



HAL
open science

Systeme d'information géographique, télédétection et politique forestière régionale

Anne Jolly, Dominique Guyon, Jacques Riom

► **To cite this version:**

Anne Jolly, Dominique Guyon, Jacques Riom. Systeme d'information géographique, télédétection et politique forestière régionale. *Revue forestière française*, 1993, 45 (Spécial), pp.98-107. <10.4267/2042/26507>. <hal-03444006>

HAL Id: hal-03444006

<https://hal.science/hal-03444006v1>

Submitted on 23 Nov 2021

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.



HAL Authorization

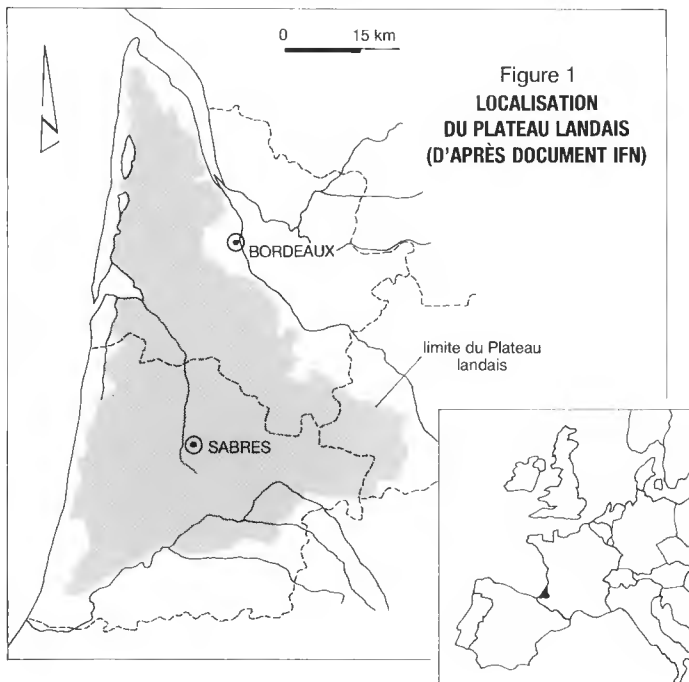
SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE, TÉLÉDÉTECTION ET POLITIQUE FORESTIÈRE RÉGIONALE

Anne JOLLY - Dominique GUYON - J. RIOM

Le Massif landais est le premier massif forestier d'Europe occidentale par sa superficie [1,3 million d'hectares dont environ 1 million boisé, essentiellement en futaie pure de Pin maritime (90 %)], mais également par son rôle économique et social (sa production est estimée à 25 % de la production française annuelle totale de bois d'industrie et à 20 % de la production de bois d'œuvre).

Principalement à cause de sa structure foncière à majorité privée, on dispose de très peu de statistiques régionales homogènes et fiables sur les changements intervenant dans ce massif : coupes rases, éclaircies, défrichements. De plus, aucune donnée sur la **localisation** de ces changements d'état n'existe.

Les résultats des recherches menées au Laboratoire de Bioclimatologie de l'INRA-Bordeaux, portant sur le Plateau landais qui représente 88 % de la surface totale du Massif gascon (figure 1, ci-dessous), montrent que la télédétection permet d'obtenir des informations quantitatives d'une part sur l'état de



la **ressource** à un moment donné (les surfaces boisées par exemple), d'autre part sur les **changements forestiers** intervenant sur le Massif (coupes rases, défrichements...). Les renseignements ainsi obtenus sont de type **cartographique** et **statistique**, et leur précision peut être calculée. Nos travaux montrent que les images du satellite américain Landsat Thematic Mapper, du fait des bandes de longueurs d'ondes utilisées (visible, proche et moyen infra-rouge), sont bien adaptées à la mise en évidence des changements forestiers intervenant dans les futaies pures de Pin maritime du Plateau landais. De plus, une scène LANDSAT (qui représente environ 180 x

180 km) couvre l'ensemble du Plateau landais, assurant ainsi l'homogénéité des informations obtenues. Au contraire, la couverture de l'ensemble du Massif par le satellite SPOT nécessite l'utilisation de 9 scènes. Par conséquent, la probabilité d'obtenir des scènes proches dans le temps, dans des conditions d'éclairement et d'état atmosphérique semblables, et à des stades phénologiques comparables est très faible.

L'utilisation des seules images de satellite s'est cependant révélée insuffisante pour avoir une précision statistique et cartographique satisfaisante, même en faisant appel à des connaissances sur le contenu de parcelles de référence. Afin de mieux contrôler les erreurs et de mieux valoriser les images, nous avons développé un modèle les associant à d'autres données géo-référencées disponibles sur le Massif :

— documents cartographiques provenant de l'Institut géographique national (IGN) ou de l'Inventaire forestier national (IFN),

— données géo-référencées concernant les relevés de placettes dendrométriques de l'IFN.

Ce modèle nous a paru être généralisable à ce qu'on pourrait appeler un **Système d'Information géographique d'aide à la politique forestière régionale**.

Le système décrit dans cet article n'est pas actuellement opérationnel dans sa totalité : seuls ont été développés les modules directement utilisés pour les travaux de recherche du laboratoire. Les autres modules restent à un stade conceptuel et nécessitent d'être validés.

HYPOTHÈSES - PRINCIPES DE LA CONSTRUCTION DU SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE RÉGIONAL

Les données cartographiques ou géo-référencées disponibles sont de trois types (figure 2, p. 100).

● **Données cartographiques** issues de divers organismes : IGN, IFN, organismes de gestion forestière. Il peut s'agir soit de cartes, soit de bases de données numériques.

Ce sont par exemple les bases de données suivantes :

— BD CARTO de l'IGN : donnant la localisation des infrastructures routières et ferroviaires, l'occupation du sol, la toponymie... Sa précision est celle d'une carte au 1/50 000, sa mise à jour prévue environ tous les dix ans ;

— bases de données cartographiques (numériques ou non) de l'IFN décrivant en particulier les types de peuplements forestiers, remises à jour à chaque « cycle d'inventaire », soit théoriquement avec une périodicité de dix ans. Leur précision cartographique est de 25 mètres ;

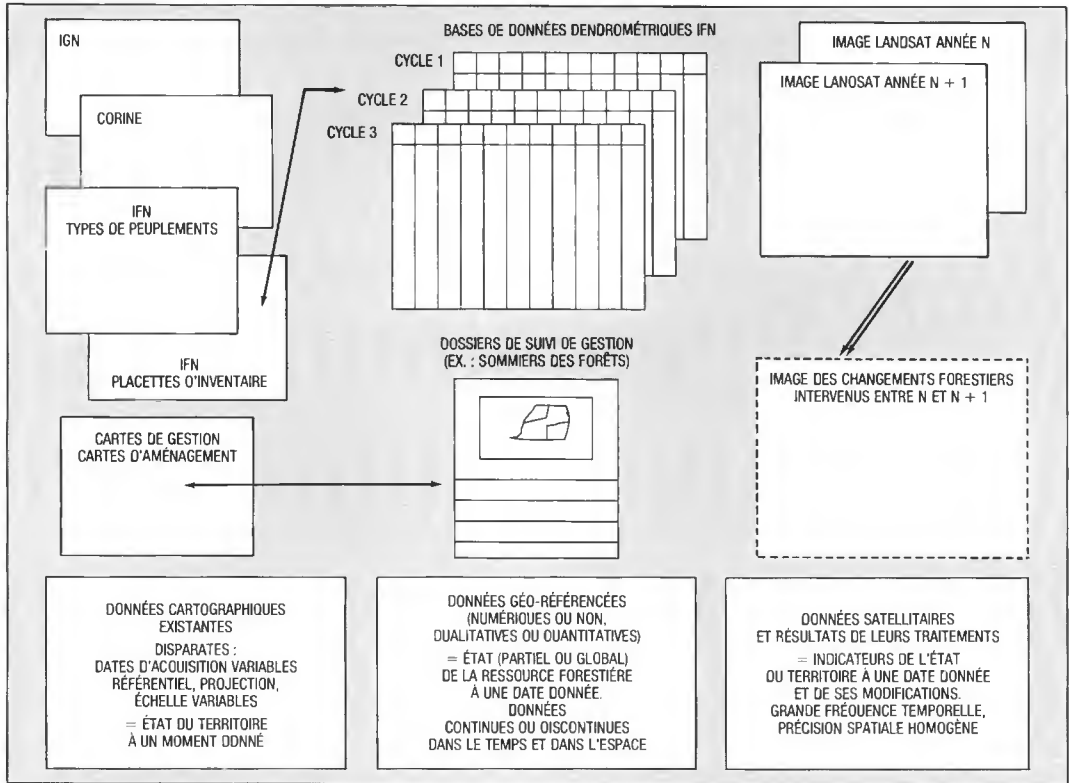
— base de données CORINE (Inventaire biophysique des terres, issu du programme européen CORINE Landcover) : dont la précision géométrique est celle d'une carte au 1/100 000, la surface minimale des zones identifiées étant de 25 hectares. Pour le Massif landais, cette base de données donne l'occupation du territoire en 1989.

● **Bases de données géo-référencées**, qui sont en général associées aux données de type cartographique.

Il peut s'agir :

— de données de type ponctuel (généralement sous forme numérique) comme celles qui concernent les placettes de mesure de l'Inventaire forestier national : les mesures effectuées ne sont représentatives (au sens statistique et géostatistique) que des placettes sur lesquelles les grandeurs dendrométriques sont mesurées. En plus de cette discontinuité spatiale, elles présen-

Figure 2
TYPE DE DONNÉES LOCALISÉES DISPONIBLES



tent une discontinuité temporelle puisque — dans le cas où les mêmes placettes font l'objet de mesures sur plusieurs cycles successifs — leur fréquence de réactualisation est de l'ordre de dix ans ;

— de données concernant le contenu de parcelles forestières : c'est le cas des informations des « sommiers » des forêts soumises qui renseignent avec précision sur l'état du peuplement et sur les interventions sylvicoles qui y sont pratiquées. Ces données sont en principe constamment à jour et présentent donc une continuité temporelle. Cependant elles ne couvrent qu'une surface limitée du territoire et leur localisation peut être relativement peu précise.

Ces deux types de données localisées, qu'elles soient numériques (comme les bases de données dendrométriques de l'IFN) ou « sur papier » (comme la plupart des documents de suivi de gestion classiques) sont donc de précisions et d'échelles très variables. De plus, leurs dates d'acquisition sont en général très différentes. Elles peuvent également être continues ou discontinues dans l'espace et dans le temps, ce qui accroît leur hétérogénéité et la complexité de leur utilisation conjointe. Elles peuvent être de plus qualitatives ou quantitatives.

● **Images de satellites** : images brutes acquises à des dates différentes et résultats de traitements d'images. Les images brutes n'apportent aucune information thématique en elles-mêmes et doivent faire l'objet de traitements numériques. Ces traitements, ainsi que l'interprétation thématique de leurs résultats, nécessitent de faire appel à des connaissances exogènes (parcelles de références bien connues par exemple).

La précision géométrique des images dépend de leur **résolution spatiale** initiale (trente mètres avec Landsat TM) ainsi que de celle des traitements géométriques ultérieurs. Elles sont acquises avec une grande périodicité, ce qui nous a permis de disposer sur le Massif landais d'une image par an en été entre 1984 et 1992 (soit au total neuf années étudiées).

Le Système d'Information géographique construit doit intégrer ces divers types d'informations localisées afin d'assurer leur valorisation optimale dans l'optique d'une utilisation par les gestionnaires forestiers régionaux. Ainsi, il faut pouvoir par exemple associer des données cartographiques et des images Landsat lors du traitement de ces dernières, puis incorporer les résultats des traitements à des cartes existantes.

LES DONNÉES UTILISÉES ET LEUR INTÉGRATION SOUS LE SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

L'étape préliminaire indispensable à l'intégration des données est la **définition d'une référence cartographique commune** (système de projection et référentiel) : ici projection et référentiel Lambert III.

Chaque type d'information fait ensuite l'objet de traitements particuliers :

- **Bases de données géo-référencées** : transformation dans le système de projection et le référentiel choisi, sélection des variables à utiliser, calcul de variables synthétiques... ;
- **Cartes sur papier ou sur calque** : digitalisation directe sous système d'information géographique ou par d'autres outils, et intégration sous forme numérique des données descriptives associées ;
- **Bases de données cartographiques numériques pré-existantes** : transformation si nécessaire dans le système de projection et le référentiel choisi ;
- **Documents de suivi de gestion** : digitalisation des contours parcellaires et mise sous forme numérique (si nécessaire) des données descriptives associées ;
- **Données satellitaires** : correction géométrique, mise en projection Lambert III, rendant les images superposables à une carte (avec une précision théorique équivalente à la résolution du satellite, soit 1 pixel) et donc superposables entre elles.

L'homogénéité du Système d'Information géographique ainsi construit est assurée par la référence cartographique commune à toutes les bases de données. Cependant, **les différences de précision entre les divers ensembles subsistent**, l'intégration sous forme numérique ne modifiant pas la précision réelle des données.

Chaque base de données fait l'objet d'une description (qui peut être elle-même une base de données associée) concernant l'origine des données, leur mode et leur date d'acquisition ou éventuellement de mise à jour, leur précision : c'est ce que certains spécialistes appellent les « **méta-données** » (données qui décrivent les données). Leur importance est fondamentale en particulier dans la gestion des erreurs et le choix des échelles de restitution cartographique.

FONCTIONNEMENT DU MODÈLE

La figure 3 (p. 102) montre un des fonctionnements possibles du Système d'Information géographique construit, dans le cas du suivi des changements forestiers.

• Le noyau du modèle est constitué par un ensemble de bases de données localisées gérées sous un **Système d'Information géographique** au sens informatique du terme (le logiciel utilisé ici est ARC/INFO sur station de travail SUN). Ce noyau assure la dynamique du système et le couplage des données issues des autres pôles du modèle ou destinées à y être intégrées.

• Deux autres pôles lui sont associés :

— un pôle « **traitement d'image** » qui permet d'analyser la série chronologique d'images satellitaires (grâce à un logiciel de traitement d'images), source d'information sur les changements forestiers ;

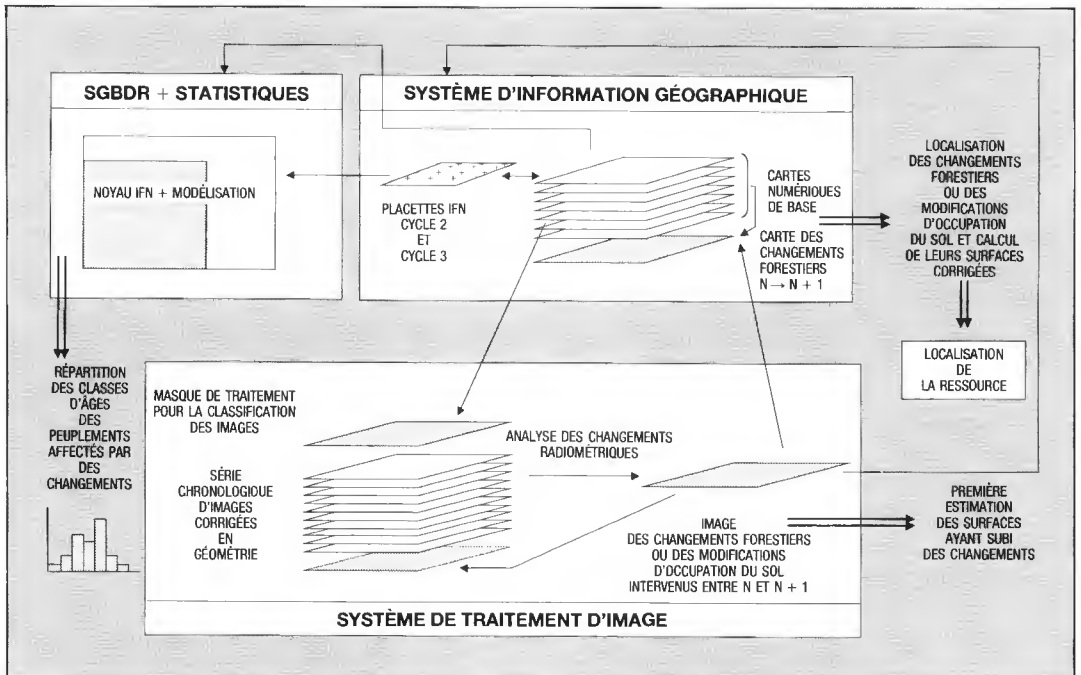
— un pôle « **Système de Gestion de Bases de Données relationnelles** » (SGBD-R) qui permet l'analyse conjointe des bases de données géo-référencées.

Dans le cas de l'étude des coupes rases annuelles réalisées sur le Plateau landais, le fonctionnement du modèle peut être détaillé ainsi :

• L'information initiale sur la localisation et sur les surfaces exploitées en coupes rases est obtenue par classification des images Landsat TM. La méthode de classification utilisée est un traitement numérique de type statistique permettant de comparer l'image Landsat TM de l'année N avec celle de l'année N + 1. Cette classification repose sur un **échantillon de parcelles de référence** pour lesquelles l'état du peuplement à la date N et son évolution entre les deux dates sont connus. Ces parcelles de référence sont issues soit de l'analyse de photographies aériennes (dans le cas de l'évolution entre 1985 et 1986 : nous disposons de missions aériennes

Figure 3

STRUCTURATION ET FONCTIONNEMENT DU MODÈLE DE SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE RÉGIONAL



réalisées par le Laboratoire aux deux dates), soit de la base de données dynamiques créée à partir des suivis de gestion (notamment sur les forêts communales). Le modèle de classification d'image mis en œuvre impose de disposer d'un ensemble de parcelles de référence pour chaque couple d'années.

Le traitement peut s'effectuer sur la totalité de l'image ou sur certaines zones d'intérêt, sélectionnées grâce à un **masque de traitement** issu de l'analyse de données du SIG. Ainsi, pour la mise en évidence des coupes rases exploitées entre deux dates dans les futaies pures de Pin maritime, le masque utilisé est issu des cartes de types de peuplements de l'Inventaire forestier national (digitalisées et gérées sous le SIG). Cette utilisation de masques de traitement permet tout d'abord de ne traiter que les secteurs d'intérêt, ce qui accélère les procédures et permet d'obtenir dès la phase de traitement d'images des statistiques portant effectivement sur le domaine d'étude et non sur l'ensemble de l'image analysée. Mais son avantage est surtout d'éliminer au stade du traitement d'image des erreurs potentielles graves dans la production de statistiques issues du traitement d'image. Ainsi, dans le cas de la mise en évidence des coupes rases, le traitement de l'ensemble de l'image sans utiliser de masque d'analyse faisait apparaître des coupes rases... dans les parcelles de maïs ! (En effet, dans certaines conditions, des couverts très différents peuvent avoir des caractéristiques radiométriques sur l'image très proches).

À l'issue de la phase de traitement d'images, on dispose d'une **image des changements forestiers** intervenus entre deux dates. La figure 4 (p. 104) présente quelques-unes des étapes de la classification d'images dans le cas de la mise en évidence des coupes rases exploitées entre 1985 et 1986. On peut en extraire directement la **localisation des parcelles affectées**, ainsi qu'une **estimation des surfaces concernées**.

L'image des changements ainsi obtenue peut être utilisée telle quelle, ou **intégrée sous forme de carte numérique** aux autres données cartographiques au sein du SIG.

- Le **croisement de cette nouvelle couche d'information avec les autres données cartographiques** du SIG permet d'en corriger certaines erreurs, ou d'obtenir des renseignements supplémentaires (proximité des changements par rapport aux zones agricoles, par exemple...). Elle peut également être utilisée dans la **mise à jour de cartes d'occupation du sol**, de classes d'âges, ... etc.

À terme, elle constitue une couche d'information originale en elle-même : la **localisation de la ressource**. En effet, si on connaît la date de coupe rase du peuplement, et si on est capable de différencier (grâce à la télédétection) les parcelles défrichées de celles qui sont réensemencées, on peut connaître ainsi la classe d'âge des nouveaux peuplements. Ainsi, dans l'hypothèse d'un maintien du rythme des coupes rases identique à celui que met en évidence la comparaison des deux derniers Inventaires forestiers (soit environ 15 % de la surface du Plateau landais sur dix ans), la proportion de surface dont la classe d'âge est connue sera de 15 % au bout de dix ans et 30 % (soit près d'un tiers de la surface totale du Plateau landais) au bout de vingt ans.

- D'autre part, elle peut être **couplée aux bases de données géo-codées** : dans notre cas, le couplage avec les bases de données dendrométriques de l'IFN doit permettre d'obtenir des renseignements sur les classes d'âge concernées par la mise en coupe rase du peuplement, puis, grâce à un modèle qui reste à développer, une estimation des volumes ainsi exploités.

Les utilisateurs peuvent ensuite soit exploiter directement les résultats « bruts » issus du modèle (carte de localisation des coupes rases, volumes exploités) et les intégrer à leurs propres outils d'étude, soit poursuivre leur analyse sous le système lui-même, notamment grâce au SIG. Ainsi pourront être obtenues des informations comme la proportion de coupes rases par commune ou par canton, par type de milieu, ou (avec des analyses plus complexes) des propositions d'optimisation des circuits d'approvisionnement.

Figure 4 **ÉTAPES DE LA CLASSIFICATION D'IMAGES LANDSAT THEMATIC MAPPER
POUR LA MISE EN ÉVIDENCE DES CHANGEMENTS FORESTIERS : CAS DES COUPES RASES ET DES DÉFRICHEMENTS,
POUR UN SECTEUR GÉOGRAPHIQUE CORRESPONDANT À UNE COUPURE IGN AU 1/50 000 (ENVIRON 55 000 HECTARES)**

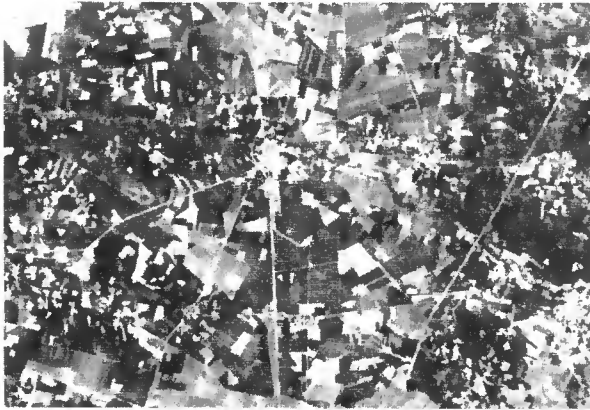


IMAGE LANDSAT TM - CANAL TM5
13 JUILLET 1985 ▲

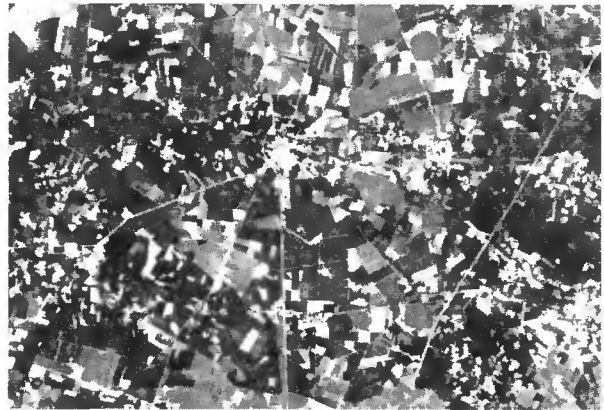


IMAGE LANDSAT TM - CANAL TM5
16 JUILLET 1986 ▲



▲
MASQUE DE TRAITEMENT
= FUTAIE PURE DE PIN MARITIME
(source = cartographie IFN cycle 3)

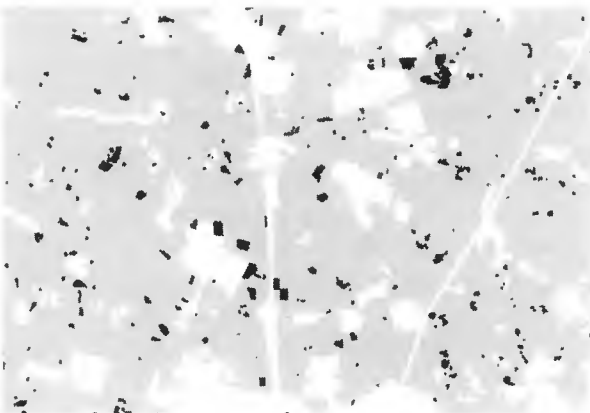
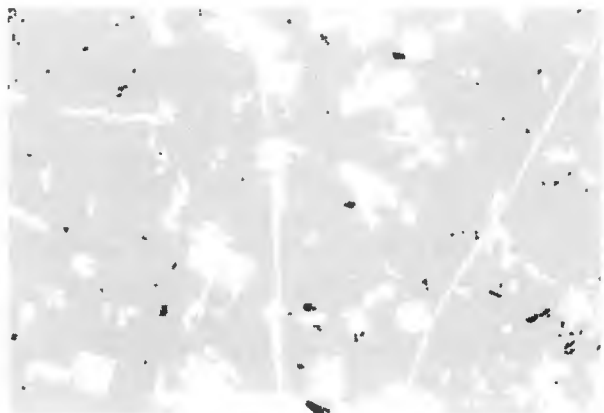
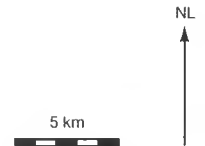


IMAGE DES NOUVELLES COUPES RASES ▲



▲ IMAGE DES DÉFRICHEMENTS



DISCUSSION - CONCLUSIONS

L'utilisation d'un Système d'Information géographique dans la gestion d'une grande région forestière permet d'obtenir des informations originales, résultant de l'analyse simultanée de divers types de données. Le SIG se révèle alors un outil puissant dans la gestion du territoire.

Le travail présenté ici doit permettre d'aboutir à la définition d'un cahier des charges pour un système régional opérationnel. Certains aspects du développement de ce modèle sont bien avancés (notamment la détection des coupes rases annuelles par télédétection et leur intégration dans un SIG, ainsi que le croisement avec d'autres bases de données localisées), d'autres restent à développer ou à valider (en particulier pour l'estimation des volumes de bois exploités en coupes rases).

Sa mise en œuvre sous le SIG permet d'assurer un minimum d'homogénéité, même si la variabilité de la précision des diverses couches d'information utilisées peut la rendre délicate.

L'intégration des données provenant de sources multiples est indispensable. Elle pose de plus des problèmes pratiques et méthodologiques auxquels nous avons essayé de répondre et qu'il faut maîtriser :

— **références géographiques variables** : l'intégration sous un référentiel et dans un système de projection commun est possible, même si elle peut dégrader la précision des couches cartographiques ainsi obtenues ;

— **dates variables d'acquisition, précisions variables** : la prise en compte de ces facteurs dans les résultats édités est indispensable (choix des échelles de restitution cartographique, précision annoncée des résultats...). Actuellement cette prise en compte est liée à la « bonne volonté » de l'utilisateur. Aucun système existant ne permet l'intégration des « méta-données » lors des calculs et des requêtes. La mise à jour de certaines couches cartographiques par les cartes provenant du traitement des images satellitaires permet d'assurer une plus grande continuité temporelle à certaines données.

L'exemple de la mise en évidence, du suivi et de l'analyse des coupes rases développé ici constitue une des applications possibles d'un tel système. D'autres utilisations sont envisageables à partir du même modèle : suivi des défrichements, suivi et analyse des équipements de défense des forêts contre les incendies (DFCI), suivi des incendies de forêts, relations forêt-agriculture, suivi des aides aux agriculteurs, du gel des terres, de l'application de la Politique agricole commune (PAC)... etc.

Pour que le système soit réellement opérationnel, il semble irréaliste que chaque service régional de gestion (Direction départementale de l'Agriculture, Service régional de la Forêt et du Bois, Office national des Forêts, Préfecture de Région, gestionnaires privés ou industriels, IFN...) crée son propre système de toutes pièces. La création d'un « Système d'Information géographique régional » permettrait d'assurer une homogénéité minimale aux données des différents services concernés et de garantir un minimum de précision aux documents de suivi de la gestion régionale.

La collaboration de tous les services concernés est indispensable, car chacun est à la fois producteur et utilisateur de données. Ainsi le SERFOB dispose des résultats d'enquêtes sur les quantités de bois exploitées par région et par entreprise (les « enquêtes de branches »), mais ne possède pas d'information sur la localisation des exploitations ni les classes d'âges concernées. De même les industriels ont leurs propres bases d'informations sur les récoltes et la transformation du bois qui peuvent être complémentaires de celles des services publics, mais ils ont besoin d'informations sur la localisation des récoltes et celle de la ressource future, pour l'organisation des exploitations, la régulation de leurs approvisionnements et l'optimisation de

leurs circuits d'approvisionnement. Les réseaux routiers et les pistes forestières intéressent quant à eux autant les responsables de DFCI (Défense des Forêts contre l'Incendie) et les pompiers que les exploitants forestiers.

L'indispensable mise en commun de données entre services publics ou privés différents, ainsi que le fonctionnement du système soulèvent cependant des questions méthodologiques voire politiques, car chaque service est généralement simultanément producteur et utilisateur de données :

— Quel cahier des charges définir pour la construction et le fonctionnement du SIG ?

— Qui gère le système, comment se font les mises à jour ? Quels contrôles faut-il utiliser et comment les mettre en œuvre pour garantir l'homogénéité et la validité des données ? Comment assurer la cohésion de l'ensemble du système ?

— Comment susciter une volonté politique de mise en commun et d'exploitation commune de données entre des services dont les objectifs sont très différents ?

— Comment assurer une utilisation du système conforme à une déontologie correcte (respect des libertés, respect de la propriété de données...) ? Comment assurer les contrôles nécessaires ?

Au-delà des aspects conceptuels et fonctionnels du modèle, ses aspects techniques et matériels sont également à prendre en considération. En effet, un tel ensemble nécessite un équipement informatique puissant et performant tant pour les analyses de données multiples et complexes que pour leur simple stockage.

Ainsi, la seule couche d'information « types de peuplements forestiers » représente environ 100 méga-octets pour l'ensemble du Massif landais, mais son utilisation croisée avec d'autres couches d'information peut nécessiter deux ou trois fois plus d'espace-disque (voire beaucoup plus) car l'analyse spatiale crée des données de plus en plus complexes (au moins temporairement). L'utilisation d'images Landsat TM nécessite elle aussi un espace-disque important, puisqu'une seule scène équivaut à environ 300 méga-octets. Il faut également pouvoir stocker toutes les bases de données associées. De plus, l'ensemble des données stockées croît au cours du temps, il est donc nécessaire de prévoir une configuration informatique évolutive.

Ce type de système nécessite également des ressources humaines appropriées que ce soit pour la conception et la mise en route du système (ce qui paraît évident) ou pour son utilisation et ses mises à jour (ce qui l'est souvent moins).

L'interrogation des bases de données et les analyses doivent être les plus « transparentes » possible pour l'utilisateur final. Ceci implique la création de routines d'interrogation adaptées à chaque type d'utilisation, donc une bonne définition préalable des utilisations courantes du système.

Mais le modèle doit également rester ouvert à des utilisations plus ponctuelles ou nouvelles. Il est donc nécessaire d'avoir à sa tête un responsable du système connaissant bien les applications thématiques et capable de développer de nouvelles utilisations. Cependant, un système régional disposant uniquement d'un tel « super-ingénieur » régional ne nous semble pas viable. Il semble souhaitable de disposer d'une équipe de quelques « ingénieurs-SIG » appartenant aux plus grands groupes d'utilisateurs (organismes publics, industriels, gestionnaires forestiers) capables d'analyser et de formaliser les demandes des utilisateurs finaux, ainsi que de les aider dans l'utilisation du système. Cette équipe, quelle que soit l'appartenance des individus aux divers groupes ou organismes, doit travailler en synergie avec le responsable de l'ensemble du système. Ceci implique une attribution de personnels spécialisés dans chacun des organismes concernés qui doivent être formés à cet outil et affectés en priorité (sinon uniquement) au « projet-SIG ».

La mise en œuvre d'un « Système d'Information géographique régional » nécessite également une modification des habitudes de travail des divers services. Il est en effet nécessaire de mieux décrire la localisation des interventions menées ou des phénomènes étudiés, de prendre en compte la précision de cette localisation, d'intégrer systématiquement des documents cartographiques aux dossiers de gestion ... en bref, il faut « avoir la pensée SIG ».

Anne JOLLY - Dominique GUYON - J. RIOM
Laboratoire de Bioclimatologie
INRA - Centre de Recherches de Bordeaux
BP 81
33883 VILLENAVE-D'ORNON CEDEX

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes et les organismes qui participent financièrement ou techniquement au projet « estimation de la ressource forestière » cité dans cet article, notamment :

- l'Association interprofessionnelle des Bois et Forêts d'Aquitaine (AIFORBOIA) qui cofinance l'étude ;
- le Service régional de la Forêt et du Bois d'Aquitaine, grâce auquel cette étude a pu bénéficier d'un crédit « européen PIM » (Programme intégré méditerranéen) ;
- l'Inventaire forestier national qui met à notre disposition ses bases de données dendrométriques et cartographiques des deux derniers inventaires régionaux ;
- l'Office national des Forêts — région Aquitaine — qui nous a permis de disposer d'informations précieuses sur les exploitations en forêts soumises ;
- Hervé Sévin (IFN), Pierre Dupin de Saint-Cyr et Pierre Champagne (ONF), Véronique Gaillard, Philippe Bengoechea, Gaston Courrier, et Jean-Luc Kicin (INRA) pour leur collaboration technique.

BIBLIOGRAPHIE

- BRINKER (R.W), JACKSON (B.D). — Using a Geographic Information System to Study a Regional Wood Procurement Problem. — *Forest Sciences*, vol. 37, n° 6, 1971, pp. 1614-1631.
- GONZALEZ (J.-F.). — Analyse radiométrique du couvert forestier landais (zone-test de Marcheprime) à partir d'images Landsat. — Mémoire ENITEF-INRA, 1982. — 93 p.
- INVENTAIRE FORESTIER NATIONAL. — Massif des Landes de Gascogne - Principaux résultats de l'Inventaire forestier 1987-1988-1989. — Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, Direction de l'Espace rural et de la Forêt, 1991. — 91 p.
- JOLLY (A.), GUYON (D.), RIOM (J.). — Utilisation des données du moyen infrarouge de Landsat Thematic Mapper pour la mise en évidence des coupes rases sur le massif forestier landais. — 1993 (en préparation).
- LAPLANA (R.) *et al.* — Développement d'un outil d'aide à la décision en matière de défrichements à vocation agricole. — CEMAGREF, 1993. — 168 p. (Série Etudes) (à paraître).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL. — SIG pour la Gestion environnementale des Espaces ruraux - Cinq exemples d'application pour les DDAF. — 1993 (plaquette).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA FORÊT. — Systèmes d'information géographique. — *Bulletin d'Information Technique*, numéro spécial, n° 445, novembre/décembre 1989.
- SELLERON (G.), SAINT (G.), RIOM (J.). — Utilisation de données du satellite Landsat pour le suivi multitemporal de l'exploitation forestière en Forêt landaise. In : Cospar Symposium 10 (Land transformation processes from space and ground observation), Ottawa, 1982.
- WEBER (C.). — Les Systèmes d'information géographique : une mode ou un nouveau concept pour l'aménagement de l'espace ? *Revue des Sciences de l'information géographique et de l'analyse spatiale*, vol. 1, n° 1, 1991, pp. 11-21.