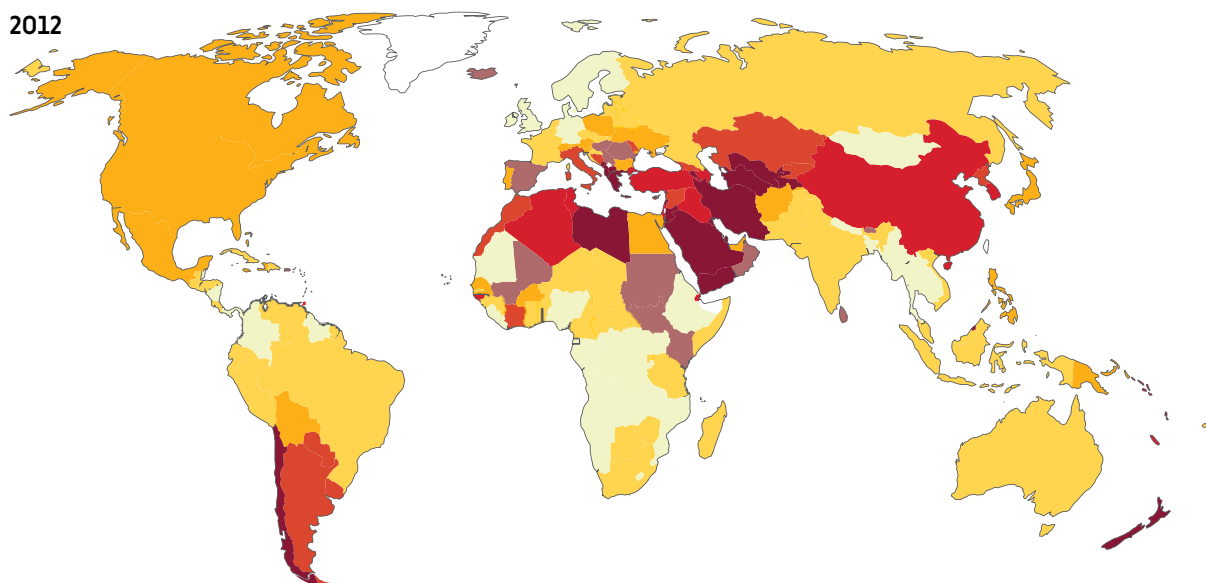
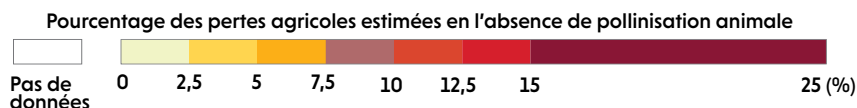


2012



Leur accumulation depuis les années 1950 dans l'environnement ne peut qu'avoir des effets de fond sur tous ces animaux.



Étudie-t-on ces effets ?

Pas encore suffisamment, et il faudrait surtout que ces recherches s'inscrivent dans une approche où l'incidence des molécules en cause soit étudiée sur l'ensemble des composants d'un écosystème. Toutefois, il est au moins un cas emblématique dans lequel on a poussé les recherches très loin: je parle de celui des abeilles mellifères, vieilles compagnes de l'humanité, dont les mortalités de masse ont inquiété. Comme l'illustre bien le cas des amandiers de Californie, les abeilles, dont il existe environ 20 000 espèces dans la nature, sont des pollinisateurs sauvages et domestiques de première importance. On lit dans le rapport de l'IPBES que, même s'il subsiste des lacunes dans les connaissances, «les récentes recherches axées sur les insecticides à base de néonicotinoïdes témoignent d'effets létaux et sublétaux sur les abeilles, ainsi que de certaines répercussions sur leur rôle de pollinisateurs». Et une étude récente apporte la preuve d'impacts des néonicotinoïdes sur «la survie et la reproduction des pollinisateurs sauvages». Bref, il y a au moins un cas dans lequel on a étudié la situation de près, et dans ce cas, les chercheurs ont établi un lien solide entre certains pesticides et la mort en masse d'insectes pollinisateurs de première importance.

Face à cette avalanche de nouvelles inquiétantes, quels espoirs peut-on concevoir quant à l'avenir des animaux pollinisateurs ?

Nous, les chercheurs étudiant la biodiversité, avons longtemps eu l'impression de prêcher dans le désert. Mais depuis la dernière réunion

plénière de l'IPBES en 2019 et la publication de son rapport, nous avons le sentiment d'une prise de conscience de la menace qui pèse à échelle planétaire sur la biodiversité. Jamais nous n'avions été autant sollicités par les médias désireux de rendre compte du constat fait par les experts rassemblés par l'IPBES... Le rapport fait des recommandations pour les gouvernements, qui, espérons-le, vont être suivies d'effets. En principe, nous sommes sur une trajectoire d'interdiction des néonicotinoïdes en Europe, et, en France, l'objectif est de réduire drastiquement l'usage des produits phytosanitaires. La très forte réorientation vers l'agroécologie de l'Inra, un organisme de recherche qui a pu par le passé être accusé de venir en appui d'une agriculture productiviste, me semble très positive et significative de la prise de conscience actuelle.

Et puis, il ne faut pas tout attendre des gouvernements: les individus peuvent aussi agir. Les consommateurs qui, de plus en plus, préfèrent les légumes dits bio, lesquels ont en tout cas été produits en suivant un certain cahier des charges laissant plus de chances aux insectes dans les jardins, exercent aussi une énorme pression pour que les pratiques changent. S'il est un domaine où la culture du prix bas et de la faible qualité installée par les grands distributeurs a amplifié la catastrophe écologique, c'est bien celui de l'alimentation. Le fait que les chaînes de supermarché se mettent à vendre du bio est certainement un signe d'espoir pour les précieux insectes à qui nous devons nos fruits. ■

Propos recueillis par François Savatier

BIBLIOGRAPHIE

F. Sánchez-Bayo et K. A. G. Wyckhuys, **Worldwide decline of the entomofauna : A review of its drivers**, *Biological Conservation*, vol. 232, pp. 8-27, 2019.

C. A. Hallmann et al., **More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas**, *Plos One*, vol. 12, e0185809, 2017.

Rapport d'évaluation sur les pollinisateurs, la pollinisation et la production alimentaire – résumé à l'intention des décideurs, IPBES, 2016.

L'ESSENTIEL

➤ Tout au long de l'histoire cosmique, la Voie lactée a grandi par l'accrétion de galaxies de plus petite taille. Ces interactions ont laissé une trace dans les propriétés, les positions et les trajectoires des étoiles.

➤ Pour les étudier, l'Agence spatiale européenne a lancé en 2013 le satellite Gaia. L'année dernière, la mission a publié le catalogue stellaire le plus complet de l'histoire de l'astronomie.

➤ Les nouvelles données, en nombre et en précision sans précédent, portent sur plus de 1,3 milliard d'étoiles ainsi que sur les orbites de 14 000 astéroïdes.

➤ Elles ont déjà révélé certains épisodes du passé de la Voie lactée et précisé nos connaissances sur l'évolution stellaire. Elles commencent à transformer différents domaines de l'astrophysique et de la cosmologie.

La première carte

Plus de 1,3 milliard d'étoiles de notre galaxie cartographiées avec une précision inédite : ce catalogue astronomique dressé par la mission *Gaia* de l'Agence spatiale européenne est en train de transformer la vision et la compréhension que nous avons de notre environnement cosmique.

LES AUTEURS



CARME JORDI
chercheuse à l'institut des sciences du cosmos
de l'université de Barcelone et à l'institut d'études
spatiales de Catalogne, en Espagne, et membre
de l'équipe scientifique de *Gaia*



EDUARD MASANA
chercheur à l'institut des sciences du cosmos
et à l'Institut d'études spatiales de Catalogne,
coresponsable du groupe de travail sur
les simulations au sein de l'équipe scientifique de *Gaia*

3D de la Voie lactée



Le satellite *Gaia* a mesuré avec une très grande précision les parallaxes et les mouvements propres de milliards d'étoiles de la galaxie. La parallaxe d'un astre est due à son mouvement apparent sur le fond du ciel (*ellipses*) sous l'effet de la révolution de la Terre autour du Soleil. Étant donné la très faible valeur de ces parallaxes, elles ont été ici agrandies par un facteur 100 000.

Comment la Voie lactée s'est-elle formée? D'où viennent ses étoiles? Quelles sont, de façon générale, ses propriétés? C'est pour répondre à ces questions que l'ESA, l'Agence spatiale européenne, a lancé fin 2013 le satellite *Gaia*, l'une des missions astronomiques récentes les plus ambitieuses. Au bout de quatre années d'observations, le consortium *Gaia* a publié en avril 2018 un catalogue indiquant la position, la parallaxe, le mouvement, la couleur et l'éclat de plus de 1,3 milliard d'étoiles. Ce nombre gigantesque – sans équivalent dans l'histoire de l'astronomie – et l'exquise précision des mesures ont commencé à remettre en cause une bonne part de ce que nous croyions savoir sur notre galaxie, ainsi que sur les mécanismes d'évolution stellaire.

On admet généralement que la formation des galaxies suit un scénario hiérarchique: les galaxies petites fusionnent peu à peu et forment des galaxies plus grandes. Ce mécanisme d'agrégation peut s'étaler sur des millions d'années, et l'on est aujourd'hui capable de le reconstituer en étudiant les orbites et les propriétés des étoiles d'une galaxie donnée. Les étoiles provenant d'une galaxie naine engloutie par le passé présentent en effet des trajectoires et des caractéristiques qui les distinguent des autres et permettent de remonter jusqu'à leur origine. Ainsi, le meilleur moyen de reconstituer le passé de la Voie lactée consiste à cartographier avec le maximum de précision le mouvement, la distance, l'âge et la composition chimique d'autant d'étoiles que possible. Tel est bien l'objectif de la mission *Gaia*.

L'analyse de ces données a déjà produit son lot de surprises. Nous avons par exemple appris qu'il y a 10 milliards d'années, la Voie lactée est entrée en collision et a fusionné avec une autre galaxie environ quatre fois plus petite qu'elle. De même, il semble qu'à une époque bien plus récente, le passage rapproché d'une autre galaxie naine a déclenché une série de perturbations des orbites des étoiles du disque de la Voie lactée, perturbations observées encore aujourd'hui.

L'énorme quantité des nouvelles données et leur précision permettent d'analyser les mécanismes d'évolution stellaire comme jamais auparavant. Ces travaux ont déjà révélé l'existence de populations d'étoiles inattendues et offert des preuves observationnelles de phénomènes jusque-là hypothétiques. Au-delà du voisinage galactique immédiat, les mesures de *Gaia* révèlent la dynamique du halo sphérique et diffus d'étoiles qui entoure le disque galactique, ainsi que celle des galaxies naines satellites qui gravitent autour de son centre. Cette vague de découvertes ne fait que commencer.

Le satellite *Gaia* a été lancé en décembre 2013 et a été placé au point de Lagrange L2 du



LA VOIE LACTÉE EN QUELQUES CHIFFRES

Notre galaxie présente un disque épais d'environ 1 000 années-lumière en moyenne et de diamètre compris entre 100 000 et 200 000 années-lumière. On estime qu'elle contient 100 à 400 milliards d'étoiles, dont beaucoup auraient des planètes. Sa masse est estimée entre $1,1 \times 10^{12}$ et $2,3 \times 10^{12}$ masses solaires, soit plus de 10 fois celle des étoiles. Le Soleil se trouve à environ 26 500 années-lumière du centre galactique, autour duquel il effectue une révolution en quelque 250 millions d'années, à la vitesse de 230 kilomètres par seconde.

système Terre-Soleil (à 1,5 million de kilomètres de la Terre dans la direction opposée au Soleil) où il se maintiendra jusqu'à la fin de sa mission. Ses observations ont débuté en juillet 2014. Le satellite tourne en 6 heures sur son axe, lequel suit lui-même un mouvement de précession autour de la direction Terre-Soleil avec une période de 63 jours. Ces deux mouvements, alliés à son déplacement autour du Soleil en même temps que la Terre (en un an, donc), permettent à ses capteurs de couvrir l'ensemble du ciel en 6 mois environ.

70 MILLIONS D'ÉTOILES INSPECTÉES PAR JOUR

Grâce à ce balayage de la voûte céleste, *Gaia* inspecte en moyenne 70 millions d'étoiles par jour. Chacune de ces observations donne lieu à 9 mesures de la position et de l'éclat, à l'obtention de deux spectres de basse résolution dans les parties bleues et rouges du spectre visible ainsi qu'à trois autres spectres de plus haute résolution dans l'infrarouge. On déduit des premiers spectres la nature de l'astre observé et certaines de ses propriétés telles que sa température et sa gravité de surface. Les seconds servent à déterminer la vitesse radiale de l'étoile (c'est-à-dire sa vitesse le long de la ligne de visée) ainsi que sa composition chimique. *Gaia* est équipé d'un ensemble de 106 dispositifs à transfert de charge (des CCD) qui équivalent à une caméra de 1 gigapixel, la caméra la plus performante jamais lancée dans l'espace. Le