



La mine

vue du ciel

Élaborer une cartographie de haute précision des sols miniers en Nouvelle-Calédonie et mieux cartographier la végétation est désormais possible grâce à la technologie hyperspectrale. Retour sur cette technique de pointe dont les premiers résultats sont encourageants.

Par Sandrine Chopot, Photo : CNRT/IRD - UMR Espace-Dev

Le projet Cartographie du régolite par télédétection hyperspectrale aéroportée (Cartha) fait partie des quinze appels à projet de première génération lancés en 2009 par le Centre national de recherche technologique (CNRT) « Nickel et son environnement », groupement d'intérêt public. L'objectif de ce projet consistait à tester l'outil de télédétection hyperspectrale, comme aide à la cartographie du milieu minier. Deux thématiques ont été retenues : obtenir la cartographie précise, à l'échelle du territoire, des ensembles altérés (régolite) sur massifs de péridotites, hôtes des gisements nickélifères qui recouvrent près d'un tiers de la superficie de la Grande Terre et proposer une cartographie de la végétation minière. Ce projet représente des enjeux considérables à la fois pour les miniers

qui doivent optimiser la gestion de leurs concessions mais aussi pour les instances qui sont tenues de faire respecter la réglementation.

Une technologie de pointe

Employée en prospection minière depuis des décennies, la technologie hyperspectrale a été très peu employée, jusqu'à présent, par les entreprises minières calédoniennes et par les collectivités. « Or, l'imagerie hyperspectrale, c'est-à-dire l'analyse de l'énergie solaire réfléchi par les objets au sol sur plusieurs centaines de longueurs d'onde, est particulièrement bien adaptée à un milieu hétérogène tropical comme la Nouvelle-Calédonie », explique Brice Sevin, géologue à la Dimenc. L'intérêt dans le domaine de la mine repose sur la caractérisation spectrale

des différents composants du régolite (lithologie, degré d'altération, etc.) ou de la végétation. Comme le souligne Marc Despinoy, ingénieur de recherche à l'IRD, responsable du projet Cartha, « la télédétection hyperspectrale aéroportée est une combinaison de la spectrométrie et de l'imagerie. Elle permet d'enregistrer précisément l'énergie dégagée par chaque objet et de détecter certaines caractéristiques physiques. Chaque objet possède sa propre signature spectrale. » Cette technique présente de nombreux atouts de par sa puissance et la qualité des résolutions (spatiale et spectrale). Ses applications sont nombreuses et concernent différents domaines tels que l'agriculture, la minéralogie, la surveillance de l'environnement. Dans le cadre du projet Cartha, le capteur aéroporté de type Hymap (exploité par la société australienne Hyvista)



produit des images sur 128 longueurs d'ondes allant du visible au moyen infrarouge, à une résolution spatiale de trois mètres. Une fois recueillies, ces images sont traitées. « Il s'agit

« Nous avons une véritable cartographie minéralogique qui constitue un outil supplémentaire pour repérer les zones riches en nickel. »

de faire la correction atmosphérique du spectre pour ne récupérer que l'image du sol ou de la végétation, puis d'effectuer un géo-référencement de ces images pour pouvoir les situer

et procéder à une validation de terrain et enfin, arriver à une normalisation qui consiste à masquer les zones qui ne nous intéressent pas comme les nuages, les zones couvertes d'eau, les ombres... », rajoute Florian de Boissieu, post-doctorant en traitement d'images, recruté dans le cadre de Cartha pour le développement méthodologique.

Quatre sites mis à nu

Tiébaghi et Poro (SLN), Koniambo (KNS) et Goro (Vale NC) sont les sites pilotes de ce projet scientifique exploratoire. L'hyperspectral a permis d'identifier des caractéristiques spectrales de la minéralogie applicables sur des terrains miniers et ainsi de discriminer des types de sols (roche mère, latérite, saprolite...) et des types de végétation (maquis minier, forêts sèches, forêts humides, mangroves...), avec des taux de précision compris entre 70 et 85 % suivant la complexité des classes observées. L'acquisition de données spectrales de terrain a permis de comparer et de valider les résultats

obtenus. « Grâce à ces données, nous avons identifié la présence de goethite ou garniérite aux longueurs d'onde de 660 nanomètres (nm), 1100 nm et 2310 nm, d'oxyde de fer à 900 nm et 660 nm, de serpentine à 2120 nm et 2300 nm. Si ces données sont intéressantes pour les mineurs en termes de gain de temps et d'argent, elles permettent une meilleure protection de l'environnement en réduisant les carottages », précise Florian de Boissieu. À partir de ces résultats, un traitement des images a permis d'obtenir une classification du régolite en milieu minier. Concernant la végétation, la méthode ne permettant pas d'avoir des caractéristiques évidentes au niveau spectral, l'équipe du projet a donc opté pour une transformation mathématique des spectres permettant d'avoir une classification automatique sur une grande zone de végétation.

Des résultats prometteurs

Dans un environnement complexe comme celui des zones minières de la Nouvelle-Calédonie (île tropicale...



Un projet d'envergure

Ce projet est piloté par l'IRD en partenariat avec le SGNC (Service géologique de la Nouvelle-Calédonie), le BRGM, la société HyVista et l'université de la Nouvelle-Calédonie

- un projet soutenu par le CNRT à hauteur de 16,4 M XPF
- durée de 24 mois (mars 2010 à mars 2012)
- 5 instituts de recherche (IRD, CSIRO, BRGM, UNC, SGNC)
- 1 organisme privé (Hyvista)
- 14 personnes, dont 11 chercheurs.

... à forte hétérogénéité), les résultats obtenus indiquent que cette technologie semble efficace et ouvrent la porte à la possibilité d'une cartographie fine de l'environnement. Avec un minimum de terrain, la méthodologie peut être exploitable par les entreprises minières du territoire et les organismes publics tels que la Dimenc pour la cartographie géologique. Conclusion : pour la cartographie du régolite, les objectifs ont été atteints et vont même au-delà puisqu'on a aujourd'hui la possibilité de distinguer la latérite jaune de la latérite rouge, la saprolite nickélifère de la saprolite serpentinisée. « Nous avons une véritable cartographie minéralogique qui, sans descendre jusqu'aux teneurs, constitue un outil supplémentaire

pour les mineurs qui vont pouvoir repérer les zones riches ou pauvres en nickel », conclut Marc Despinoy. Au niveau de l'environnement, si cette technologie a répondu aux attentes du projet en proposant des produits de cartographie précis, les résultats peuvent encore être améliorés par un apport de terrain supplémentaire. Ces travaux ont également permis de vérifier les relations importantes entre les sols et la végétation. Enfin, les acquisitions de données vont permettre d'alimenter une bibliothèque sur les sols et la végétation, véritable base de données prise en compte par les instituts de recherche internationaux.

Les résultats de l'étude sont consultables sur le site www.cnrt.nc

La mine

vue du ciel

Questions

à Florian de Boissieu

Trois questions à Florian de Boissieu, post-doctorant en traitement du signal à l'UMR Espace-Dev, IRD de Nouméa, de mai 2011 à octobre 2012, sur le projet « Développement méthodologique de traitement d'images hyperspectrales métriques (Hymap) dans le contexte géologique minier calédonien pour le projet CNRT Cartha ».

Propos recueillis par Sandrine Chopot, Crédit photo : Patrick Chalus



NC Nickel : Quelle est votre contribution au projet Cartha ?

Florian de Boissieu : Parmi l'équipe de chercheurs affectés au projet Cartha, j'étais la seule personne en CDD à temps plein. Ma contribution était essentiellement technique et portait sur le traitement des images et des signaux. Pour pouvoir analyser les images hyperspectrales, j'ai d'abord effectué des prétraitements (correction atmosphérique, géo-correction...), notamment sur les conseils du CSIRO (organisme de recherche australien). Avec l'appui des géologues et de Brice Sevin de la Dimenc, des géophysiciens du CSIRO, des botanistes de l'IRD, en m'appuyant sur la bibliothèque de spectres pour la géologie et la végétation réalisée par Stéphane Chevrel du BRGM, j'ai développé des algorithmes de calcul afin de traiter automatiquement les données spectrales de chaque pixel et ainsi de reconnaître les objets au

sol. Ces travaux permettent d'obtenir une cartographie systématique au niveau du régolite ou de la végétation. J'étais en quelque sorte la cheville ouvrière de ce projet.

Que retirez-vous de cette expérience ?

Un bénéfice au niveau technique sur les méthodes de traitement pour l'imagerie hyperspectrale et la télédétection (imagerie satellitaire, aéroportée). Dans mes travaux précédents, je n'avais pas eu l'occasion de m'intéresser à ce type d'images. J'ai appris à traiter les signaux, à développer des méthodes spécifiques, à faire de l'identification de caractéristiques sur des spectres par rapport à des données physiques. Mais au niveau culture personnelle, Cartha m'a également apporté des connaissances sur l'environnement, sur l'histoire géologique du pays, sur la relation entre le sol et la végétation. Et cela, grâce à un travail très constructif réalisé en collaboration

étroite avec les géologues, géophysiciens, botanistes du projet.

Le projet a été présenté aux industries minières. Quelle a été leur réaction ?

Elles ont été impressionnées par les résultats car cette étude leur démontre le grand potentiel de l'imagerie hyperspectrale aéroportée pour cartographier de manière précise et rapide les sols et la végétation et ainsi optimiser la gestion de leurs concessions. Ça peut également être un moyen d'avoir un état des lieux précis pour un suivi environnemental. Suite à leur réaction très positive, et afin de valoriser ces résultats, nous leur avons fait une proposition de collaboration scientifique pour poursuivre le travail et nous attaquer à la cartographie du régolite sous la végétation en utilisant les relations entre la géomorphologie, la végétation et la géologie.