

## 3 - Avec quels moyens de connaissance et d'intervention prévoir et accompagner cette évolution ?

### Détection de changements forestiers à l'aide d'images satellitales

par Sylvie DURRIEU et Jean-Guy BOUREAU \*

L'Inventaire forestier national produit, en plus de sa base de données dendrométriques, une base de données cartographiques qui inclut les cartes départementales des types de formation. Ceux-ci sont définis par leur composition et leur structure et sont identifiés sur photographies aériennes, généralement infra rouge couleur et à l'échelle du 1/17 000. Les unités délimitées par photo-interprétation sont reportées sur fonds de cartes topographiques au 1/25 000. Ces cartes forestières existent aujourd'hui sous forme numérique sur près des 3/4 du territoire français. Leur mise à jour régulière à partir de photographies aériennes apparaît comme un travail long et coûteux, fastidieux pour le photo-interprète. Aussi l'IFN s'interroge-t-il sur les possibilités d'utiliser l'imagerie satellitale pour le suivi des surfaces forestières. En effet, si les images satellitales ne peuvent se substituer aux photographies aériennes pour la réalisation de cartes forestières aussi

détaillées que celles de l'IFN, ces données, de par leurs caractéristiques, se présentent comme un outil intéressant pour l'actualisation, voire l'enrichissement des cartes de l'IFN. Par enrichissement on entend l'apport d'informations qui ne sont pas prises en compte dans la nomenclature actuelle de l'IFN mais qui sont susceptibles d'intéresser les forestiers, comme certaines interventions sylvicoles.

Un test a donc été réalisé afin de mieux appréhender l'apport réel des images satellitales dans le domaine de la mise à jour et de l'enrichissement de la carte IFN.

Cette étude voulant privilégier une approche opérationnelle, le travail a été réalisé sur une superficie comparable à celle d'une région forestière telle que définie par l'IFN. Sur le plan méthodologique les techniques de traitement d'image ont été associées à la souplesse d'une interprétation visuelle. Dans un souci de reproductibilité de la méthode et de généralisation des résultats, une zone forestière diversifiée a été choisie. Elle couvre 60 000 ha à l'Ouest du département de l'Hérault et est caractérisée par une topographie variée et le passage de peuplements méditerranéens au sud à des peuplements de moyenne montagne vers le nord, sur le plateau du Somail.

### Les données

Les données qui ont été utilisées lors de cette étude sont :

- la carte des types de peuplements de l'IFN de 1981 à actualiser et les cartes topographiques de l'IGN correspondantes,
- les photographies aériennes de 1981 qui avaient servi à la réalisation de la carte de 1981,
- cinq images SPOT multispectrales acquises en été et tous les deux ans entre 1986, première année de fonctionnement du satellite SPOT, et 1992. Ces images, d'une résolution géométrique de 20 m, apportent de l'information dans les bandes spectrales du vert (XS1), du rouge (XS2) et du proche infra rouge (XS3),
- et une image SPOT panchromatique de 1992, choisie en raison de sa résolution géométrique plus fine (10 m) qui sera celle des futures données multispectrales SPOT (disponibles vers 2005).

Enfin, l'utilisation des photographies aériennes de 1992, qui sont à la base de la nouvelle carte IFN réalisée par la méthode traditionnelle, et des contrôles sur le terrain ont permis de valider les résultats.

### Préparation des données

Les images satellitales sont rectifiées géométriquement à l'aide d'un modèle numérique d'altitude afin de pouvoir être superposées entre elles et à la carte forestière de 1981 (projection Lambert II étendu).

Elles sont ensuite "préparées" dans le but d'être photo-interprétées.

- D'une part les images successives sont présentées sous forme de compo-

\* Inventaire Forestier National - Cellule Evaluation de la Ressource / télédétection  
Place des Arcades - B.P. 1001 - Maurin-34971 Lattes Cedex  
Tél. : 04.67.07.80.70 Fax : 04.67.27.64.06

sitions colorées classiques qui rappellent, à la résolution géométrique près, les photographies infra rouge couleur. La forme numérique des données permet de rehausser les contrastes et de mettre ainsi l'information en valeur afin de faciliter le travail de photo-interprétation.

- D'autre part les canaux du proche infra rouge (XS3) sont traités de façon à mettre en évidence des évolutions anormales dans cette bande spectrale en comparant les images deux à deux. Ces changements de radiométrie sont susceptibles de correspondre à un changement d'état du peuplement. Cette phase nécessite de normaliser entre elles les images en prenant en compte les effets liés à des différences de composition atmosphérique, de conditions d'observation (angle de prise de vue et position du soleil) et de stade phénologique. La comparaison se fait ensuite par simple différence entre images normalisées.

## Enregistrement des changements

Une fois prêtes, les compositions colorées classiques et les images des évolutions dans le proche infra rouge (PIR) sont importées dans un Système d'Information Géographique.

Le logiciel utilisé permet de visualiser ces images tout en leur superposant la carte des types de peuplement sous forme vectorielle. Cette carte

peut alors être modifiée en fonction de l'information contenue dans l'image, par ajout ou suppression de limites ou de polygones. Les renseignements concernant chaque modification sont enregistrés : nature du changement, image sur laquelle il a été vu, etc... A ce niveau les anciennes photographies aériennes sont précieuses pour établir la présence d'un changement en apportant une connaissance précise de l'état initial.

Les images sont toujours analysées dans le même ordre afin d'étudier l'apport spécifique de chaque type de donnée. Ainsi l'image XS de 1992 est interprétée en premier car elle constitue la donnée minimale obligatoire pour actualiser la carte de 1981 en 1992. Puis l'étude de l'image Panchromatique permet de mesurer la contribution de la résolution géométrique plus fine. Enfin les images XS de 1986 à 1990 sont analysées en dernier pour cerner l'apport des données multitemporelles, qui incluent les différences entre canaux du PIR.

## Validation

Un échantillon de parcelles prises parmi l'ensemble des changements enregistrés est contrôlé en partie au sol et en partie sur photographies aériennes de 1992. Ceci permet de confirmer la présence du changement et d'en connaître la nature précise. Un certain nombre de parcelles non modi-

fiées lors de la phase de photo-interprétation sont aussi contrôlées dans le but de déterminer la part et la nature des changements omis.

## Résultats

Les informations recueillies lors de la phase de validation permettent le calcul d'un taux d'omission par type de changement. La connaissance de ces taux est primordiale car les omissions constituent la part d'erreur non rattrapable lors d'une procédure de mise à jour, à moins de procéder à une vérification exhaustive de la carte actualisée sur le terrain.

L'analyse des résultats montre une grande variabilité suivant la nature du changement (Cf. tableau I).

On s'aperçoit que pour les changements qui donnent lieu à une modification de type IFN, les taux d'omission sont très élevés (changements 1 à 4 du tableau). On constate aussi que ces changements ont été essentiellement vus sur les deux images de 1992 : la panchromatique et la multispectrale. Les trois points suivants permettent d'expliquer ces résultats :

- Certaines de ces évolutions se produisent dans un milieu hétérogène et changeant comme les terres agricoles ou les landes. Il est alors difficile de reconnaître un changement de type de formation parmi les changements d'apparence caractéristiques de ce type de milieu. Ici, une résolution géométrique

Type de changement	Taux de détection %	Taux d'omission %
1- <b>Densification lente</b> (passage d'agricole en landes, de landes en boisements lâches ou de bois. lâches en peuplement fermé)	6.2	93.8
2- <b>Boisement</b> ou <b>reboisement</b>	38.7	61.3
3- <b>Diminution du couvert</b> (incendie, déboisement)	55.2	44.8
4- <b>Autres changements de types</b> (transformation d'un peuplement à dominante feuillus à un peuplement à dominante résineuse)	44.1	55.9
5- <b>Coupes rases dans les feuillus</b>	93.5	6.5
6- <b>Eclaircies dans les feuillus</b>	86.9	13.1
7- <b>Coupes rases dans les résineux</b>	100	0
8- <b>Eclaircie dans les résineux</b>	64.9	35.1
9- <b>Problèmes sanitaires dans les châtaigniers</b>	Non évalué	Non évalué

Tableau I

plus fine que les 10 m de l'image panchromatique serait nécessaire pour faciliter l'identification d'une évolution de l'occupation du sol en déterminant la présence de certains éléments, arbres ou arbustes, grâce à l'information texturale, que l'on n'a pas sur les images SPOT.

- Les phénomènes lents qui conduisent à un changement de type IFN, comme les densifications naturelles des peuplements, ne peuvent pas être perçus car le laps de temps entre la première et la dernière image ne permet pas de voir le résultat d'une dynamique lente.

- Enfin certains changements n'ont pas été perçus car seul l'événement à l'origine de l'évolution était susceptible d'être détecté sur les images et a eu vraisemblablement lieu avant la première prise de vue. C'est le cas par exemple de coupes rases ou d'incendies dans un peuplement de feuillus qui peuvent se voir sur les images durant un, deux voire trois ans. Au-delà la végétation qui s'installe présente parfois le même aspect sur l'image que l'ancien peuplement de feuillus. Un autre exemple concerne la transformation d'un peuplement à dominante feuillue en un peuplement à dominante de conifères suite à une éclaircie. L'éclaircie est susceptible d'être vue par comparaison d'images prises avant et après l'intervention, à deux ans d'intervalle maximum. S'il n'existe pas de prises de vue sur cette période le changement ne sera pas perçu.

Si la détection de la plupart des changements de type IFN s'est révélée difficile, les résultats concernant l'enrichissement de la carte IFN et en particulier la détection d'interventions sylvicoles récentes (encore visibles sur les photographies aériennes de 1992) sont par contre particulièrement inté-

ressants (lignes 5 à 8 du tableau). Ces interventions ont été vues en grande majorité en utilisant les données multitudes (image XS de 1992 comprise).

Pour la mise en évidence des coupes rases les images simplement rehaussées sont en général suffisantes. Par contre l'analyse des différences entre canaux proche infra rouge normalisés apporte l'information sur les diminutions du couvert liées à des coupes d'éclaircie ou à des dégâts phytosanitaires (ligne 9 du tableau). Pour ces derniers le taux d'omission n'a pas été estimé car la validation n'a été faite que dans un sens ; seule a été réalisée une vérification sur le terrain de la présence de dégâts là où une chute de radiométrie dans le PIR n'était pas expliquée par une éclaircie repérée sur photographie aériennes de 1992.

Dans les peuplements feuillus, les quelques omissions parmi les coupes rases (6.5 %) et parmi les éclaircies (13.1 %) peuvent s'expliquer par une date d'intervention antérieure à la première prise de vue. Pour les peuplements résineux, les omissions parmi les éclaircies se sont révélées plus importantes. Ce résultat est cependant normal car les résineux un peu âgés présentent une faible réflectance dans le PIR et l'effet d'une éclaircie ne se voit guère dans ce canal. Il aurait fallu traiter de la même façon que les canaux du proche infra rouge un canal du visible (XS1 ou XS2) pour avoir une chance de déterminer la présence de ces éclaircies. Mais l'objectif principal de l'étude n'étant pas la détection des éclaircies cette analyse n'a pas été faite.

L'analyse des différences dans le PIR a aussi permis de détecter la présence de nombreuses parcelles de châtaignier touchées par les maladies du chancre et/ou de l'encre. La présence

des dégâts phytosanitaires apparaît très nettement sur les images des différences dans le proche infra rouge. Par contre ces dégâts sont difficiles à voir sur les photographies aériennes et seuls des contrôles de terrain ont permis de les identifier.

## **Perspectives**

Avec les images disponibles il s'est avéré impossible de réaliser une mise à jour de la carte des types de peuplements de l'IFN de façon fiable. La détection de changements comme les densifications naturelles demande l'utilisation de données plus adaptées : résolution géométrique plus fine et/ou images plus anciennes, de l'époque de la première cartographie.

Par contre la télédétection satellitale apparaît comme un outil performant d'analyse et de suivi des pratiques sylvicoles à l'échelle d'une région forestière ou d'un département. La connaissance de telles pratiques pourrait permettre d'appréhender plus aisément l'état de la forêt à un instant donné en améliorant l'actualisation d'informations issues d'un inventaire réalisé quelques années auparavant. La bonne connaissance de la sylviculture pratiquée dans le présent peut aussi faciliter la mise en place de scénarios de prospective pour tenter d'appréhender le devenir de la forêt.

Enfin, vu les résultats obtenus lors de cette étude, il semble intéressant d'approfondir les recherches sur l'utilisation de l'imagerie satellitale comme outil de détection et de suivi de dégâts sanitaires.

**S.D., J.-G.B.**