

Regards sur la science

Rubrique coordonnée
par Kévin Moris

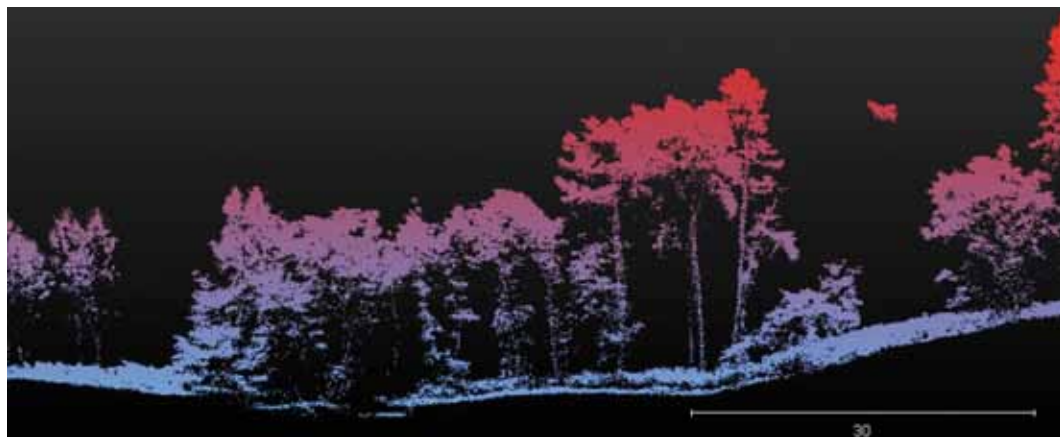
Voir sous la forêt : l'apport du lidar à la recherche archéologique en Amazonie

Au fil du temps, la déforestation menée en Amazonie a révélé la présence, en de nombreux endroits, de traces archéologiques précédemment cachées par la couverture végétale. Ces dernières années, la technique du lidar (*light detection and ranging*), également utilisée dans d'autres régions tropicales du monde, a permis de systématiser la recherche de tels restes à des échelles spatiales précédemment inaccessibles.

Le lidar opère selon un principe similaire à celui du radar et du sonar pour mesurer la distance à une cible : au lieu d'utiliser des micro-ondes (radar) ou des ondes acoustiques (sonar), il émet des impulsions laser dans le domaine infrarouge (inoffensives pour le monde vivant) et mesure pour chacune son temps et son angle de retour après qu'elle a rencontré un objet. Une fois que tous les signaux reçus sur une scène donnée ont été traités en tenant compte de la

position et de l'orientation du scanner, qui sont enregistrées en continu, un nuage de points 3D géolocalisés est obtenu, représentant l'ensemble des cibles rencontrées (voir figure). Un lidar aéroporté (installé sur avion, hélicoptère, ULM ou drone) survolant une forêt peut ainsi enregistrer de très nombreuses informations sur la répartition spatiale des éléments de végétation – feuilles, branches, troncs – et sur la topographie de la surface du sol sous-jacent. C'est pourquoi le lidar est de plus en plus utilisé en foresterie (détermination de l'architecture de la canopée, de sa biomasse, de sa biodiversité végétale, etc.), mais aussi en archéologie car il permet, en s'affranchissant des structures végétales, de « voir » des vestiges indétectables par les techniques de télédétection plus classiques, notamment en zone forestière.

Cette révolution dans la documentation de sites archéologiques a conduit plusieurs équipes à



UMR Teitès, Inrae.

Coupe verticale d'un nuage de points 3D acquis par lidar, montrant une portion de la ripisylyve (végétation en bord de cours d'eau) du Ciron, en Gironde (mesures du 3 octobre 2019, avec une densité moyenne de 68 points/m² et une précision altimétrique et planimétrique de 5 cm).

cartographier, dans différents pays du bassin amazonien, des zones de plusieurs centaines de km² à une résolution décimétrique. A ainsi été révélée sur de nombreuses zones l'existence, sous la canopée, de « *paysages anthropiques élaborés* » d'origine préhispanique (s'avérant pour certains âgés de 2 000 à 3 000 ans) [1], montrant une grande diversité de formes : assemblages de structures urbaines et agricoles, centres urbains constitués pour certains de groupes de « *plateformes rectangulaires en terre* » et de monticules de différentes tailles, connectés par des réseaux routiers ; enclos entourés de murs, collines arasées, fossés, terrasses, champs drainés, canaux et réservoirs. L'ensemble de ces éléments montre une remarquable cohérence spatiale et certains sites de peuplement mis en évidence ont pu être qualifiés de « *monumentaux* » [2].

Ces découvertes remettent en cause deux visions traditionnelles de la forêt amazonienne. D'abord, elles montrent la présence ancienne, dans la région, de peuples ayant eu la capacité de domestiquer le paysage, de créer des centres urbains, de pratiquer l'agriculture et d'établir des réseaux de communication à des

échelles régionales jusqu'alors insoupçonnées. De fait, on ne peut plus la considérer comme la « forêt vierge » habituellement dépeinte, qui serait l'une des dernières forêts primaires du globe [3] ; mais plutôt comme une forêt « de reconquête » [4], qui s'est naturellement régénérée après l'abandon de sites « *ouverts, aménagés, habités, irrigués et exploités* ».

L'utilisation du lidar confirme ainsi « *l'exceptionnel potentiel archéologique de l'Amazonie* » [1] et promet de futures découvertes de grand intérêt sur les civilisations préhispaniques, notamment dans les régions de faible accessibilité et de dense végétation.

Yves Brunet

Références

- [1] Rostain S et al., "Two thousand years of garden urbanism in the Upper Amazon", *Science*, 2024, 383:183-189.
- [2] Prümers H et al., "Lidar reveals pre-Hispanic low-density urbanism in the Bolivian Amazon", *Nature*, 2022, 606:325-328.
- [3] Rostain S, *La Forêt vierge d'Amazonie n'existe pas*, Le Pommer, 2021.
- [4] Chouquer G, « Le renversement des termes de l'histoire agraire, en Amérique latine », *Encyclopédie de l'Académie d'agriculture de France*, 2023, fiche n° 13.06.Q01.

Un plastique biodégradable avec des enzymes intégrées ?

Le terme « plastique » désigne un matériau constitué d'un polymère auquel sont souvent ajoutés divers additifs améliorant ses propriétés physiques ou réduisant son coût [1]. Pour l'année 2022, on estime que plus de 400 millions de tonnes de plastiques ont été produites sur Terre, en grande majorité *via* la conversion de pétrole, gaz ou charbon [2]. Cette dernière requiert de l'énergie dont la production est responsable de l'émission de gaz à effet de serre [3]. La gestion des déchets plastiques est un autre problème important. Il a été estimé qu'environ 12 milliards de tonnes de ces déchets s'accumuleront en décharge ou dans l'environnement d'ici 2050 [4]. Non pris en charge, le plastique s'accumule dans l'environnement sous des formes microscopiques et macroscopiques, avec des effets néfastes soupçonnés sur divers écosystèmes et la santé humaine [5]. La pollution due aux plastiques est généralement causée par leur manque de dégradabilité.

L'acide polylactique (PLA) est un polymère qui propose une alternative intéressante aux plastiques provenant de sources fossiles. Il est composé d'acide lactique, une molécule généralement obtenue par la fermentation microbienne de sucres issus de biomasse. En 2022, plus de 400 000 tonnes de PLA ont été produites pour des applications comme le conditionnement alimentaire [6]. L'acide lactique du PLA est une source de carbone exploitable par de nombreux micro-organismes, ce qui le rend potentiellement biodégradable. Néanmoins, le PLA n'est que peu dégradé dans le sol, les océans ou en compost.

Pourquoi le PLA n'est-il que peu biodégradable ? Dans l'environnement, les micro-organismes utilisent des enzymes pour métaboliser divers nutriments. Or il existe des enzymes capables de « digérer » le PLA, mais celles-ci sont soit trop peu efficaces, soit trop peu présentes