



**HAL**  
open science

## Application de la télédétection à la populiculture

Jean Chardenon, G. Flouzat

► **To cite this version:**

Jean Chardenon, G. Flouzat. Application de la télédétection à la populiculture. *Revue forestière française*, 1981, 33 (6), pp.478-493. 10.4267/2042/21534 . hal-03397297

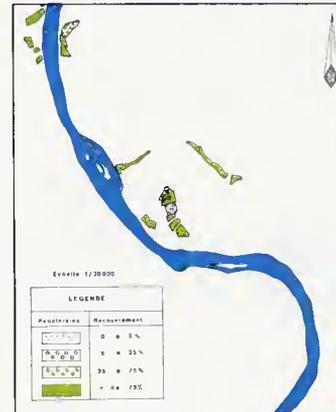
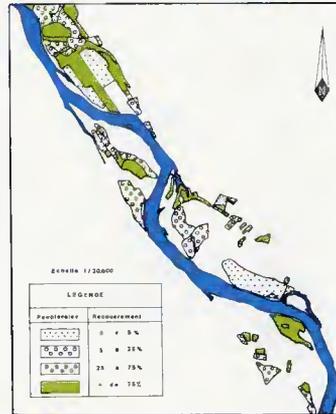
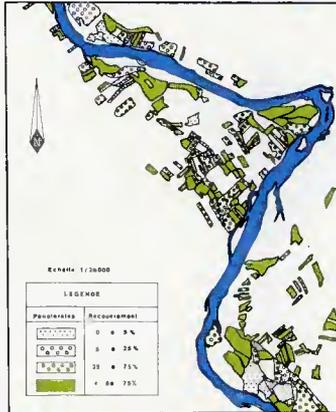
**HAL Id: hal-03397297**

**<https://hal.science/hal-03397297v1>**

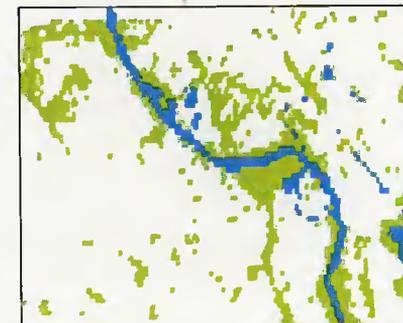
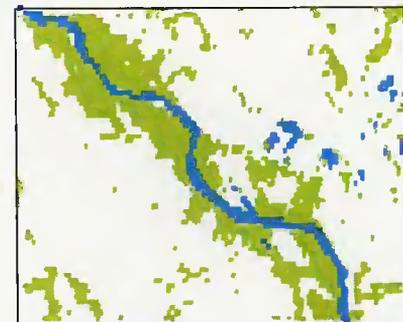
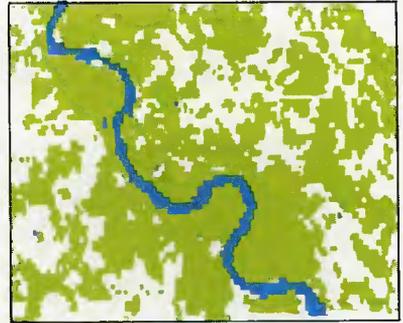
Submitted on 22 Oct 2021

**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.



1a



1b

Cette rubrique est dirigée par :

M. VIART

Ingénieur en chef du G.R.E.F.

Chef du  
Service régional  
d'Aménagement forestier  
Poitou-Charente

47, rue de la Cathédrale  
86200 POITIERS

technique  
et forêt

## APPLICATION DE LA TÉLÉDÉTECTION A LA POPULICULTURE

J. CHARDENON - G. FLOUZAT

*Les méthodes et les résultats présentés dans cette application de la télédétection à la populiculture ont été obtenus dans le cadre de l'expérience AGRESTE.*

*Ce projet pilote était proposé en 1973 par la Commission des Communautés Européennes pour étudier la contribution possible des techniques de télédétection à la gestion des ressources agricoles et forestières. L'action concernait le peuplier, le riz, le hêtre et différents conifères. A son achèvement en 1978, cinq zones avaient fait l'objet d'investigations : la vallée du Pô, les Alpes maritimes italiennes, la Camargue, la vallée de la Garonne et les Hautes-Pyrénées.*

*Le projet AGRESTE visait à apprécier la faisabilité de trois types d'objectifs :*

- inventaire de diverses cultures,*
- estimation et prévision de productions végétales,*
- détection de maladies.*

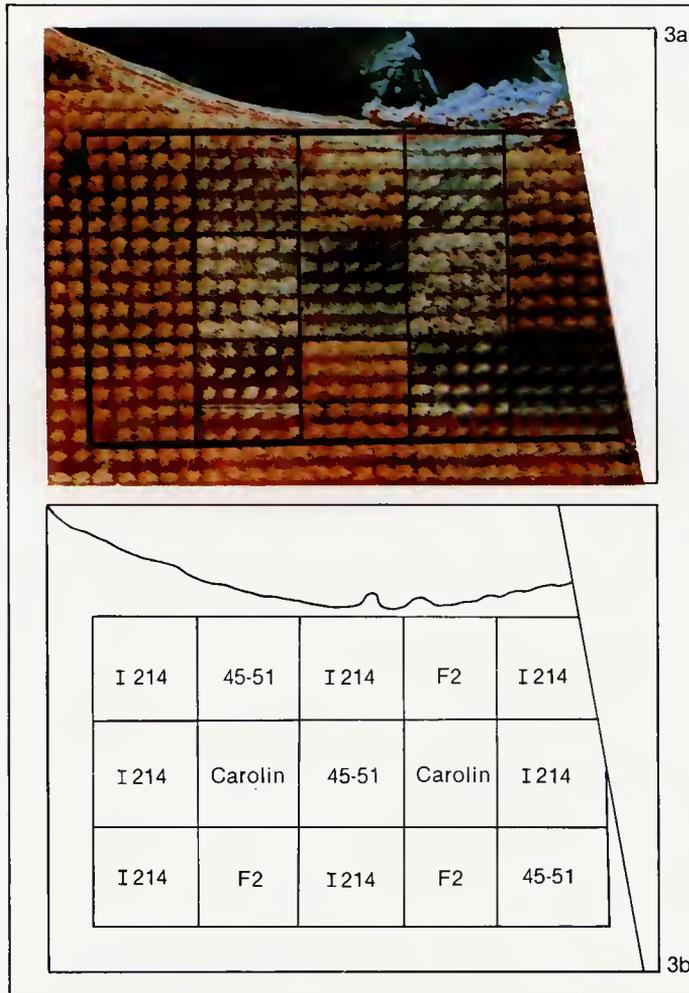
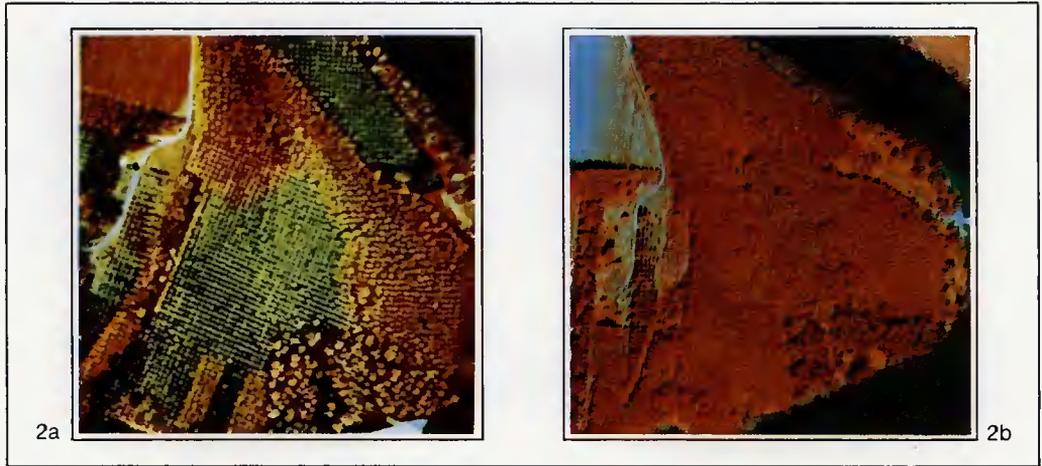
*Les résultats concernant la populiculture relèvent des deux premiers objectifs et de leur recherche dans la plaine du Pô et dans la vallée de la Garonne. Ils découlent de l'exploitation de deux types d'images : photographies infra-rouge couleur obtenues par des chambres photogrammétriques aéroportées et scènes enregistrées par le radiomètre à balayage des satellites LANDSAT.*

*Le présent article constitue donc un condensé des résultats obtenus par télédétection sur les peupliers en France et en Italie.*

*L'ensemble des travaux effectués en collaboration par le Centre commun de Recherche d'Ispra et par les différents laboratoires français et italiens intéressés à cette expérience a donné lieu à un rapport final [1]\* et à une communication de synthèse [2].*

\* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

◀ Figure 1. — CARTES OBTENUES PAR PHOTO-INTERPRÉTATION (1a) ET PAR TRAITEMENT DES IMAGES LANDSAT (1b) SUR LA VALLÉE DE LA GARONNE.



▲ Figure 2  
 PHOTOGRAPHIES  
 INFRA-ROUGE  
 COULEUR  
 prises au début  
 (2a, E = 1/9500°)  
 et en fin de  
 feuillaison  
 (2b, E = 1/10 000°)  
 sur les mêmes parcelles

◀ Figure 3  
 PHOTOGRAPHIE  
 INFRA-ROUGE  
 COULEUR prise  
 en début de feuillaison  
 (3a, E = 3 000°)  
 et plan de répartition  
 des variétés cultivées (3b)  
 du même parcellaire  
 expérimental

## IDENTIFICATION DES PLANTATIONS ET DES CLONES

### IDENTIFICATION ET INVENTAIRE DES PLANTATIONS

Les deux types d'images utilisées (aériennes et spatiales) sont traitées de façon différente et complémentaire en fonction des objectifs recherchés et de leurs caractéristiques. Celles-ci font que les photographies aériennes donnent des résultats propres qui, de plus, servent de référence pour la cartographie automatique obtenue par traitement des données numériques LANDSAT. En effet, les supports et les résolutions géométriques sont très différents : les photographies infra-rouge couleur (IRC) sont acquises sur des films avec une résolution de quelques dizaines de centimètres alors que les scènes LANDSAT sont disponibles sur bandes magnétiques avec une résolution de 57 x 79 mètres pour le point élémentaire (pixel) de l'image.

### Analyse des photographies infra-rouge couleur

Les travaux d'identification et d'inventaire portent sur la vallée de la Garonne et sur la plaine du Pô.

Les photographies IRC ont été réalisées en mai 1975 à l'échelle 1/10000 sur le site de la vallée de la Garonne (20 km de la basse terrasse sur une largeur de 1 km) et en août de la même année sur les 3 sites du Pô (30, 40 et 45 km<sup>2</sup>).

Elles sont exploitées par deux analyses successives : photo-identification des peupleraies et photo-interprétation de leurs classes d'âge. La qualité de la phase d'identification est évaluée par des matrices de sondage où la nature de chaque parcelle d'un secteur donné est systématiquement contrôlée sur le terrain. Le tableau 1 donne un exemple de cette évaluation : la précision d'ensemble (1) est de 94 % et la précision de reconnaissance des peuple-

Tableau 1 Matrice de sondage sur la photo-interprétation des peupleraies

| Image \ Terrain           | Peupleraies | Vergers | Autres formations boisées | Prairies | Cultures | Sol nu | Eau |
|---------------------------|-------------|---------|---------------------------|----------|----------|--------|-----|
| Peupleraies               | 52          | 1       |                           |          |          |        |     |
| Vergers                   |             | 21      |                           |          |          |        |     |
| Autres formations boisées |             |         | 5                         |          |          |        |     |
| Prairies                  |             |         |                           | 12       | 2        |        |     |
| Cultures                  |             |         |                           | 4        | 13       |        |     |
| Sol nu                    |             |         |                           |          |          | 8      |     |
| Eau                       |             |         |                           |          |          |        | 6   |

(1) Précision d'ensemble : 
$$P = \frac{\sum a_{i,j} \text{ où } i = j}{\sum a_{i,j}} \times 100$$
 où  $i$  et  $j$  sont les numéros de lignes et colonnes de la matrice et  $a$  le nombre de points

sondés pour  $i$  et  $j$  donnés.

Tableau 2 Relation entre classes de recouvrement et âge de plantations

| Classes \ Âge |   | Âge |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------|---|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|               |   | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Pô            | A | 1   | ● | ● |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|               |   | 2   | ● | ● | ● |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|               | B | 3   |   |   |   | ● | ● | ● |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|               |   | 4   |   |   |   |   |   | ● | ● | ● | ●  | ●  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Garonne       |   | 1   | ● | ● | ● |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|               |   | 2   |   |   |   | ● | ● | ● | ● |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|               |   | 3   |   |   |   |   |   |   | ● | ● | ●  | ●  | ●  | ●  |    |    |    |    |    |    |    |
|               |   | 4   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  | ●  |

raies est de 98 % (sur 53 plantations observées, 52 sont correctement identifiées).

La photo-interprétation des classes d'âge repose sur une relation entre l'état de croissance (estimé par le recouvrement sur les photographies IRC) et l'âge des plantations. Celles-ci sont regroupées en classes de recouvrement selon les valeurs suivantes du taux de couverture par rapport au sol :

Vallée de la Garonne :

Classe 1 : 0 - 5 % de couverture,

Classe 2 : 5 - 25 % de couverture,

Classe 3 : 25 - 75 % de couverture,

Classe 4 : plus de 75 % de couverture,

Plaine du Pô :

Classe A : 0 - 25 % de couverture,

Classe B : plus de 25 % de couverture.

La correspondance entre ces classes de recouvrement et l'âge des plantations est présenté dans le tableau 2.

Avant d'effectuer cette phase d'interprétation sur les zones souhaitées, il est nécessaire d'en connaître la faisabilité. La matrice de sondage du tableau 3 situe la confiance qui peut être accordée à la reconnaissance en 4 classes : la

précision d'ensemble est de 86 %. Cette table d'évaluation montre également que les confusions tendent à surestimer le recouvrement (sauf pour la classe 4, ce qui est normal).

Tableau 3 Matrice de sondage sur la photo-interprétation des classes de recouvrement

| Image \ Terrain |          | Image    |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                 |          | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 | Classe 4 |
| Terrain         | Classe 1 | 13       | 2        |          |          |
|                 | Classe 2 |          | 11       | 1        |          |
|                 | Classe 3 |          | 1        | 21       | 5        |
|                 | Classe 4 |          |          | 4        | 34       |

Cette interprétation est appliquée au troisième site de la plaine du Pô (45 km<sup>2</sup>, échelle 1/25000) pour être utilisée en référence du traitement des données LANDSAT. Dans la vallée de la Garonne, la cartographie correspondante est représentée à l'échelle de 1/20000 en 4 sections (réduction de la carte en figure là où la densité du symbole croît avec le recouvrement). Une première exploitation de cette carte complète l'inventaire géographique

par un inventaire quantitatif des surfaces : le tableau 4 en fournit les valeurs pour les 4 classes de recouvrement et pour les 4 sections de cartes (correspondant aux 4 lignes du tableau).

Tableau 4  
Répartition des surfaces occupées par la populiculture

| Section \ Classe | Classe |      |      |      | Total  |
|------------------|--------|------|------|------|--------|
|                  | 1      | 2    | 3    | 4    |        |
| 1                | 0      | 2    | 3    | 14   | 19 ha  |
| 2                | 34     | 28   | 37   | 51   | 150 ha |
| 3                | 29     | 21   | 49   | 100  | 199 ha |
| 4                | 11     | 35   | 36   | 101  | 183 ha |
| Total            | 74     | 86   | 125  | 266  | 551 ha |
| %                | 13,4   | 15,6 | 22,7 | 48,3 | 100    |

Il fait apparaître que près de la moitié des peupleraies identifiées se trouve en âge d'exploitation. Ceci revient à dire que cinq ans après l'établissement des inventaires (1975), la production diminue dans la zone étudiée. Cette diminution doit donc se faire sentir dès 1980. Ces premières conclusions après l'exploitation des photographies IRC montrent l'intérêt de chercher une prévision de production plus explicite telle que celle présentée au dernier chapitre.

#### Traitement des images LANDSAT

Dans la vallée de la Garonne, la scène LANDSAT 2 utilisée pour la cartographie automatique des peupleraies a été enregistrée le 7 juillet 1975 et traitée par la méthode barycentrique (appartenance à une hypersphère de rayon égal dans les 4 canaux). Le résultat original est représenté à une échelle voisine de 1/20000 (avec la déformation due à l'absence de correction géométrique) dont la figure 1b (p. 478) donne une réduction. La comparaison possible sur la figure 1 suffit à montrer les différences importantes. En fait, ce sont les formations boisées et non les peupleraies qui sont cartographiées.

Ce résultat a plusieurs causes :

- à cette date, les réflectances de toutes les formations ligneuses hautes sont voisines,
- le rapport défavorable entre les surfaces des parcelles (généralement inférieures à 1 ha) et des pixels provoque des radiométries artificielles et limite l'échantillonnage de sites d'entraînement,
- l'état d'entretien du sol dans les jeunes plantations peut provoquer des radiométries de peupleraies adultes s'il existe une végétation herbacée importante.

Ces phénomènes contribuent à une surévaluation nettement visible des surfaces boisées sur la basse terrasse alors que le classement des surfaces en eau et des terres agricoles sur le reste des zones traitées est satisfaisant.

Dans la plaine du Pô, des études préliminaires avec les scènes LANDSAT du 7 octobre 1972 et du 10 mai 1973 montrent les mêmes difficultés pour les plantations jeunes. Il apparaît que les peupleraies de la classe B sont globalement reconnues à 90 % mais subsiste le problème de la localisation des petites parcelles dans cette évaluation. Des résultats du même ordre sont obtenus avec des images du 15 juin, 3 juillet et 13 septembre 1975 : les meilleurs proviennent des scènes du 15 juin et du 13 septembre avec 78 % de reconnaissance pour la classe B et respectivement 47 % et 52 % pour la classe A.

Pour améliorer ces résultats, deux expérimentations sont effectuées [3]. Il s'agit de l'analyse bitemporelle avec les données du 15 juin et du 13 septembre 1975 : c'est-à-dire que ces deux scènes sont traitées comme une seule image qui aurait été enregistrée dans 8 canaux. Ensuite l'évaluation qui doit indiquer les différents paramètres de qualité d'un traitement [4] est exécutée à partir de la numérisation de la carte obtenue par photo-interprétation sur le troisième site de la plaine du Pô. Le document numérique correspondant est superposable aux images LANDSAT et permet ainsi d'éliminer l'approximation dans l'étude des performances du traitement. Ainsi, la cartographie automatique des peupleraies est initialisée sur les deux premiers sites (méthode du maximum de vraisemblance) et est évaluée sur le troi-

sième. La matrice de performance de cette classification bitemporelle (tableau 5) montre l'amélioration obtenue par rapport aux premiers traitements.

Tableau 5  
Matrice de performance de la classification  
bitemporelle des peupleraies avec les données LANDSAT

| Terrain \ Image | Eau  | Peupliers | Divers | Total |
|-----------------|------|-----------|--------|-------|
| Eau             | 70,8 | 16,4      | 12,8   | 100   |
| Peupliers A     | 2,1  | 49,4      | 48,5   | 100   |
| Peupliers B     | 0,5  | 80,8      | 18,7   | 100   |
| Divers          | 3,3  | 13,7      | 83,0   | 100   |

La classe de peupleraies regroupe 80,8 % de pixels bien reconnus de la classe B et 49,4 % de pixels bien reconnus de la classe A. Comme dans la vallée de la Garonne, les confusions semblent provenir des limitations dues à la résolution géométrique (radiométries « intermédiaires » non représentatives) et à la similitude des réflectances des boisements naturels. De plus, il existe également de mauvaises identifications de classes adultes provoquées par un sol couvert de végétation dans des plantations jeunes. Cependant, le niveau de bonne reconnaissance obtenu dans la classe B est jugé satisfaisant. En effet, cette classe de plantations représente 90 % de bois de peuplier et la totalité du bois intéressant l'industrie.

## IDENTIFICATION DES CLONES

L'identification des variétés cultivées est importante car le marché du « I 214 » n'est pas le même que celui du « Robusta » et leurs productivités diffèrent bien que l'écart des productivités ait diminué à la suite de l'expansion du *Marssonina brunnea* (la brunissure des feuilles). En outre, la possibilité de reconnaître ces deux clones par télédétection est d'autant plus

intéressante qu'ils couvrent plus de 85 % des surfaces en peupleraies (tableau 8).

## Influence de la date sur la discrimination

Les renseignements obtenus par l'analyse des photographies IRC et le traitement des images LANDSAT ont conduit à rechercher l'exploitation de l'évolution phénologique comme source d'information. Le besoin d'une haute résolution géométrique implique la réalisation d'images aériennes pour cet objectif.

Ainsi les photographies nécessaires sont prises pendant la période de feuillaison des peupliers en mars, avril et mai 1977 à une échelle voisine de 1/10000.

Les images obtenues montrent que la discrimination est pratiquement impossible en fin de feuillaison (figure 2b) et totalement nulle au moment du débourrage. Par contre, des reconnaissances sont possibles en début de feuillaison. Durant cette phase, l'apparition des feuilles n'est pas simultanée pour tous les clones. L'émulsion infra-rouge couleur traduit alors les différentes densités de feuilles de façon très contrastée.

Par exemple, les extraits de photographies IRC des figures 2 et 3 (p. 480) font apparaître en rouge les parcelles les plus vertes (donc les plus avancées dans la feuillaison) et en gris-vert les parcelles ayant peu de feuilles. Les sols nus et les sables apparaissent en bleu. Ainsi, ces images montrent donc la possibilité d'identifier le « I 214 » avec sa feuillaison avancée par rapport au « Robusta » encore au stade de déploiement des feuilles (figure 2a). L'exemple du parcellaire expérimental du C.E.T.E.F. (2) est encore plus significatif puisque la photographie originale (agrandie 3 fois en figure 3a) permet de séparer 4 stades de feuillaison dont la répartition correspond exactement à celle des 4 clones (figure 3b).

Ces résultats qualitatifs sont confirmés par 2 sondages réalisés sur 90 parcelles au début (tableau 6) et en fin de feuillaison (tableau 7). Pour les mêmes peupleraies, sont notés l'aspect sur la photographie IRC et la nature du

(2) Centre d'Études techniques et économiques forestières.

clone afin de former les tables de contingence qui constituent ces matrices de sondage. Dans la première, les clones « I 214 » et « Robusta » peuvent être séparés par leur aspect alors que ce n'est pas possible en fin de feuillaison.

Tableau 6  
Matrice de sondage sur la discrimination clonale  
au stade de début de feuillaison

| Clones \ Aspect | Rouge et rouge clair | Gris-vert | Mélange | Total |
|-----------------|----------------------|-----------|---------|-------|
| I 214           | 34                   | 2         | 6       | 42    |
| Robusta         | 5                    | 22        | 1       | 28    |
| Autres          | 6                    | 10        | 4       | 20    |
| Total           | 45                   | 34        | 11      | 90    |

Tableau 7  
Matrice de sondage sur la discrimination clonale  
au stade de fin de feuillaison

| Clones \ Aspect | Rouge | Marron | Total |
|-----------------|-------|--------|-------|
| I 214 + Robusta | 68    | 2      | 70    |
| Autres          | 7     | 13     | 20    |
| Total           | 75    | 15     | 90    |

La précision d'ensemble du tableau 6 est de 67 % et la précision globale de bonne reconnaissance des clones (moyenne des taux de clones bien reconnus) est de 60 %. Ces valeurs semblent de qualité moyenne. Cependant, en ne retenant que le « I 214 » et le « Robusta », la précision globale de reconnaissance des clones passe à 79,5 %. Cette valeur est satisfaisante pour cette région où la perturbation due aux autres clones a peu de conséquences par les superficies concernées.

En fin de feuillaison (tableau 7), la précision d'ensemble est très bonne (90 %) mais les deux clones principaux sont dans la même classe. Si les autres variétés cultivées sont exclues de ce sondage, la précision globale de

bonne reconnaissance des clones passe à 97 %, ce qui s'explique encore par la prédominance de l'ensemble « I 214 + Robusta » dans la zone étudiée.

### Inventaire des superficies des différents clones

Les chapitres précédents montrent l'apport des images de télédétection pour identifier et inventorier les plantations et les clones de peupliers. Ils indiquent également les niveaux de confiance que l'on peut accorder à ces méthodes.

Il apparaît donc que la fiabilité de la photo-interprétation des classes d'âge et de la discrimination du « I 214 » et du « Robusta » est suffisante pour un inventaire de ces clones. De plus, l'échelle des photographies IRC rend possible des mesures de surfaces de bonne qualité. L'ensemble de ces possibilités permet donc un inventaire des superficies de « I 214 » et de « Robusta ». Pour que cette opération soit complète, il convient de savoir reconnaître les autres variétés cultivées. Les surfaces correspondantes étant réduites, le mélange « I 214 + Robusta » et le « 45-51 » sont estimés avec des données du CETEF et du CRPF (3). Les autres clones (Fritzi-Pauley, Carolin, Alabama, F<sub>2</sub>, ONDA-72/51, Poitou-Serotina, Alcinde-5/2, TC-39) sont presque totalement installés dans des parcelles expérimentales. Les superficies totales correspondantes sont obtenues avec la différence par rapport à l'inventaire global des plantations (tableau 4).

Le tableau 8 donne l'estimation des superficies par clones et par classe d'âge sur les 20 km<sup>2</sup> du site étudié.

Ce résultat montre que le « I214 » occupe la moitié des surfaces plantées et que plus de la moitié de cette superficie (153 ha sur 275 ha) appartient à la classe exploitable. La tendance va dans le même sens pour le « Robusta » avec 103 ha en classe 4 sur 195 ha au total. Comme pour la répartition des surfaces plantées (tableau 4), ces données demandent une recherche de prévision d'évolution plus approfondie.

(3) Centre régional de la Propriété forestière.

Tableau 8 Répartition des surfaces occupées par les différents clones

| Clones \ Classe de recouvrement | Classe de recouvrement |           |            |            | Total         | %          |
|---------------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|---------------|------------|
|                                 | 1                      | 2         | 3          | 4          |               |            |
| I 214(I)                        | 30                     | 34        | 58         | 153        | 275 ha        | 49,9       |
| Robusta (R)                     | 12                     | 29        | 51         | 103        | 195 ha        | 35,4       |
| Mélange (I) + (R)               | 16                     |           | 12         | 6          | 34 ha         | 6,2        |
| 45-51                           | 8                      | 21        |            |            | 29 ha         | 5,2        |
| Autres clones                   | 8                      | 2         | 4          | 4          | 18 ha         | 3,3        |
| <b>Total</b>                    | <b>74</b>              | <b>86</b> | <b>125</b> | <b>266</b> | <b>551 ha</b> | <b>100</b> |

---

**ESTIMATION ET PRÉVISION DE PRODUCTION**


---

**ESTIMATION DU VOLUME DES TIGES SUR PIED**

L'estimation du volume des tiges sur pied nécessite l'établissement d'une relation entre une caractéristique biométrique des arbres étudiés et un paramètre détectable des mêmes arbres.

Le paramètre choisi est le taux de couverture des arbres par rapport au sol. La correspondance donnée dans le tableau 2 justifie une recherche dans ce sens [5]. La répartition géométrique des tiges fait que la surface moyenne des couronnes en perception verticale peut être calculée. Ensuite, cette valeur est reliée à un caractère biométrique.

**Modèle et simulation théoriques**

C'est la microdensitométrie qui est retenue pour accéder à la surface du houppier car elle s'appuie sur une partie représentative de la parcelle. Cette technique de numérisation permet de traiter un film IRC comme une image enregistrée sur bande magnétique.

Le choix de cette méthode implique d'en connaître ses performances dans les conditions d'analyse des photographies au 1/10000.

Pour cela, un modèle théorique est élaboré. Il consiste en une représentation artificielle par des cercles répartis de telle façon que taille et recouvrement correspondent à une image au 1/10000. Les caractéristiques de couverture d'organisation et de densité de cette représentation théorique dont une partie forme la figure 4a, sont parfaitement connues.

Cette simulation est numérisée au pas de 25  $\mu\text{m}$  par un microdensitomètre. Ce pas est voisin de la résolution des photographies IRC. La représentation quantitative de la simulation est alors possible (figure 4b).

En effet, les mesures de recouvrement sont obtenues après analyse des histogrammes de densités optiques provenant des cercles simulant les houppiers et du reste de la maquette. La figure 6 est un exemple de ces distributions où les couronnes théoriques sont dans les fortes densités optiques. Le seuillage de cet histogramme conduit à isoler les cercles dans la visualisation numérique de la figure 4b. Le rapport entre le nombre de ces points et le nombre total de points donne le taux de couverture.

Une analyse systématique du modèle théorique est alors faite pour étudier la précision de cette mesure en fonction du taux de couverture

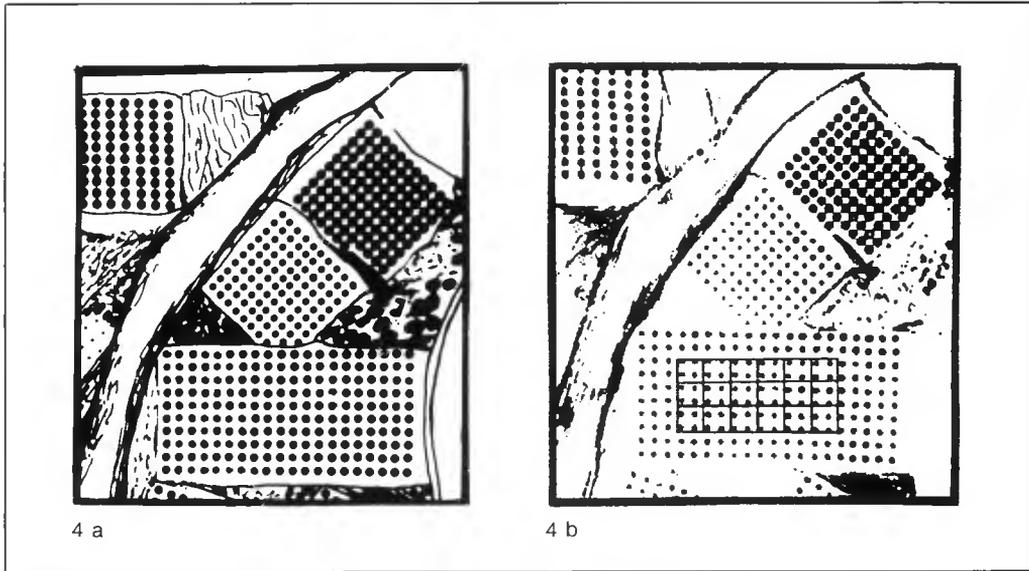
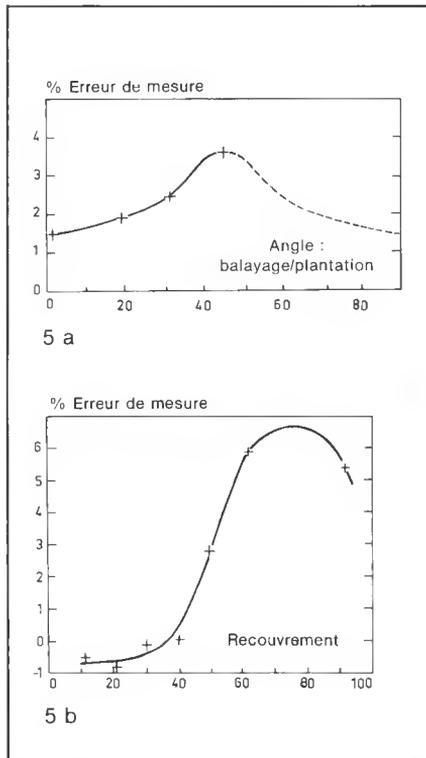


Figure 4 **EXTRAIT DE LA SIMULATION THÉORIQUE DES PEULEMENTS (4a) ET REPRÉSENTATION NUMÉRIQUE CORRESPONDANTE (4b)**



◀ Figure 5 **ÉTUDE DE L'ERREUR DE MESURE en fonction de l'angle entre les directions de balayage et de plantation (5a) et en fonction du recouvrement (5b)**

Figure 6 **HISTOGRAMME OBTENU SUR LA SIMULATION THÉORIQUE**

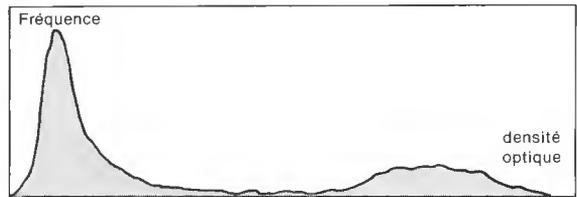
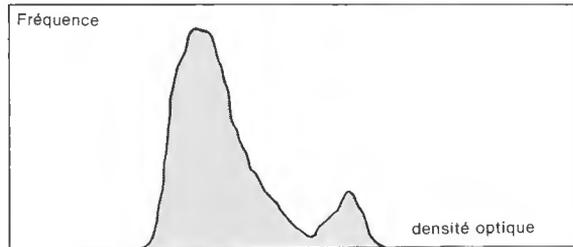


Figure 7 **HISTOGRAMME OBTENU SUR UNE PHOTOGRAPHIE I.R.C.**



et en fonction de l'angle entre direction du balayage numérique et direction de plantation. Les résultats donnés en figure 5 vont donc permettre de corriger les valeurs obtenues sur les photographies IRC.

**Relations biométriques**

Le taux de couverture des parcelles étudiées est mesuré sur les films IRC qui ont été numérisés dans les mêmes conditions que pour l'analyse du modèle. Le type d'histogramme obtenu est celui de la figure 7. Il vient de la parcelle n° 4 de l'agrandissement d'une partie de photographie IRC (figure 8a, tirée en noir et blanc). Le contrôle de la validité du seuil de détection sol-couronnes se trouve permis par une visualisation des houppiers (figure 8b).

Lorsque le taux de couverture d'une parcelle est connu, la surface moyenne des couronnes

est calculée en tenant compte du type et de la densité de plantation. Ces relations forment une famille de lois entre le recouvrement et la surface de la couronne pour différentes densités. La figure 9a montre quelques exemples de ces relations. Cette mesure est ensuite reliée à une caractéristique biométrique des mêmes arbres.

Le paramètre retenu est la circonférence à 1,30 m. Il est donc nécessaire de savoir comment varie ce paramètre lorsque la surface de la couronne varie. Dans ce but, des mesures de circonférences sont faites dans les parcelles où la surface moyenne des couronnes a été calculée par microdensitométrie. Des parcelles-échantillons sont ainsi retenues pour l'acquisition des données suivantes :

- nature du clone,
- circonférence moyenne à 1,30 m,
- estimation du taux de couverture.

Figure 8a

EXTRAIT D'UN FILM INFRA-ROUGE COULEUR ▶  
agrandi en noir et blanc

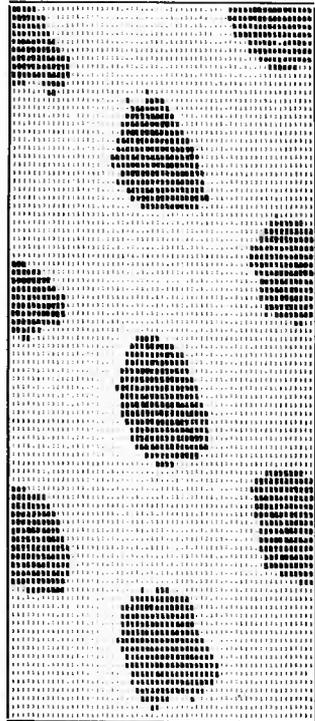
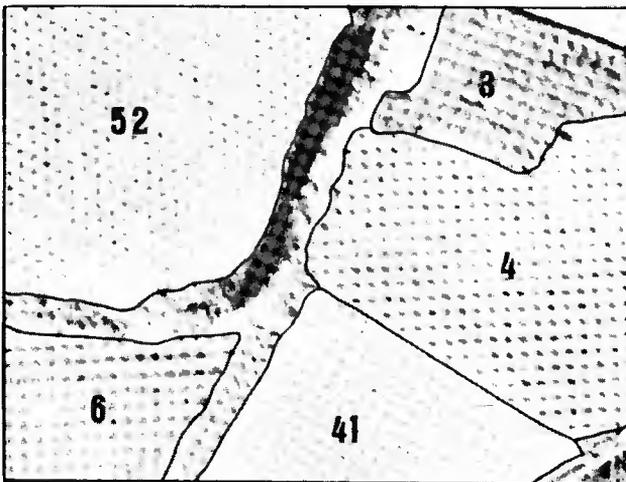


Figure 8b

EXTRAIT D'UNE VISUALISATION  
des houppiers de la parcelle n° 4 de la figure 8a



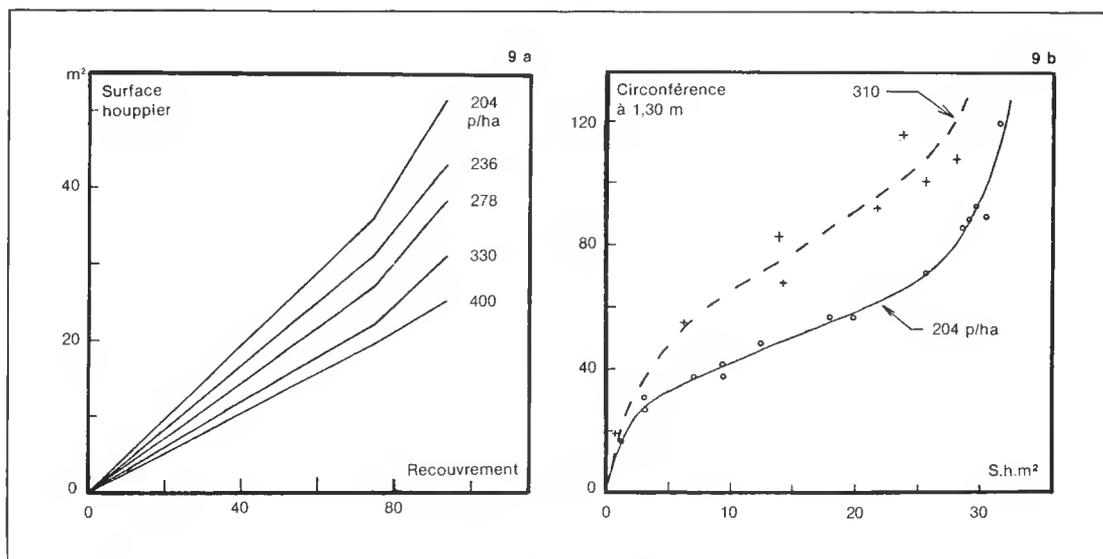


Figure 9

**EXEMPLE DES RELATIONS  
entre caractéristiques biométriques des plantations**

Ces informations sont complétées avec la densité, le mode et l'âge de la plantation. Elles conduisent à des lois du type de celles présentées par la figure 9b pour le « I 214 » et pour 2 densités de tiges à l'hectare.

Cette phase d'étalonnage étant terminée, ces relations sont exploitées : les images de télédétection permettent donc un calcul de la circonférence des tiges à 1,30 m. Le tableau 9 donne 10 résultats de ce calcul avec les don-

Tableau 9 Exemples de calcul de la circonférence à 1,30 m et comparaison à la valeur mesurée

| Taux de couverture par microdensitométrie | Surface moyenne de la couronne | Circonférence calculée de la tige à 1,30 m | Circonférence mesurée de la tige à 1,30 m |
|---|--------------------------------|--|---|
| 6 %                                       | 8 m <sup>2</sup>               | 0,15 m                                     | 0,10 m                                    |
| 11 %                                      | 5,5 m <sup>2</sup>             | 0,32 m                                     | 0,24 m                                    |
| 21 %                                      | 10,5 m <sup>2</sup>            | 0,44 m                                     | 0,37 m                                    |
| 27 %                                      | 13 m <sup>2</sup>              | 0,53 m                                     | 0,48 m                                    |
| 33 %                                      | 16 m <sup>2</sup>              | 0,60 m                                     | 0,73 m                                    |
| 33 %                                      | 16 m <sup>2</sup>              | 0,60 m                                     | 0,75 m                                    |
| 34 %                                      | 17 m <sup>2</sup>              | 0,62 m                                     | 0,75 m                                    |
| 36 %                                      | 22,5 m <sup>2</sup>            | 0,72 m                                     | 0,82 m                                    |
| 44 %                                      | 23 m <sup>2</sup>              | 0,73 m                                     | 0,88 m                                    |
| 84 %                                      | 34 m <sup>2</sup>              | 1,24 m                                     | 1,10 m                                    |

nées intermédiaires de taux de couverture et de surface moyenne des houppiers. Les valeurs sont juxtaposées aux mesures correspondantes de terrain (4<sup>e</sup> colonne du tableau 9) pour des plantations de 1 214 à 204 pieds par hectare. Aussi les différences indiquent les performances qui peuvent être obtenues par cette approche.

Les valeurs des circonférences ainsi déterminées sont directement liées aux caractéristiques volumétriques du tronc. Une information plus complète peut évidemment être obtenue avec cette entrée dans les barèmes et tarifs habituels les mieux adaptés.

## PRÉVISION DES QUANTITÉS DE BOIS DISPONIBLES

### Prévision de production totale

La prévision de bois disponible est établie avec les résultats de l'exploitation de la carte [6]. Elle est dite totale car elle intègre l'ensemble des clones sans les distinguer. Un sondage représentatif de terrain sur la région considérée a permis de déterminer les correspondances entre l'âge des plantations et leur classe de recouvrement obtenue par télédétection (tableau 2).

Pour réaliser la prévision totale, on tire de ces relations les hypothèses suivantes qui sont appliquées au tableau 4 :

- la production de la classe 4 sera exploitée dans les 6 années après la date de télédétection,
- l'âge des plantations de la classe 3 se répartit sur 6 années,
- l'âge des plantations de la classe 2 se répartit sur 3 années,
- l'âge des plantations de la classe 1 se répartit sur 3 années.

Les photographies IRC permettent simultanément de mesurer la densité moyenne de plantation dans les quatre classes, ce qui conduit à

une évaluation du nombre d'arbres. Ces renseignements contiennent donc la prévision totale exprimée par le tableau 10 où les surfaces exploitables en 4 périodes sont données pour les 18 années après la date de télédétection. En outre, ce tableau montre les surfaces et le nombre d'arbres qui seront exploitables en moyenne chaque année pendant le même temps.

Cette prévision indique donc les quantités qui arriveront sur le marché. Cependant, des réserves normales dues aux précisions non absolues obtenues dans les phases précédentes de la méthode doivent être faites. Ainsi, cette étude est sans doute ponctuellement moins précise que les inventaires de terrain mais elle est plus rapide et applicable à l'ensemble des peupleraies.

Les résultats font apparaître une décroissance du bois disponible à partir des années 1980. Cela semble dû à l'intensification de la culture du maïs depuis une dizaine d'années dans les mêmes conditions de milieu. Cependant, une reprise des plantations semble avoir lieu depuis quelques années.

### Prévision de production clonale

La prévision des quantités disponibles par clone est exécutée dans des conditions identiques à la prévision globale. Les hypothèses étant les mêmes, les réserves quant aux résultats seront identiques.

L'inventaire des surfaces occupées par les différents clones et représentées dans le tableau 8 est donc projeté dans le temps en fonction des dates présumées d'exploitation des 4 classes d'âge (l'hypothèse d'abattage est la même pour tous les clones).

Les prévisions de bois disponibles par clone dans la zone étudiée apparaissent ainsi dans le tableau 11. Elles montrent une décroissance semblable à celle du tableau 10. Ceci est logique puisque le « I 214 » et le « Robusta » occupent 85 % des surfaces en peupliers. La légère augmentation des surfaces disponibles dans les autres clones marque l'introduction récente

Tableau 10 Prévion des quantités totales de bois disponible dans la zone étudiée

|                                 |                        |             |            |           |           |
|---------------------------------|------------------------|-------------|------------|-----------|-----------|
| Classe actuelle                 |                        | 4           | 3          | 2         | 1         |
| Age des classes                 |                        | 13 ans et + | 7 à 12 ans | 4 à 6 ans | 1 à 3 ans |
| Éventail des âges               |                        | 6 ans       | 6 ans      | 3 ans     | 3 ans     |
| Années présumées d'exploitation |                        | 1975 à 80   | 1981 à 86  | 1987 à 89 | 1990 à 92 |
| Surfaces exploitables           | par classe             | 266 ha      | 125 ha     | 86 ha     | 74 ha     |
|                                 | par année (en moyenne) | 44 ha/an    | 21 ha/an   | 29 ha/an  | 25 ha/an  |
| Densité de plantation           |                        | 312 p/ha    | 276 p/ha   | 282 p/ha  | 267 p/ha  |
| Nombre de peupliers a abattre   | par classe             | 82 900      | 34 500     | 24 200    | 20 000    |
|                                 | par année (en moyenne) | 13 820      | 5 750      | 8 060     | 6 660     |

Tableau 11 Prévion des quantités de bois disponibles par clone dans la zone étudiée

|                                 |         |             |            |           |           |
|---------------------------------|---------|-------------|------------|-----------|-----------|
| Classe actuelle                 |         | 4           | 3          | 2         | 1         |
| Age des classes                 |         | 13 ans et + | 7 à 12 ans | 4 à 6 ans | 1 à 3 ans |
| Éventail des âges               |         | 6 ans       | 6 ans      | 3 ans     | 3 ans     |
| Années présumées d'exploitation |         | 1975 à 80   | 1981 à 86  | 1987 à 89 | 1990 à 92 |
| Surfaces exploitables           | I 124   | 25,5 ha/an  | 10 ha/an   | 11 ha/an  | 10 ha/an  |
|                                 | Robusta | 17 ha/an    | 8,5 ha/an  | 10 ha/an  | 4 ha/an   |
|                                 | Autres  | 2 ha/an     | 3 ha/an    | 8 ha/an   | 9 ha/an   |

de variétés nouvelles. Cependant, comme elles ne représentent qu'une faible proportion d'ensemble dans la zone d'étude (où plusieurs parcelles expérimentales sont entretenues) le développement de ces variétés cultivées nou-

velles est à émettre avec réserve. Par contre, la diminution du I 214 à laquelle on assiste aujourd'hui pouvait être détectée en 1975, date où cette évolution n'était pas perceptible sur le marché.

## CONCLUSION

Ces travaux entrepris dans le cadre de l'expérience AGRESTE conduisent à deux groupes de conclusions.

Dans le domaine des possibilités de la télédétection pour l'étude de productions végétales, les résolutions géométriques liées aux différents capteurs sont normalement des facteurs limitants. Pourtant, l'analyse multitemporelle montre que les performances d'identification peuvent être améliorées. En fait, dans l'observation de phénomènes naturels à variabilité saisonnière, l'information détectée provient de 4 paramètres essentiels des images. Il s'agit de leurs caractéristiques géographiques, radiométriques, géométriques et temporelles. Si un ou plusieurs de ces caractères sont insuffisants pour parvenir à un objectif donné, l'augmentation du nombre de dimensions dans un autre caractère peut apporter cette information (exemple : multiplication de dates de prises de vue avec le même capteur). C'est donc la notion de « quantité d'information nécessaire » qui devient alors essentielle en cartographie automatique par télédétection.

En ce qui concerne l'application de la télédétection à la populiculture, plusieurs points se dégagent nettement.

La discrimination des peupleraies par rapport aux autres formations boisées feuillues est possible par analyse multitemporelle des données LANDSAT. Les classes productives sont identifiables alors que les classes jeunes n'ont pas un couvert permettant de les affecter à des formations boisées.

Un inventaire des clones principaux peut être fait avec des photographies infra-rouge couleur si la prise de vue est effectuée à une période phénologique significative. Les mêmes images permettent d'identifier quatre classes d'âge de plantations qui conduisent à une prévision globale de production.

Enfin, une estimation du volume sur pied moyen d'une peupleraie paraît possible avec ces images infra-rouge couleur.

On peut donc être renseigné sur la production attendue des peupleraies mais aussi sur la qualité de la populiculture qui influe sur la production. Répétée après plusieurs années, une opération de télédétection met donc l'observateur en mesure de constater l'évolution des techniques, leur intensité d'application et leur résultat.

J. CHARDENON

Consultant

INSTITUT POUR LE DÉVELOPPEMENT FORESTIER

52, rue Puymaurin  
31400 TOULOUSE

G. FLOUZAT

Ingénieur

CENTRE D'ÉTUDE SPATIALE DES RAYONNEMENTS

9, avenue Colonel-Roche  
31029 TOULOUSE CEDEX

## REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier M. CABROL (C.R.P.F.) et M. de PIBRAC (C.E.T.E.F.) pour les renseignements et la documentation qu'ils ont bien voulu leur communiquer.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] BERG (A.), FLOUZAT (G.) et GALLI DE PARATESI (S.). — *Draft final report on AGRESTE Project NASA Experiment n° 28790*. — G.S.F.C. Washington, novembre 1977.
- [2] BERG (A.), FLOUZAT (G.) et GALLI DE PARATESI (S.). — *Synthèse des résultats acquis dans le cadre d'un programme de collaboration européenne en télédétection, appliqué à l'agriculture et à la sylviculture (projet AGRESTE)*. — International Conference Earth Observation, Toulouse, mars 1978, pp. 27-40.
- [3] FLOUZAT (G.), MEGIER (J.). — *Identification and inventory of poplar groves*. — Chap. IV in AGRESTE final report, C.E.C. Ispra, juin 1978.
- [4] FLOUZAT (G.). — *L'évaluation des résultats de classification*. — Chap. VIII dans : *Cartographie automatique des unités écologiques du Parc national des Cévennes par télédétection spatiale* — Rapport CESR n° 81-984, Toulouse, avril 1981.
- [5] FLOUZAT (G.). — *Principe d'étude et mesure globale de la production de bois de peuplier*. — Cours de Technologie spatiale, session : observation de la Terre, CNES Toulouse, mars 1976.
- [6] FLOUZAT (G.). — *Prediction of poplar timber production from airborne remote sensing*. — Chap. VI in AGRESTE final report, C.E.C. Ispra, juin 1978.

EST PARUE

# LA TABLE DES MATIÈRES DÉCENNALE 1971-1980

de la Revue forestière française

**Elle comprend :**

- une table complète par noms d'auteurs, soit plus de 900 références,
- un index par sujets traités,
- un index des lieux géographiques concernés.

**Elle constitue un complément indispensable de toute collection de la Revue.**

Commandes à adresser à :

**ENGREF - Revue forestière française**  
14, rue Girardet, 54042 NANCY CEDEX

**PRIX : 40 F franco de port**