

Définition et identification d'objets sur une image à haute résolution spatiale

Application à la différenciation de types de châtaigneraies

Muriel Bonin

Face à l'abondance de données spatiales à haute résolution, définir au préalable les objets recherchés est un moyen d'orienter les traitements afin de répondre au mieux aux besoins des thématiques. Ces objets spatiaux doivent répondre à une double exigence :

- avoir une signification pour les thématiques ;
- pouvoir être identifiés sur des images et, au mieux, pouvoir être intégrés dans un programme de reconnaissance automatique par des informaticiens.

La définition d'objets implique une réflexion intégrant des critères thématiques et informatiques à l'amont des traitements d'image.

C'est dans cette optique que nous proposons une typologie de châtaigneraies et une méthode d'automatisation de son identification sur photographies aériennes¹.

La définition d'objets spatiaux

L'association de connaissances thématiques et de compétences en traitement d'images

Dans notre domaine, situé à l'interface de la géographie et de l'agronomie, la définition d'objets préalable aux traitements d'images implique :

- de repérer des *indices visuels du fonctionnement de l'activité agricole* (Deffontaines, 1987). Plus généralement, l'objectif est d'identifier des critères visuels de l'inscription spatiale des fonctionnements socio-économiques. Les critères

doivent aussi pouvoir être intégrés dans un programme de traitement informatique ;

- de mettre en évidence les structures et dynamiques spatiales liées au fonctionnement des systèmes agricoles.

Ce principe de l'association de compétences thématiques, de compétences en analyse et modélisation spatiale et informatiques pour le traitement d'images a déjà été appliqué. En voici deux exemples :

- dans le domaine urbain, Weber analyse les changements urbains de la ville de Kavala en Grèce (Weber, 1998). À partir des modifications de l'occupation du sol identifiées sur des images SPOT à différentes dates, elle décrit les processus et formes spatiales associés à l'évolution urbaine. Cette analyse structurelle, couplée à un modèle de potentiel², tenant compte des contraintes naturelles, urbanistiques et environnementales existantes, a permis d'identifier des zones d'extension urbaine potentielle.

- en milieu rural et agricole, une reconnaissance de *paysages modèles* sur images satellites a été testée en Lorraine en exploitant la complémentarité des compétences d'agronomes et d'informaticiens (Mangelink *et al.*, 1995). Des modèles de répartition des occupations du sol ont été établis en fonction du système de production, des caractéristiques morphologiques du terrain et des caractéristiques de l'habitat. Le passage d'une *expertise visuelle et qualitative vers un programme informatique* a nécessité : d'identifier les

1. Ce travail de test méthodologique a été réalisé suite à la demande du CNRS (GIP RECLUS, GDR CASSINI, Montpellier), avec l'aide de l'unité de Sciences du sol de l'ENSAM-INRA de Montpellier, dans le cadre d'un stage d'une durée de six semaines de deuxième année d'école d'ingénieur agronome.

2. Ce modèle admet plusieurs postulats : *l'existence d'interactions entre lieux qualifiés par leur masse et leur position, une probabilité d'interaction similaire entre paire de lieux et une fonction inverse de la distance qui les sépare* (Weber, 1998).

Contact

Muriel Bonin
CIRAD-TERA
Neufchâteau,
Sainte-Marie,
97130 Capesterre
Belle Eau,
Guadeloupe

objets à reconnaître sur l'image, de pouvoir les associer aux modèles de fonctionnement de l'activité agricole et de déterminer des indices à calculer sur l'image. La répartition des villages avec leurs auréoles d'occupation du sol a ainsi pu être simulée.

Une typologie de châtaigneraies pour l'identification sur photographies aériennes

Cette démarche de couplage de connaissances de thématiciens et de compétences en traitement d'image a été adoptée pour notre application : l'identification de types de châtaigneraies sur photographies aériennes de l'IFN⁵. Une typologie de châtaigneraies distingue des classes ayant une signification thématique et auxquelles sont associés des critères qui peuvent être utilisés dans un algorithme de traitements d'images (tableau 1).

Ces classes sont aussi susceptibles d'intéresser les gestionnaires dans une perspective d'aménagement. L'espace castanéicole ardéchois, objet de cette étude, est en effet en cours de restructuration. Différentes actions de revalorisation de la filière et de son insertion dans le territoire sont en cours : AOC⁴, PNR⁵, labellisation de paysages, valorisation de produits traditionnels, création de produits nouveaux...

Les différents types de châtaigneraies correspondent à des travaux de remise en valeur différents et permettent donc un zonage des interventions.

Dans un verger exploité pour la production fruitière, certains travaux d'entretien sont nécessaires. Les feuilles sont brûlées, les rejets de souches, les plants issus de semis naturels, la végétation buissonnante sont coupés. L'entretien peut être réalisé mécaniquement par l'exploitant ou par l'intermédiaire du pâturage. Le sol est généralement enherbé (Type 1).

Quand le verger est abandonné, il est envahi par les genêts, la bruyère, les ronces, les églantiers... (Type 2). Le Type 2 pourrait aussi correspondre à une châtaigneraie avec un sous-bois de myrtille, comme il en existe en Cévennes. Ce ne serait donc pas un verger abandonné.

Les vergers qui paraissent avoir des arbres serrés sur les photos aériennes (Type 3) correspondent soit à des vergers ayant réellement une densité de plantation élevée soit à des vergers situés sur un terrain en pente. Le sol n'étant pas visible, son degré d'entretien risque de porter à confusion. Puisque les semis naturels et les rejets de souche ne sont pas visibles, on peut penser qu'il s'agit d'un verger entretenu. Mais cela peut ne pas être le cas.

Lorsque les rejets de souche et les semis naturels se développent, on aboutit au Type 4. Les types 2 et 4 correspondent à des états d'abandon, mais pour des états initiaux différents. L'interprétation écologique suivante peut être avancée : après abandon d'un verger où les châtaigniers étaient espacés (probablement associé à une culture intercalaire), le genêt, qui est une espèce héliophile, s'implante,

3. IFN : inventaire forestier national.

4. AOC : appellation d'origine contrôlée.
5. PNR : parc naturel régional.

Types	Caractéristique des couverts végétaux	Entretien	Représentation
1	– houppiers volumineux – arbres espacés – sol enherbé, non embroussaillé	Verger entretenu	
2	– houppiers volumineux – arbres espacés – sol couvert de genêt, de broussaille	Verger abandonné	
3	– houppiers volumineux – arbres serrés – sol non visible	Verger entretenu (ou abandonné?)	
4	– houppiers volumineux espacés, et houppiers de petite taille, serrés – couverture du sol non visible	Verger d'abandon ancien	
5	– houppiers serrés, de petite taille – sol non visible	Taillis	

► Tableau 1 – Typologie de châtaigneraies.

ce qui aboutit au type 2. En revanche quand les arbres sont serrés, le sous-bois est trop ombragé pour l'installation du genêt, les semis naturels de châtaignes et les rejets de souche dominant.

Le taillis (Type 5) correspond rarement à une exploitation pour le bois de châtaignier. En général, il s'agit d'un ancien verger qui a été coupé pour une vente à l'industrie du tanin. Suite à la suppression des troncs principaux, des rejets de souche et des semis naturels se sont développés et donnent un aspect caractéristique que l'on peut observer sur les photos aériennes. Ce type de châtaigneraie est assez fréquent dans les Cévennes. Au début du XX^e, des usines d'extraction du tanin se sont implantées. Elles étaient alimentées par les coupes des châtaigniers. En effet, la production fruitière était confrontée à plusieurs difficultés : mévente, concurrence sur le marché de la châtaigne, déficit de main d'œuvre lié à l'exode rural, maladies...

Ces types peuvent donc être reliés aux pratiques agricoles. Sur les photographies aériennes, trois critères permettent de distinguer les types : la couleur, la texture et la symétrie. La symétrie correspond à l'ombre du feuillage qui n'est présente que pour les châtaigniers à houppiers volumineux et espacés.

Données, outils et méthodes mobilisées

La photographie aérienne et la préparation de l'image de travail

La photographie aérienne est issue de l'IFN. La prise de vue verticale date du 20 juillet 1991 à 9 h 15 avec un avion à une altitude de 5 015 m. La résolution de la photographie est d'environ 30 cm. L'émulsion infrarouge couleur est sensible à des longueurs d'onde de 500 à 900 nm (visible et très proche infrarouge). Les tirages photographiques ont été numérisés à 400 dpi. La résolution du document numérique est d'environ 1 m. Dans IDRISI®, trois images correspondent aux trois canaux (500-600 nm ; 600-700 nm ; 700-900 nm). La fonction SUBSET d'IDRISI® a permis d'extraire une même fenêtre pour les trois images. Une zone a été sélectionnée pour tester la classification de châtaigniers : les différents ty-

pes de châtaigneraies sont réunis, les autres feuillus ne sont présents que de manière dispersée mais ne sont pas dominants sur de vastes surfaces (d'après des observations de terrain). Le problème de la différenciation des divers types de feuillus relève d'une autre logique de traitement. Les fenêtres d'étude ont une taille de 1 555 m × 715 m, soit environ 110 ha.

Les informations complémentaires contenues dans les trois images (canaux) ont été combinées grâce à une Analyse en composantes principales (ACP) pour en produire de nouvelles correspondant aux composantes principales (fonction PCA d'ISIDRI®). Nous avons retenus uniquement la composante 1 qui explique 82 % de la variance totale. L'image de départ pour les classements est représentée par l'image 1 (p. 40), correspondant aux comptes numériques de la composante 1 de l'ACP. L'analyse qui suit, avec CLAPAS⁶, est donc monovariée. Cependant la variable retenue combine des informations relatives à plusieurs gammes de longueur d'onde.

La procédure de classement

La fonction CLAPAS (Robbez-Masson, 1994) du SIG IDRISI® a été utilisée pour distinguer les types de châtaigneraie (Bonin, 1997).

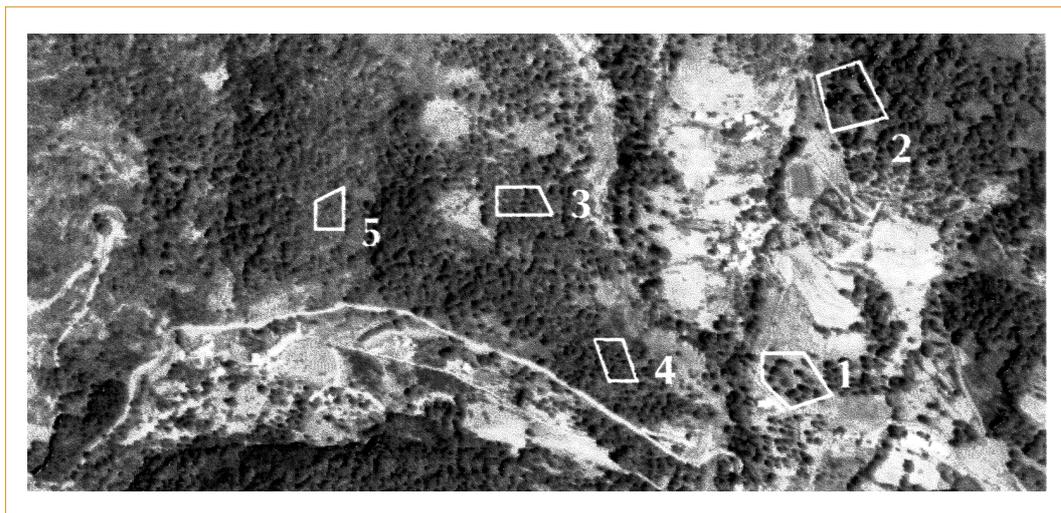
Chaque point de l'image initiale est défini par son voisinage. Le voisinage d'un point est caractérisé par un vecteur de composition. Si p est le nombre de catégories de l'image, le point M à classer est défini par le vecteur de composition $X_M = (d_1, d_2, \dots, d_i, \dots, d_p)$, où d_i est la fréquence relative de la catégorie i dans le voisinage de M .

Le vecteur de composition d'un point est comparé à celui des classes de références. Le choix des références peut être réalisé :

- de manière déterministe par des connaissances préalables sur l'objet ou la zone étudiée : c'est la démarche d'expert ;
- de manière statistique, sans hypothèses préalables.

Le point est rattaché à l'une des références. Le calcul d'une distance de classement permet d'estimer le degré de rattachement du point à la classe de référence. Si k est le nombre de classes de référence, chaque classe j ($j \in [1, \dots, k]$)

6. CLAPAS (Classement de paysages et segmentation) peut être téléchargé gratuitement à l'adresse Web suivante : <http://sol.ensam.inra.fr>



▲ Image 1 – Image de départ (Composante 1 de l'ACP des trois canaux).

est définie par un vecteur : $M_j = (m_{1j}, m_{2j}, \dots, m_{ij}, \dots, m_{pj})$. m_{ij} est la fréquence relative de la catégorie i dans la classe j . Affecter le point M à la classe j consiste à minimiser la distance $d(X_M, M_j)$. Plusieurs distances mathématiques peuvent être utilisées : la distance de Manhattan est la somme des valeurs absolues des différences entre chaque classe des deux histogrammes à comparer. Celle de Kolmogorov correspond à la plus grande de ces valeurs absolues. L'utilisateur peut fixer une taille de fenêtre de voisinage ou choisir l'option de CLAPAS qui détermine automatiquement la taille de voisinage qui minimise la distance de classement.

L'itération de cette procédure pour tous les points de l'image, par glissement de la fenêtre d'observation permet d'obtenir :

- une carte de classement ;
- une carte de distance de classement ;
- une carte de taille de voisinage.

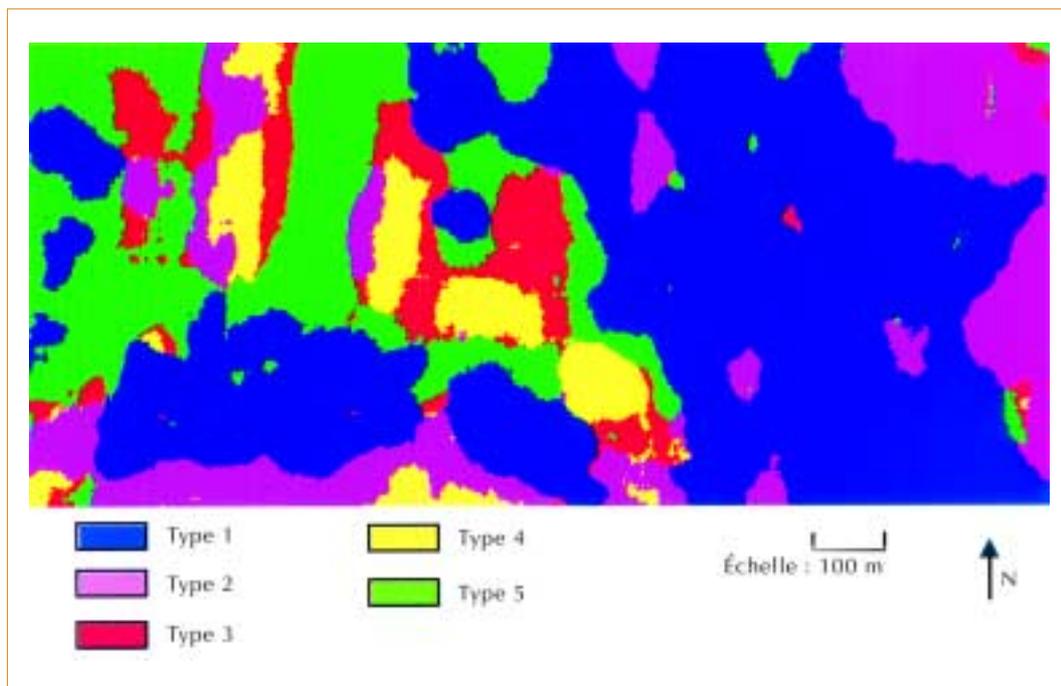
Utilisation d'une procédure de classement sur base texturale : résultats et analyse

Nous avons utilisé une classification assistée. Les cinq classes de références ont été sélectionnées à l'aide de connaissances de terrain et numérisées manuellement à l'écran. L'objectif étant d'optimiser la qualité du classement, nous avons sélectionné l'option qui calcule la taille de fenêtre optimale au sein d'une gamme de taille donnée. La gamme choisie doit être un compromis : une taille

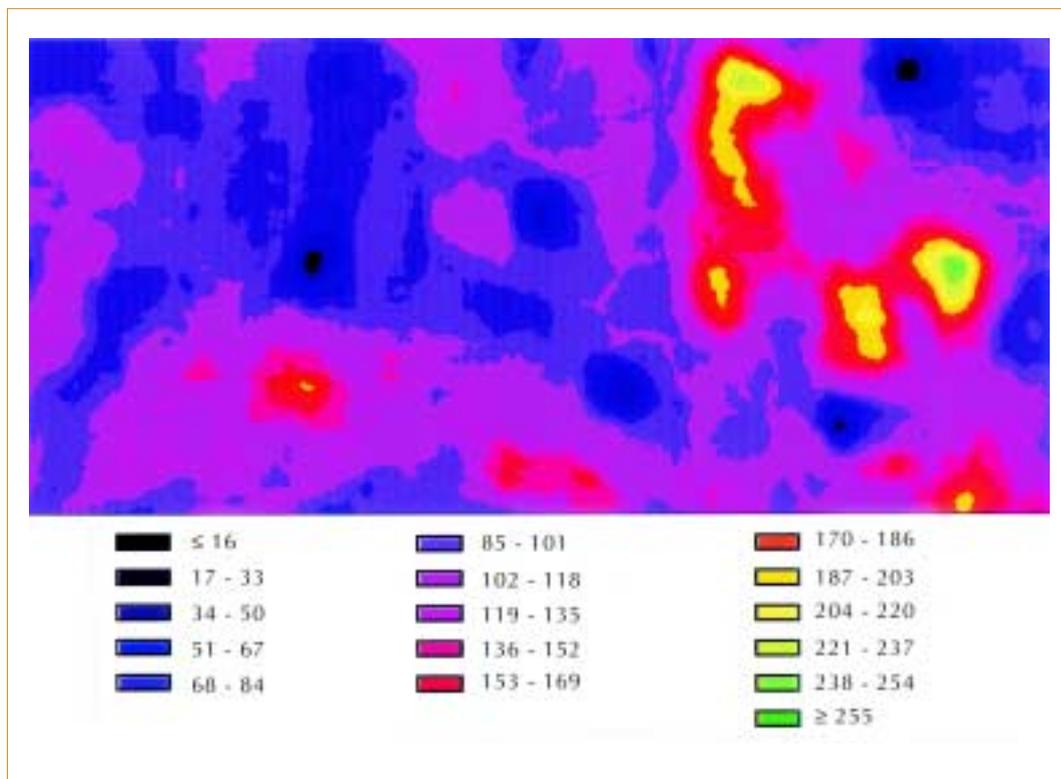
suffisante pour optimiser les classements, mais pas trop élevée afin de minimiser les temps de calcul. Nous avons retenu les tailles 3 et 31 pixels de côté comme limites. Ces fenêtres correspondent respectivement à 63 m² et 3 730 m² sur le terrain. Ainsi, la procédure permet de décrire la texture d'objets de taille comprise entre 8 m (de l'ordre de grandeur d'un houppier d'arbre adulte avec son ombre) et plus de 80 m (un groupe d'arbres). La taille de fenêtre moyenne calculée par CLAPAS est de 24 pixels de côté, soit environ 4 030 m² (63 m × 63 m). Avec ces paramètres, CLAPAS nous fournit donc la carte de classement (image 2), la carte de distance de classement (image 3) et la carte de taille de voisinage (image 4, p. 42).

La carte de distance de classement est utilisée pour identifier les zones « mal classées », c'est-à-dire dont la distance de classement est supérieure à un seuil donné. Le seuil est déterminé empiriquement en utilisant les observations de terrain. Ces zones sont classées dans la catégorie « Autre » et insérées dans l'image de classement. L'estimation visuelle de terrain montre que cette catégorie comprend les espaces non arborés (prés, landes, bâti...). On obtient ainsi une image finale de résultats (image 5, p. 43).

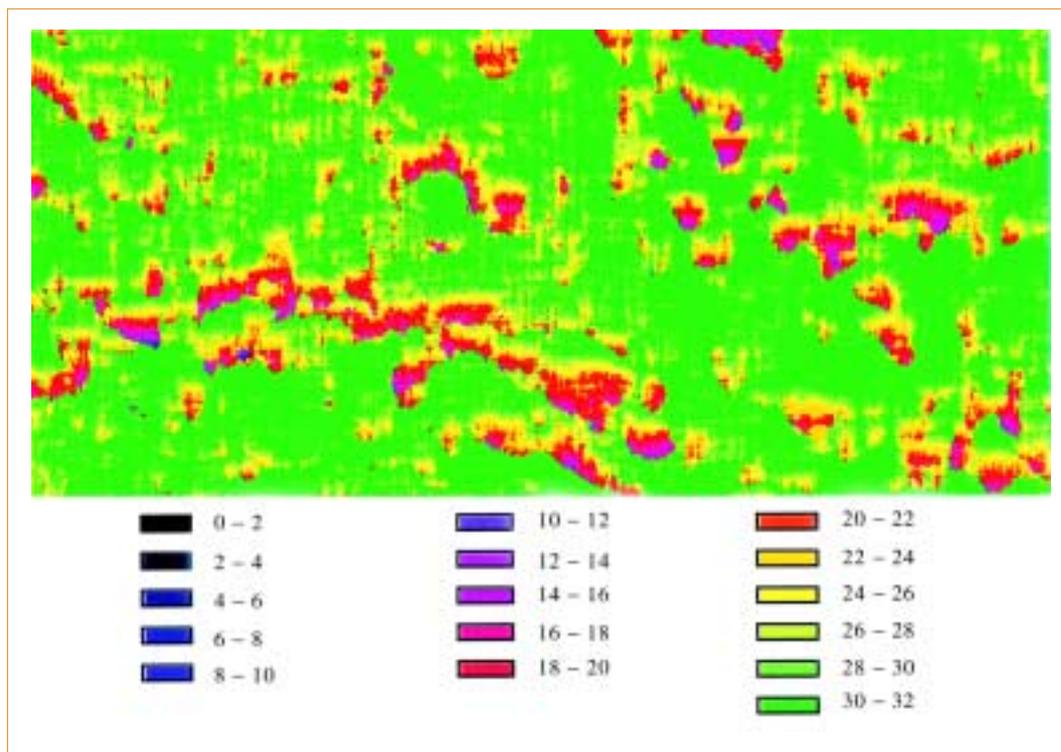
La validation des résultats n'a pas été suffisamment affinée et quantifiée. La superposition du cadastre à la photo et à la carte de résultat devrait permettre d'intégrer les valeurs classées à la parcelle et une comparaison chiffrée entre vérité-terrain et classement. Nous ne présentons ici qu'une analyse qualitative.



▲ Image 2 – Carte de classement.



▲ Image 3 – Distances de classement.



▲ Image 4 – Taille de la fenêtre de voisinage.

Après comparaison, l'analyse montre que les sorties générées par la procédure correspondent bien aux estimations visuelles de terrain. Des confusions sont cependant à noter :

– les châtaigneraies entretenues situées dans une zone à l'ombre sont classées dans le type 2 (châtaigniers espacés, embroussaillé). En effet, les zones à l'ombre ont une teinte sombre, de même que les genêts. Ceci peut donc être une source d'erreur ;

– le test ne permet pas de différencier les espèces d'arbres, ce qui, comme nous l'avons dit, relèverait d'une autre logique de traitement. Voici les confusions que nous avons pu remarquer :

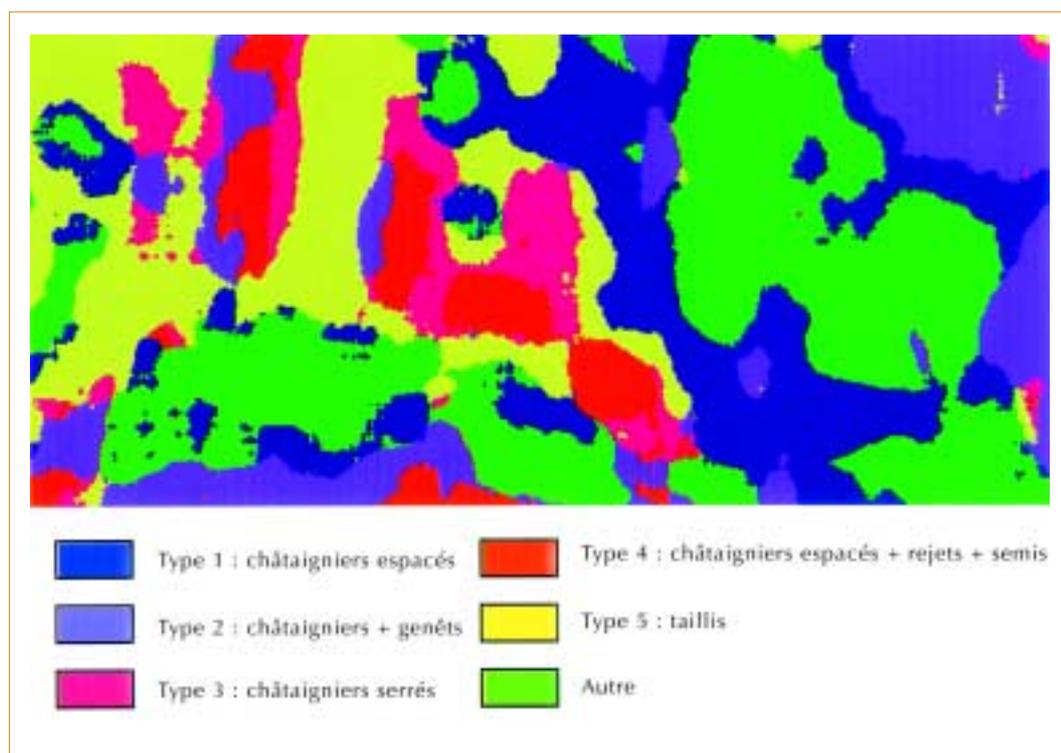
- ✗ la végétation arbustive le long des cours d'eau (verne, noisetier, saule, frêne...) est classée dans les taillis de châtaigniers,
- ✗ les résineux sont soit dans le type 2 (châtaigniers espacés, embroussaillé) soit dans le type 4 (verger abandonné avec rejets de souche et semis naturels),
- ✗ un verger de pommier est classé en verger de châtaigniers (Type 1).

Conclusion

La procédure nous fournit donc des résultats encourageants. Des risques de confusion ont été mis en évidence et pourraient être évités. Le problème des ombres pourrait être résolu par l'utilisation de prises de vues à des heures différentes (variation de l'emplacement de l'ombre) par exemple.

Des travaux complémentaires seraient nécessaires pour différencier les espèces d'arbres. Des photos prises à des dates judicieusement choisies permettraient de différencier les feuillus. À l'automne, les dates de changement de couleur et de chute des feuilles sont différentes selon les feuillus. De même, au printemps, l'éclosion des bourgeons et l'établissement de l'activité photosynthétique ne sont pas synchrones pour toutes les espèces. D'autres connaissances peuvent également être utiles : l'étagement de la végétation avec l'altitude exclut certaines espèces à une altitude donnée.

La méthode, qui reste au stade expérimental, pourrait-elle être appliquée sur un plus vaste périmètre ? Le test a été réalisé sur 110 ha. L'application sur l'ensemble des surfaces où le châ-



▲ Image 5 – Carte finale de résultats.

taignier est l'essence principale en Ardèche (32 000 ha en 1995, d'après l'IFN), nécessiterait des travaux complémentaires. Une des limites majeures de notre procédure était le temps de traitement⁷. Élargir le périmètre multiplierait les temps de calcul.

Avant d'être opérationnel pour des gestionnaires (Parc naturel régional des monts d'Ardèche, syndicat des producteurs portant le projet d'AOC...),

des approfondissements de ce travail seraient nécessaires et demanderaient une association de thématiciens et informaticiens.

Pour être réellement intégrés dans un outil de gestion de l'espace, ces résultats devraient également être associés à d'autres données (par exemple dans un SIG) : pente, accessibilité, proximité du centre d'une exploitation agricole, disponibilité foncière des parcelles... □

⁷ 10 heures pour une classification. Ceci pourrait être amélioré avec du matériel plus performant.

Résumé

Les données spatiales à haute résolution, ainsi que les capacités de traitement sont et seront de plus en plus accessibles aux différents utilisateurs. Face à cette abondance d'informations, nous proposons de concentrer les efforts sur l'identification d'objets pertinents, tant au niveau thématique qu'informatique. L'objectif est d'automatiser l'extraction d'objets chargés de sens thématiques. Cette démarche a été testée pour la distinction de types de vergers et de taillis de châtaigniers sur une photographie aérienne en infrarouge couleur de l'IFN (Inventaire forestier national). Une typologie de châtaigneraies regroupant cinq classes est construite dans l'objectif de relier formes et pratiques agricoles. Les objets se distinguent, non seulement par leur couleur, mais aussi par l'arrangement spatial de leurs constituants (les houppiers de châtaigniers). Nous avons retenu le module CLAPAS (Classement de paysages et segmentation) : le processus de classification tient compte du voisinage des points ce qui permet de différencier les types de même couleur mais de texture différente. Les classes de référence sont choisies sur l'image à l'aide de connaissances de terrain (classification assistée). L'analyse montre que, malgré des confusions entre types dans certaines zones, les sorties générées par la procédure correspondent bien aux relevés de terrain.

Abstract

High resolution spatial data are bound to be more and more reachable for all users. Facing so many data, we propose to define pertinent object, both on thematic and methodological levels. The aim is to automate the extraction of objects that are suitable for research and management. This process is used to distinguish classes of chestnut tree orchards and copses with infrared aerial photos of IFN. A chestnut tree classification is elaborated so as to associate shapes with agricultural practices. Not only do objects differ in colour but also in component (chestnut tree crowns) spatial distribution. CLAPAS is selected: the classification integrates points proximity which allows to distinguish classes with the same colour but differing in texture. Reference classes are chosen on the image thanks to vegetation observation (assisted classification). The analysis shows that, in spite of confusions, output fit with sites checking.

Bibliographie

- BONIN, M., 1997, *Identification de prés et de châtaigneraies sur photographie aérienne à l'aide de CLAPAS : vers un outil d'aide à la gestion de l'espace et au développement local*, Rapport de stage, Montpellier, ENSAM/INRA/GIP RECLUS, 83 p.
- DEFFONTAINES, J.-P., 1987. Lecture agronomique de paysage. *Mappemonde*, n° 4, p. 34-37.
- MANGELINC, L., 1998, *Représentation et classification de structures spatiales, Application à la reconnaissance de paysages agricoles*, Thèse/Informatique, Nancy, Université Henri Poincaré, 177 p.
- MANGELINCK, L. et al., 1996, Reconnaissance de paysages modèles sur images satellitaires. *Étude des phénomènes spatiaux en agriculture, La Rochelle, 6-8 décembre*, Paris, INRA Editions, Les colloques, n° 78, p. 33-45.
- ROBBEZ-MASSON, J.-M., 1994. *Reconnaissance et délimitation de motifs d'organisation spatiale*, Thèse/Sciences Agronomiques, ENSAM, Montpellier, 154 p.
- WEBER, C., 1998. La croissance urbaine de KAVALA, évolution et perspectives. *Société Française de Photogrammétrie et Télédétection*, n° 151, p. 29-37.