L'évolution des trous noirs massifs à travers le temps cosmique

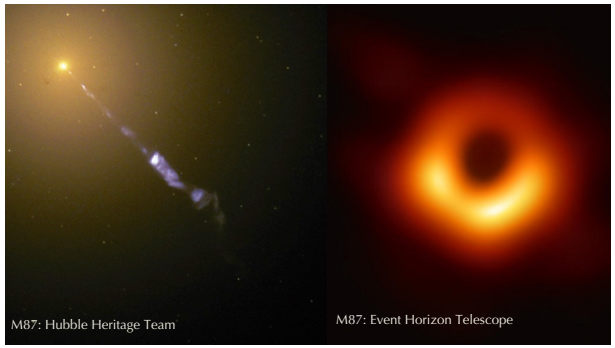
Marta Volonteri
Institut d'Astrophysique de Paris

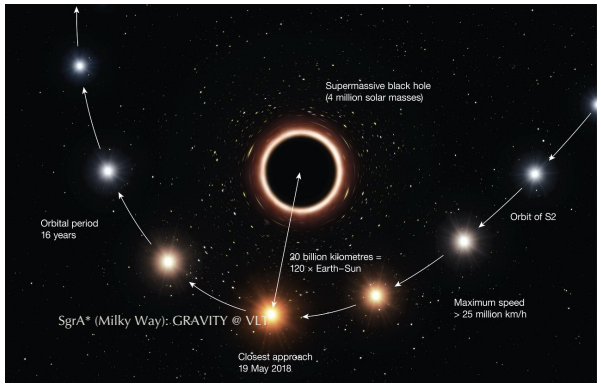
Les trous noirs massifs

Masses de ~10^4 à quelques 10^{10} masses solaires

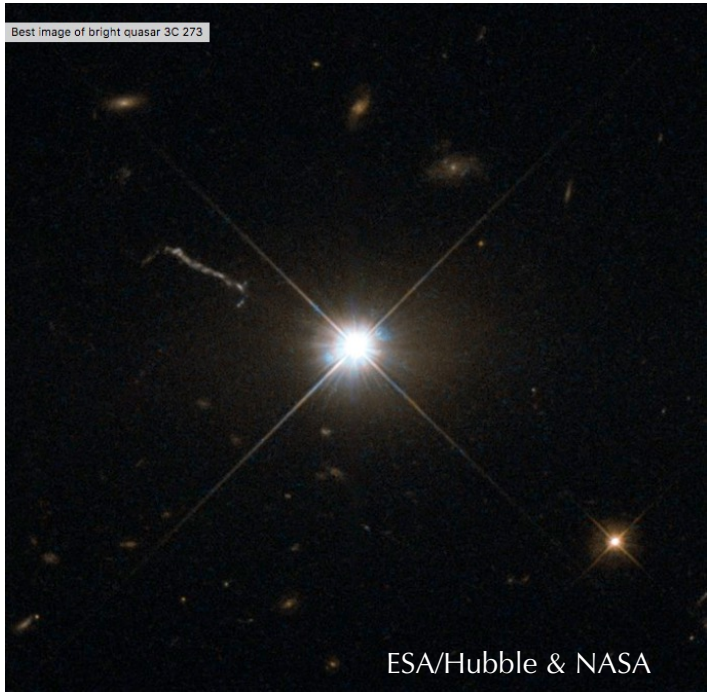
Au centre des galaxies, y compris la Voie Lactée

Sources de l'énergie des noyaux actifs et des quasars





Trous noirs massifs actifs: quasars



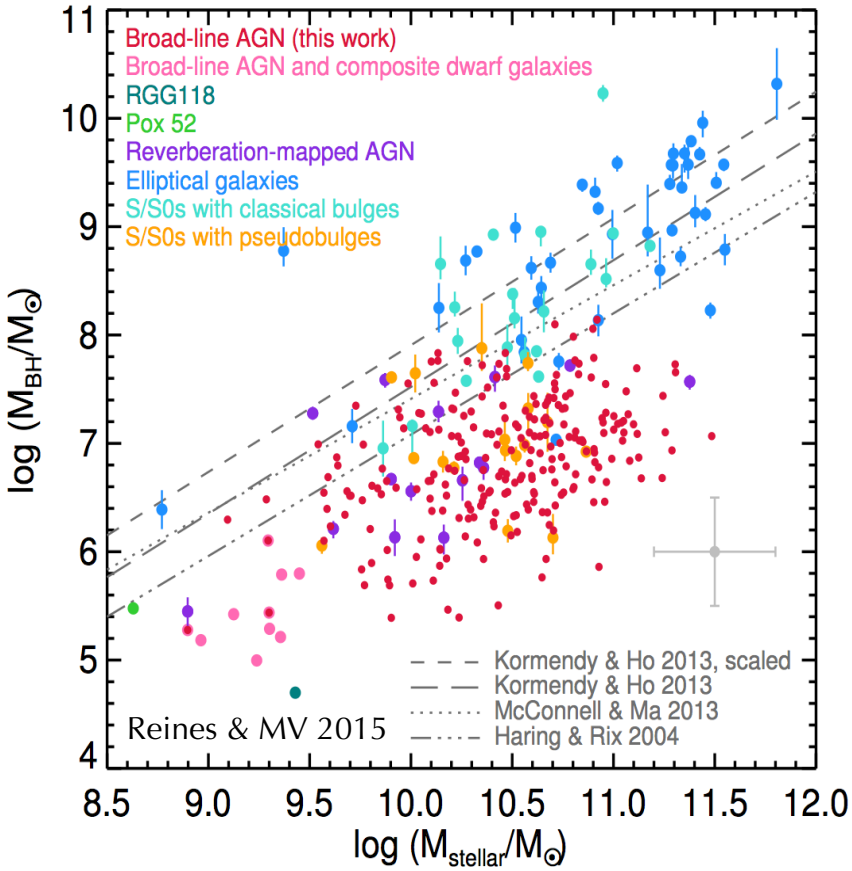
Ils peuvent être lumineux comme des galaxies entières

La taille de la région émettrice est ~ taille du système solaire

Seule l'accrétion de gaz sur un trou noir massif peut être à l'origine d'une telle source d'énergie à partir d'une region si compacte

C'est pendant ces phases d'accretion que les trous noirs croissent en masse

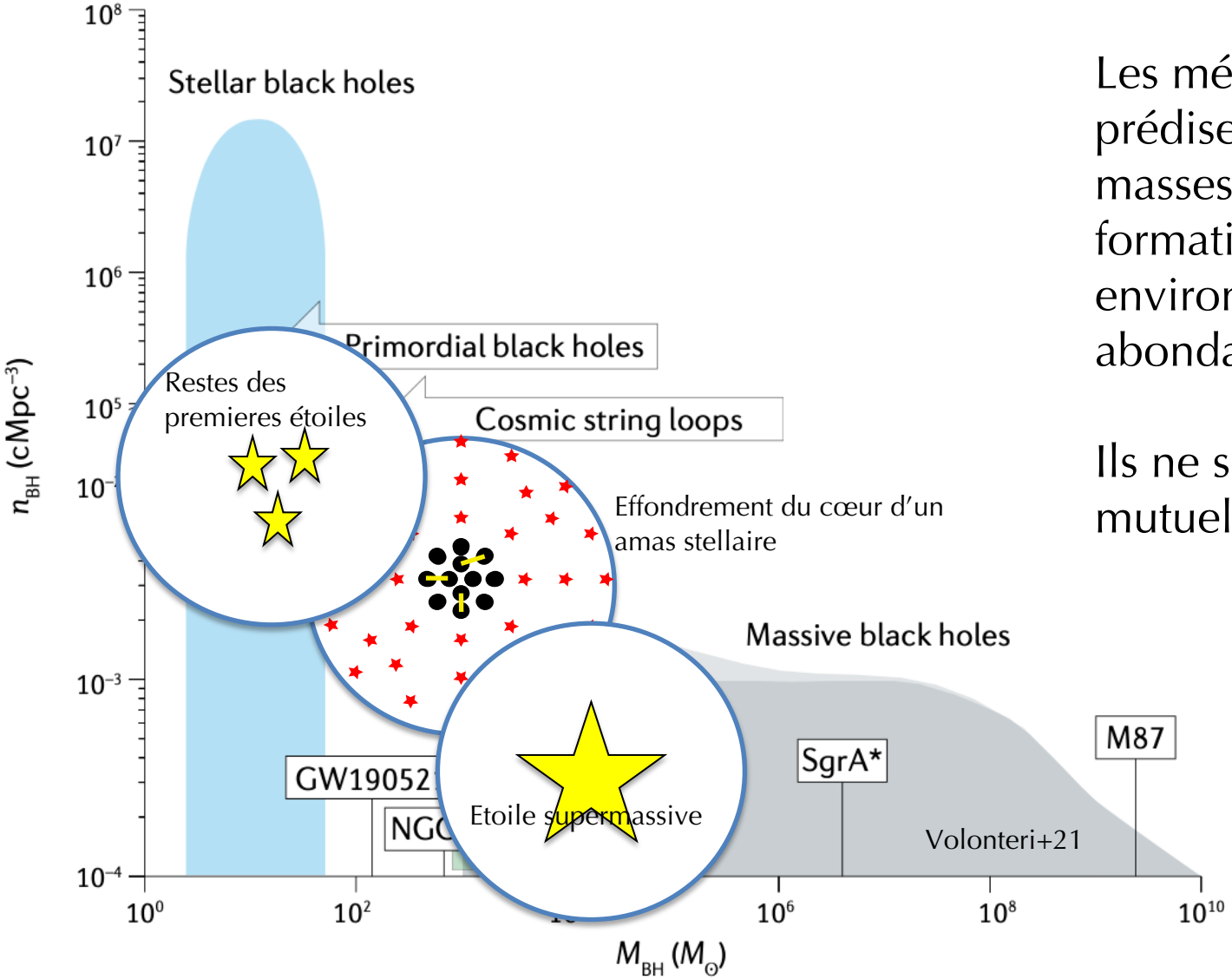
Trous noirs aujourd'hui



La masse d'un trou noir massif représente environ un millième de celle de la galaxie dans laquelle il se trouve

Cela suggère que leur croissance / évolution est liée pendant l'évolution cosmique

La formation des trous noirs massifs



Les mécanismes prédisent différentes masses initiales, temps de formation, environnement et abondance

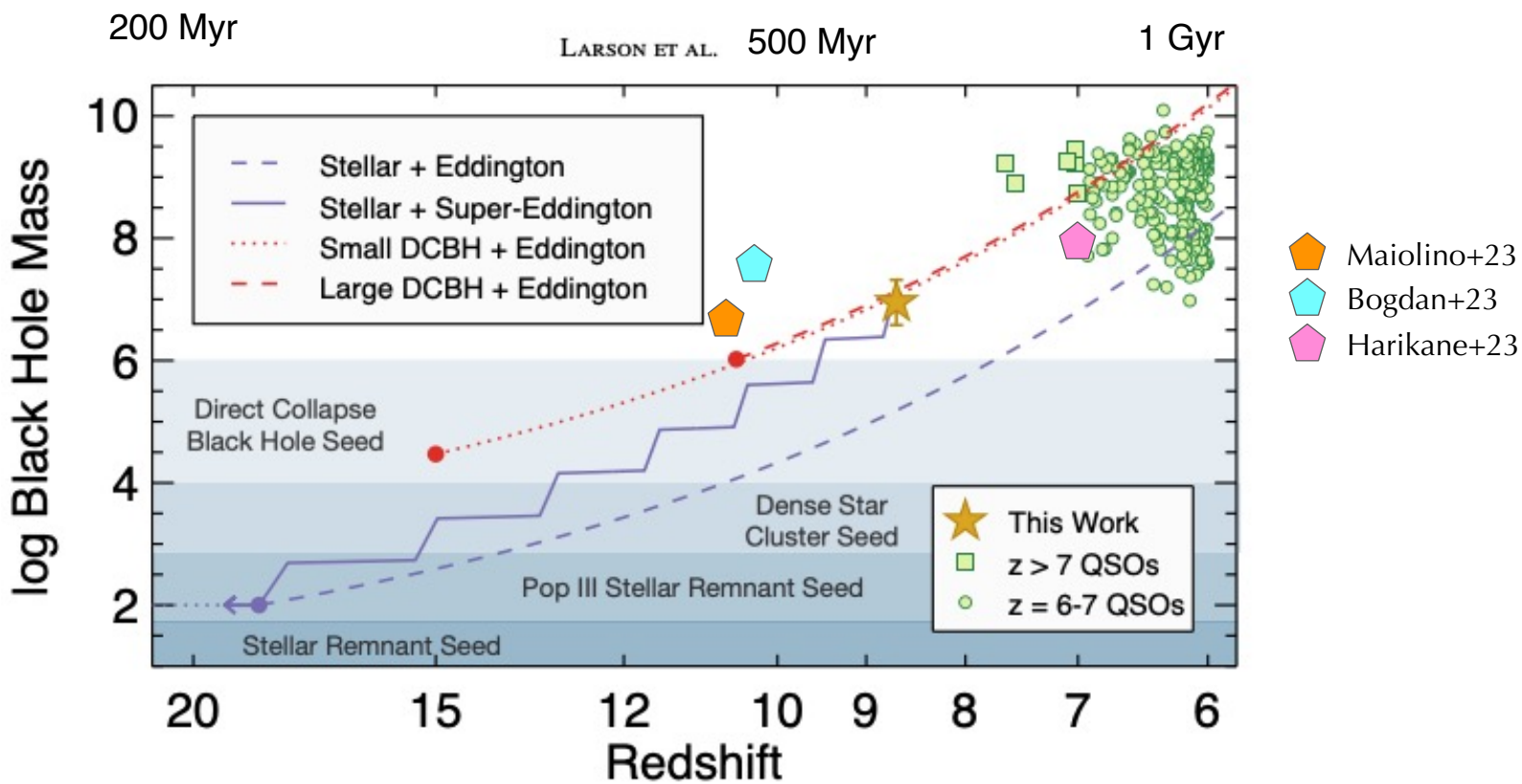
Ils ne sont pas mutuellement exclusifs !

* les trous noirs primordiaux et les boucles de cordes cosmiques sont placés dans une position arbitraire sur l'axe y

Trous noirs massifs dans l'Univers jeune

Cette année JWST nous a bouleversé!

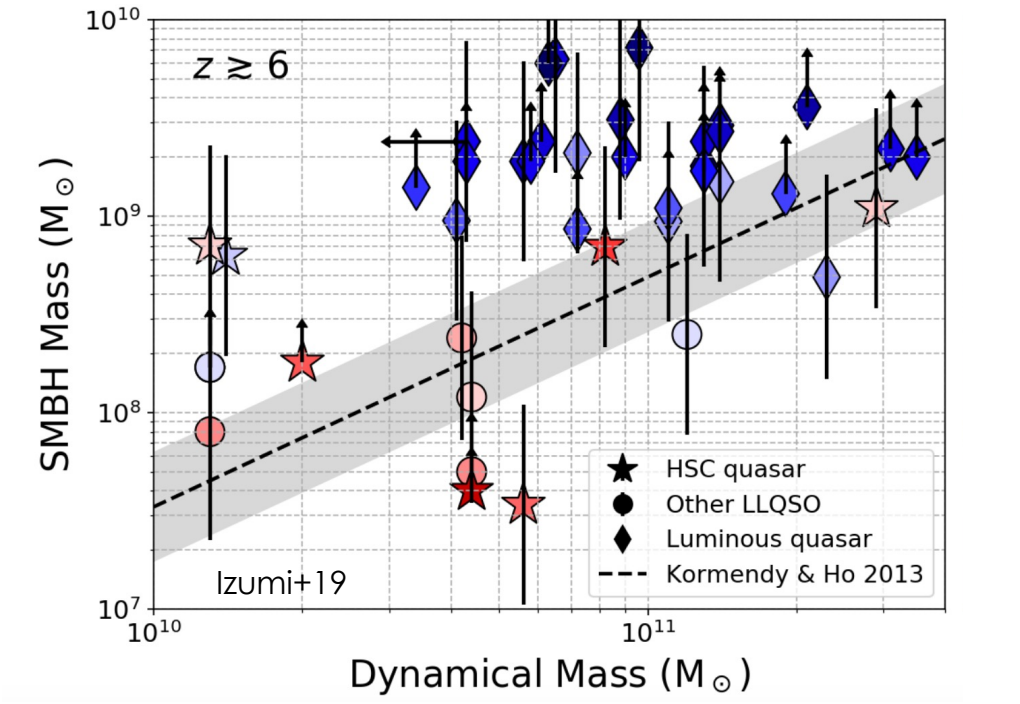
Le plus jeune candidat trous noir a maintenant été observé 440 millions d'annees après le Big Bang!



Masses des trous noirs vs galaxies

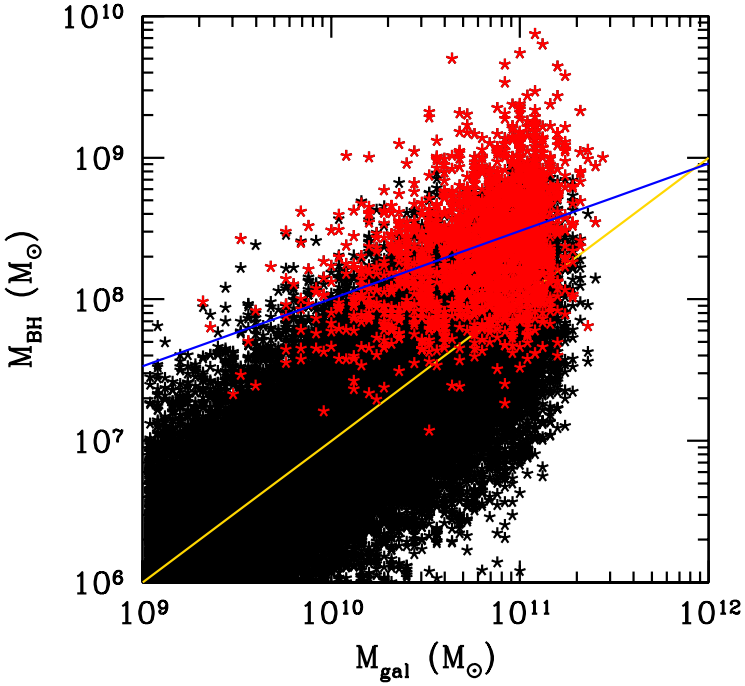
Des quasars brillants ont été détectés à de très grandes distances, ce qui correspond à un 1 milliard d'années après le Big Bang

Les masses des leurs trous noirs sont plus grandes que attendu à partir des masses des galaxies hôtes



Masses des trous noirs vs galaxies

Bias de Lauer: les trous noir « trop » massifs par rapport à la relation moyenne seraient plus brillants et seraient surreprésentés dans un échantillon sélectionné en fonction de la luminosité

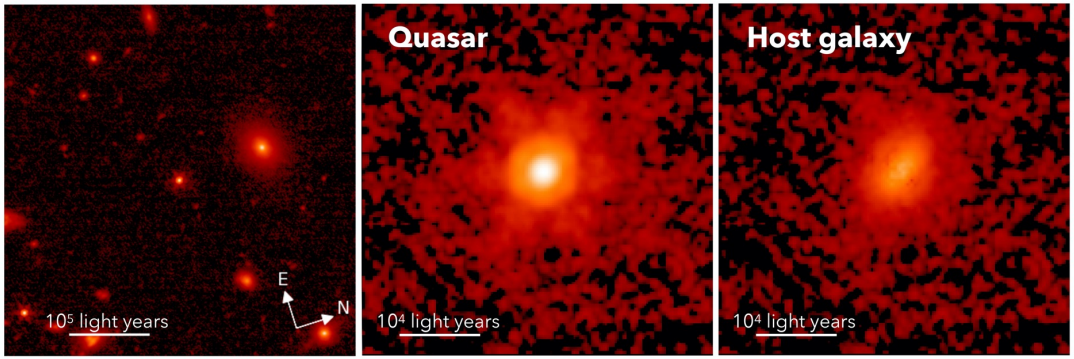


Adapted from Volonteri & Stark 11

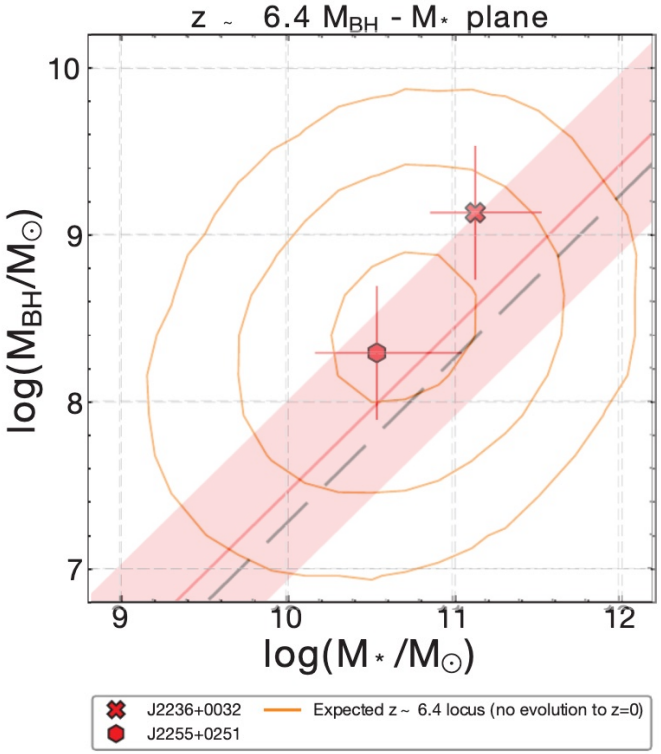
Même si la relation typique est la même qu'aujourd'hui (noir), les observations montreraient des trous noirs "surmassifs" (rouge)

Masses des trous noirs vs galaxies

Finalement avec JWST nous avons pu mesurer la galaxie hôte des certains quasars moins brillants dans l'Univers jeune

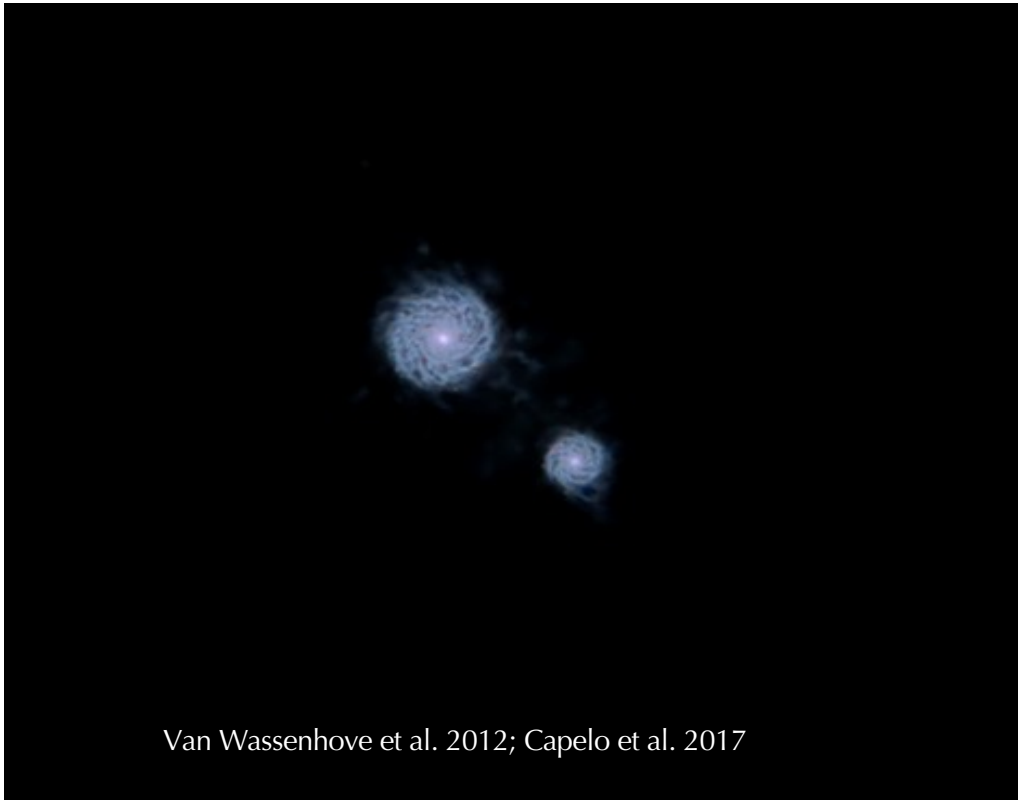


Ding+22



Le résultats montrent que la masse est sur la même relation qu'aujourd'hui, comme prévu théoriquement

Fusions entre trous noirs



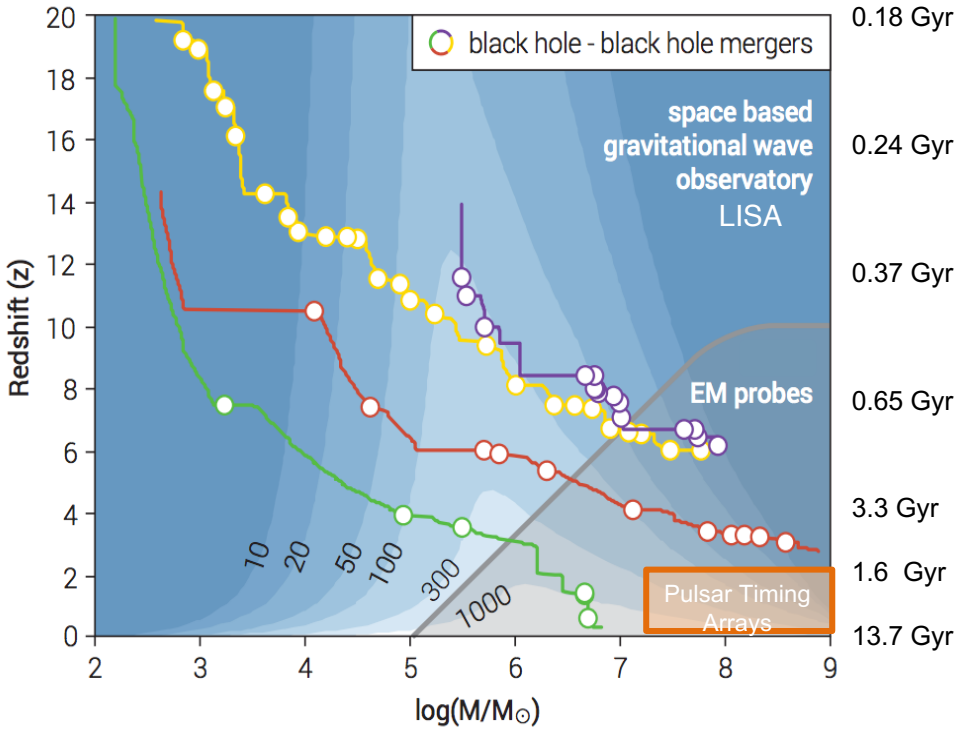
Les lumieres blanches qui s'allument et éteignent sont les trous noirs en phases actives et inactives

Si la plupart des galaxies hébergent des trous noirs, ces trous noirs puissent fusionner au fur et à mesure que les galaxies fusionnent

Les trous noirs massifs et les ondes gravitationnelles

Au fil du temps cosmique, les trous noirs traversent la bande de sensibilité de satellite LISA (~2035), et s'ils sont suffisamment massifs, ils peuvent devenir des émetteurs pour les expériences de Pulsar Timing Array*

LISA peut voir plus loin que n'importe quel télescope!



*Les Pulsar Timing Arrays ont annoncé la detection d'ondes gravitationelles ce 29 juin!

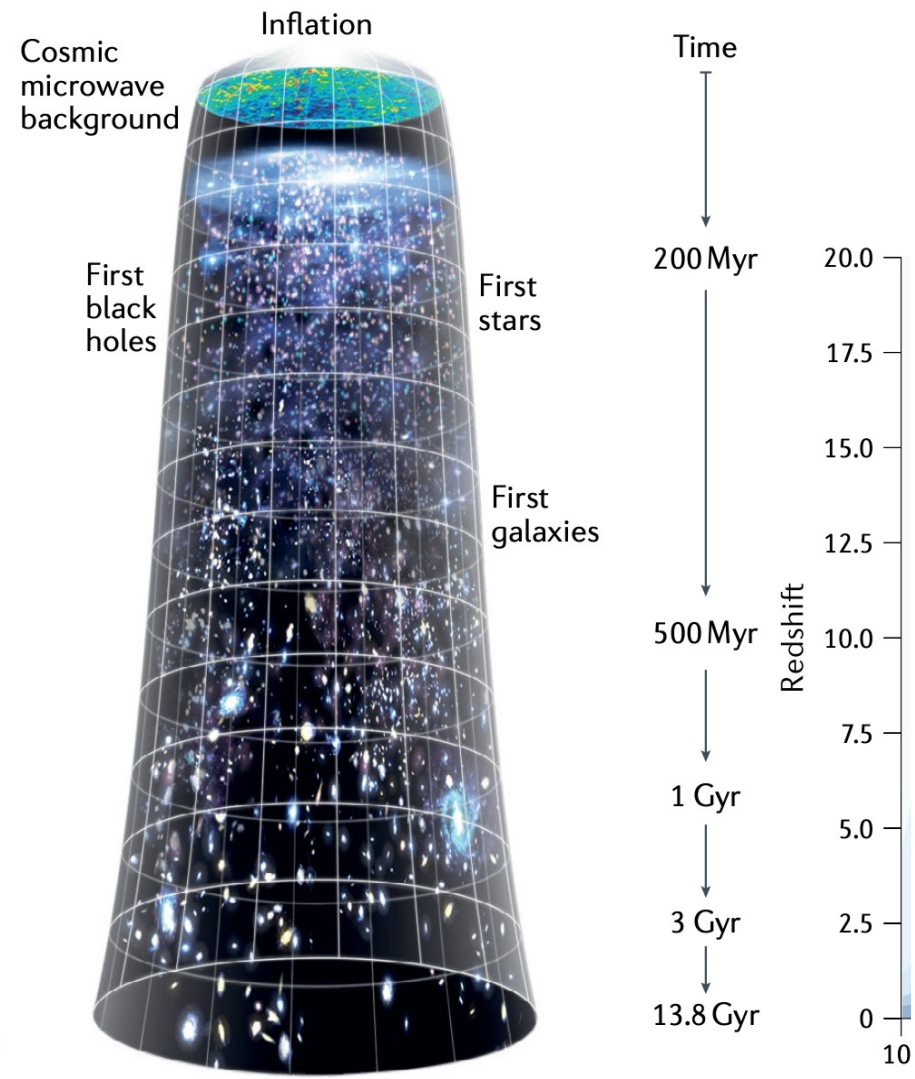
Conclusions

Les trous noirs massifs habitent le centre de la plupart des galaxies actuelles

Leurs processus de formation sont encore largement inconnus, mais le recentes decouvertes de JWST ouvrent la possibilité de *toucher* l'epoque de formation

La fusion de trous noirs massifs promet un nouvel espace de découverte et les ondes gravitationnelles permettent de *sonder* l'époque de leur formation

L'evolution de l'Univers



Adapted from Volonteri+21