

Apport de la télédétection pour l'inventaire des renouées du Japon le long des cours d'eau : exemple d'application à la rivière Azergues

De récents progrès réalisés en télédétection ont montré qu'il était possible d'identifier les renouées à partir de traitement d'images aériennes et de cartographier leur implantation de manière automatique ou semi-automatique. Cet article a pour objectif d'une part d'étudier la faisabilité d'une caractérisation du stade d'occupation des renouées le long de cours d'eau à partir de cette technique, et d'autre part, d'identifier les avantages et les limites actuelles d'une telle méthode.

La surveillance de la propagation des renouées du Japon (complexe *Fallopia*) le long des cours d'eau implique d'avoir à disposition des supports cartographiques mis à jour régulièrement, précis et souvent coûteux en temps pour les scientifiques et les gestionnaires. Ces inventaires, parfois disponibles à l'échelle de bassins versants, présentent alors une précision spatiale très variable et une faible résolution temporelle. En raison de la rapide propagation des renouées le long des cours d'eau et les forts enjeux associés à ces plantes, il est nécessaire de disposer d'outils pour faciliter ces inventaires et leur actualisation pour une surveillance fine des milieux et l'amélioration de nos connaissances concernant les mécanismes de propagation des renouées.

De récents progrès réalisés en télédétection ont montré qu'il était possible d'identifier les renouées à partir de traitement d'images aériennes et ainsi de cartographier leur implantation de manière automatique ou semi-automatique (eg. Martin *et al.*, 2018; Michez *et al.*, 2016; Jones *et al.*, 2011; Dorigo *et al.*, 2012). Cet article a pour objectif d'une part d'étudier la faisabilité d'une caractérisation du stade d'occupation des renouées le long de cours d'eau à partir de cette technique, et d'autre part,

d'identifier les avantages et les limites actuelles d'une telle méthode. Nous avons ainsi testé les capacités de la télédétection à identifier les renouées à petite échelle spatiale sur un tronçon de la rivière Azergues (affluent de la basse Saône) sur lequel nous disposions d'observations *in situ* mises à disposition par les gestionnaires. Nous avons ensuite transposé cette méthode à plus large échelle sur tout le cours d'eau principal de l'Azergues en caractérisant le degré d'invasion sur des tronçons unitaires longs de cinq cents mètres.

Un exemple d'application menée sur le bassin de l'Azergues

Le bassin versant de l'Azergues représente une superficie totale de 447 km² et une longueur de 65 km (sous-bassin Brévenne-Turdine exclus). C'est un affluent en rive droite de la Saône qui coule dans le département du Rhône et traverse les monts du Beaujolais.

Le choix de ce bassin a été guidé par une forte présence de renouées sur ce cours d'eau et les enjeux que représentent ces plantes en matière de gestion sur ce bassin versant. Notre choix a ensuite été motivé par la disponibilité de données de validation terrain fournies par le Syndicat mixte pour le réaménagement de la Plaine des

Chères et de l'Azergues (SMRPCA), ces données étant indispensables pour la calibration et la validation de notre approche. Les images utilisées sur cette zone sont issues de la BD ORTHO de l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) : orthophotos aériennes classiques (résolution 0,5 m, images de 2012) et orthophotos aériennes IRC (résolution 0,5 m, images de 2011). Les deux dates d'acquisitions sont volontairement très proches afin de minimiser, entre les prises d'images, les changements de densité de renouées et la mobilité latérale du cours d'eau (réduite pour notre cas d'étude à l'érosion des berges).

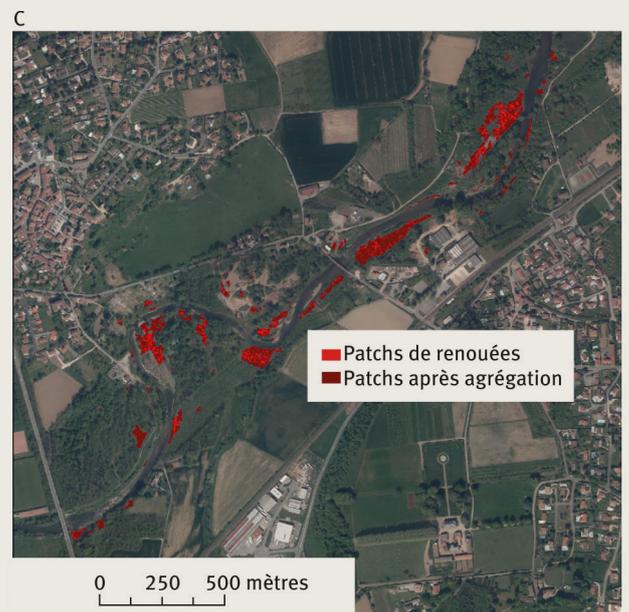
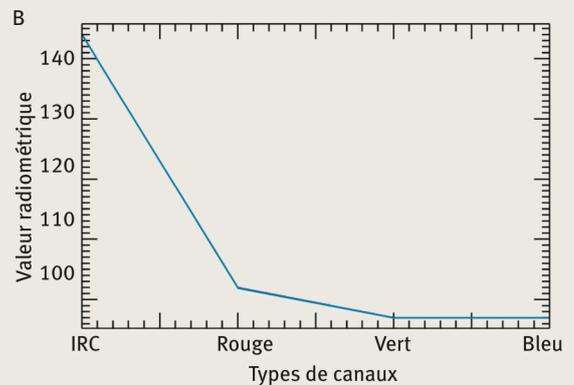
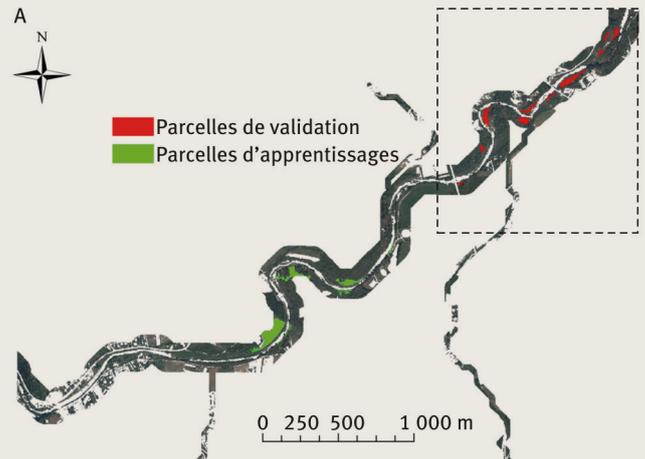
Les images ont fait l'objet d'une correction radiométrique pour homogénéiser les différentes images aériennes de la BD-ORTHO utilisées sur l'ensemble du bassin (différences d'éclairage et changements de conditions atmosphériques). La zone de détection des renouées a été limitée à une zone « tampon » située de part et d'autre du cours principal de l'Azergues. Le réseau hydrologique théorique (RHT, Irstea) a été utilisé comme tracé de référence des cours d'eau. La largeur de la zone tampon a été choisie comme étant égale à six fois la largeur à pleins bords du cours d'eau (donnée issue de la base de donnée SYRAH, Système relationnel d'audit de l'hydro-morphologie).

Nous avons mis en œuvre une classification orientée objet à l'aide du logiciel ENVI®. Cette opération consiste à segmenter une image pour laquelle des pixels adjacents présentent des caractéristiques spectrales proches (dans le visible et l'infra-rouge). Un regroupement basé sur des critères de formes et/ou de valeurs radiométriques similaires permet alors de constituer des objets qui peuvent être associés à des classes d'occupation des sols. Dans notre cas, nous nous intéresserons en particulier aux objets de classe « renouées ». Plusieurs indices radiométriques et texturaux ont été calculés et utilisés pour mener cette classification (indices NDVI, NDWI, indice de brillance et GLCM ; Dorigo *et al.*, 2012). Des masques ont ensuite été créés à partir de ces indices pour alléger l'image en supprimant le bâti, les routes, les surfaces en eau, les sols nus et les ombres. Après l'application de ces masques, la classification orientée objet a été mise en place sur la partie aval de l'Azergues, un linéaire de 15 km environ situé entre Lozanne et Anse. Cette zone, la plus atteinte par les renouées du Japon, dispose en effet de données de validation terrain très précises fournies par les gestionnaires, ie. des contours de taches géolocalisées sous système d'information géographique. À l'échelle de ce tronçon, des surfaces d'apprentissage et de validation ont été définies pour mettre en place la classification et la valider. La classification repose sur :

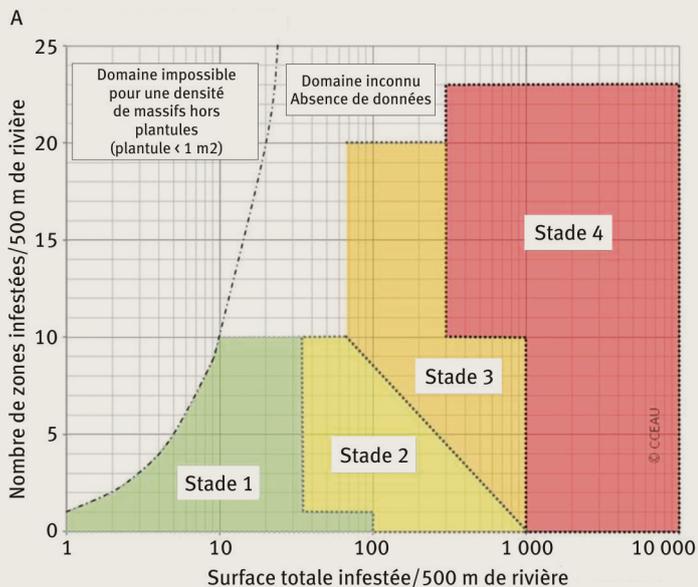
- une étape de segmentation de l'image en différents objets ayant des caractéristiques communes,
- le choix des parcelles d'apprentissages (ROIs) associées à des taches de renouées observées,
- une évaluation de la qualité de la classification mise en place sur une zone de validation à partir de plusieurs indicateurs de qualité.

La figure 1A présente les données d'apprentissage et de validation sur la partie aval de l'Azergues. La figure 1B représente le profil radiométrique d'une tache de renouée

1 (A) Relevés terrain de présence de renouées sur les parcelles d'apprentissage et les parcelles de validation ; (B) Profil radiométrique des bandes infrarouge, rouge, verte et bleue des renouées sur la parcelle d'apprentissage ; (C) Cartographie des taches de renouées identifiées sur la parcelle de validation (cf. figure A) : en rouge, les taches de renouées détectées et en marron, les taches délimitées après le processus d'agrégation (source : Rachex); la zone couverte par la figure est indiquée en pointillé sur la figure A.



2 (A) Abaque de détermination du stade invasif d'un tronçon, appliqué sur l'Azergues (source : CCEAU ; Boyer, 2001) ; (B) Cartographie des stades invasifs (1 : pas envahi à 4 : fortement envahi) du bassin versant de l'Azergues selon cette typologie (source : Rachex).



sur les bandes proche-infrarouge (IRC), rouge, verte et bleu (RVB) issues des BD Orthos de l'IGN (classique et IRC). Il apparaît nettement que le premier canal (IRC) se différencie particulièrement des trois autres. Cette bonne séparabilité du canal IRC favorise une meilleure identification des taches de renouées. Enfin, un traitement post-classification a été appliqué consistant à uniformiser les taches de renouées par agrégation (figure 1C). L'agrégation est réalisée uniquement à l'intérieur des taches pré-identifiées.

La télédétection, un outil de gestion pertinent pour évaluer l'état d'invasion des cours d'eau ?

La qualité de la détection peut être évaluée à partir d'une matrice de confusion ; elle fournit une comparaison synthétique entre les résultats de la détection (ie. ou de classification) et les données de validation collectées sur le terrain. Elle montre de bons résultats avec un indicateur de qualité générale élevé (Kappa de 0,85 sur 1). La précision globale de la détection est de 93%, c'est-à-dire une probabilité de 0,93 pour qu'un pixel se trouve dans la bonne classe. L'agrégation post-classification permet d'augmenter significativement l'identification des renouées : l'indicateur *ground truth*, qui correspond au nombre de pixels de la classe renouées correctement classés divisé par le nombre total de pixels de la classe renouées, est de 65 % avant agrégation, contre 83 % après agrégation. La classification réalisée sur le tronçon test semble donc de bonne qualité. Elle a alors ensuite été étendue à toute l'Azergues.

La classification sur toute la zone aval de l'Azergues affiche de bons résultats également : la précision est comparable aux valeurs obtenues sur le tronçon test (86 % contre 93 % précédemment), de même que les coefficients Kappa (0,68 contre 0,85 précédemment). Les valeurs de *ground truth* de la classe « renouées », sont élevées (environ 60%). Même si une baisse des indicateurs de précision est néanmoins apparue, l'application de la méthode développée sur le tronçon test et toute la zone aval semble donc être pertinente.

Cette classification a alors été généralisée à l'ensemble de l'Azergues. Nous avons appliqué une typologie des stades d'invasion définie par Boyer (2001) pour chaque tronçon de cours d'eau de 500 m de long, en fonction du nombre de taches identifiées et de la surface envahie (figure 2A). La figure 2B présente alors une cartographie de l'état d'invasion des renouées sur l'ensemble de l'Azergues. Les renouées sont fortement présentes en amont du bassin et sur sa partie aval. Ces résultats sont cohérents avec les observations de terrain menées par Boyer (2001) lors de la cartographie de l'état d'invasion à l'échelle du bassin Rhône Méditerranée et Corse.

Les conclusions et recommandations

La classification orientée objet s'est avérée efficace lorsqu'elle est couplée à l'utilisation de donnée infrarouge à haute résolution (50 cm) et d'informations texturales. Comme l'ont montré Dorigo *et al.* (2012), ainsi que Jones *et al.* (2011), des images à haute résolution

semblent nécessaires pour la caractérisation par imagerie des plantes invasives, ainsi que l'utilisation de données proche infrarouge.

L'approche méthodologique mise en place à large échelle est donc possible, mais l'efficacité de celle-ci reste fortement dépendante de la résolution des images disponibles. En effet, les images aériennes utilisées présentent de fortes limites à l'échelle locale, notamment pour identifier des foyers de renouées sur de petits cours d'eau (rang de Strahler < 3), étroits et présentant une forêt rivulaire abondante (Martin *et al.*, 2018). Dans ces cas, la méthode développée ne peut donc pas se substituer à une surveillance de terrain des cours d'eau par les gestionnaires.

Malgré un coût financier peu élevé (<1 000 euros pour les images), l'application de cette méthode sur un territoire nécessite un degré de technicité élevé. Cet élément peut représenter actuellement une limite à sa transférabilité auprès des opérationnels et plus particulièrement auprès des petites structures de gestion des milieux aquatiques.

Pour caractériser l'état d'invasion des cours d'eau de rang de Strahler supérieur ou égal à 3 à l'échelle de tronçon de cours d'eau, l'approche par télédétection s'avère intéressante. Elle présente des résultats d'autant plus satisfaisants que la densité de ripisylve est faible et la largeur du cours d'eau importante. Cette caractérisation est, bien entendu, améliorable et nécessite d'être validée sur d'autres cours d'eau situés dans des contextes



Les renouées du Japon se dispersent facilement le long des cours d'eau, d'où la nécessité de disposer d'outils pertinents pour surveiller leur propagation.

© S. De Danielli (irstea)

physiographiques différents ; notre méthode ayant été appliquée à un bassin versant particulièrement envahi par les renouées. Ces approches méthodologiques nécessiteront toutefois d'être toujours confrontées à des données de validation terrain, disponibles même sur des zones restreintes, afin de vérifier la qualité finale de la classification. ■

Remerciements

Ce travail a été financé par l'accord cadre entre la Zone atelier Bassin du Rhône (ZABR) et l'Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse. Il fait partie d'un projet de recherche mené sur le bassin de la Saône et du Rhône de 2014-2017 intitulé « Analyse multi-échelles des filtres environnementaux limitant l'invasibilité des berges de cours d'eau par les renouées Asiatiques (*Fallopia sp.*) : le cas de la Saône ». Ce travail a profité des résultats du master de D. Rachex, d'un projet tuteuré mené par le Master Science de l'eau (Université de Lyon), C. Fropier, J. Marchand, B. Martin, placés sous la direction de N. Landon. Nous adressons également tous nos remerciements à P. Gadiolet du Syndicat mixte pour le réaménagement de la Plaine des Chères et de l'Azergues (SMRPCA) pour la mise à disposition des observations terrain, ainsi que Mme M. Boyer du bureau d'étude CCEAU pour la mise à disposition de la cartographie des renouées sur le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, et Irstea Lyon pour les bases de données RHT et SYRAH.

Les auteurs

Oldrich NAVRATIL, Jérôme LEJOT et Dorian RACHEX

Université de Lyon, CNRS, UMR 5600 EVS, Bureau 612, 18 rue Chevreur, F-69362 Lyon Cedex, France.

✉ oldrich.navratil@univ-lyon2.fr

✉ jerome.lejot@univ-lyon2.fr

✉ dorian.rachex@univ-lyon2.fr

Sara PUIJALON et Florence PIOLA

LEHNA, Université Lyon 1, UMR 5023, 43 boulevard du 11 novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex, France.

✉ sara.puijalon@univ-lyon1.fr

✉ florence.piola@univ-lyon1.fr

EN SAVOIR PLUS...

- ✉ **BOYER, M.**, 2001, Cartographie de la renouée du Japon sur le réseau hydrographique du bassin Rhône Méditerranée, Tome 1 & 2 et annexes, Étude destinée à l'Agence de l'eau RMC.
- ✉ **DORIGO, W., LUCIEER, A., PODOBNIKARAC, T., CARNID, A.**, 2012, Mapping invasive Fallopia japonica by combined spectral, spatial, and temporal analysis of digital orthophotos, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 19, p.185-195.
- ✉ **JONES, D., PIKE, S., THOMAS, M., MURPHY, DJ.**, 2011, Object-Based Image Analysis for Detection of Japanese Knotweed s.l. taxa (Polygonaceae) in Wales (UK), *Remote Sensing*, vol. 3, n° 2, p.319-342.
- ✉ **MARTIN, F.-M., MÜLLEROVÁ, J., BORGNIE, L., DOMMANGET, F., BRETON, V., EVETTE, A.**, 2018, Using Single- and Multi-Date UAV and Satellite Imagery to Accurately Monitor Invasive Knotweed Species, *Remote Sens.*, vol. 10, 1662, disponible sur : <https://doi.org/10.3390/rs10101662>
- ✉ **MICHEZ, A., PIÉGAY, H., JONATHAN, L., CLAESSENS, H., LEJEUNE, P.**, 2016, Mapping of riparian invasive species with supervised classification of Unmanned Aerial System (UAS) imagery, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, n° 44, p. 88-94, disponible sur : <https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.06.014>