



TRAITER



Il faut à la moisson de la donnée géographique brute un traitement pour la rendre lisible. L'artiste cartographe, mué en géomaticien, devient développeur d'intelligence artificielle et data scientist, pour transformer plus vite une donnée toujours plus massive et renouvelée en continu. Ce traitement, seconde étape de la production de la donnée géographique, prépare la donnée pour les systèmes d'information géographique, les sites web ou les plateformes numériques dédiées.

L'intelligence artificielle pour cartographier les changements rapides

Les phénomènes liés au réchauffement climatique mettent en œuvre des transformations du territoire profondes et visibles dans le temps. Pour répondre à l'accélération de ces phénomènes, l'IGN travaille sur l'automatisation et la généralisation de l'intelligence artificielle avec une double finalité : en tirer des enseignements pour accompagner la décision publique et partager cette donnée augmentée à l'ensemble de la société. Ce virage technologique s'appuie sur un plan de recrutement et de formation : de l'ingénieur à l'opérateur, tout le monde est concerné.

CARTOGRAPIER PLUS FRÉQUEMMENT LES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le changement climatique est une réalité, et ses conséquences sont chaque jour plus visibles. L'utilisation de la cartographie est clé pour comprendre le monde et faciliter la décision publique. Véritable base de connaissance, elle met en évidence non seulement les impacts à un instant T mais surtout elle permet de suivre les évolutions d'un territoire à différentes périodes. Un exemple : dans les bases de données réalisées sur les incendies de forêts, l'évolution est nette, les feux sont de plus en plus dévastateurs et de plus en plus longs.

Les besoins de cartes et de données se font plus pressants à mesure que les

phénomènes climatiques majeurs (incendies, inondations, fragilisation des forêts, etc.) se répètent. Il devient ainsi nécessaire de renouveler plus fréquemment les cartes du territoire avec un degré de précision toujours plus fin.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET LE DEEP LEARNING AU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE

Aujourd'hui, les méthodes traditionnelles de cartographie ne peuvent tenir à elles seules le rythme de l'évolution de ces besoins. Si l'on prend l'exemple de la cartographie de l'occupation des sols, il faut compter un délai d'environ 12 à 18 mois pour produire une surface équivalente à un département – prise de vue aérienne, étape de photo-interprétation comprise. L'IGN

mise donc sur l'automatisation de ses processus de production sous la supervision de ses équipes techniques. Pour cela l'institut a désormais recours à l'intelligence artificielle (IA) pour reconnaître automatiquement différents objets (bâtiment, arbre, surface de bitume, etc.). Obtenues par analyse automatique d'images aériennes et satellitaires à l'aide de *deep learning* (apprentissage profond), et renforcées par le croisement de données multisources et de contrôles ou reprises manuelles, ces nouvelles productions permettent désormais d'envisager de cartographier l'occupation du sol métropolitain des départements et régions d'outre-mer (DOM-ROM) en seulement trois ans. Ces processus inédits ont déjà été déployés sur le Gers, premier département réalisé

Feuille de route intelligence artificielle

Les techniques d'intelligence artificielle (IA) ont bouleversé la plupart des domaines du traitement de l'information (traitement du langage, vision par ordinateur, etc.) et en particulier certains cœurs de métiers de l'IGN (télédétection, cartographie, etc.). Elles sont appelées à jouer un rôle incontournable dans les descriptions fines et régulières du territoire. Depuis des années, les équipes du pôle d'enseignement et de recherche de l'IGN, l'ENSG-Géomatique, participent à des travaux qui font référence dans ce domaine. Pour accompagner la montée en maturité et le déploiement à large échelle des technologies considérées, l'IGN a établi une feuille de route qui vise à :

- renforcer les capacités techniques en matière d'IA pour conduire les « grands projets » d'automatisation déjà initiés ;
- mener des expérimentations pour préparer la réponse à d'autres enjeux à venir ainsi que pour structurer des communs en matière d'IA ;

→ participer aux communautés d'IA qui concourent au suivi des changements rapides du territoire liés à l'activité humaine (anthropocène).

La ligne de conduite retenue pour cette feuille de route est celle d'une démocratisation de l'IA au sein de l'institut et dans la société. En opposition à une logique technocratique de concentration d'un savoir établi chez quelques experts, il s'agit d'assurer la diffusion large de la capacité d'agir avec l'IA ainsi que de donner prise à la délibération en commun sur la façon de mobiliser et de développer ces techniques. À l'appui de la mise en œuvre de la feuille de route, l'IGN a lancé un plan de formation continue en interne ainsi qu'un plan de recrutement de spécialistes de l'IA afin de constituer un pool ayant une taille critique suffisante à l'échelle de l'État.

dans le cadre du dispositif national de mesure de l'artificialisation des sols. Si les processus de production sont inédits, l'approche l'est également puisque l'IGN met en open data toutes les ressources qui contribuent à entraîner les modèles. Une opportunité pour chacun de s'en saisir et de les enrichir.

Cette technique de *deep learning* est par ailleurs utilisée dans le cadre du programme national de cartographie 3D (LiDAR HD). Utile pour le contrôle de la classification de nuages de points, cette classification automatique catégorise les points en une dizaine de classes telles que les bâtiments, la végétation haute/moyenne/basse, l'eau, etc.

Les modèles ainsi créés offrent une description actualisée de l'état du sol et

fournissent de nouveaux référentiels généralisés sur le territoire, qui s'avèrent nécessaires pour situer par exemple plus précisément les vagues de chaleur, déterminer les zones artificialisées ou évaluer la séquestration du carbone dans le sol.

Les premières productions IGN montrent la complémentarité entre l'automatisation et le travail des équipes de l'institut. L'IA ne va pas remplacer l'humain mais faire évoluer les métiers, de l'ingénieur à l'opérateur. C'est pourquoi la feuille de route IA (*cf. encadré*) met en avant un enjeu de démocratisation.

En complément des données d'occupation du sol à grande échelle (OCS GE), de nombreuses autres cartographies et données produites par l'IGN en

collaboration avec ses partenaires sont disponibles. Parmi elles figure l'inventaire forestier qui recense en continu les ressources forestières nationales. La base de données sur les incendies de forêts en France (BDIFF) centralise les informations depuis 2006 ou encore tout le patrimoine photo et la cartographie accessible sur les sites remonterletemps.ign.fr et geoportail.gouv.fr.

Ces différentes bases de données sont complémentaires sur un même territoire et constituent ainsi une grande richesse pour comprendre l'évolution des territoires et éclairer l'action. ●

+ Zoom sur le projet CONQueTh

Les impacts du climat sur la croissance de trois essences de chêne

Le projet CONQueTh (capacité d'occupation du nord par les quercus thermophiles), initié par le Centre national de la propriété forestière (CNPF), s'est déroulé entre 2017 et 2021. Il a montré que la ressource en chênes pubescents, pédonculés et sessiles dans la région de la Loire a augmenté ces trente dernières années. Plus précisément, cette ressource est passée de 2,4 à 2,7 millions d'hectares, et de 318 à 482 millions de mètres cubes. Cette progression du volume observée dans cette étude est caractéristique de la situation métropolitaine. Elle s'explique par une augmentation de la maturité des peuplements (constitués d'arbres de plus gros diamètres qu'autrefois) et dans une moindre mesure, par une augmentation de la surface des forêts.

Cette progression globale cache toutefois des dynamiques différentes selon les trois essences. Les chênes sessiles et pédonculés baissent fortement en nombre de tiges et en volume dans les diamètres inférieurs à 17,5 centimètres, alors qu'ils augmentent dans les autres classes de diamètre. Le chêne pubescent, quant à lui, augmente dans toutes les classes de diamètre quelles que soient les variables observées (volume, nombre de tiges). On observe ainsi qu'en dix ans, le territoire occupé par le chêne pubescent semble en expansion dans le bassin ligérien tandis que le renouvellement des deux autres chênes diminue (*cf. cartes ci-contre*).

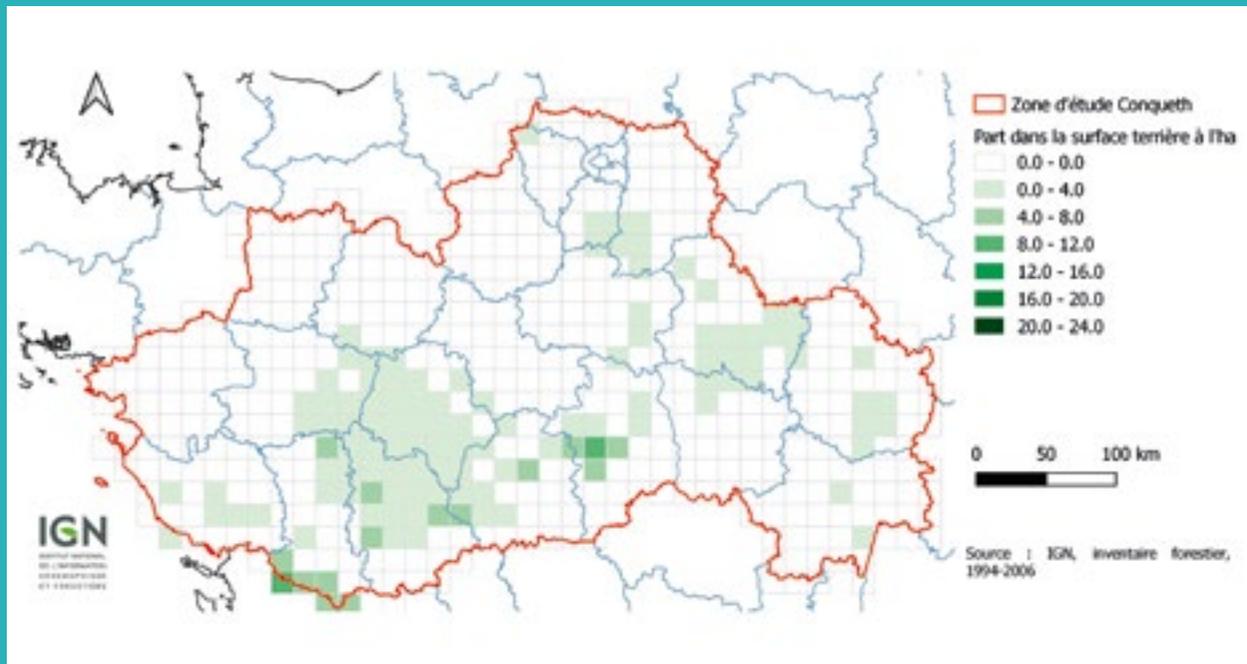
Plusieurs phénomènes concomitants peuvent expliquer ces évolutions. L'expansion forestière, à l'œuvre sur toutes les terres abandonnées du territoire métropolitain, contribue au développement des espèces pionnières comme le chêne pubescent ou le chêne pédonculé. Par ailleurs, la population importante de grands ongulés peut décourager localement les sylviculteurs d'investir pour renouveler les peuplements gérés de chênes sessiles et pédonculés dont les jeunes plants sont des mets de choix pour les cervidés.

Cependant, les évolutions climatiques ont également pu contribuer aux évolutions observées : à la faveur des modifications climatiques des dernières années, le chêne pubescent a pu gagner en compétitivité car sa croissance radiale est stable depuis 2006 alors que celle des chênes pédonculés et sessiles montre une légère diminution liée au climat. Cela pourrait être dû à une plus grande résistance à la sécheresse du chêne pubescent par rapport aux chênes sessiles et pédonculés. Cette résistance peut à la fois le favoriser dans sa phase d'installation sur de nouvelles terres et dans des peuplements mixtes dans lesquels il est déjà établi. Attention cependant, la croissance radiale des deux autres chênes est encore (pour l'instant ?) bien supérieure à celle du chêne pubescent.

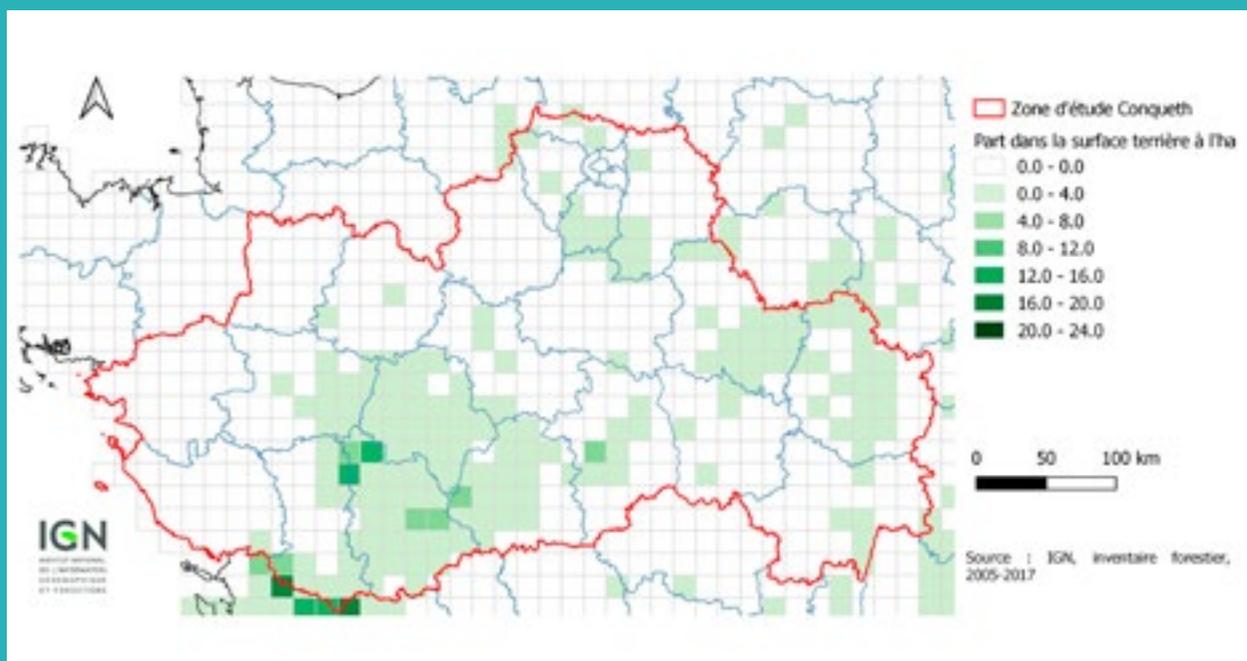
Plusieurs phénomènes concomitants peuvent expliquer ces évolutions :

- **l'expansion forestière**, à l'œuvre sur toutes les terres abandonnées du territoire métropolitain, contribue au développement des espèces pionnières comme le chêne pubescent ou le chêne pédonculé ;
- **la surpopulation du gibier** décourage les sylviculteurs à renouveler les peuplements gérés de chênes sessiles et pédonculés dont les jeunes plants sont des mets de choix pour les cervidés ;
- **les évolutions climatiques** des dernières années ont fait gagner en compétitivité au chêne pubescent car sa croissance radiale est stable depuis 2006 alors que celle des chênes pédonculés et sessiles montre une légère diminution liée au climat.

ÉVOLUTION DE LA POPULATION DU CHÊNE PUBESCENT EN RÉGION CENTRE VAL DE LOIRE.



Dates : 1994-2006



Dates : 2005-2017