

Associer outils traditionnels et outils numériques

Les données provenant de la télédétection et les traitements d'analyse ont beaucoup évolué depuis une trentaine d'années. Le numérique a révolutionné les pratiques, qui font parfois l'économie des vérifications sur le terrain. Au risque d'erreurs. Echanges entre Serge Guillobez et Vincent Freycon sur l'intérêt et les limites des différents outils de télédétection pour la cartographie morphopédologique.

Vincent Freycon : Pour découper la forêt de Counami en Guyane, d'une superficie de 18 000 hectares, j'ai utilisé, outre les cartes topographiques et les cartes géologiques, des photos aériennes au 1/20 000. En étudiant les photos aériennes avant d'aller sur le terrain, j'ai identifié les différents types de modelés et repéré des modelés particuliers qui me posaient question et méritaient une attention particulière. Après avoir validé ces différents modelés sur le terrain, j'ai utilisé à nouveau les photos aériennes pour généraliser les observations de terrain à une plus grande zone d'étude. J'ai trouvé puissants cet outil et le type de données fournies. Toutefois, j'ai constaté deux limites principales : la photo aérienne n'est pas adaptée à l'étude de grandes superficies, contrairement aux images satellitaires et aux images radar ; et il est difficile de caler les photos en raison de distorsions sur les bords des photos.

Tu as utilisé ces différents types de données. Quel bilan en dresses-tu pour découper un milieu physique ?

Serge Guillobez : Chaque type de donnée a ses avantages et ses limites et doit être utilisé selon l'objectif de l'étude. Dans une étude pour la FAO (Guillobez, 1988), j'ai comparé plusieurs données satellitaires. Voici en résumé ce qu'il en ressort.

La photo aérienne, dont l'échelle varie souvent entre 1/20 000 et 1/50 000, offre une bonne précision et fournit des données détaillées. C'était le moyen privilégié dont nous disposions avant la généralisation des images satellitaires. L'information fournie est riche : elle contient une couleur (ou une intensité de couleurs si elle est en noir et blanc) et une texture. Toutefois, elle présente des inconvénients : elle n'est adaptée qu'à l'étude de surfaces réduites ; son coût est élevé s'il faut réaliser une mission aérienne pour acquérir ces photos ; les distorsions à la marge ne peuvent être corrigées qu'en partie.

Ces inconvénients sont levés avec l'imagerie satellite qui fournit des données numériques. Le numérique permet notamment de travailler sur de grandes surfaces ; le coût d'acquisition est raisonnable, voire nul, pour les capteurs les plus classiques (Spot, Landsat TM) ; les distorsions sont évitées, sauf si la dénivellation est importante.

Dans l'imagerie satellite, il existe deux types de capteurs : les capteurs passifs et les capteurs actifs. Les capteurs passifs captent le rayonnement intrinsèque de la Terre qui est visible du satellite (Spot, Landsat, NOAA) : le sol et la végétation si le ciel est dégagé, les nuages s'il ne l'est pas. Ces capteurs comportent des canaux radiométriques, certains invisibles à l'œil nu, d'autres dans le proche infrarouge, qui donnent une idée de la végétation.

Les capteurs actifs émettent une onde électromagnétique et analysent le signal réfléchi par la Terre. Ces capteurs, portés par le satellite européen ERS et par le japonais JERS, sont des radars (d'où le terme « image radar ») et les ondes peuvent passer à travers les nuages. L'image radar est donc adaptée aux régions nuageuses (forêt tropicale humide...). Elle permet de distinguer la canopée, la rugosité du sommet des arbres, et aussi de grands ensembles. De plus, le radar envoyant un signal oblique, les collines apparaissent clairement. Il est alors possible d'identifier les différents types de modelé, le relief. L'image radar est donc bien adaptée à une approche géomorphologique, appliquée sur de grandes superficies.

Toutefois, quand il y a de fortes ruptures de pente, le signal peut ne pas être renvoyé. Et certains utilisateurs pensent que l'image radar apporte moins d'informations avec son unique canal que les images satellitaires qui en ont au moins trois. Mon expérience me confirme que les deux sont nécessaires, parce qu'elles apportent des informations complémentaires

En général, j'utilise l'imagerie satellitaire (capteurs passifs et/ou actifs) avant d'aller sur le terrain pour faire un premier découpage d'une zone d'étude, pour identifier les zones à étudier plus précisément. C'est elle qui oriente le terrain. Le terrain me permettra de vérifier les hypothèses ce qui est nécessaire puisque l'imagerie satellitaire peut donner des artefacts : en Guyane par exemple un marécage avec des arbres présente une forte rétrodiffusion en raison de la réflexion dans l'eau ; on observe le même phénomène dans les champs de coton en saison sèche.

Le modèle numérique de terrain (MNT), élaboré à partir d'une carte altimétrique, avec ses courbes de niveau et ses points cotés, donne une idée des pentes, mais n'évite pas l'effet de « marches d'escalier ». En effet, un MNT à 50 m attribue une même altitude à une zone homogène de 50 m sur 50 m (alors que l'altitude varie de manière continue). De plus, les informations sur les données ayant servi à l'élaboration du MNT sont rarement disponibles, ce qui réduit la fiabilité, comme le montre l'exemple de Mayotte.

Et, comme l'information est numérisée, le danger est que les utilisateurs utilisent le MNT sans se poser de question, sans esprit critique.

V.F. : La cartographie traditionnelle des sols a établi des relations entre le taux d'échantillonnage réalisé sur le terrain et l'échelle cartographique : une carte au 1/10 000 suppose de faire entre 0,3 et 2 sondages à l'hectare. Existe-t-il des relations similaires pour l'imagerie satellitaire ? Quel est le lien entre la résolution de l'image et l'échelle du document final ?

S.G. : Il n'y a pas de règles. C'est l'expérience. Mais tout le monde s'accorde sur un ordre de grandeur : une image Spot avec un pixel de 20 m à 30 m permet d'aboutir à une carte au 1/100 000 ou au 1/200 000. Mais cela reste subjectif. Quand je dispose de documents de différentes résolutions, je les mets tous à la définition la moins bonne s'il faut les utiliser ensemble, par exemple dans une analyse multicritères.

V.F. : Nous avons vu les différents types de données utilisées en télédétection. A présent, pouvons-nous parler des traitements de données, de leur intérêt, de leurs limites ?

S.G. : Il faut distinguer deux types de traitement : l'analyse visuelle et l'analyse numérique.

L'analyse visuelle d'abord. Pour analyser une photo aérienne, j'utilise un stéréoscope qui me permet de voir la texture, le relief, ainsi que des objets, tels les arbres, grâce à la densité des grains de la photographie argentique.

Pour l'analyse numérique, j'utilise trois types de traitements : les classifications basées sur la valeur de la radiométrie ; les classifications du paysage a priori (Papri); les systèmes experts.

Les classifications basées sur la valeur de la radiométrie ne me satisfont pas. En effet, deux objets différents peuvent avoir la même radiométrie – par exemple un parking et un cordon sableux. Et, un objet bien identifié sur le terrain peut contenir plusieurs pixels avec des radiométries différentes. De plus, une zone homogène du point de vue géomorphologique et pédologique peut apparaître avec des couleurs différentes, par exemple selon les cultures.

En fait, la classification par radiométrie ne tient compte que de la valeur d'un pixel sans tenir compte de la valeur de ses voisins. Il n'est donc pas possible d'identifier un objet qui présente différentes valeurs radiométriques organisées de la même façon. De manière imagée, elle ne permet pas de reconnaître un tissu qui présente une succession d'un même motif.

Ne travailler que dans l'espace des radiométries est donc insuffisant. Le satellite ne voit pas toujours ce que tu voudrais qu'il voie. Il faut se le mettre dans la tête.

V.F. : Je comprends mieux pourquoi tu estimes insuffisante la classification classique basée sur des valeurs radiométriques. Tu sembles préférer la classification du paysage a priori¹. Pourquoi ?

S.G. : Avant de répondre à cette question, il faut revenir brièvement sur le principe de la classification du paysage a priori. Prenons l'exemple de Papri (Paysages définis a priori), un logiciel de traitement d'images mis au point par Frédéric Borne du Cirad. Une première étape consiste à définir a priori des types de paysage représentatifs d'une zone d'étude (par exemple, une forêt, des cultures), on parle aussi de secteurs de référence ou de secteurs d'apprentissage. Dans une deuxième étape, le logiciel calcule pour chaque type de paysage sa « signature », qui est un histogramme des valeurs des différents pixels constituant ce type de paysage. Dans une troisième étape, le logiciel calcule sur l'ensemble de l'image, pour chaque pixel, la signature des pixels voisins. Lors de cette étape, il affecte à chaque pixel le type de paysage dont la signature est la plus proche de la signature des pixels voisins.

Je préfère ce type de classification car, en tenant compte de la valeur d'un pixel et de son voisinage, il permet de prendre en compte une organisation spatiale (ou de manière imagée : une répétition des motifs d'un tissu) qui est présente à l'intérieur d'un objet. On aboutit à une meilleure classification précartographique qu'avec la classification basée sur la valeur radiométrique.

Mais Papri a aussi ses limites : travaillant sur la texture (au sens mathématique), il peut classer de la même manière des objets différents ayant une même texture. Je

¹ Des méthodes voisines ont été élaborées par des chercheurs : le logiciel Clapas par J.-M. Robbez-Masson et le logiciel Oasis par M.-C. Girard.

me suis alors tourné vers les systèmes experts, qui ont été ma dernière activité de recherche en télédétection.

Avec mes collègues de l'UR Green, j'ai appliqué un système expert sur des images de la région de Mao (Tchad) en utilisant le logiciel Cormas². Après avoir réalisé la classification a priori du paysage (Papri), j'ai défini des règles d'affectation. Par exemple, si tel objet appartient à telle classe, s'il est rond et d'un petit diamètre, j'en conclus que c'est un village. Avec de telles règles, j'améliore mon classement.

Mais là encore, cette démarche présente des limites. Par exemple, je n'avais pas trouvé de critères pour une zone. C'est parce que je connaissais le terrain que j'ai pu dire : c'est la ville de Mao. Ce n'est pas du tout automatique. Il faut réfléchir et aussi programmer. C'est une voie parmi d'autres.

V.F. : Si je comprends bien, chaque outil a son intérêt et ses limites. Et l'outil sans terrain n'est que ruine du scientifique.

Propos recueillis le 18 septembre 2007 par Corinne Cohen.

Bibliographie

Guillobez S., 1985. L'analyse en composantes principales et le traitement de l'imagerie Landsat. Cas d'une région tropicale. *Agronomie tropicale*, vol.40, n°2, p. 81-88.

Guillobez S., 1988. Sols et images satellites. Etude pilote au Botswana. FAO-Cirad-Irat, 31 p.

Guillobez S, Bertrand R., 1995. Cartographie et changement d'échelle. Le point de vue du naturaliste. Propositions d'applications en cartographie informatique. *In Bulletin de la Société française de photogrammétrie et télédétection*, n°140, p. 8-9.

Guillobez S. Borne F., Bégué A., Tostain S., 1996. Couplage d'Idrisi et de Papri en traitement de l'imagerie : Radar ERS-1 et JERS-1. Exemple en zone équatoriale du Brésil : Etat du Rondonia. *In Séminaire des utilisateurs francophones d'Idrisi (Lausanne, Suisse)*, 4-6 décembre 1996, 9 p.

Guillobez S., Borne F., Fol P., 1996. Des données satellitaires à la cartographie des sols, utilisation de l'outil informatique : exemple au Botswana. *In Surveillance des sols dans l'environnement par télédétection et systèmes d'information géographiques*. Paris, Orstom, Symposium international AISS (Ouagadougou, Burkina), 6-10 février 1995, p. 247-253.

² Cormas est un logiciel de simulation multi-agents développé par le Cirad. Il représente les interactions entre acteurs à propos de ressources naturelles renouvelables.