



A la recherche des layons perdus en forêt avec le LiDAR

Afin de protéger le sol forestier et de faciliter les tâches de planification, le canton d'Argovie a numérisé sa desserte fine. A l'aide de logiciels de reconnaissance d'images et de l'intelligence artificielle, ce processus peut être considérablement simplifié et accéléré.

Sur la base des données récoltées, un nuage de points, correspondant à un profil en travers, peut être généré. Les données LiDAR sont très précises. Elles

Raffael Bienz, Andreas Freuler* | La desserte fine permet de réduire le risque de dégâts au sol et au peuplement restant et de le concentrer sur une surface réduite et quelques arbres. Elle contribue à la sécurité au travail, à l'efficacité et favorise la vue d'ensemble. Une desserte fine bien planifiée et mise en place permet l'exploitation de la plus grande surface de forêt avec le minimum

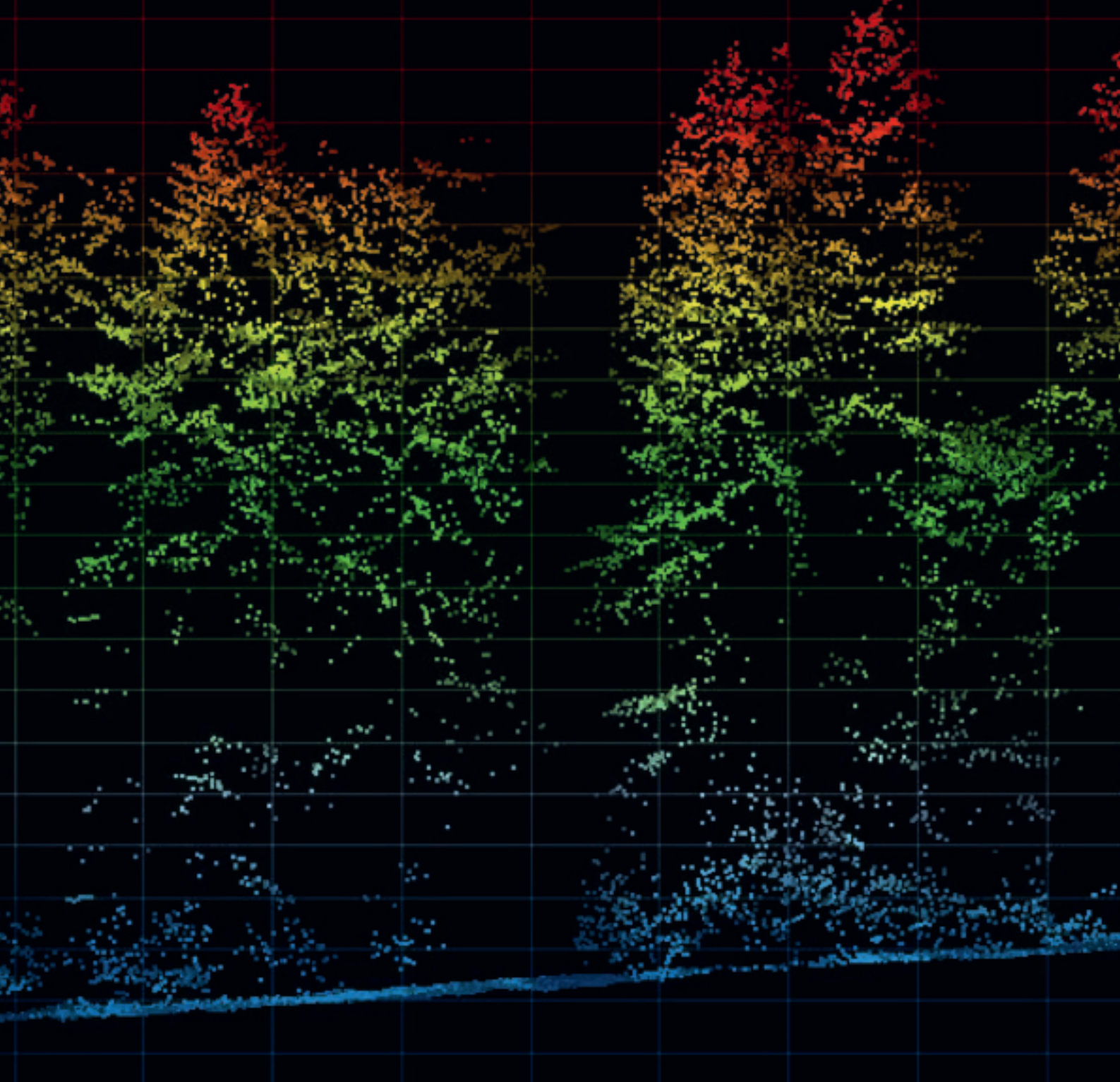
* Raffael Bienz et Andreas Freuler, spécialistes en gestion sylvicole, Service cantonal des forêts d'Argovie.

de déplacement des engins. La planification et l'optimisation de la desserte fine sont une tâche exigeante. Un seul passage de machine entraîne déjà une perturbation du sol forestier, raison pour laquelle la desserte fine doit être définie pour durer et être utilisée lors de toute intervention.

Après une tempête ou une longue phase de rajeunissement, il devient difficile de retrouver sur le terrain les layons de débardage. La connaissance du tracé de la desserte fine peut aussi être tout simple-

ment perdue suite à des changements au sein du personnel. Ces raisons ont amené le service des forêts du canton d'Argovie à recommander la digitalisation de la desserte et à soutenir les entreprises forestières dans cette tâche par des conseils, la préparation des relevés et leur traitement ainsi que la mise à disposition d'outils de positionnement GPS.

Les chemins forestiers font déjà l'objet de relevés systématiques dans tout le canton. Ces relevés sont mis à disposition



renvoient une image détaillée de la forêt. Elles révèlent la desserte forestière; elles peuvent aussi servir à indiquer la hauteur des arbres.

Graphique: LDD

Cette méthode argovienne fonctionne indépendamment de la simulation.

des exploitants pour leurs besoins de planification dans un système d'information géographique (SIG) en ligne (BKOnline). La desserte fine, par contre, n'est cartographiée qu'à hauteur de 40 % de son étendue.

Jusqu'en 2014, elle était recensée directement en forêt par GPS. Depuis cette date, des données LiDAR couvrent tout le canton et permettent une cartographie manuelle à l'ordinateur. A cet effet, un modèle numérique de terrain (MNT) est calculé sur la base des données LiDAR, filtrées de façon à rendre le relief visible.

La méthode classique, dite «hillshading», permet de le mettre en évidence en simulant une position du soleil à un moment donné, en calculant son ombre portée et en repré-

sentant le tout sur une carte (figure 2, à g.). En fonction de la position simulée du soleil, cette méthode présente cependant l'inconvénient que des parties du relief deviennent invisibles (les ornières parallèles à la direction du soleil par exemple, ou celles qui se situent dans des expositions nord, alors que le soleil est simulé au sud). C'est pourquoi le canton d'Argovie a développé sa propre méthode pour mettre en évidence le relief fin. Cette «méthode argovienne» fonctionne indépendamment de la simulation de la

position du soleil et permet de révéler de façon uniforme toute structure du sol (figure 2, à d.). Ainsi, les traces de passage des machines, généralement bien visibles, peuvent être directement numérisées sur la carte. L'expérience le montre, cette méthode permet de retrouver et numériser environ deux tiers de la desserte fine. Malgré le support technique, cette opération reste cependant très chronophage. La reconnaissance des layons demande en plus une certaine expérience de la part de l'opérateur.

Le modèle reconnaît les caractéristiques

Raffael Bienz, coauteur de ces lignes, a suivi une formation continue en science des données à la Haute école spécialisée du Nord-Ouest de la Suisse. Dans le cadre de son travail de fin d'études, il s'est penché sur la question de l'analyse d'images et de

la classification automatisée. En s'appuyant sur les données disponibles (cartes du relief de terrain et layons déjà recensés), il a développé un modèle de reconnaissance d'images pour détecter automatiquement les layons dans les zones forestières non encore analysées du canton. A cette fin, un réseau artificiel de neurones a été mis à contribution; il a été entraîné pour être capable de reconnaître la desserte fine et de l'inscrire sur la carte du relief.

La structure de base du modèle repose sur le principe de segmentation d'image «U-Net», développé pour l'analyse d'images médicales. Il est intéressant de noter que les prises de vues médicales par microscope électronique présentent des similitudes optiques avec des représentations LiDAR. Les deux sont en niveaux de gris, ce qui explique peut-être pourquoi le modèle a si bien fon-

ctionné avec les images LiDAR. Le modèle est construit en plusieurs couches et présente, comme son nom l'indique, une forme en U. Sur la gauche de la figure 3, tout en haut, un extrait de la carte du relief de terrain (150 x 150 mètres) est soumis au modèle. Le système traite pas à pas l'information (partie gauche du U) et en extrait certains attributs caractéristiques.

Ce sont ces particularités que le modèle apprend à reconnaître et à qualifier automatiquement pendant le processus d'entraînement. Plus il descend dans les couches discriminantes, plus les particularités sont complexes à identifier. Dans les couches d'algorithmes les plus élevées, ce sont les structures les plus simples qui sont reconnues, comme des lignes et des rebords. Dans les couches les plus basses, les structures les plus complexes sont mises en évidence

LiDAR

LiDAR («light detection and ranging») est une technique de mesure par laser. Elle peut être implémentée sur un avion pour traiter précisément de grandes surfaces de terrain. Elle fournit un nuage de points en trois dimensions recelant nombre d'informations sur le relief du terrain, soit les points se trouvant au sol, mais aussi sur le relief de surface, soit les arbres et la forêt.

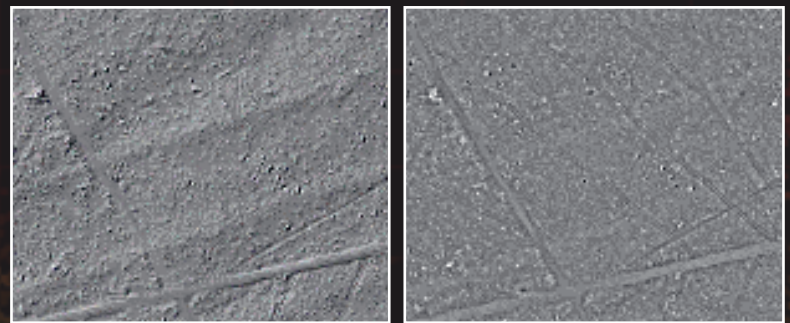


Figure 2: Cartes de structure du relief issues des données LiDAR. A g., méthode hillshading, à d., méthode argovienne.

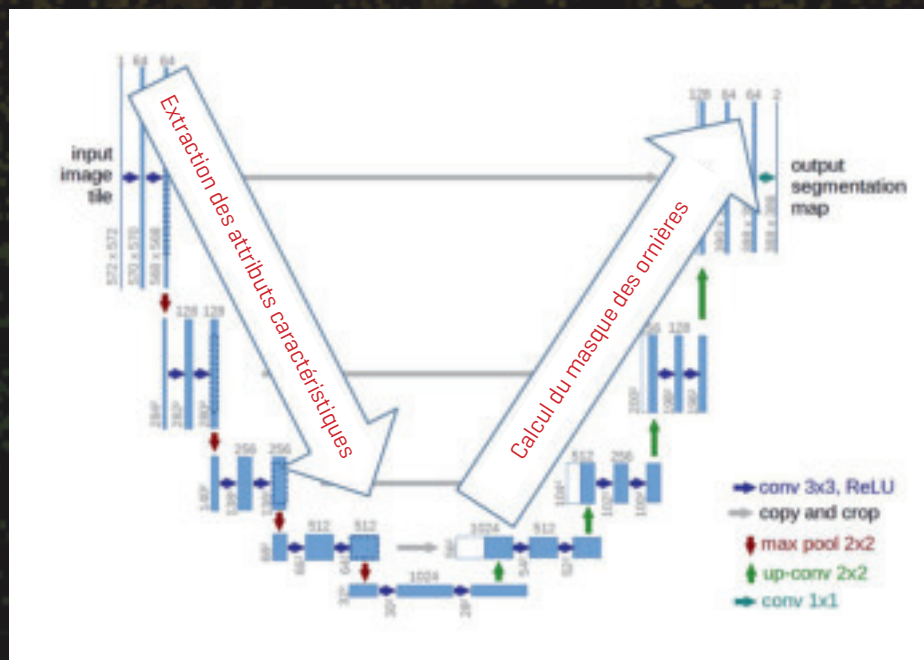


Figure 3: à g., architecture en U servant de base à la reconnaissance d'objets selon la méthode argovienne (Ronneberger et al., 2015, modifié).

et identifiées, comme les ornières. Dans un deuxième temps (partie droite du U), un masque ne comprenant que ces particularités est créé et tous les pixels correspondant aux ornières sont alors reportés sur la carte du relief de terrain (figure 4).

Cette méthode a permis d'établir la carte de toutes les ornières en forêt argovienne. Cependant, ces données n'étaient pas encore optimales. Pour un usage pratique, elles devaient être retravaillées, afin que les alignements de pixels sur la carte (format raster) soient transformés en vecteurs. Dans une deuxième phase, un autre algorithme a été développé pour vectoriser les lignes pixélisées mises en évidence par le modèle. Cela permet de pouvoir représenter les layons de façon lissée, indépendamment du facteur de zoom (figure 5). La méthode a très bien fonctionné. Les

ornières visibles sur la carte LiDAR ont été détectées à raison d'environ 90%; 126 000 traces ont été ainsi relevées automatiquement dans le canton d'Argovie. Dans quelques cas isolés, il est arrivé au modèle de se tromper. Il a classé comme ornières des chemins forestiers ou des fossés de drainage.

Ce produit est très utile dans le cadre de la mise en valeur et de l'optimisation de la desserte fine. Il soulage les exploitants forestiers en leur fournissant toutes les informations dont ils ont besoin. Les ornières identifiées sont mises à disposition sous la forme d'une couche SIG que les tablettes numériques employées en forêt peuvent reprendre en l'état. Les connaissances du terrain des intéressés leur permettent de les valider rapidement. Les pistes qui n'auraient pas été identifiées, ou des layons

fraîchement implantés, sont alors relevés de manière conventionnelle sur place, par GPS, puis saisis dans le SIG.

Cela permet d'optimiser tout le système de desserte fine. Numérisé, le réseau de cette dernière devient la base pour l'attribution des mandats d'interventions et de coupes. Les données peuvent être envoyées préalablement aux entreprises; leurs machinistes sont en mesure de se repérer précisément par GPS sur le terrain. Le modèle argovien de reconnaissance d'ornières est mis à disposition librement sur internet. Des tests effectués par d'autres cantons avec les données LiDAR de Swisstopo ont montré que les algorithmes argoviens fonctionnaient bien hors du canton aussi. ■

Informations

<https://bit.ly/skidroad>

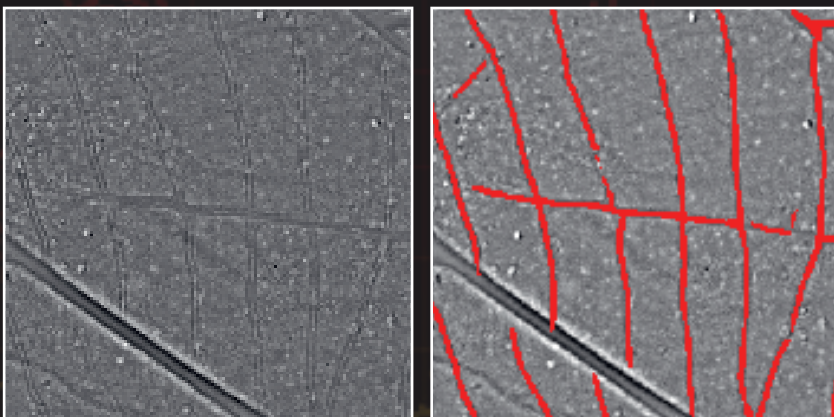


Figure 4: à g. extrait de la carte du relief (soumis au modèle d'analyse d'image); à d., carte du relief après traitement (résultat).

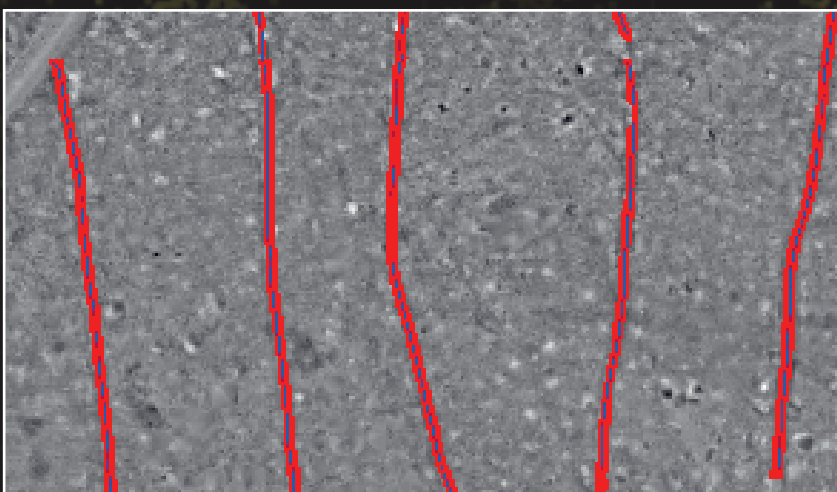


Figure 5: ornières détectées (masque, format raster en rouge) et sous forme de ligne vectorisée, en bleu.

LA FORÊT VIRTUELLE

Mettant à profit les propriétés du laser infrarouge, la technique LiDAR est employée dans le monde entier pour observer des zones forestières en trois dimensions. En France, l'Office national des forêts (ONF) a mené une campagne de vols LiDAR près du massif du Mont-Blanc [Haute-Savoie]. D'après l'ONF, les données récoltées ont pour but «de pouvoir mieux décrire les forêts et estimer leur valeur», cette valeur étant à prendre au sens écologique plus que monétaire. Les premiers résultats sont attendus prochainement. En Haute-Savoie comme en Argovie, l'objectif est de collecter des détails sur la desserte, mais aussi sur la biodiversité, les conséquences du changement climatique et sur la santé des peuplements. Depuis des années, des équipes de chercheurs travaillent partout sur la planète sur les questions de numérisation des peuplements forestiers, non seulement à partir des airs, mais aussi du sol. On évoque même la notion de «forêt transparente». L'intention est de reconstruire la véritable forêt en une «forêt virtuelle», cette dernière offrant un champ de simulation pour toutes sortes d'interventions. Déjà aujourd'hui, les images laser ne proviennent plus exclusivement de vues aériennes. Elles sont aussi captées par des scanners laser opérant au sol. [hws]

Une offre exclusive pour les lectrices et lecteurs de

LA FORÊT

L'«Atlas des mammifères» à prix exceptionnel



ForêtShop

Articles de qualité pour
la forêt et les métiers verts

En collaboration avec le magasin ForêtShop, les revues LA FORÊT et WALD und HOLZ vous proposent l'«Atlas des mammifères» au prix exclusif de **88.50 francs** (TVA et frais d'envoi inclus). Fruit de plusieurs années de préparation, cet ouvrage de référence trace le portrait illustré et la carte de répartition de chacune des 99 espèces vivant à l'état sauvage en Suisse et au Liechtenstein. Publié par la Société suisse de biologie de la faune, il est écrit dans un style accessible à toutes et à tous. Son contenu repose sur des observations et des données collectées avec une grande rigueur scientifique. Grands ongulés, chauves-souris, petits et grands rongeurs, espèces nouvelles comme le chien viverrin: ce livre constitue une mine de renseignements sur la faune sauvage, un guide indispensable pour toutes les personnes qui vivent et travaillent dans des milieux naturels. Des chapitres spécifiques abordent en outre des thèmes comme la réintroduction d'espèces disparues ou la gestion des grands prédateurs.

CHF 88.50
port et emballage
compris
au lieu de CHF 109.-



Commande

[Offre valable jusqu'à fin juin 2022]

Je profite de cette offre exceptionnelle et commande
l'«Atlas des mammifères de Suisse et du Liechtenstein»
au prix de CHF 88.50 (TVA et frais d'envoi inclus)

Adresse de facturation

Prénom/Nom
Rue et n°
NPA/Localité
Courriel
Téléphone
Signature



ForêtShop

Articles de qualité pour
la forêt et les métiers verts

Nombre d'exemplaires (à remplir s.v.p.)

Adresse de livraison

Prénom/Nom
Rue et n°
NPA/Localité

Vous pouvez commander l'«Atlas des mammifères» au moyen de ce bulletin; par courriel; par téléphone; ou en ligne auprès de:
ForêtSuisse, Rosenweg 14, 4502 Soleure, tél. +41 32 625 88 20, shop@waldschweiz.ch [en indiquant «Offre lecteurs» comme objet]