

## CARTOGRAPHIER L'HISTORIQUE DES COUPES FORESTIÈRES DANS LES PETITS BOIS

ÉMILIE ANDRIEU - GAËTAN DU BUS DE WARNAFFE - SYLVIE LADET  
WILFRIED HEINTZ - ANNE SOURDRIL - MARC DECONCHAT

Dans de nombreux écosystèmes forestiers en Europe, les coupes effectuées pour l'exploitation du bois sont la principale pratique de gestion. L'hétérogénéité spatiale des peuplements induite par l'agencement spatio-temporel de ces coupes, combinée à la dynamique naturelle de croissance de la végétation, influence les processus de dispersion, de colonisation et de compétition, qui déterminent la composition des communautés forestières (Butaye *et al.*, 2001). Cette hétérogénéité a ainsi des conséquences sur la biodiversité (Barkham, 1992 ; Gosselin et Laroussinie, 2004). Une meilleure compréhension du rôle de ce facteur est nécessaire pour aider à mieux gérer la biodiversité forestière et pour mettre au point des scénarios prospectifs réalistes.

L'étude des impacts des activités humaines sur la biodiversité pose des problèmes méthodologiques importants, principalement liés à la longue durée des cycles sylvicoles en jeu. Une démarche pour faire face à ces difficultés consiste à utiliser les données historiques afin de comprendre et quantifier les impacts des activités humaines passées sur la biodiversité actuelle. Cette approche rétrospective peut servir à éclairer les gestionnaires sur le poids des différents facteurs (comme l'hétérogénéité spatiale) sur les dynamiques en cours. La difficulté principale réside en l'obtention de données historiques et spatialisées de la gestion forestière, à partir de données historiques de nature et de précision différentes selon les époques. Ces cartes sont en effet nécessaires à la mise au point d'échantillonnages pertinents dans un contexte ne permettant pas l'expérimentation.

Dans le cas de forêts relevant du régime forestier, ces données sont en principe assez facilement accessibles car les opérations sylvicoles ont dû être enregistrées dans des documents de suivi, et la cartographie est facilitée puisque les parcelles de gestion sont souvent de grande taille et ont des contours relativement stables dans le temps. Cependant, une grande part de la surface forestière en France est composée de petites propriétés privées (moins de 25 ha), qui ne sont pas soumises à l'obligation<sup>(1)</sup> d'être dotées d'un plan de gestion (Balent, 1996). Il n'y a pas *a priori* d'unité de gestion pérenne pouvant servir de base pour la cartographie : chaque propriétaire exploite sa propriété forestière selon ses habitudes, souvent en plusieurs coupes successives et les contours mêmes des bois peuvent changer du fait des défrichements et des accrues forestières. Dans ces cas, les seules sources de données facilement exploitables sont les photographies aériennes. La première mission de photographie aérienne de l'Institut géographique

(1) La loi impose aux forêts privées d'une surface de plus de 25 ha d'un seul tenant d'être pourvues d'un plan de gestion agréé. Le seuil est même abaissé à 10 ha dans certains départements.

national datant de 1942, il est donc possible de décrire précisément la gestion sylvicole depuis environ 65 ans. D'autres sources de données (interviews, documents anciens) pourraient permettre d'avoir un recul un peu plus important mais leur manque de précision les rendrait inexploitable pour une étude à une échelle fine. Nous utilisons par ailleurs des cartes anciennes remontant jusqu'à 1750 afin d'étudier la continuité temporelle des zones boisées mais la précision est, dans ce cas, bien moindre que celle des photographies aériennes et concerne uniquement la forme globale du massif boisé.

Dans le domaine de l'écologie du paysage, l'utilisation de systèmes d'information géographique (SIG) a permis une meilleure appréhension des structures éco-paysagères en offrant des nouvelles fonctionnalités de traitement et d'exploitation des prises de vues aériennes (Collet, 2005). Les données et les outils de cartographie sont maintenant facilement accessibles, ce qui a largement contribué à la diffusion des concepts et méthodes à la base de l'écologie du paysage et de l'écologie spatialisée, notamment dans le domaine forestier. Cependant, la manipulation et le traitement concret d'une série temporelle de photographies aériennes posent des problèmes méthodologiques complexes, liés en particulier à la qualité hétérogène de ces données dans le temps et l'espace.

À travers notre expérience de l'étude de la petite forêt privée du Sud-Ouest de la France, nous proposons une amélioration des méthodes classiques d'exploitation des photographies aériennes (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006), permettant de tirer profit des informations disponibles. Nous exposons ici les étapes de la procédure mise en place, en explicitant les points essentiels devant être pris en compte pour contrôler la qualité des données. Cet exemple vise à montrer la faisabilité de telles reconstitutions historiques à une échelle spatiale fine et à souligner la nécessité de prendre des précautions méthodologiques particulières.

## **MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **Zone d'étude : les petites forêts du Sud-Ouest de la France**

L'ensemble des bois étudiés se trouve sur plusieurs communes rurales du Bas-Comminges (00° 49' E, 43° 16' N) dans le Sud-Ouest de la France. Le paysage agricole fragmenté et les éléments boisés qui caractérisent cette zone sont des objets d'étude de l'UMR Dynafor depuis 25 ans (Balent, 1996). Ce laboratoire, spécialisé dans l'écologie du paysage, développe des recherches sur les dynamiques des formations boisées dans les paysages agricoles ; y sont menées des études autour des pratiques de gestion forestière (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006), des déterminants sociaux de ces pratiques (Sourdril *et al.*, 2006) et de la biodiversité (Deconchat et Balent, 2004). Dans cette zone, l'altitude varie peu (300-360 m) et la pente est faible (0-16°). Les bois, d'une surface de 0,5 à 35 ha, appartiennent à un grand nombre de propriétaires privés locaux, souvent des exploitants agricoles, qui les gèrent eux-mêmes (Sourdril et du Bus de Warnaffe, 2005). La plupart des parcelles boisées ont un faciès de chênaie-charmaie, traitée en taillis-sous-futaie ou plus rarement en taillis (Cabanettes et Guyon, 1994) : le taillis est utilisé principalement pour le bois de feu et les réserves pour le bois d'œuvre. Les arbres sont coupés et débardés en quelques mois et la coupe est laissée sans autre intervention notable jusqu'à ce que les arbres soient de nouveau exploitables (15 à 40 ans).

### **Principe général**

La photographie aérienne est la donnée cartographique la plus appropriée aux objets de notre étude, à savoir des bois de petites surfaces dont nous voulons suivre l'évolution de la gestion dans l'espace. Le principe général consiste à identifier puis à cartographier les coupes et l'évo-

lution des peuplements sur une série temporelle de photographies aériennes afin de retracer l'historique de gestion de la zone. Les photographies vont donc servir de support à l'analyse et au découpage du couvert de chaque bois en fonction de critères concernant la canopée, définis par rapport à notre thématique de recherche. L'analyse des photographies par stéréoscopie permet de distinguer les différentes hauteurs de la végétation définissant des classes de couvert (Bakis et Bonin, 2000 ; Muraz *et al.*, 1999). Dans notre cas, il s'agit des coupes, des recrûs et des peuplements adultes (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006). Les différentes classes de couvert sont digitalisées directement sous forme de polygones sur les photographies aériennes numérisées géoréférencées (logiciel ArcGis®). Les cartes obtenues pour les différentes années sont compilées en une carte de synthèse comprenant des polygones dont les attributs restituent l'historique de gestion. La procédure développée comporte plusieurs phases (obtention des données sources, photo-interprétation et digitalisation, et enfin traitement de synthèse) qui nécessitent des choix déterminants pour la qualité des données.

### Obtention des données sources

Parmi les données proposées par différents fournisseurs nous permettant d'acquérir une série temporelle de photographies aériennes sur plusieurs décennies, nous avons utilisé neuf missions de l'Institut géographique national d'échelle comprise entre 1/20 000 et 1/31 250 (1942, 1953, 1962, 1971, 1977, 1984, 1992, 2002, 2006) et une mission de l'Inventaire forestier national (IFN) au 1/17 000 (1996). Ces missions nous permettent d'obtenir à la fois :

- des couples stéréoscopiques couvrant les bois étudiés pour appréhender leur structure verticale,
- un pas de temps entre les missions aériennes de moins de 10 ans afin de pouvoir estimer à 5 ans près la date des coupes,
- et une échelle de prise de vue la plus grande possible pour étudier les objets de petite dimension (coupes).

La qualité variable des missions selon les années (notamment la taille du cliché, le type d'émulsion) nécessite des choix dans les traitements de numérisation et de géoréférencement. Ainsi la photographie numérisée dans chaque couple stéréoscopique est choisie de telle sorte que les bois étudiés soient au centre car les distorsions y sont moins importantes. De plus, la résolution du scanner doit être adaptée à la finesse de l'échelle d'étude (ici le houpplier).

Le géoréférencement des photographies aériennes est une opération capitale du processus de traitement des images. Il consiste à attribuer à chaque point de l'image des coordonnées géographiques. Ceci est possible en établissant une relation graphique entre des points caractéristiques (appelés amers) relevés sur la photographie et la représentation de ces mêmes points sur un support référentiel dont les coordonnées de chaque point sont déjà connues (le référentiel le plus utilisé est la BD ORTHO de l'IGN). Le logiciel utilisé rectifie ensuite la photographie selon un algorithme de transformation préétabli. La photographie aérienne est alors géoréférencée, elle est donc superposable à d'autres sources de données représentées dans le même système de projection, autorisant ainsi tous types d'analyses spatiales.

Cette étape de géoréférencement, nécessaire lorsque l'on utilise des clichés anciens, présente néanmoins des limites d'utilisation importantes. La transformation de l'image est inévitablement accompagnée de décalages, y compris au sein des amers. Il est possible d'apprécier globalement cette erreur de positionnement avec la RMS (*root mean square* ou erreur quadratique moyenne) qui évalue le décalage entre les coordonnées prédites et les coordonnées vraies (Caloz, 2005). En outre, il faut noter que la moindre qualité des photographies anciennes ne permet pas toujours de mettre en évidence des amers fiables. Il existe différentes méthodes permettant de

réduire cette erreur, par exemple la saisie des amers en spirale allant des points potentiellement les moins déformés vers les plus déformés. Les photographies des différentes dates ne sont donc pas parfaitement superposables dans le détail, ce qui provient de la combinaison des incertitudes des différentes photographies, et non de réelles évolutions des paysages. Ainsi, la méthode la plus courante, qui consiste à digitaliser indépendamment les images géoréférencées, aboutit souvent à des résultats erronés lors de la combinaison des différentes dates. Cette contrainte nécessite d'adopter une méthode de digitalisation particulière qui permet de minimiser ces écarts artéfactuels.

### **Digitalisation et photo-interprétation**

Face à cette contrainte, l'IFN a développé la photo-interprétation régressive (Muraz *et al.*, 1999) qui consiste à interpréter les photographies de la plus récente à la plus ancienne. La carte réalisée sur la photographie la plus récente est dupliquée pour servir de base pour digitaliser toutes les années de la série. Cependant, cette méthode est difficile à mettre en œuvre dans le cas d'un couvert très hétérogène à une échelle fine. Il existe de nouveaux outils, tels que la déformation caoutchoutée des polygones (ESRI, 2006), qui permettent d'ajuster temporairement les polygones à la photographie en cours de digitalisation, afin de faciliter le report des limites (figure 1, p. 671). Malgré la grande précision de cette méthode, de très petits polygones artéfactuels apparaissent lors de la réalisation de la carte de synthèse. Il est aisé de les éliminer en post-traitement du fait de leur taille très faible qui les distingue clairement de changements effectifs des limites.

L'attribution d'une classe de peuplement (coupe, recrû, adulte) à un polygone est réalisée lors d'une phase de photo-interprétation progressive, c'est-à-dire dans le sens chronologique. Cette méthode a l'avantage de permettre de suivre l'évolution des couverts forestiers, ce qui facilite l'interprétation (figure 1, p. 671).

Par ailleurs, un certain nombre de règles concernant la photo-interprétation et la digitalisation doivent être définies afin de réduire au maximum les incertitudes et les erreurs d'interprétation, et de permettre d'homogénéiser la méthode entre observateurs différents :

- règles définissant les classes de peuplements (critères de texture, de couleur, de hauteur de végétation), validées par la confrontation avec des mesures dendrométriques de terrain (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006 ; Bakis et Bonin, 2000) ;
- règles homogénéisant les échelles et les précisions : équivalence des échelles d'observation par stéréoscopie entre photographies, équivalence entre l'échelle d'observation et l'échelle de digitalisation à l'écran... ;
- règles définissant les contours des zones digitalisées : longueur du seuil minimum entre deux points consécutifs délimitant une zone, évitement des ombres portées, définition de la surface minimale digitalisable... ;
- règles définissant l'agencement des polygones : outils de saisie des sommets pour les polygones adjacents par le paramétrage de l'environnement de capture.

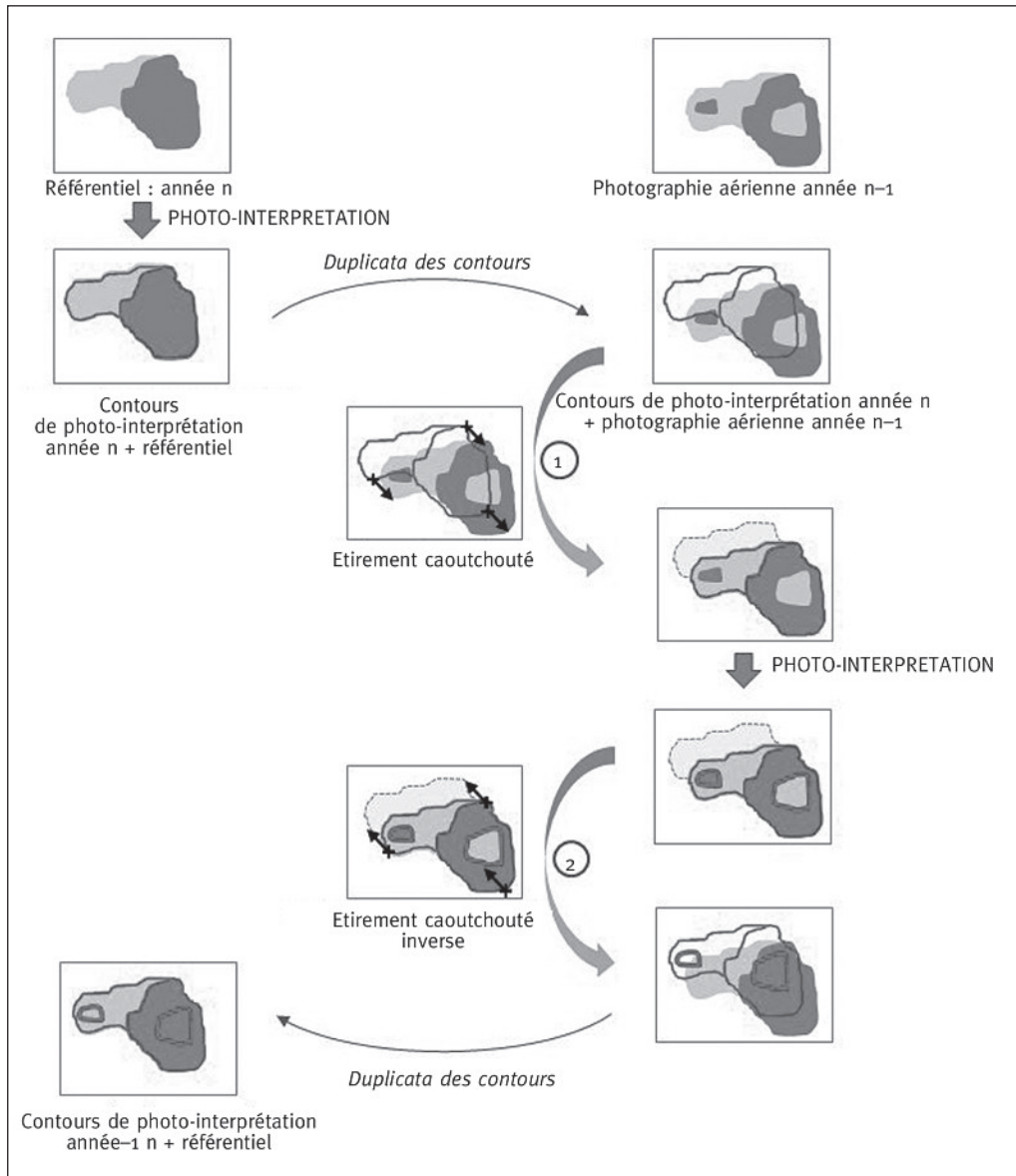
### **Réalisation de la carte de synthèse**

Les cartes obtenues pour chaque date (figure 2, p. 672) sont croisées de manière à obtenir une carte de synthèse (1942-2006) qui résume l'historique de gestion de chaque surface (figure 3, p. 673). L'opération de croisement des photo-interprétations successives se fait par l'intermédiaire d'une fonction qui fait l'intersection de tous les polygones et dont la résultante conserve leurs états successifs dans le temps. On déduit de cette succession les dates de coupe à partir d'un schéma logique de la dynamique du couvert prenant en compte le fait que le passage de

FIGURE 1

**MÉTHODE DE DIGITALISATION ET PHOTO-INTERPRÉTATION  
ADAPTÉE DE MURAZ ET AL. (1999)**

La première étape consiste à construire la couche vecteur polygonale correspondant à la photo-interprétation de la photographie aérienne  $n$  (référentiel de la première année : BD ORTHO 2006©). Dans l'étape 2, un duplicata de cette couche contours est alors superposé à la photographie suivante de la série étudiée et seuls les polygones ayant changé de nature ou de forme sont modifiés. Nos adaptations portent sur la combinaison de la photo-interprétation régressive et progressive ainsi que sur l'utilisation de la fonction "étirement caoutchouté". Une première fois, cette dernière est utilisée pour faciliter la construction de la couche vecteur polygonale correspondant à la photo-interprétation de la photographie aérienne précédente, une seconde fois, on inverse les vecteurs de translation pour récupérer le duplicata mis à jour superposable au référentiel de départ. On répète l'opération jusqu'à la dernière photographie à interpréter.



**FIGURE 2** EXEMPLE DE CARTES DE PEUPEMENTS EN 1942 (en haut) ET EN 2006 (en bas)

Les 3 types de peuplements (coupes en gris clair, recrûs en gris moyen et adultes en noir) ont été obtenus par photo-interprétation.

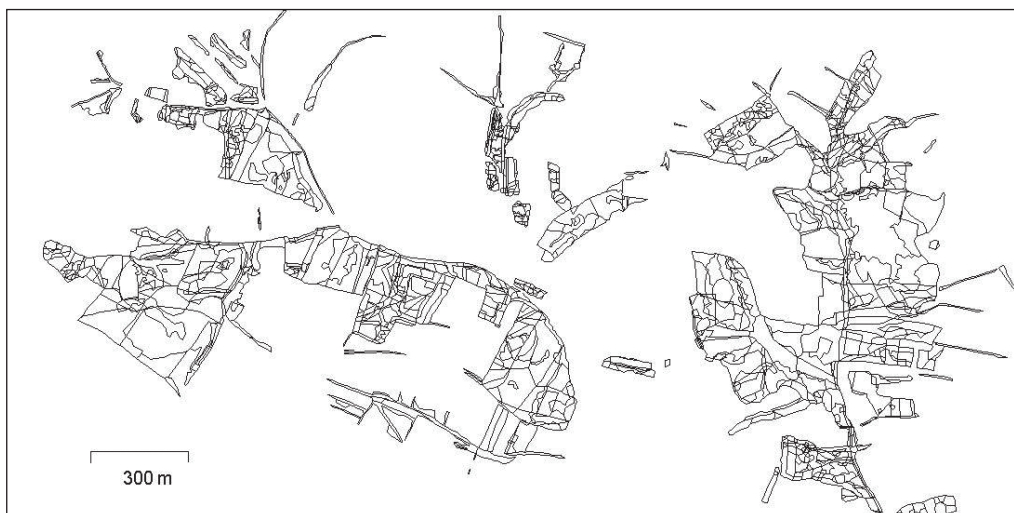


certaines classes à d'autres ne peut résulter que d'une coupe dans l'intervalle (une coupe reste facilement visible durant 4 ans) (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006). La date de coupe la plus probable est le centre du pas de temps entre deux photographies aériennes successives. Les informations ainsi réunies permettent la formulation de requêtes par périodes ou par caractéristiques de la coupe, pour identifier des itinéraires techniques de gestion.

Conformément à la directive Inspire (CNIG, 2007) et dans un souci de traçabilité et de pérennité des ressources, l'ensemble des données utilisées dans la procédure décrite ont été cataloguées dans un serveur de métadonnées.

**FIGURE 3** CARTE DE SYNTHÈSE OBTENUE PAR INTERSECTION GÉOMÉTRIQUE DE TOUTES LES COUCHES DE PHOTO-INTERPRÉTATION

Les polygones élémentaires, issus de l'intersection des cartes de photo-interprétation des 9 années, sont nombreux et de très petite surface. La méthode proposée assure que ces polygones ne sont pas des artéfacts de traitements de données mais correspondent à des variations effectives du couvert.



## DISCUSSION

La caractérisation et la cartographie des pratiques de gestion dans les petits bois privés posent un réel défi méthodologique lié à la forte hétérogénéité spatiale et temporelle des pratiques couplée à celle de la qualité des informations disponibles. La faible surface des bois considérés, l'absence d'information écrite sur les coupes, l'hétérogénéité interne et la diversité des interventions appliquées dans les 65 dernières années étaient en effet des contraintes fortes qui rendaient difficile *a priori* la cartographie détaillée de l'histoire des coupes. Les incertitudes temporelles (par exemple, pour définir la date exacte d'une coupe) ou spatiales (par exemple, pour identifier et délimiter des coupes laissant une forte densité de réserves, donc peu distinctes des peuplements non exploités) (Caloz, 2005) sont peu fréquentes, peuvent être minimisées en ayant recours aux enquêtes auprès des gestionnaires (Sourdril *et al.*, 2006). L'utilisation de ces enquêtes est par contre nécessaire en ce qui concerne la gestion des lisières, qui ne peut être déduite des photographies aériennes : les lisières semblent en effet faire l'objet de coupes particulières sur une faible largeur (10 m), plus fréquentes que dans le reste du bois (du Bus de Warnaffe *et al.*, 2006).

À ces imprécisions s'ajoutent les problèmes déjà connus de manipulation de photographies aériennes à des dates différentes (différences de résolution, photo-identification des mêmes couverts et géoréférencement). Ainsi, les travaux présentés soulignent l'importance d'élaborer des procédures de traitement de ces données spatialisées qui assurent un contrôle de la qualité des résultats. Certains choix ou certaines méthodes, qui pourraient sembler aller de soi, peuvent poser de graves problèmes pour la pertinence des résultats et peuvent être parfois remplacés par d'autres méthodes plus efficaces. Nos résultats, sous forme de cartes documentées, montrent ainsi la faisabilité de la combinaison de deux méthodes de photo-interprétation, progressive et



régressive, qui apporte une réponse simple et assez efficace à une partie de ces problèmes. Ainsi, la méthode de digitalisation régressive réduit très fortement les artefacts de digitalisation qui peuvent ruiner au final les efforts faits pour reconstituer des séries temporelles à partir de photographies géoréférencées. Les cartes de synthèse obtenues ont une précision fine, adaptée à celle du contexte et des problématiques des études de l'impact de la gestion forestière sur la biodiversité ou de l'évolution des pratiques de gestion. Cette précision a un coût élevé en termes de temps de travail nécessaire au déroulement de la procédure. L'utilisation de traitements automatiques d'images satellitaires à très haute résolution spatiale (SPOT 5) ou de laser (lidar) permettrait d'automatiser le processus à une échelle fine, mais la dimension historique serait perdue et les données issues de ces méthodes nouvelles restent encore difficiles à traiter. Ces traitements restent donc pour le moment cantonnés à des études à grande échelle (IFN, 2008).

Les cartes de synthèse obtenues ont produit des résultats nouveaux concernant les pratiques d'exploitation forestière dans les petits bois étudiés. Ainsi, on a pu confirmer qu'il n'y a pas d'unité de gestion spatialement stable dans le temps, comme cela avait été supposé. Les coupes peuvent être parfois organisées dans l'espace, au sein d'une parcelle cadastrale, mais l'étendue et les limites des coupes ne se reproduisent pas d'un cycle sur l'autre. Cette variabilité des contours des coupes conduit à une hétérogénéité très fine des stades de développement des peuplements et de la végétation. Ces stades sont difficilement discernables à l'œil dans le bois quelques années après la coupe ; ils contribuent néanmoins à la forte variabilité des structures forestières qui est observée dans ces bois.

Ces cartes, riches en informations, permettent de mettre au point des protocoles d'échantillonnage précis, permettant de tester des hypothèses sur l'impact d'une gestion très hétérogène sur la biodiversité des espèces végétales forestières et sur leur répartition spatiale au sein des bois, dans un contexte où l'expérimentation n'est pas envisageable. Un tel échantillonnage sera utilisé pour réaliser des relevés botaniques et pour permettre d'évaluer l'impact de l'intensité de la gestion forestière (par exemple la fréquence des coupes dans le temps) sur la biodiversité spécifique et fonctionnelle. Ceci permettra d'une part de proposer aux gestionnaires des pratiques favorisant la biodiversité et d'autre part de nous renseigner sur les impacts d'une potentielle augmentation des prélèvements forestiers pour le bois-énergie sur cette biodiversité. De plus, la superposition des cartes obtenues avec les cartes spatialisées d'abondance d'espèces végétales forestières permet d'étudier leur sensibilité à l'intensité de la gestion forestière (par exemple la fréquence des coupes dans le temps).

L'utilisation des photographies aériennes historiques en vue de reconstituer la dynamique des couverts forestiers est une méthode très intéressante pour pouvoir aborder les processus forestiers se déroulant sur des pas de temps ou des surfaces trop larges pour des approches expérimentales. L'écologie du paysage apporte les concepts, la géomatique apporte les méthodes et les outils nécessaires à de telles analyses. L'écologie du paysage se doit de poursuivre le développement de tels outils et méthodes robustes pour traiter les questions forestières.

Émilie ANDRIEU - Gaëtan du BUS de WARNAFFE - Sylvie LADET

Wilfried HEINTZ - Anne SOURDRIL - Marc DECONCHAT

UMR 1201 DYNAFOR INRA

INPT/ENSAT Université de Toulouse

INRA

BP 52627

F-31326 CASTANET TOLOSAN CEDEX

(emilie.andrieu@toulouse.inra.fr) (gdubus@gestion-forestiere-sud.com)

(sylvie.ladet@toulouse.inra.fr) (wilfried.heintz@toulouse.inra.fr)

(anne.sourdril@toulouse.inra.fr) (marc.deconchat@toulouse.inra.fr)



## Remerciements

Cette étude a été réalisée grâce à une bourse postdoctorale INRA (E. Andrieu), une bourse postdoctorale Marie-Curie de la Communauté européenne (G. du Bus de Warnaffe), et grâce au soutien financier de l'Agence nationale de la Recherche (programme POPULAR, ANR-06-PADD-014, W. Heintz).

## BIBLIOGRAPHIE

- BALENT (G.). — La Forêt paysanne et l'aménagement de l'espace rural. Dans : La Forêt paysanne dans l'espace rural. Biodiversité, paysages, produits / G. Balent. — Paris : INRA, 1996. — pp. 7-14 (Études sur les Systèmes agraires et le développement ; 29).  
<http://www.inra.fr/sad/rub3resu/EtudEtRech/etudrech29.htm>
- BARKHAM (J.P.). — The effect of coppicing and neglect on the performance of the perennial ground flora. In : Ecology and management of coppiced woodlands. — Cambridge : University Press, Cambridge, 1992. — pp. 117-146.
- BAKIS (H.), BONIN (N.). — La Photographie aérienne et spatiale. — Paris : PUF, 2000. — 127 p. (Que sais-je n° 1700).
- BUTAYE (J.), JACQUEMYN (H.), HERMY (M.). — Differential colonization causing non-random forest plant community structure in a fragmented agricultural landscape. — *Ecography*, vol. 24, 2001, pp. 369-380.
- CABANETTES (A.), GUYON (J.-P.). — Relations entre gestion et structure dans les systèmes boisés d'exploitations agricoles. Symposium "Agriculteurs, agricultures et forêts". — Paris : Cemagref, 1994.
- CALOZ (R.). — Réflexions sur les incertitudes et sur leur propagation en analyse spatiale. — *Revue internationale de Géomatique*, vol. 15, n° 3, 2005, pp. 303-320.
- CNIG. — La Directive Inspire. — *Fiche du CNIG*, n° 110, 2007.
- COLLET (C.). — Analyse spatiale, géomatique et systèmes d'information géographique. — *Revue internationale de Géomatique*, vol. 15, n° 4, 2005, pp. 393-414.
- DECONCHAT (M.), BALENT (G.). — Critères et indicateurs de gestion durable des forêts : la biodiversité. — *Revue forestière française*, vol. LVI, n° 5, 2004, pp. 419-430.
- DU BUS DE WARNAFFE (G.), DECONCHAT (M.), LADET (S.), BALENT (G.). — Variability of cutting regimes in small private coppice forests of south-western France. — *Annals of Forest Sciences*, vol. 63, 2006, pp. 915-927.
- ESRI. — ArcGIS9, Fonction "étirement caoutchouté". Utilisation d'ArcGIS Desktop. — 2006. — pp. 240-244.
- GOSELIN (M.), LAROUSSINIE (O.). — Biodiversité et gestion forestière. Connaître pour préserver. Synthèse bibliographique et premières recommandations. — Paris : Cemagref, 2004.
- IFN. — Les images satellitaires pour la gestion forestière. — *L'IF*, n° 18, 2008.
- MURAZ (J.), DURRIEU (S.), LABBÉ (S.), ANDREASSIAN (V.), TANGARA (M.). — Comment valoriser les photos aériennes dans les SIG. — *Ingénieries*, vol. 20, 1999, pp. 39-57.
- SOURDRIL (A.), DU BUS DE WARNAFFE (G.), DECONCHAT (M.), GARINE (E.), BALENT (G.). — From Farm Forestry to Farm and Forestry in South-western France as a Result of Changes in a "House-centred" Social Structure. — *Small-Scale Forest, Economics, Management, and Policy*, vol. 5, n° 1, 2006, pp. 127-144.
- SOURDRIL (A.), DU BUS DE WARNAFFE (G.). — Pratiques, structures écologiques et représentations sociales dans les forêts paysannes du Canton d'Aurignac (Haute-Garonne). Dans : La forêt : enjeux comparés des formes d'appropriation, de gestion et d'exploitation dans les politiques environnementales et le contexte d'urbanisation généralisée. Actes du colloque international (Poitiers, 16-17 octobre 2003) / M. Taabni. — Université de Poitiers, 2005. — pp. 236-244.

**CARTOGRAPHIER L'HISTORIQUE DES COUPES FORESTIÈRES DANS LES PETITS BOIS (Résumé)**

La reconstitution de l'historique des coupes forestières est utile pour mieux comprendre comment les actions anthropiques passées influencent la biodiversité actuelle. La caractérisation et la cartographie de l'histoire de la gestion sylvicole des petites forêts privées posent des difficultés du fait du manque de données fiables. Nous présentons les grandes étapes d'une méthode utilisant une analyse régressive puis progressive de photographies aériennes multodate qui limite les artefacts induits par la digitalisation des anciennes photographies, comme l'incertitude due à leur géoréférencement. Les cartes obtenues peuvent apporter des informations nouvelles et jusqu'à présent difficiles à produire, comme la forte hétérogénéité spatiale à une échelle fine, consécutive à la succession des coupes, qui peut avoir une influence forte sur la biodiversité de ces bois. Cet exemple illustre la nécessité d'améliorer les procédures de traitement des données spatialisées pour répondre à des questions d'écologie du paysage appliquées au contexte forestier.

**MAPPING THE FELLING HISTORY OF SMALL-SIZED WOODLANDS (Abstract)**

Reconstruction of felling history is useful to better understand how past human activity impacts current biodiversity. Characterization and mapping of the history of silvicultural management in private small-sized woodlands is difficult due to the lack of reliable data. The article describes the main steps of a method that uses regressive and then progressive analysis to digitize multirate aerial photographs, thereby limiting the artefacts arising from digitisation of old photographs, as well as the uncertainty connected with referencing them. The maps thereby obtained can provide new data that was previously difficult to produce, such as strong spatial heterogeneity on a fine scale resulting from a succession of fellings, which may have a strong influence on biodiversity in these woodlots. This example illustrates the necessity to improve the processing of spatial data to answer landscape ecology questions that arise in relation to forests.

---