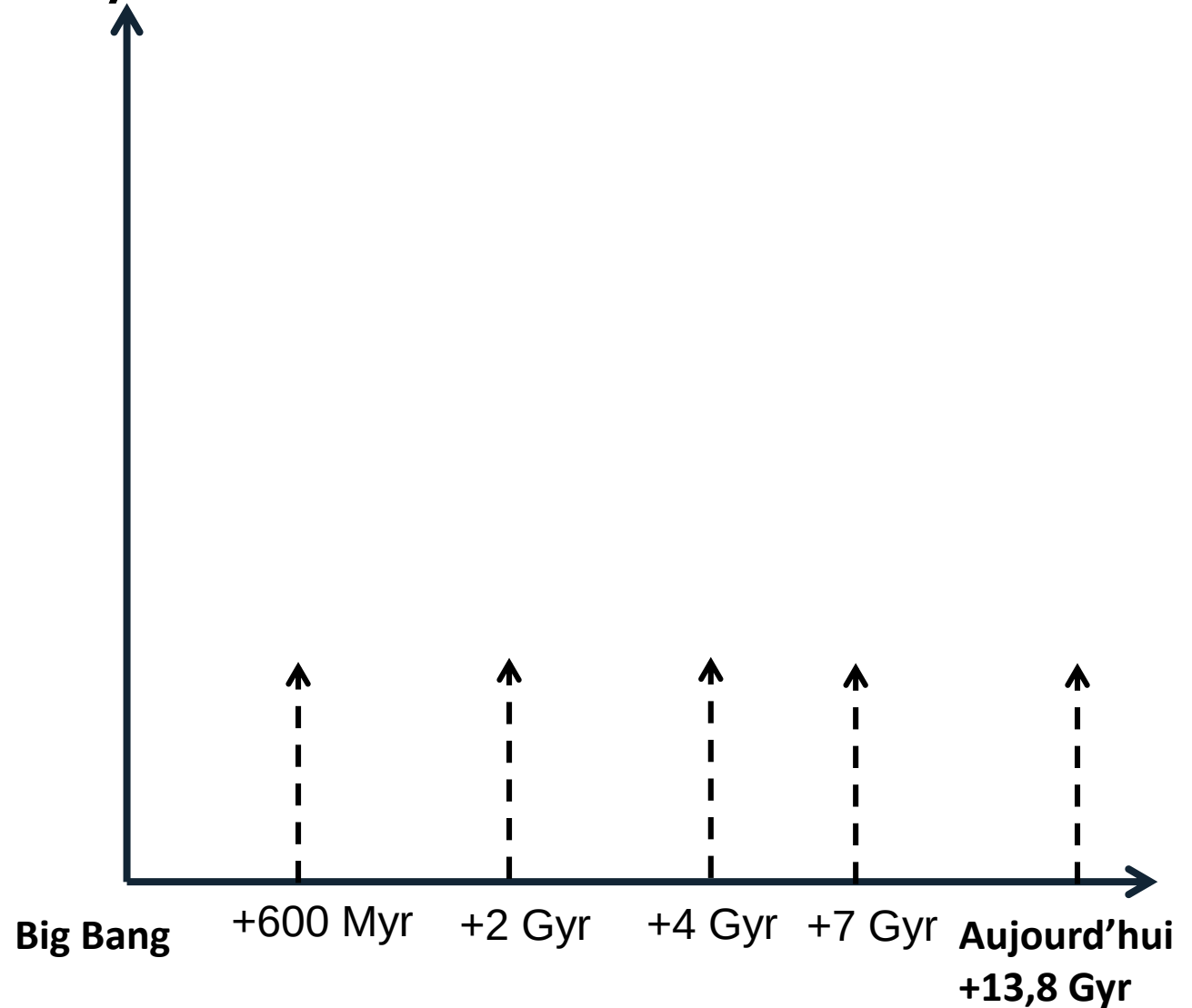




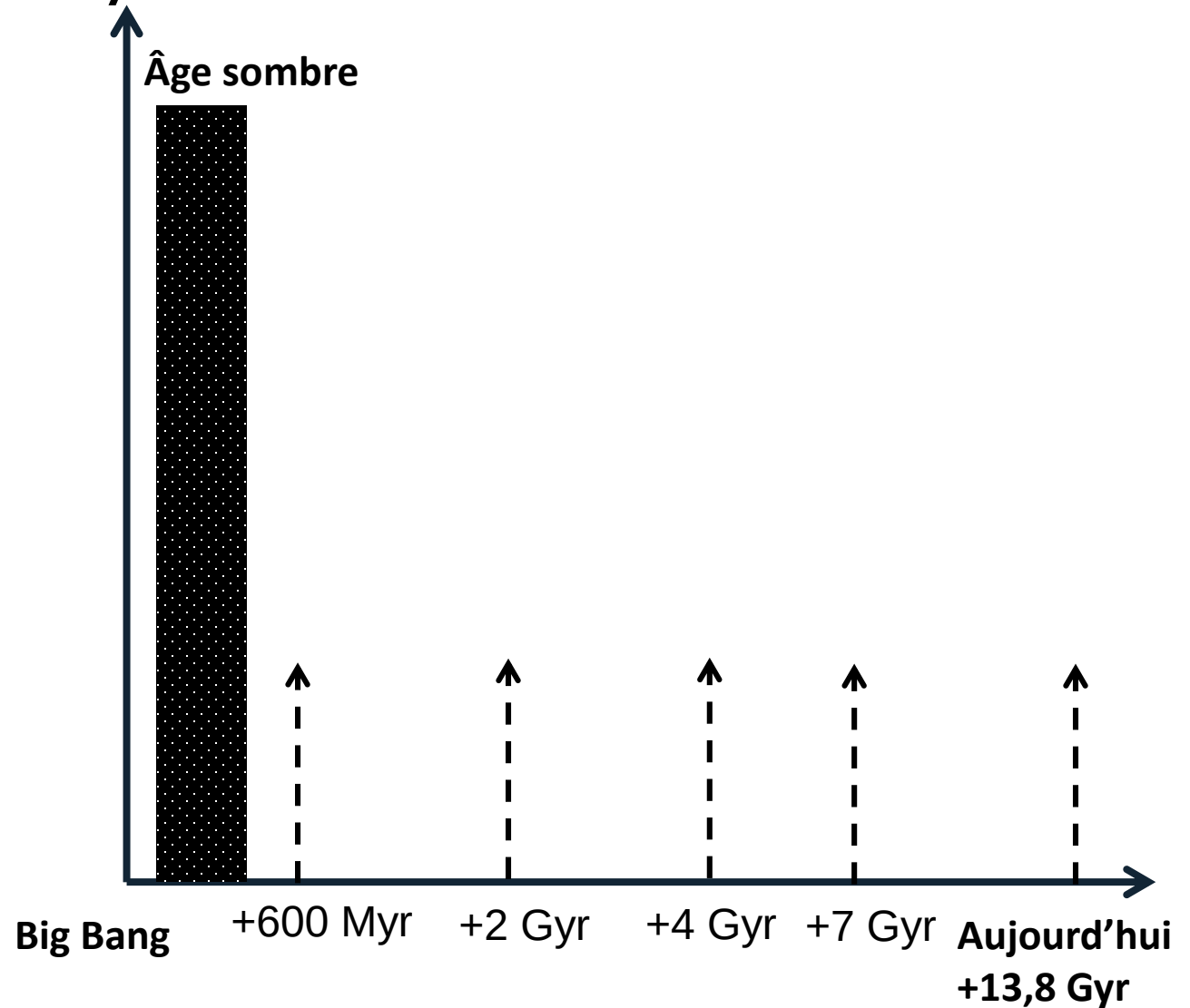




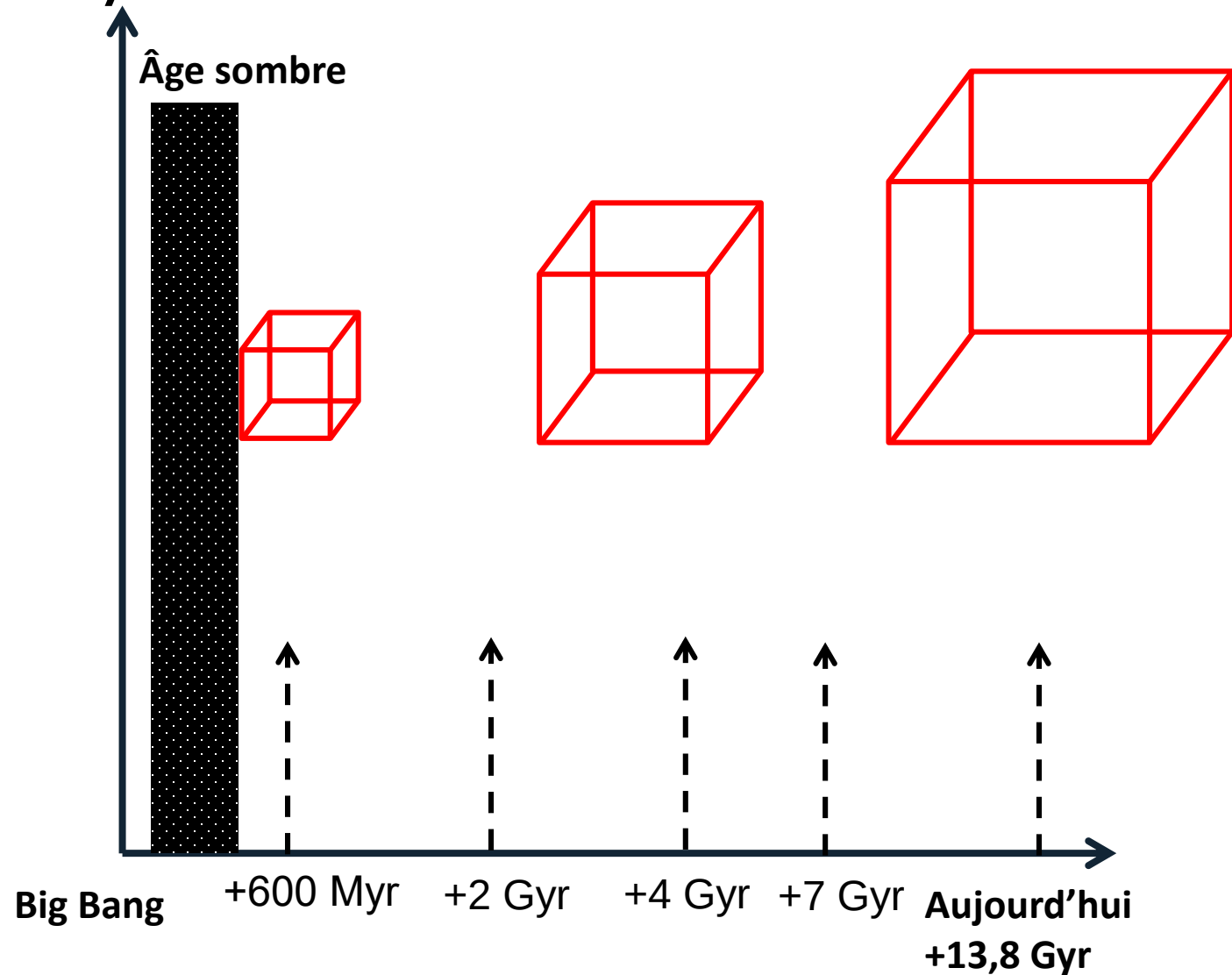
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière



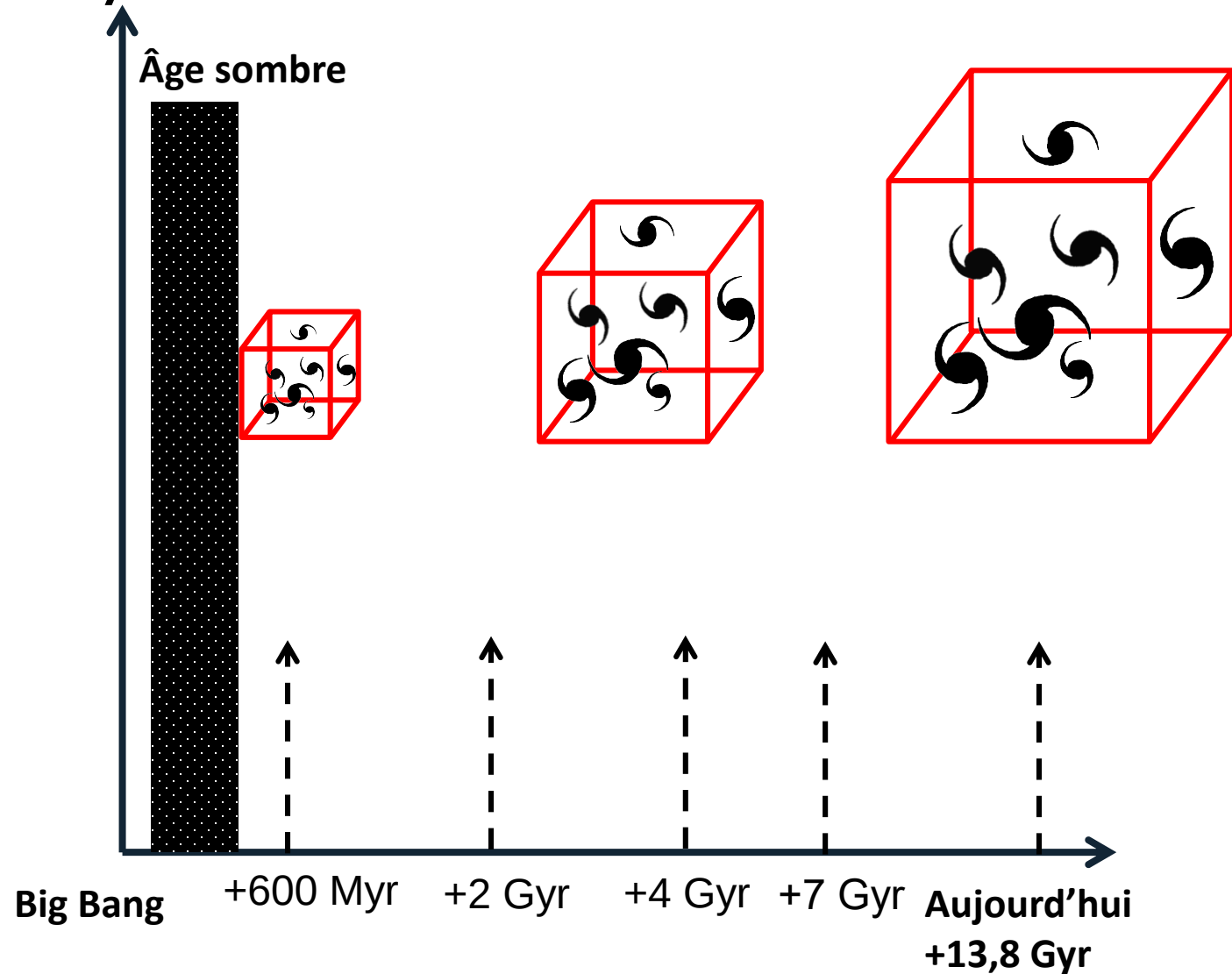
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière



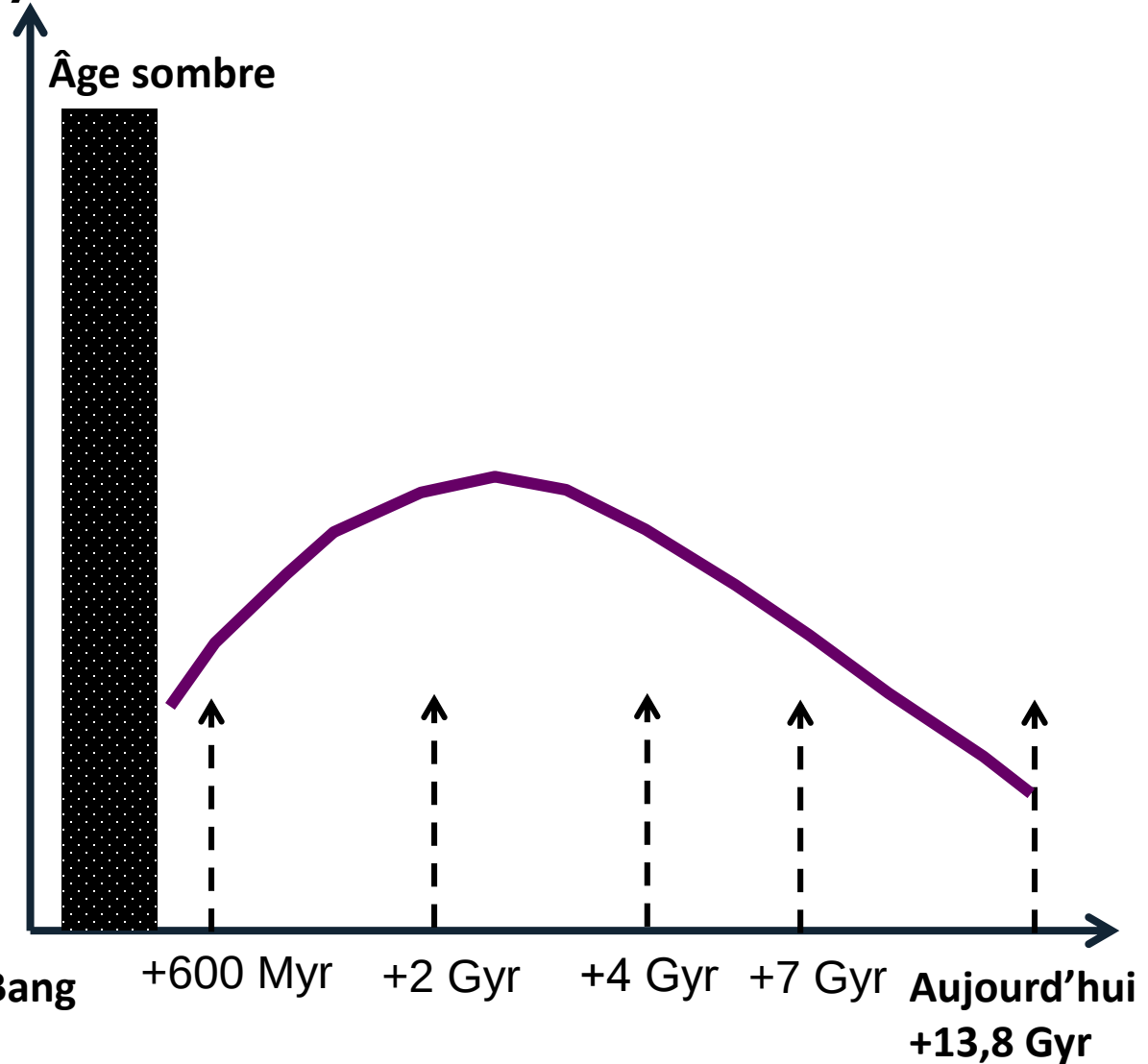
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière



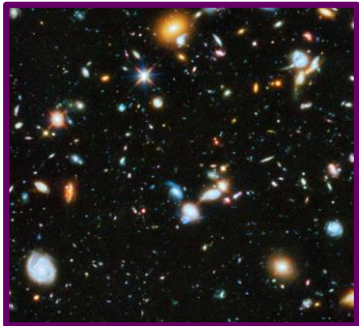
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière



Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière

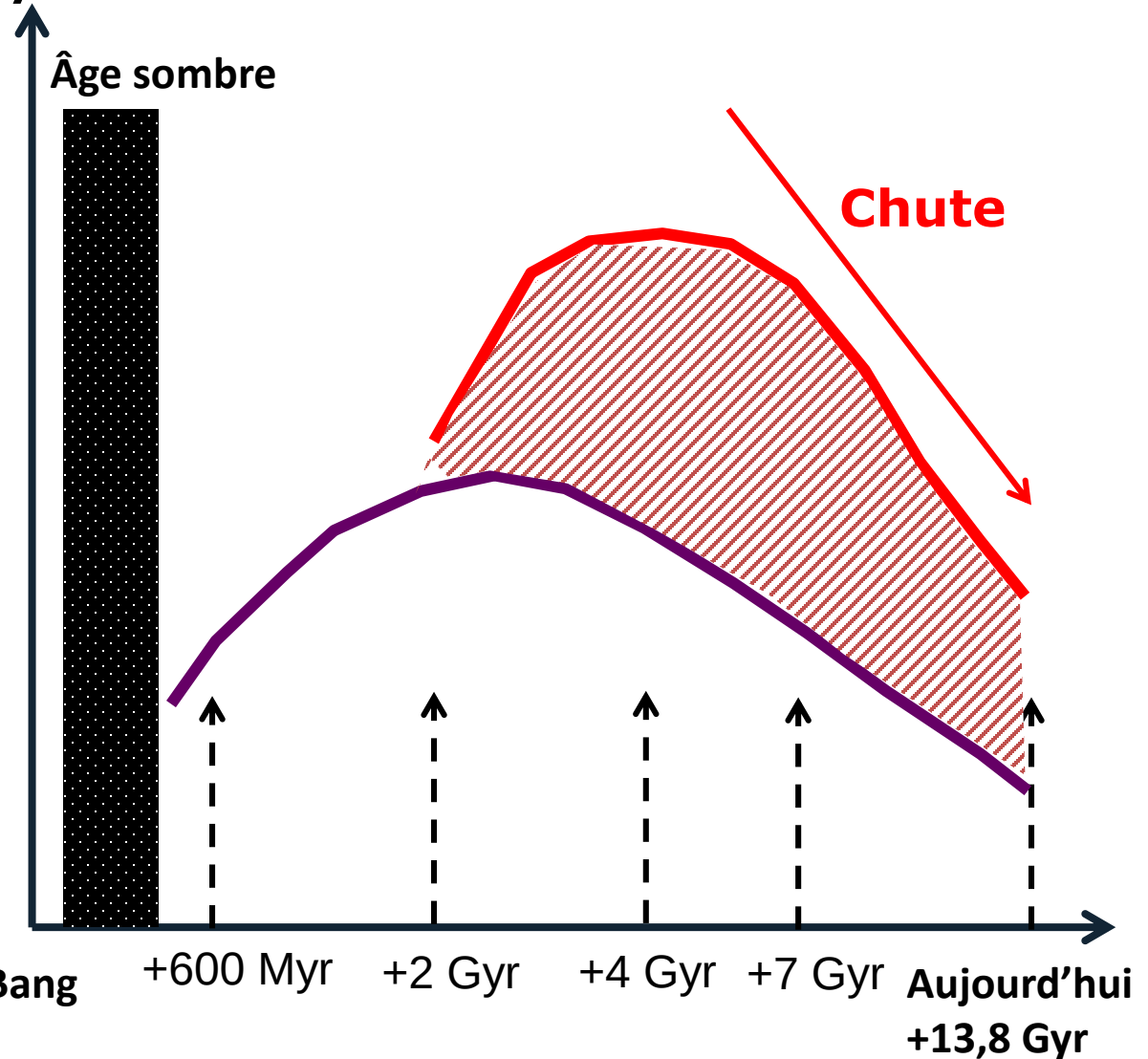


La part visible
de l'histoire

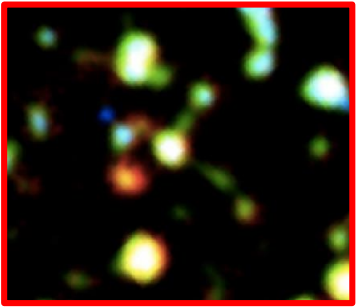




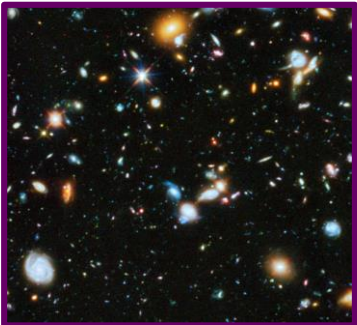
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière

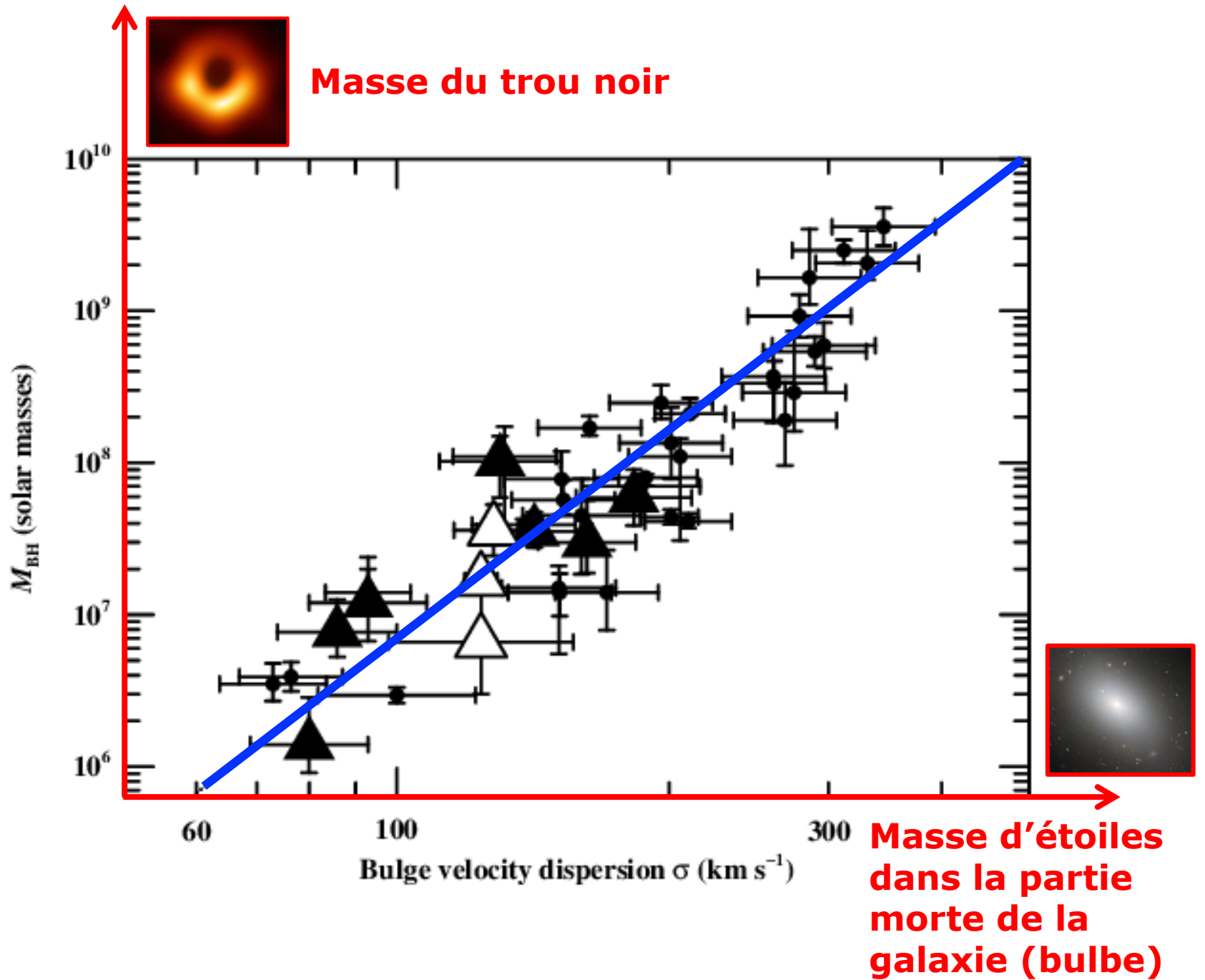


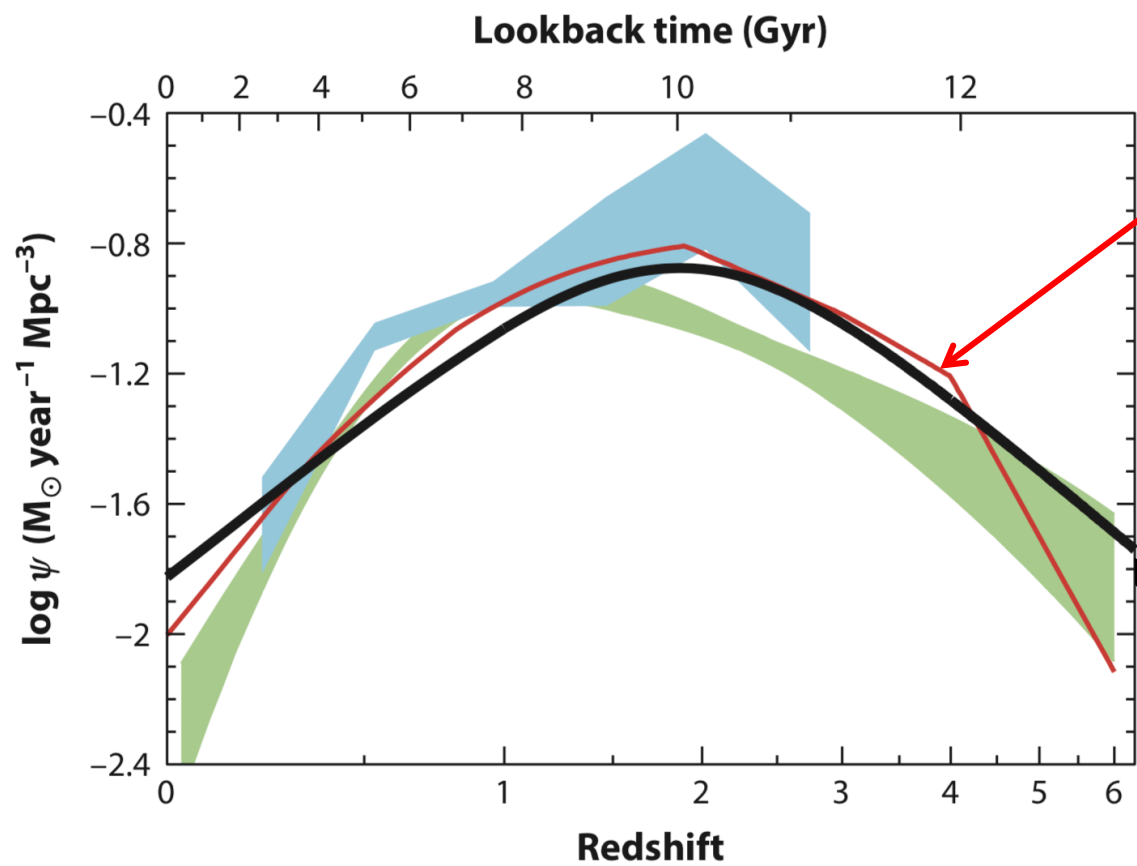
La part invisible
de l'histoire

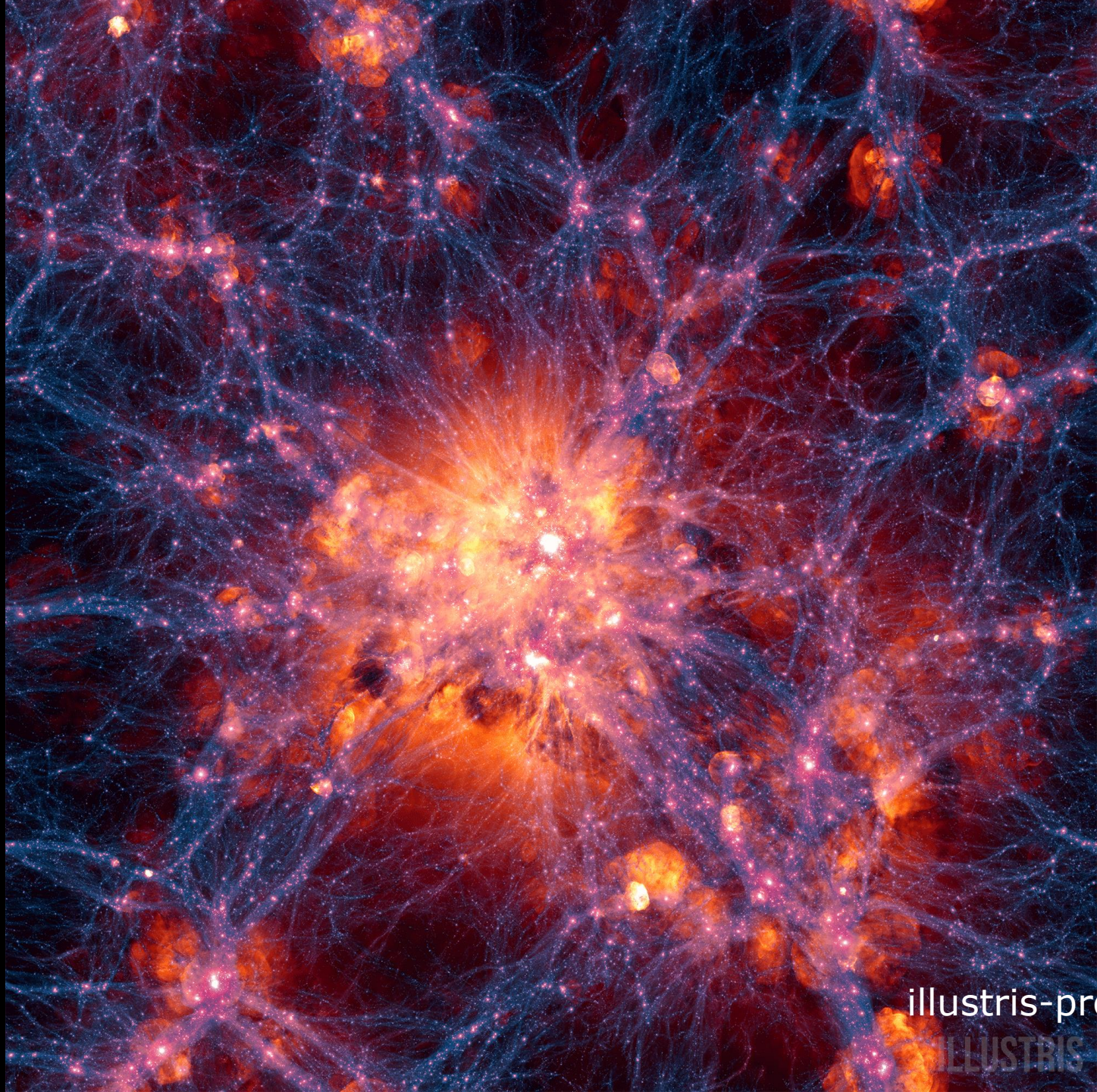


La part visible
de l'histoire







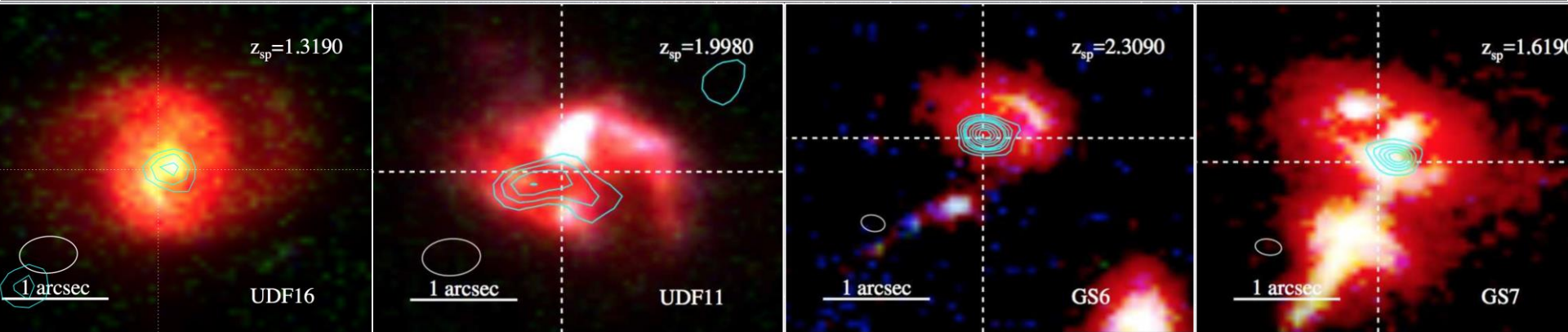


illustris-project.org

ILLUSTRIS

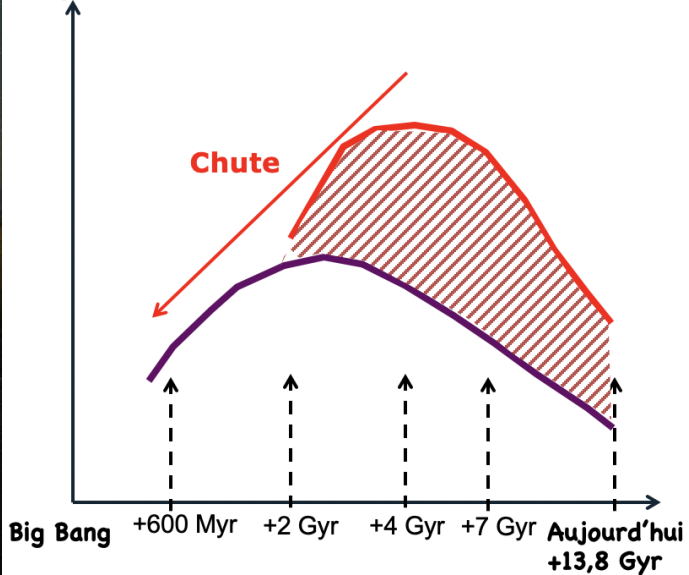
ALMA

Atacama Large Millimeter Array



La chute de la formation d'étoiles
= chute des réserves en gaz diffus

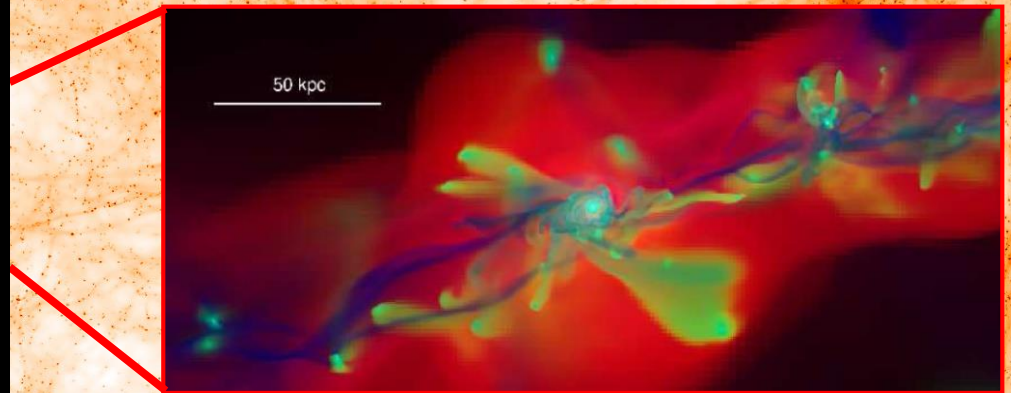
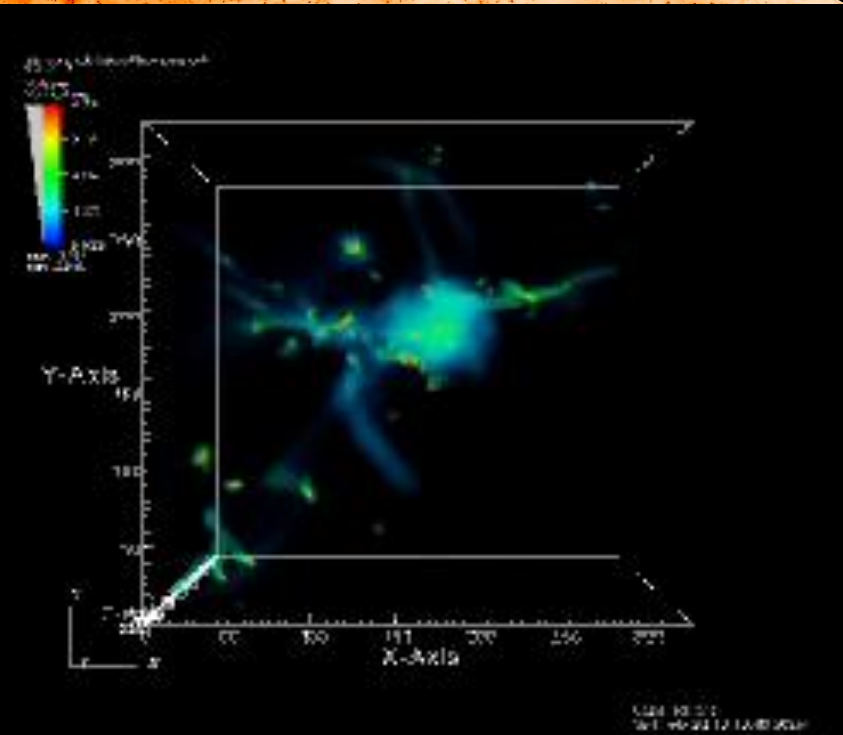
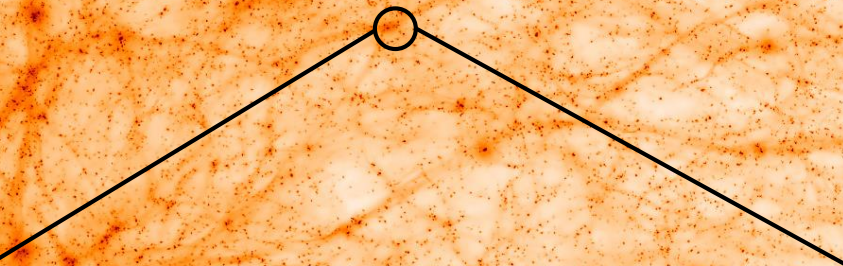
Taux de formation d'étoiles cosmique / boîte de 3 millions d'années-lumière



Simulation of dark matter + hydrodynamics of baryons

RAMSES adaptive mesh refinement code / Teyssier 2002

Ocvirk, Pichon, Teyssier 2008 – 150 million light-years box





MUSE@VLT R.Bacon



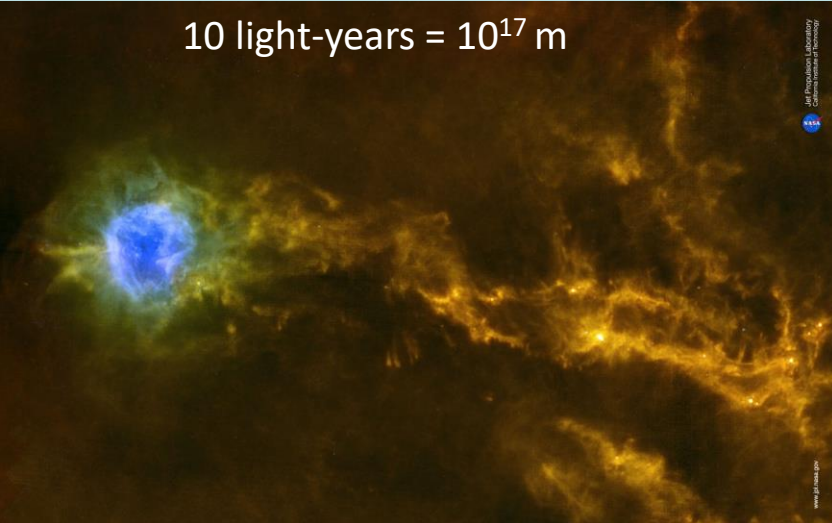
Wisotzki et al. 2018, Nature

100 000 light-years = 10^{22} m



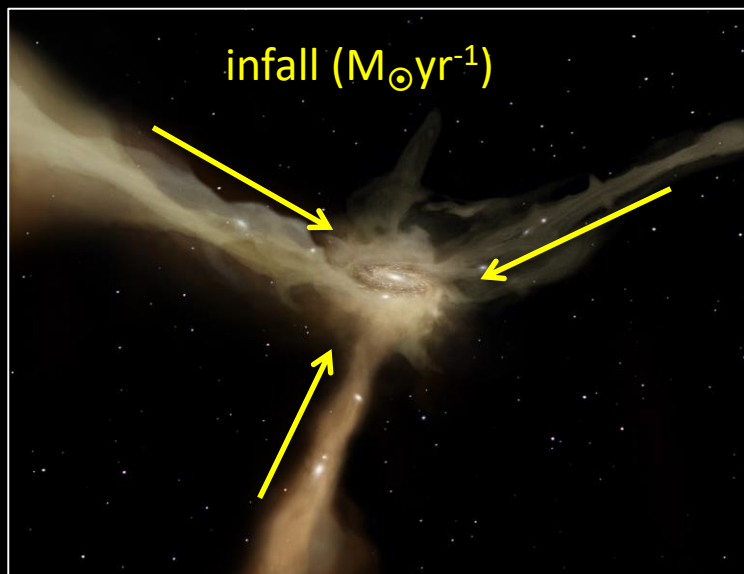
A composite image of a spiral galaxy, likely the M51 (Whirlpool) galaxy, showing its characteristic spiral arms. The image is a color composite where red and blue channels are overlaid. The text "10 000 light-years" is overlaid at the top of the image. A small inset image in the bottom right corner shows a different view or a zoomed-in portion of the galaxy.

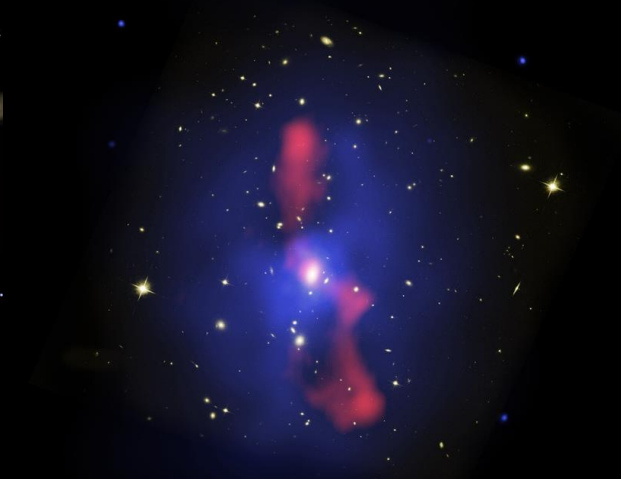
10 light-years = 10^{17} m

The image shows the Helix Nebula, a planetary nebula in the constellation of Aquarius. It features a bright, glowing blue-white central core, which is the remnant of a star that has shed its outer layers. Surrounding the core is a large, diffuse, and irregular ring of gas and dust, primarily colored in shades of yellow and orange. The overall shape is somewhat circular but with many filaments and gaps, giving it a complex, 'helix'-like appearance. The background is a deep black, representing the vastness of space.

Small text in the bottom right corner: www.nasa.gov

Small text in the bottom left corner: NASA





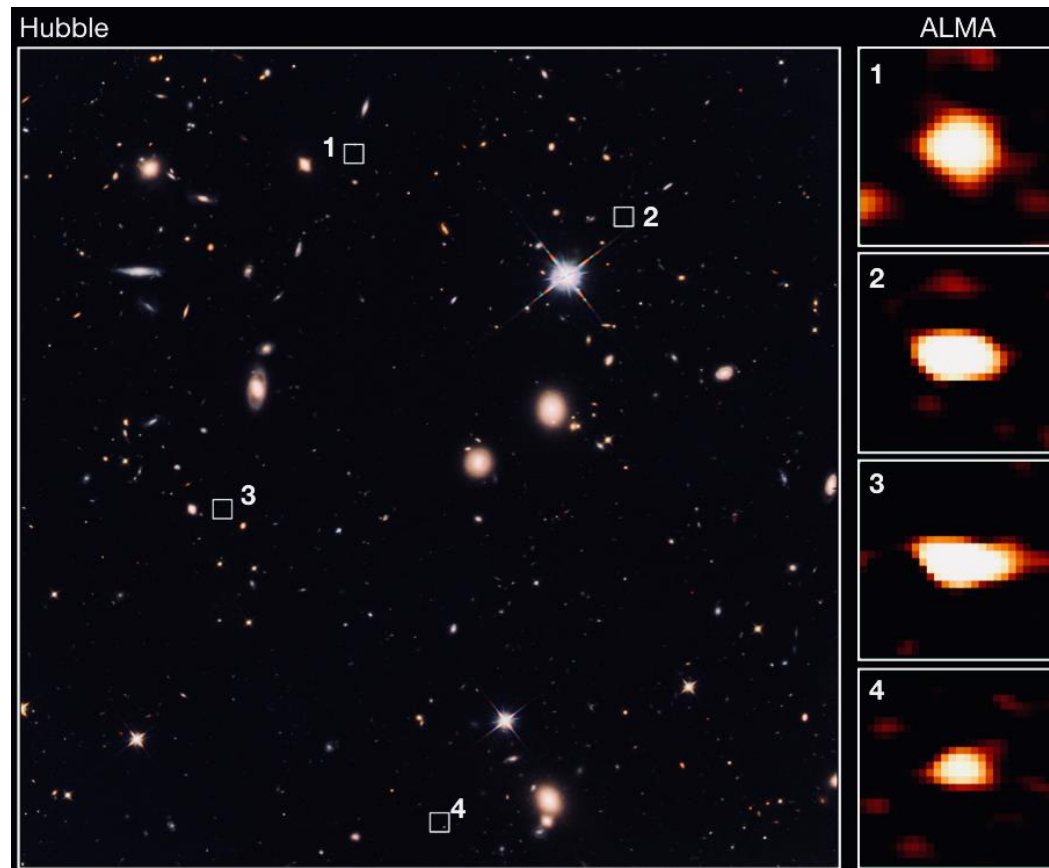
Horizon-AGN
Dubois et al. 2013

1 Mpc

$z=38.305$

A dominant population of optically invisible massive galaxies in the early Universe

T. Wang^{1,2,3*}, C. Schreiber^{2,4,5}, D. Elbaz², Y. Yoshimura¹, K. Kohno^{1,6}, X. Shu⁷, Y. Yamaguchi¹, M. Pannella⁸, M. Franco², J. Huang⁹, C.-F. Lim^{10,11} & W.-H. Wang¹⁰



Questions ouvertes

Origine de la forme (morphologie) des galaxies ?

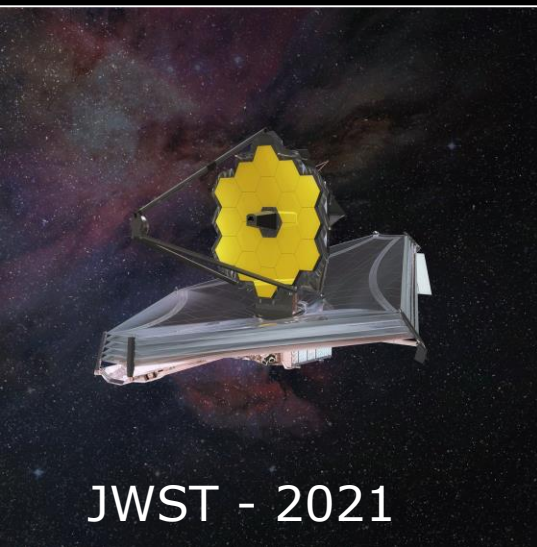
→ Rôle des filaments, des fusions galactiques et des instabilités

Où sont passés les baryons manquants ? (baryons noirs)

Quel lien relie les galaxies avec leur noyau = trou noir supermassif ?

Qui a réionisé l'univers: les galaxies naines ? Les trous noirs ?

Qui a tué les galaxies géantes ?





En ces temps de misères omniprésentes, de violences aveugles, de catastrophes naturelles ou écologiques, parler de la beauté pourra paraître incongru, inconvenant, voire provocateur. Presque un scandale.

*Pour peu qu'on y songe cependant, on ne manque pas d'être frappé d'étonnement: **l'univers n'est pas obligé d'être beau, et pourtant il est beau.***

"La beauté reste un mystère. Après tout, l'univers pourrait n'être que vrai, c'est-à-dire fonctionnel et effectif..."

*Pour pénétrer son mystère, je crois qu'il faut le relier à celui de l'unicité des êtres. Aucun être n'est identique à un autre, et cette **absolue unicité de chaque être** le transforme en présence, laquelle brille par l'éclat de sa singularité qui **est à la base de toute beauté.**"*

François Cheng

de l'Académie française

**Cinq
méditations
sur la beauté**

« **La beauté sauvera le monde** »

prince Michtine dans l'Idiot de Dostoïevski