



**HAL**  
open science

# Comment les outils de la télédétection peuvent aider à la cartographie des habitats forestiers? Mise au point d'une méthode sur le massif du Vercors

Vincent Breton, Julien Renaud, Sandra Luque

## ► To cite this version:

Vincent Breton, Julien Renaud, Sandra Luque. Comment les outils de la télédétection peuvent aider à la cartographie des habitats forestiers? Mise au point d'une méthode sur le massif du Vercors. Rendez-vous Techniques de l'ONF, 2011, 31, pp.69-73. hal-02595085

**HAL Id: hal-02595085**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02595085v1>**

Submitted on 10 Jul 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Comment les outils de la télédétection peuvent aider à la cartographie des habitats forestiers ? Mise au point d'une méthode sur le massif du Vercors

Le réseau Natura 2000 doit faire périodiquement l'objet d'évaluation nationale en ce qui concerne l'état de conservation des habitats (et des espèces). Au-delà des procédures de suivi mises en place pour chacun des sites du réseau, le contrôle des grands équilibres, la mise en évidence des tendances supposent une cartographie des habitats à une tout autre échelle, avec des exigences d'homogénéité, de reproductibilité... et de coût raisonnable. Avec un tel « cahier des charges », on pense forcément à la télédétection ; mais la démarche est complexe et n'en est encore qu'à la phase de recherche, comme en témoigne l'exemple présenté ici.

**C**artographier la végétation est une tâche qui, en fonction des surfaces et des échelles de précision demandées, peut s'avérer difficile et nécessiter un lourd travail de terrain. Or les besoins sont de plus en plus importants ; en témoignent actuellement les nombreux travaux sur les habitats naturels, en particulier ceux mis en œuvre sur certains zonages de protection par les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN). C'est aussi une exigence de l'Union Européenne : dans le cadre de la directive européenne « Habitats, faune, flore » (Dir. 92/43/CEE du 21 mai 1992), les pays membres doivent communiquer tous les 6 ans, l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire, ce qui inclut de dresser leur inventaire et de donner leur répartition biogéographique.

Avant d'envisager des travaux cartographiques sur des échelles aussi vastes que celle du territoire national, il paraît essentiel d'évaluer l'in-

térêt des outils actuels de la télédétection. C'est dans cet objectif que le MEEDDEM a confié au Cemagref la réalisation d'un travail de recherche. Il s'agit de préciser les possibilités offertes par l'imagerie aérienne et satellitale et de proposer un cadre méthodologique pour préparer la cartographie des habitats naturels et semi-naturels sur la France entière et à l'échelle 1/50 000 (Olivier et al., 2010). Plusieurs équipes du Cemagref ont été impliquées et la répartition des tâches s'est faite en fonction des milieux étudiés (forêts, milieux ouverts de montagne, milieux méditerranéens, milieux humides). Les résultats présentés ici ne concernent que les travaux réalisés sur les milieux forestiers par le Cemagref de Grenoble, sur le site d'étude du Vercors. L'article ne vise pas à faire une description détaillée de l'ensemble des outils et des données évalués et mis en œuvre. Il s'agit surtout d'expliquer les applications de ces recherches et de montrer, au travers de la description d'une mé-

thode expérimentale qui a été mise au point dans le cadre de ce travail, ce que peut apporter la télédétection pour la cartographie des habitats naturels.

## Quelles données, pour quelle utilisation ?

L'objectif était dans un premier temps de rechercher les données spatialisées intéressantes pour notre étude, c'est-à-dire adaptées à notre échelle cartographique et disponibles aussi bien sur la zone d'étude que sur le reste du territoire national (« données génériques »). Il s'agissait aussi de rassembler toutes les connaissances utiles à la caractérisation écologique des habitats forestiers potentiellement présents sur le site du Vercors, connaissances étayées à la fois par des éléments bibliographiques de synthèse et par les données géographiques locales telles que les cartographies d'habitats préexistantes et les relevés floristiques (en l'occurrence ceux du

CBN Alpin). Nous nous sommes appuyés sur l'utilisation de deux types de données (tableau 1) : 1) d'une part les images de télédétection (imagerie satellitale, photographies aériennes) qui permettent via certains traitements numériques d'acquérir des informations sur le couvert végétal, 2) d'autre part les données dites « environnementales » qui contiennent déjà des informations plus ou moins précises sur l'environnement (relief, météorologie, végétation).

## Segmentation et classifications de l'image

L'analyse de l'image SPOT (© CNES [2009], distribution Spot Image SA) a été réalisée avec le logiciel *Définiens*® qui permet de combiner différents modes de traitement de l'image et de pouvoir intégrer des données environnementales (d'autres outils logiciels proposent aussi ces fonctionnalités). On distingue deux principales étapes de traitement de l'image : une phase de segmentation puis une phase de classifications hiérarchiques des objets issus de la segmentation.

La segmentation (figure 1b) consiste à regrouper des pixels présentant des caractéristiques spectrales similaires. Les éléments ainsi obtenus sont appelés « segments » ou « objets ». Un paramétrage préalable du « facteur d'échelle » détermine la taille des objets à délimiter. Le processus de segmentation intègre également les « préférences » spécifiées par l'opérateur sur des critères de radiométrie et/ou de forme (compacité) des objets.

Pour les classifications, nous avons choisi de travailler avec la nomenclature CORINE Biotope (CB), sachant que les techniques et méthodes utilisées peuvent tout à fait s'adapter aux autres nomenclatures (Eur 27 [Natura2000], EUNIS, Alliance...). Une première classification dite « supervisée » (en utilisant des échantillons d'objet dont on

Base de données	Données brutes	Données calculées	Utilisation
<b>Données de télédétection</b>			
Imagerie SPOT	Scène SPOT5 © CNES (2010) du 15-07-2005 (résolution 10 m), 4 bandes spectrales (vert, rouge, proche IR, moyen IR)	Indice de végétation normalisé (NDVI)	cartographie des grands types forestiers (feuillu, résineux, mixte) après segmentation de l'image et classification niveau 1
BD-Ortho IGN	- Couverture 2006 infrarouge couleur (Drôme), - Couverture 2003 couleurs naturelles (Isère).		photo-interprétation pour données de validation
<b>Données « environnementales »</b>			
BD-Alté (IGN)	Modèle Numérique de Terrain (résolution 50 m)	Pentes	définition des fonctions d'appartenance
MétéoFrance (méthode AURELHY)	cartographie des normales mensuelles (précipitations, températures), au pas de 1 km	ETP, bilan hydrique, Indice de Martone	définition des fonctions d'appartenance

Tab. 1 : données génériques et utilisation pour la méthode

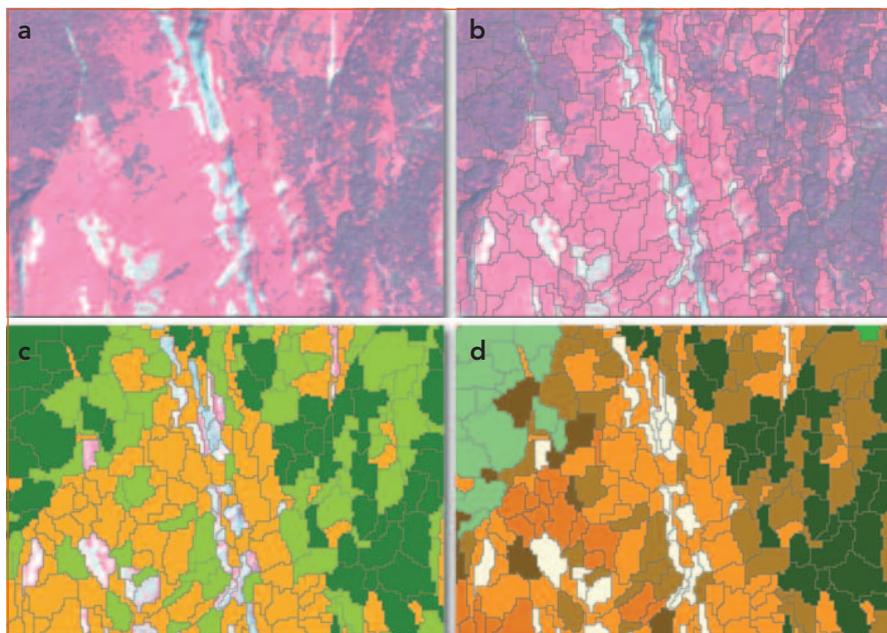


Fig. 1 : segmentation et classifications de l'image

a) image SPOT5 (© CNES [2009]); b) image segmentée, c) classification de niveau 1 : CB 41, 42, 43 respectivement en vert foncé, orange et vert clair ; en transparence, les milieux non forestiers (rocher nu...); d) classification de niveau 2 (exemple CB 41.1 : Hêtraies, 41.4 : Forêts mixtes de pentes et ravins, 41.7 : Chênaies thermophiles et supra-méditerranéennes...)

connaît la classe) est construite uniquement sur les valeurs spectrales des objets (figure 1c) et permet la distinction en trois grands types de peuplements : feuillus, résineux ou mixtes, correspondant respectivement aux classes CB 41, 42 et 43. Une deuxième classification (figure 1d) — dont le procédé est décrit précisément dans les paragraphes qui suivent — se base sur les variables environnementales ; elle vise un niveau hiérarchique plus fin de type 41.1 (« Forêts dominées par *Fagus sylvatica* ») ou 41.11 (« Hêtraies acidiphiles médio-européennes à *Luzule blanchâtre* du *Luzulo-Fagenion* »).

**La classification de niveau 2 : notions de fonction d'appartenance et de logique floue**

La deuxième classification intègre les variables environnementales précédemment collectées et disponibles sur l'ensemble du Vercors, à savoir : l'altitude, la pente, la température moyenne annuelle, les

précipitations moyennes annuelles, et le bilan hydrique (différence entre les précipitations moyennes annuelles et l'évapotranspiration annuelle selon Turc ; voir exemple en figure 2). Ce choix répond à diverses contraintes : disponibilité des données sur l'ensemble du territoire, adaptation à notre échelle d'étude, format spatialisé compatible avec les traitements qui seront décrits par la suite (notamment la nécessité de travailler sur des variables quantitatives). Cela nous a obligés à mettre de côté — au moins dans cette première phase exploratoire — d'autres paramètres qui auraient un intérêt évident, comme ceux portant sur la géologie, le sol, l'exposition. Le principe est de définir une connaissance « experte » des habitats forestiers sur la base de différentes sources d'informations, qu'elles aient une portée générale ou plus spécifique à notre zone d'étude : 1) le travail de typologie et de caractérisation des habitats forestiers de Gégout *et al.* (2008), 2) l'expertise d'un phytosociologue du CBN Alpin spécialiste

des milieux montagnards et 3) les relevés floristiques géoréférencés et la cartographie des habitats naturels du Vercors récemment construite par le CBN Alpin.

Ce travail a permis à la fois de lister l'ensemble des habitats forestiers susceptibles d'être observés dans le Vercors et d'apporter des éléments chiffrés sur les conditions écologiques qui sous-tendent à leur répartition spatiale. Grâce aux relevés floristiques et à la cartographie du CBN Alpin, nous disposons de données précises sur la localisation de ces habitats. Notre travail a consisté à extraire, sur une série de points appartenant à ces localisations, les valeurs des variables environnementales correspondantes. Les informations sont synthétisées pour chacune des variables et pour chaque habitat sous forme de fonction d'appartenance (voir exemple figure 3). C'est à partir de ce « système expert » que se base ensuite l'automatisation de l'interprétation des données (voir page suivante le synoptique de la méthode, figure 4).

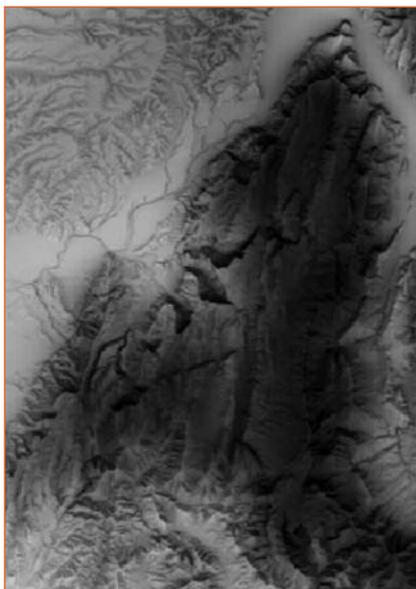


Fig. 2 : exemple de présentation de données « environnementales » (ici, le bilan hydrique annuel) sur le Vercors

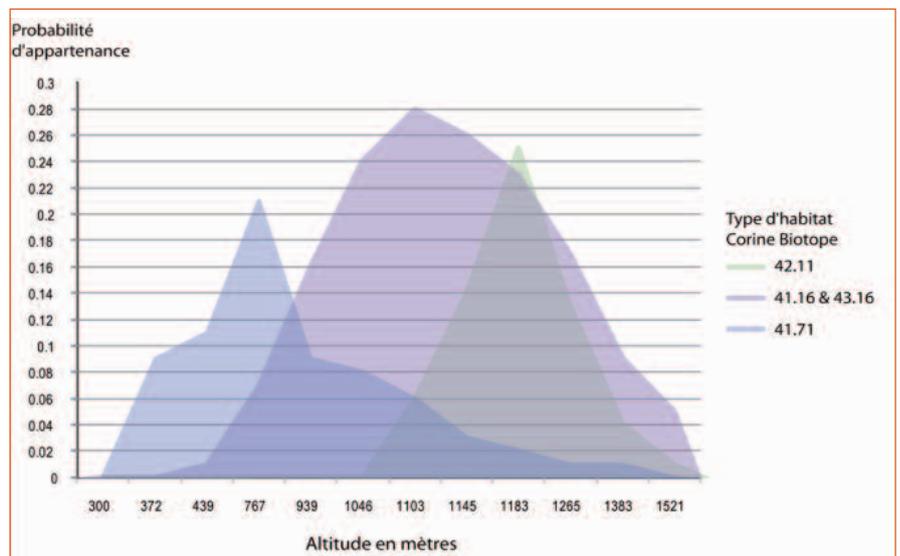


Fig. 3 : exemple de fonctions d'appartenance sur trois types d'habitat pour la variable altitude

Les peuplements correspondant à l'habitat CB 42.11 se répartissent entre 1 050 et 1 600 m d'altitude avec une fréquence plus élevée vers 1 200 m. On note qu'entre 1050 et 1500 m, les trois habitats peuvent être observés, mais avec des probabilités d'occurrence variable dans cet intervalle. Ce sont ces informations qui sont prises en compte dans le logiciel. L'exemple porte ici sur seulement trois habitats et le paramètre altitude. Sur le niveau 1<sup>er</sup> décimale de la nomenclature CB (41.1...), le modèle général concerne 9 habitats et 5 paramètres.

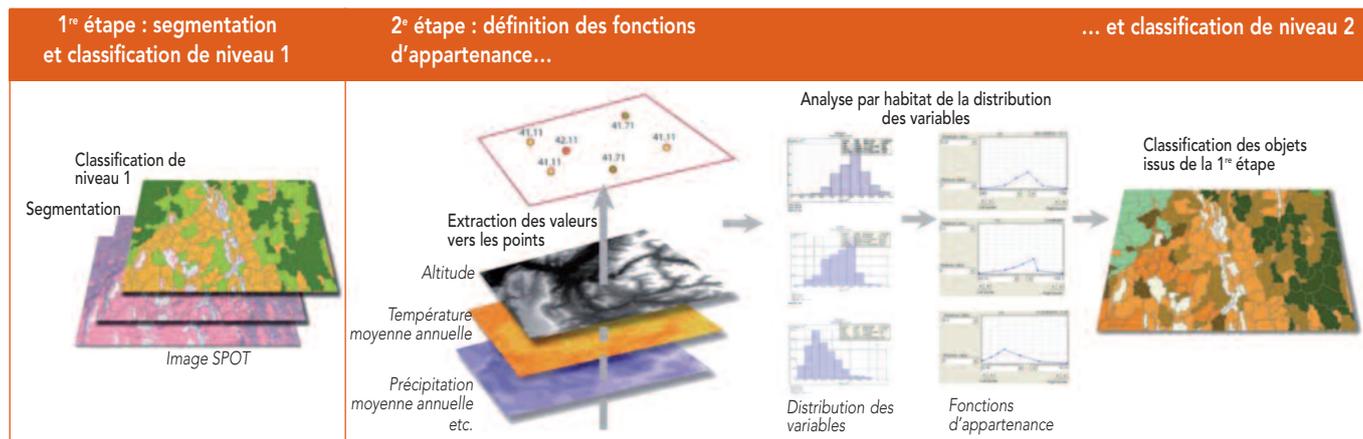


Fig. 4 : schéma synoptique de la méthode

Notre démarche d'analyse repose alors sur un mode de raisonnement particulier, spécifique à l'utilisation de données imprécises ou incomplètes, communément appelé « logique floue » (Ducrot D., 2005). Le fait par exemple qu'il n'est pas possible de prédire qu'à telle altitude on trouvera tel habitat et aucun autre, illustre bien le manque de précision de nos données, au sens de cette analyse. La réalité du terrain nous impose une interprétation souvent compliquée, par exemple : *les peuplements purs de Sapin pectiné sont observés de façon non exclusive entre 1 000 et 1 500 mètres, mais avec — au sein de cet intervalle — une probabilité de présence variable (généralement plus rares sur les extrêmes)*. Ainsi, nos informations ne permettent pas d'aboutir à des valeurs d'interprétation de type binaire (« vrai » ou « faux »), mais plutôt à des degrés d'appartenance (qui varient entre 0 et 1). Plusieurs variables peuvent se combiner (exemple : *les peuplements purs de Sapin pectiné sont observés entre 1000 et 1500 mètres, mais dans cette amplitude altitudinale, si les précipitations moyennes annuelles sont inférieures à 1 200 millimètres on trouvera plus probablement des hêtraies*). Nous avons implémenté ces informations dans *Definiens@*. Le logiciel permet de « situer » les

différents objets – dont on connaît les valeurs moyennes pour chacune des variables environnementales – par rapport aux fonctions d'appartenance. Les résultats sont donnés pour chaque objet sous forme de probabilité d'appartenance à chacun des habitats.

### Précision des résultats

Pour le premier niveau de classification (forêt feuillue, résineuse ou mixte), nous avons procédé à une validation par comparaison entre la classification et une photo-interprétation de l'image sur 348 points sélectionnés aléatoirement. Les résultats obtenus sont tout à fait satisfaisants : pour 86 % des points, l'identification est correcte.

Pour la classification de niveau 2, ces premiers résultats sont basés sur la probabilité d'appartenance la plus élevée, puis ils sont comparés avec une autre série de points de validation (570 points issus d'un second échantillon de relevés, provenant de la cartographie du CBN Alpin). La précision globale s'élève à 51 %. En précision par type, sur les neuf types, 3 sont à plus de 65 % et 3 à moins de 30 %, ce qui est plutôt encourageant dans cette étape de la méthode. Pour aller plus loin dans l'analyse nous pourrions tenir compte de la 2<sup>e</sup> plus forte probabilité d'apparte-

nance, éventuellement la 3<sup>e</sup>, notamment pour les types les moins bien classés. On pourrait ainsi admettre que dans certaines situations notre prédiction ne permet réellement pas de dissocier deux, voire trois types d'habitat. Il pourrait être intéressant d'accepter une marge d'erreur et de proposer un choix d'habitats potentiellement présents. Rappelons que l'objectif final est d'apporter une aide à la réalisation d'une cartographie, et qu'une validation sera de toute façon impérative, par photo-interprétation ou, si nécessaire, contrôle de terrain.

### Un travail exploratoire à approfondir

Ces recherches correspondent à un travail exploratoire qui nous a conduits à faire une sélection parmi les différentes données et techniques d'analyse existant actuellement pour proposer une méthode de télédétection des habitats forestiers qui se situe encore à un stade expérimental. En l'état, son principal intérêt est de permettre de combiner la pratique de la géomatique et l'expertise en phytosociologie : la géomatique s'appuie sur la télédétection (traitement du signal) et optimise les prédictions en intégrant l'ensemble des informations disponibles, notamment celles issues du travail

des phytosociologues ; ces derniers restent maîtres du choix et de la définition des variables environnementales pertinentes, et leur expertise est impérative pour valider et finaliser la cartographie. Nous avons volontairement développé dans cet article les techniques et les outils de la télédétection, mais la validité de la méthode est subordonnée à la qualité du travail préalable d'analyse et à la contribution indispensable des spécialistes des milieux étudiés.

À ce stade, les résultats sont à la fois encourageants et encore insuffisants. L'intérêt de la télédétection est confirmé, mais sa mise en œuvre pour une cartographie à l'échelle nationale nécessite une phase préalable d'amélioration et de validation. Il reste aussi à étudier la faisabilité à l'échelle du territoire national et évaluer les moyens financiers et humains nécessaires à un déploiement effectif.

Pour améliorer la précision des résultats, il conviendra de rechercher et intégrer d'autres données environnementales, notamment concernant le sol. On peut espérer obtenir des informations sur le pH par interpolation des relevés floristiques ponctuels du CBN Alpin en s'appuyant sur les valeurs indicatrices des plantes issues des travaux du LERFoB (Gégout *et al*, 2008) ; de même pour l'humidité du sol à partir de la base de données ECOCLIMAP :

(<http://www.cnrm.meteo.fr>).

D'autres informations géographiques n'ont pas encore été prises en compte et auront très

certainement une utilité : les documents d'aménagement spatialisés dans le cas des forêts gérées par l'ONF, et la cartographie forestière de l'IFN. Il faut également tester la méthode dans des contextes forestiers différents de celui du Vercors, qui se caractérise par une grande étendue et une forte variabilité des facteurs environnementaux (altitude, climat) : par exemple dans des situations plus homogènes en termes de relief et de climat, et notamment dans le cas de massifs plus petits en situation de plaine. Il conviendra aussi de rassembler des données de validation indépendantes, différentes de celles utilisées pour caractériser les habitats.

N'oublions pas enfin l'évolution de la qualité des données de télédétection : l'avenir est à la très haute définition (LIDAR, MNT et images satellites à des résolutions inférieures à 10 mètres), et notamment pour les données génériques. Ces évolutions laissent envisager à court ou moyen terme de meilleurs résultats en termes de précision des prédictions et de niveau d'échelle.

**Vincent BRETON**

**Julien RENAUD**

**Sandra LUQUE**

Cemagref Grenoble

[prenom.nom@cemagref.fr](mailto:prenom.nom@cemagref.fr)

Les auteurs tiennent à remercier le CBN Alpin, et notamment J.-C. Villaret, pour son aide précieuse dans le travail de définition et de description des habitats étudiés.

## Bibliographie

Ducrot D., 2005. Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources. Extraction de caractéristiques du paysage. Mémoire de recherches (HDR). 210 p.

Gégout J.-C., Rameau J.-C., Renaux B., Jabiol B., Bar M., Marage D., 2008. Les habitats forestiers de la France tempérée. Typologie et caractérisation. AgroParisTech-ENGREF, Nancy. 720 pages, 6 annexes. Version provisoire nov. 2008

Olivier J., Hendoux F., Gaudillat V. Deshayes M., (coord.) 2010. Cadre méthodologique pour une cartographie nationale des végétations naturelles et semi-naturelles terrestres en France (2010-2018, et au delà). Paris : FCBN, MNHN-SPN, Cemagref, MEEDDM, 207 p.