HAL
open science

Contribution de la télédétection pour l'analyse et la cartographie du paysage bocager armoricain

Philippe Morant

To cite this version:

Philippe Morant. Contribution de la télédétection pour l'analyse et la cartographie du paysage bocager armoricain. Ingénieries eau-agriculture-territoires, 1999, 18, pp.61-71. hal-00463522

HAL Id: hal-00463522

https://hal.science/hal-00463522v1

Submitted on 12 Mar 2010

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.

Contribution de la télédétection pour l'analyse et la cartographie du paysage bocager armoricain

Philippe Morant

Remerciements
Cet article n'aurait pu être réalisé
sans la collaboration de Françoise Le Hénaff,
Ingénieur
Cartographe
au laboratoire COSTEL

Face à la multiplication des acteurs et des dispositions juridiques, la connaissance de la distribution spatiale des territoires bocagers à l'échelle régionale et des réseaux de haies au niveau local est devenue primordiale pour la gestion du bocage et de l'environnement breton. Plus encore, l'inventaire du patrimoine paysager s'impose comme un préalable indispensable aux initiatives d'aménagement. Si un petit nombre d'études cartographiques ou statistiques consacrées au paysage bocager armoricain sont actuellement disponibles, ce type d'informations reste cependant très fragmentaire. Aussi, l'analyse et la cartographie du bocage, que P. Flatrès (1976) définit comme un « *paysage d'enclos végétaux* », représentent-elles un enjeu scientifique indéniable.

Depuis l'essor des missions aériennes amorcé dans les années 1950 et le développement des programmes civils de lancement des satellites dans les années 1970, les données de télédétection sont fréquemment utilisées pour l'étude du paysage. Un bilan de plusieurs de ces travaux précise la contribution des plates-formes spatiales et aéroportées à l'analyse et la cartographie du bocage armoricain et répond à plusieurs interrogations : pour quelles échelles géographiques les données satellitales et aéroportées sont-elles adaptées ? quel est le rôle de la télédétection pour les études pluridisciplinaires sur le bocage ? les données satellitales et aéroportées permettent-elles d'établir des documents d'aide à la décision pour la gestion du bocage ?

La présentation des approches du bocage armoricain par télédétection peut s'organiser selon un emboîtement d'échelles géographiques, de l'échelle régionale à l'échelon local. La combinaison de ces différents niveaux d'analyse permet *in fine* d'établir un protocole d'étude multi-scalaire du paysage bocager. Ce dernier correspond aux attentes de gestionnaires du territoire. Il est d'autre part compatible avec les recherches menées en écologie du paysage.

Diversité des approches du bocage armoricain par imagerie satellitale

Les modes d'acquisition des données de télédétection sont variés : spatial, aérien, terrestre ou maritime (F. Bonn et G. Rochon, 1992). Ils présentent une gamme de documents à de multiples niveaux scalaires (F. Verger, 1995) qui ont leurs propres caractéristiques en terme de résolutions spectrale, spatiale et temporelle. Néanmoins, plusieurs qualités intrinsèques les rassemblent. Ils fournissent une vision synoptique d'une partie de la surface terrestre. En outre, à l'opposé d'un grand nombre de statistiques géographiques, ce sont des informations spatiales contiguës, qui ne sont pas circonscrites à des limites administratives. Autant

Équipe COSTEL : **C**limat et **O**ccupation du **S**ol par **TEL**édétection

UMR 6554 CNRS : Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique

Philippe Morant
Equipe COSTEL,
UMR 6554 CNRS
Département de Géographie et Aménagement de l'Espace
Université Rennes 2 Haute-Bretagne
6, av G.Berger
35043 Rennes cedex

d'éléments qui favorisent l'examen du paysage par sa vision zénithale.

Cartographie de paysages ruraux et d'unités bocagères

À l'échelle régionale, deux études ont été effectuées pour l'ensemble des paysages ruraux de la Bretagne, de la Basse-Normandie et des Pays-de-Loire, afin de pallier les difficultés liées aux méthodes classiques de cartographie. En 1992, V. Dubreuil a exploité des données du satellite NOAA-AVHRR et distingue des paysages ruraux bocagers répertoriés selon cinq degrés de densité, du bocage très dense des environs de Vire au Sud-Ouest du Calvados, au bocage « *aéré* » au Sud de la Sarthe. A partir d'une photomosaïque composée de cinq images Landsat MSS, l'approche dirigée par R. Bariou (1984) a permis la partition de la France de l'Ouest en une soixantaine de « *micro-unités* » de paysage dont plusieurs unités bocagères.

D'autres investigations ont été réalisées au moyen des capteurs Landsat MSS (L. Legrand, 1986) et Landsat TM (L. Le Dû, 1995), au niveau infra-régional dans le département des Côtes-d'Armor. Les résultats de ces recherches présentent des classifications détaillées des paysages costarmoricains. À titre indicatif, sur les vingt-et-un postes de sa nomenclature, L. Le Dû (1995) en consacre treize aux unités bocagères : quatre correspondant à des paysages bocagers denses à l'intérieur des terres, quatre au maillage large localisés sur le pourtour littoral, deux au bocage résiduel au sein d'espaces remembrés, et enfin trois unités mixtes combinant paysages ouverts et bocage peu dense.

Ces recherches, réalisées aux échelles régionale et infra-régionale, utilisent indépendamment ou simultanément deux démarches, analogique et numérique, pour l'analyse des images. Toutes deux contribuent à délimiter avec précision les unités bocagères.

Eléments de réflexion sur la caractérisation de la structure bocagère par imagerie satellitale à haute résolution

Au-delà de l'unité paysagère, l'analyse de la structure bocagère armoricaine à partir de scènes satellitales a, elle aussi, conduit à de nombreuses études. La détermination d'un réseau parcellaire (P. Gouéry et L. Hubert, 1989) et l'extraction des haies (L. Hubert-Moy et *al.*, 1995) sont envisageables pour des maillages bocagers où l'occupation du sol est peu diversifiée, en ayant recours à diverses techniques telles que la segmentation, la morphologie mathématique et les analyses texturales. L'extrapolation de ces méthodes est délicate pour des zones de bocage dense (A. Cotonnec, 1998), des « *paramètres comme l'éclairement, l'heure et la date de prise de vue, la qualité intrinsèque de la scène* » (L. Hubert- Moy et *al.*, 1995) influençant la qualité des résultats. Néanmoins, ces techniques d'analyse d'images sont développées car la seule information radiométrique, si elle est importante, n'est pas suffisante pour extraire des réseaux de haies bocagères au regard des résolutions spatiales actuelles des capteurs Landsat TM et SPOT. En effet, les dimensions étroites de parcelles circonscrites par des éléments linéaires boisés altèrent les réponses spectrales individuelles des éléments du paysage (X. Joinaie et M. Legault, 1984). Elles posent des problèmes de mixité des pixels composant l'image satellitale ; préoccupations auxquelles s'attachent par exemple les recherches de C.-M. Girard et M.-C. Girard (1993 et 1994) en matière d'occupation du sol.

Ce frein pourra être levé dans les prochaines années avec par exemple l'amélioration de la résolution spatiale des images du satellite SPOT 5 qui comportera des pixels de 3x3 mètres en mode panchromatique et de 10x10 mètres pour les canaux multi-spectraux (SPOT Image, 1999). La modification de ce paramètre laisse présager des possibilités d'analyses détaillées des réseaux bocagers. Toutefois, l'évolution de la télédétection vers des images à résolution très fine « *soulèvent des problèmes d'échelle qui rendent caduques des méthodes d'analyse et de traitement développées avec des données plus grossières* » (F. Bonn et G. Rochon, 1992). D'autre part, pour un espace géographique de dimension constante, il faut souligner qu'une augmentation de la résolution spatiale entraîne un accroissement du volume des données. Par voie de conséquence, d'autres préoccupations sont à envisager en terme de traitement, de stockage et de coût des images.

L'adéquation entre l'échelle des images satellitales et la problématique de recherche est donc primordiale. Chaque catégorie de données de télédétection a d'ailleurs été élaborée en fonction de préoccupations et de gammes d'échelles précises.

Dans ce sens, la précision spatiale des données multi-spectrales du prochain satellite Landsat 7 n'est pas révisée (NASA, 1999). Les images de cette plate-forme sont conçues pour une gamme de problèmes géographiques se situant à l'échelle infra-régionale, voire régionale. Par ailleurs, la pérennisation de ses informations favorise les études diachroniques et dynamiques, essentielles pour de multiples problèmes d'aménagement.

La résolution temporelle des données des Satellites d'Observation de la Terre peut s'avérer un obstacle pour l'étude détaillée des réseaux bocagers dans des régions comme la Bretagne. Les répétitivités des passages des capteurs Landsat et SPOT sont respectivement de 16 jours et de 4 à 26 jours, et d'un point de vue radiométrique, la période optimale pour l'examen du paysage bocager à partir de données satellitales se situe au cours de l'été[1]. Comme le souligne J. Tricart (1985) un tel compromis est difficile à obtenir pour le littoral atlantique de la France caractérisé par un climat océanique à nébulosité importante. Il est fréquent que durant deux voire trois années consécutives aucune image ne soit totalement exploitable pour l'étude du maillage bocager armoricain en raison de conditions météorologiques nuageuses au moment de l'enregistrement des données.

À titre comparatif et pour un même espace géographique, les missions aériennes de l'Institut Géographique National (IGN) ont lieu en moyenne tous les quatre ans. En vingt ans, l'IGN a par exemple accompli pour l'ensemble de l'Ille-et-Vilaine six vols aériens : en 1978, 1982, 1985, 1989, 1990 et 1996 ; plus encore certaines zones de ce département ont été plus fréquemment examinées par ce même institut, notamment le Nord-Nord-Est de l'Ille-et-Vilaine survolé à quinze reprises entre 1977 et 1997 (IGN, 1999). Enfin, il faut souligner que l'utilisation d'images radar au sol offre des perspectives intéressantes, puisque ce type d'outil de télédétection s'affranchit des problèmes de couverture nuageuse.

Analyse de la structure bocagère armoricaine à l'échelle locale à partir de données aéroportées

Typologie et inventaire

Actuellement, c'est à partir de données aéroportées que l'étude de la structure du paysage bocager armoricain est opérationnelle en télédétection. À l'échelle locale, la richesse spatiale des clichés aériens de l'IGN permet, après validation par un contrôle de terrain, de recenser deux descripteurs essentiels de la structure bocagère : le réseau de haies (et implicitement le parcellaire agraire sur lequel il est implanté) et les espaces boisés. La photo-identification de ces éléments du paysage est aisée et répond à la définition géographique du bocage de P. Flatrès (1976) à l'instar des haies vives qui « *se présentent comme un alignement continu de taches noires mamelonnées* » (R. Chevalier, 1971)[2].

En outre, l'analyse du réseau de haies et des espaces boisés à partir de données aéroportées se fonde sur leurs fonctions physiques et écologiques. Ce dernier aspect oriente particulièrement le recensement de ces éléments du paysage dans la mesure où les espaces boisés peuvent être considérés comme des sources propices à la biodiversité du bocage, et les haies comme des corridors facilitant la dispersion des espèces floristiques et faunistiques (J. Baudry, 1985). Par ailleurs, deux types d'éléments linéaires boisés, continus et discontinus, sont identifiables sur les clichés aériens. Cette distinction, envisagée dans une précédente recherche (R. Bariou et *al.*, 1982), s'appuie ici sur des spécificités écologiques (F. Burel, 1991), hydrologiques (P. Mérot, 1978) mais également visuelles ; une haie discontinue entravant moins le regard qu'une haie continue. Ainsi, chaque côté de parcelle agraire pourvue d'un élément linéaire boisé (arbustif et/ou arborescent) continu ou discontinu est pris en compte lors de l'inventaire du bocage. À son terme, l'importance relative d'un type de haie sous-entend le potentiel écologique et visuel du paysage. Cette conception est d'autant plus importante aujourd'hui qu'elle confère une valeur ajoutée au paysage, associant le bocage à un cadre de vie de qualité, garant du patrimoine paysager régional.

Aspects méthodologiques pour la cartographie et la quantification des éléments de la structure bocagère

La typologie de la structure du paysage bocager élaborée à partir de photographies aériennes peut être appliquée pour l'exécution de cartes à l'échelon local. Toutefois, il ne faut pas omettre que les clichés aériens sont le résultat d'une projection

1. – La réponse spectrale des végétaux est très variable et dépend de multiples facteurs. Elle évolue notamment suivant les saisons. Les travaux de A. Courbeau et R. Chaume (1984) indiquent que c'est au cours de la période estivale qu'un couvert végétal dense atteint son maximun de réflectance en milieu océanique.

2. – Il s'agit ici d'une photo-identification de clichés en émulsion panchromatique noir et blanc. Pour des photographies aériennes en émulsion couleur la teinte des haies bocagères est vert foncé.

conique induisant l'existence de déformations. Pour remédier à cette contrainte et obtenir une cartographie précise des éléments de la structure bocagère, il s'avère indispensable d'accomplir des corrections géométriques. Les cartes sont redressées, numérisées et géoréférencées en mode vecteur à l'aide de logiciels de Dessin Assistée par Ordinateur (DAO) ou de Système d'Information Géographique (SIG). Au cours de cette saisie informatique, chaque côté de parcelle agraire est individualisé et devient une entité spatiale indépendante servant de support pour le report de la photo-identification de la structure du paysage bocager et la réalisation finale des cartes.

Contrairement au mode matriciel, la structuration vectorielle de l'information numérique à référence spatiale garantit une meilleure précision des informations numérisées, atout capital pour la restitution de documents cartographiques et pour procéder à des quantifications. Des structures bocagères ainsi spatialisées, il est donc possible de déterminer plusieurs paramètres chiffrés, tels que la mesure en kilomètre des éléments linéaires continus et discontinus, la superficie et le nombre d'espaces boisés, mais également d'évaluer la connectivité du réseau bocager en fonction du nombre et des types de connexions et d'éléments isolés. Ces données sont autant d'indicateurs qui contribuent à définir un type de maillage bocager (structuré, décomposé) et à estimer la biodiversité d'un paysage de bocage. Dans ce sens, elles participent à l'évaluation, au diagnostic, des structures bocagères.

Apports et perspectives pour l'analyse de la structure bocagère à partir de données aéroportées

Les récentes améliorations de la photogrammétrie numérique et de la photo-identification assistée par ordinateur soulignent l'intérêt de l'examen du maillage bocager à partir de clichés aériens et perfectionnent les phases de saisies et de corrections géométriques. De plus, la disponibilité de nombreuses missions aériennes de l'IGN depuis les années 1950 (une dizaine depuis 1952 dans le cas du département d'Ille-et-Vilaine [IGN, 1999]) favorise le développement d'analyses et de cartographies diachroniques et dynamiques de la structure bocagère (Ph. Morant et *al.*, 1995). Ce type d'études sur l'évolution du paysage participe à la compréhension de sa structuration actuelle et détermine les processus de transformation de la trame bocagère.

Par ailleurs, les typologies et cartographies des réseaux bocagers, élaborées à partir de photographies aériennes, sont complémentaires avec les recherches réalisées à l'échelle stationnelle par les botanistes, écologues ou agronomes. Ces derniers spécifient notamment la physionomie et la biodiversité floristiques des haies (P. Saliou et F. Rozé, 1995) et construisent des bases de données comportant près d'une cinquantaine de paramètres par élément linéaire boisé étudié (D. Denis et *al.*, 1995). Cette approche de la structure bocagère est par conséquent adaptée à une démarche pluridisciplinaire et multi-scalaire. Les investigations menées en télédétection se situent en amont de celles de l'écologue du paysage et peuvent servir de référence aux analyses conduites au niveau stationnel, notamment pour la constitution de plans d'échantillonnage. Les fonctionnalités des SIG, comme la topologie et les bases de données à références spatiales, sont à cet égard essentielles, puisqu'elles formalisent le lien technique et pratique entre les différentes recherches.

Enfin, il existe quelques travaux sur le bocage armoricain effectués à partir de données aéroportées numériques. Il s'agit principalement d'essais de cartographie automatique visant à extraire la trame bocagère, et entrepris au moyen de documents enregistrés dans l'infra-rouge. Les traitements, centrés sur la caractérisation de la luminace des éléments linéaires boisés, n'apportent que des résultats partiels (C. Goillot, 1976). Cependant, les capteurs numériques aéroportés comme le CASI (*Compact Airborne Spectrographic Imager*) laissent entrevoir de nouvelles opportunités pour ce type d'étude, grâce à la précision des résolutions spatiale (la taille du pixel peut atteindre 1x1 mètre), et spectrale (plusieurs canaux répartis dans les domaines du visible et surtout de l'infra-rouge).

Protocole pour une étude multi-scalaire du paysage bocager - l'exemple costarmoricain

L'ensemble des données de télédétection facilite donc l'étude du paysage armoricain à différentes échelles géographiques. Cette analyse se décompose principalement en trois niveaux scalaires correspondant à des catégories de gestionnaires du territoire. On distingue les éléments du paysage,

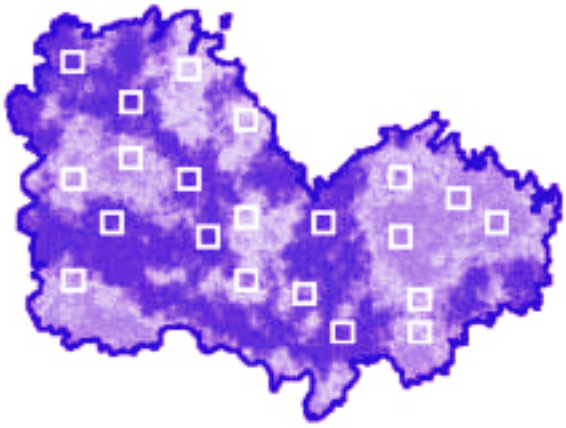
les unités de paysage et les paysages ruraux, vocabulaire emprunté à M.-C. Girard et C.-M. Girard (1980). Les éléments, tels que les haies vives composant la structure du paysage bocager, sont identifiés au moyen de photographies aériennes verticales à l'échelon local. Les unités bocagères, comportant des structures paysagères homogènes, sont discriminées au niveau infra-régional avec les données des satellites à haute résolution spatiale. Enfin, les paysages ruraux, regroupant plusieurs unités paysagères peu contrastées, sont délimités à l'échelle régionale à partir d'images satellitales aux résolutions plus grossières du type NOAA-AVHRR. Chaque niveau d'analyse est complémentaire et participe à une meilleure compréhension de la distribution spatiale des paysages bocagers armoricains (Tableau 1).

Dès lors, l'étude et la cartographie d'unités bocagères caractérisées par leur structure sont réalisables à l'échelle infra-régionale, en exploitant conjointement les données satellitales et aériennes, et en ayant recours à des vérifications sur le terrain pour les informations interprétées et identifiées. Une telle démarche, appliquée en Bretagne, prolonge les approches envisagées pour d'autres paysages bocagers, en Normandie (F. Lorveuvre, 1989) et au Cameroun (J.-M. Fosting et R. Chaume, 1995). Son originalité consiste à dépasser une utilisation juxtaposée des documents de télédétection, et se fonde sur le concept d'emboîtement hiérarchique d'échelles. De fait, les résultats obtenus avec un type de données et à une échelle géographique précise conditionnent les analyses entreprises au niveau scalaire inférieur à partir d'autres documents de référence. L'organisation du bocage ainsi révélée est en outre compatible avec les principes de l'écologie du paysage, les phénomènes écologiques s'inscrivant dans une structure spatiale. Par ailleurs, cette démarche répond aux attentes actuelles des gestionnaires, tels ceux du Conseil Général des Côtes-d'Armor désireux d'obtenir un état des lieux cartographique de la diversité des structures

Tableau 1. - Le paysage bocager et les données de télédétection.

Type de données	Satellite NOAA-AVHRR	Satellites Landsat MSS, Landsat TM et SPOT	Photographies aériennes verticales
Échelle numérique	Du 1/250 000 au 1/500 000	Du 1/50 000 au 1/100 000	Du 1/10 000 au 1/25 000
Type d'échelle géographique	Régionale	Infra-régionale	Locale
Type de division spatiale	Paysage rural bocager	Macro et micro unités du paysage bocager	Éléments de la structure du paysage bocager
Type de gestionnaires du territoire	Direction Régionale de l'Environnement, Agence de l'Eau	Conseil Général, Parc Naturel Régional	Communes

Ph. Morant



Dans cette image les teintes ont été choisies arbitrairement afin d'expliciter la démarche suivie. Elles peuvent être considérées comme des unités paysagères distinctes

□ Échantillon représentatif de chaque unité paysagère

Ph. Morant

Figure 1. – ▲ Image fictive des Côtes-d'Armor. Présentation de la démarche suivie.

bocagères du département. Elle est en cours d'application à l'ensemble du territoire départemental costarmoricain et se décompose en trois phases.

Phase 1. - A partir d'images du satellite Landsat 5 TM, une cartographie et une typologie des unités et sous-unités paysagères sont élaborées pour l'ensemble du département des Côtes-d'Armor. La méthodologie suivie repose sur une photo-interprétation des données satellitales, complétée par une analyse texturale et structurale des images (hétérogénéité et diversité) afin de préciser l'extension de chaque unité. Elle s'appuie également sur un contrôle de terrain pour chaque poste de nomenclature identifié, et sur la consultation de nombreuses cartes : topographiques, géologiques, etc., et de statistiques agricoles. L'examen d'images NOAA-AVHRR de la France de l'Ouest est en outre mis à contribution pour compléter la délimitation des différentes unités paysagères.

Phase 2. - La carte des unités paysagères ainsi obtenue sert de plan d'échantillonnage pour examiner les différents types de structure bocagère du département (Figure 1). A cet effet, une vingtaine d'échantillons représentatifs (image archétype), d'environ 100 à 150 hectares, sont extraits pour l'ensemble des Côtes-d'Armor. Le maillage bocager (espaces boisés, réseau parcellaire et types de haies) est dès lors inventorié et cartographié à partir des photographies aériennes verticales de l'IGN pour tous les échantillons définis (Figure 2). Conformément à la démarche précédemment évoquée, plusieurs indicateurs de la structure bocagère sont quantifiés pour chaque « carte échantillon » saisie en mode vecteur. Ces dernières données numériques serviront de support aux études plus fines conduites en écologie du paysage et en écologie végétale.

Phase 3. - Le dernier stade de cette approche multiscalaire se concrétise par une cartographie de synthèse des paysages bocagers du département des Côtes-d'Armor définis par leur structure. L'établissement de cette carte fait appel à l'ensemble des documents réalisés (phases 1 et 2), de l'échelle régionale au niveau local, au moyen des données de télédétection. Elle peut être complétée par les résultats des inventaires floristiques et faunistiques obtenus par les écologues (Figure 3) (ci-contre).

Résultats escomptés du protocole d'étude du paysage bocager costarmoricain

L'acquisition d'une cartographie de synthèse du bocage est une préoccupation essentielle pour les

Figure 2. – ▼ Principe de l'inventaire et de la cartographie de la structure bocagère à partir de photographies aériennes.

Ph. Morant

Figure 3. – Protocole pour une étude multi-scalaire du paysage bocager du département des Côtes-d'Armor à partir de données de télédétection et perspectives pluridisciplinaires.

	Type d'échelles	Données principales	Méthodologie/ Type d'analyses	Résultats
Phase 1	Régionale et infra-régionale	Images Landsat 5TM	Analyse texturale et structurale des images, composition colorée et photo-interpréta-tion assistée par ordinateur	Cartographie et typologie des unités et sous-unités paysagères et extraction d'échantillons
Phase 2	Locale	Photographies aériennes verticales IGN	Photo-identification asistée par ordinateur	Cartographie, typologie et quantification des éléments de la structure du paysage bocager
Phase 3	Régionale et infra-régionale	Carte et analyses des phases 1 et 2	Cartographie assistée par ordinateur	Carte de synthèse du paysage bocager

Lien entre la démarche par télédétection et l'approche écologique à partir des fonctionnalités des SIG :
topologie et base de données à références spatiales

Échelle Stationnelle **Études menées en écologie du paysage et écologie végétale**	Relevés et analyses de terrain : physionomie et biodiversité des éléments de la structure du paysage bocager

Ph. Morant

gestionnaires du territoire du département des Côtes-d'Armor, tant d'un point de vue patrimonial (pour le Bureau des Espaces Naturels et Sensibles du Conseil Général) que d'un point vue foncier (pour le Service Départemental de l'Agriculture et de l'Environnement du Conseil Général). Cette étude cartographique contribuera à une meilleure connaissance de la localisation et de la répartition des unités paysagères et des types et densités de structures bocagères du département. Elle pourra, par conséquent, servir de document de réflexion pour diverses opérations d'aménagement. En effet, à partir de cette carte et des caractéristiques du paysage qu'elle présentera, il sera par exemple possible de définir des zones géographiques propices à l'application de politiques de valorisation du paysage, de préservation et de replantation des haies[3], ou encore d'amélioration de la qualité des eaux. Il s'agit donc d'un document d'aide à la décision attestant de l'intérêt et du rôle de la télédétection en matière d'aménagement des paysages.

Par ailleurs, dans ce protocole d'étude du bocage costarmoricain, l'examen du paysage par télédétection s'effectue selon une approche mutli-capteurs et multi-échelles, en suivant une logique scalaire descendante, de l'échelle régionale aux niveaux local et stationnel. Le traitement des données s'opère principalement de manière analogique et l'objectif de la démarche réside dans une partition des paysages en unités et éléments. Elle s'apparente donc à une recherche de sites représentatifs dont on examine les composantes à un niveau scalaire inférieur (Figure 4). Les résultats de cette démarche pourront servir de base et être complétés par une seconde étude dont la logique scalaire est inversée. L'approche du paysage est cette fois ascendante, de l'échelon stationnel au niveau régional, et sa finalité se rapporte à une problématique de régionalisation. Pour ce faire, la généralisation, l'extrapolation spatiale des recherches menées aux échelles géographiques les plus fines s'effectuent au moyen de traitements numériques des données de télédétection, telles que les classifications supervisées (Figure 4).

L'ensemble des résultats de ces deux démarches complémentaires contribue à étayer l'analyse multi-scalaire du paysage par télédétection. Cette analyse testée sur le département des Côtes-d'Armor pourra être transposée aisément aux autres départements de la France de l'Ouest permettant ainsi, à l'instar du Programme CORINE land cover pour l'inventaire de l'occupation du sol, d'obtenir une meilleure connaissance du territoire et d'en favoriser une meilleure gestion.

3. – Dans ce domaine, l'intérêt récent du législateur pour la préservation et la valorisation du paysage est explicite, notamment par le biais de la loi «paysages» du 8 janvier 1993 (J. O., 1993), et le décret du 28 avril 1995 relatif à la protection d'éléments linéaires boisés (J.-D. Martinet, 1995). D'autres mesures sont apparues progressivement. Elles sont le fruit de Conseils Généraux, tels ceux d'Ille-et-Vilaine et de la Manche incitant, qui incitent au moyen de primes ou de participations financières, à la replantation ou au maintien de réseaux de haies bocagères (Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, 1995; ANDAFAR, 1992).

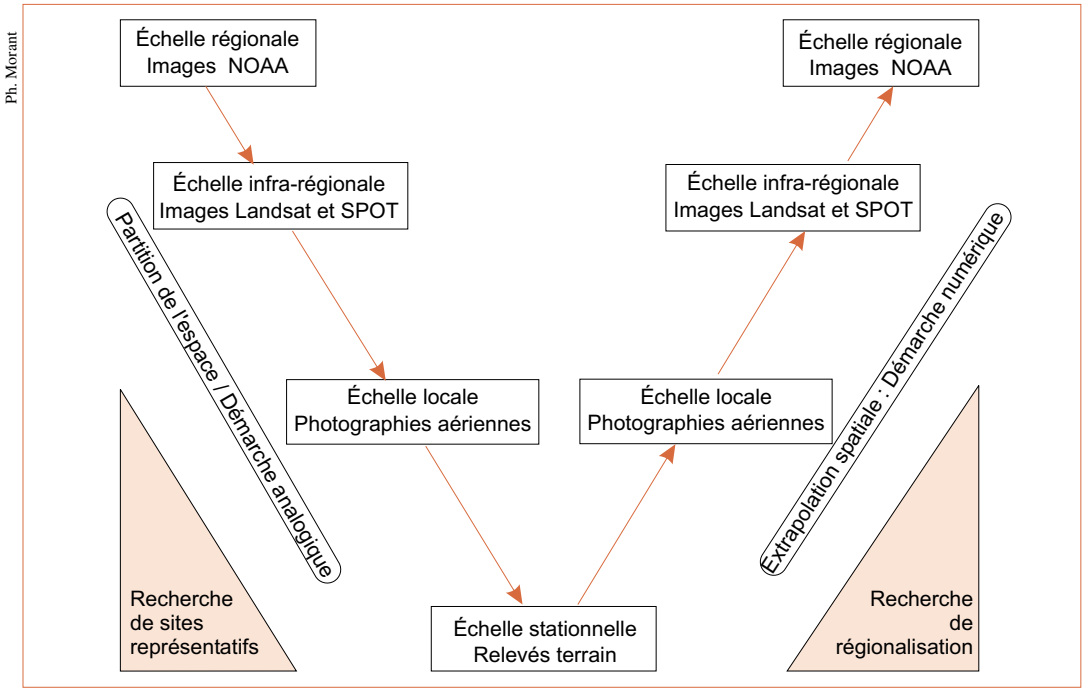


Figure 4. – Analyse multi-scalaire du paysage par télédétection.

Les sigles cités

NOAA-AVHRR : National Oceanographic and Atmospheric Administration-Advenced Very High Resolution Radiometer
Landsat MSS : Land satellite Multi Spectral Scanner
Landsat TM : Land satellite Thematic Mapper
SPOT : Satellite Pour l'Observation de la Terre
CORINE land cover, **CORINE** : COoRdination de l'INformation sur l'Environnement

Résumé

La gestion des paysages nécessite des documents de référence toujours plus précis et exhaustifs. L'analyse du bocage armoricain par télédétection évoquée ici répond à ce type d'impératif.

La variété des résolutions spatiales des données de télédétection, des images satellitales aux photographies aériennes, permet des études multiples du paysage breton, de la cartographie des paysages ruraux jusqu'à la caractérisation de la structure bocagère.

A partir de ces résultats et d'une demande de gestionnaires du territoire, cet article propose un protocole d'étude du paysage bocager du département des Côtes-d'Armor fondé sur une utilisation multi-scalaire et hiérarchique des données satellitales et aéroportées. Cette démarche est par ailleurs conçue pour servir de support à des analyses plus fines menées en écologie du paysage.

Abstract

Nowadays, managing landscapes requires reference documents that must always be more precise and comprehensive. Remote sensing analysis of the Armorican bocage, as dealt with in this paper, answers this kind of requirement.

The variety of spatial resolutions as provided by remote sensing data, from satellite images to aerial photographs, allows multiple ways of studying the Bretagne landscape, which range from the mapping of rural landscapes to the characterization of the bocage structure.

Resulting from such analyses, and a demand of the landscape planning authorities, this paper offers an approach to the study of the bocage landscape in the Côtes-d'Armor, relying upon a multi-scalar and hierarchical usage of airborne and space data. This approach has also been conceived so as to permit finer analyses in landscape ecology.

Bibliographie

Association Nationale pour le Développement de l'Aménagement Foncier Agricole et Rural (ANDAFAR), 1992. Un bocage à aménager, un paysage à ménager, *L'Aménagement Foncier Agricole et Rural*, Paris, bulletin n°72, fiche technique n°49, 8 p.

BARIOU, R., HUBERT, L. et LECAMUS, D., 1984. Landsat en pays de bocage (Bretagne) une nouvelle approche régionale, *L'Espace Géographique*, Paris, tome 13, n°3, p. 233-240.

BARIOU, R., LECAMUS, D., LE HÉNAFF, F., PIHAN, J. et MEYER, S., 1982. Photo-interprétation de la végétation en pays bocagers et problèmes d'intégration des résultats dans un système de cartographie automatique, *in* : *« 4ème Colloque International du GDTA 81 : La cartographie thématique des résultats de la télédétection, Toulouse 22-26 juin 1981 »*, Toulouse, GDTA, p. 394-407.

BAUDRY, J., 1985. Utilisation des concepts de Landscape Ecology pour l'analyse de l'espace rural. Utilisation du sol et bocages, thèse pour le Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, Université de Rennes 1, 497 p.

BONN, F. et ROCHON, G., 1992 : Précis de télédétection - volume 1 : princpes et méthodes, Québec, Presses Universitaires du Québec / AUPELF, 485 p.

BUREL, F., 1991. Dynamique d'un paysage - réseaux et flux biologiques, thèse pour le Doctorat d'État en Sciences Naturelles, option Ecologie, Université de Rennes 1, Paris, Éditions du Muséum National d'Histoire Naturelle, 235 p.

CHAUME, R. et COMBEAU, A., 1984. Évolutions saisonnières comparées des signatures spectrales de feuillus et de conifères à partir de données Landsat. Comparaison avec d'autres milieux pérennes, *in* : *« IIème Colloque International : Signatures spectrales d'objets en télédétection, Bordeaux (France), 12-16 septembre 1983 »*, Bordeaux, Éditions INRA, Les Colloques de l'INRA, n°23, p. 131-139.

CHEVALIER, R., 1971. La photographie aérienne, Paris, Armand Colin, Collection U2, 233 p.

Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, 1995. 1994 : Bilan et perspectives du Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, Rennes, Conseil Général d'Ille-et-Vilaine, 42 p.

COTONNEC, A., 1998. Paysages et occupation du sol par télédétection - Application au bassin versant du Blavet, thèse de Doctorat de Géographie, Équipe COSTEL, Département de Géographie et Aménagement de l'Espace, Université Rennes 2 Haute-Bretagne, 340 p. et annexes.

DENIS, D., THENAIL, C., PETIT S., MORVAN, N., MÉROT, P., LE CŒUR, D., DUBS, F., BAUDRY, J. et BUREL, F., 1995. Méthode d'analyse des haies - Protocole d'observation et gestion informatisée des données, Rennes, INRA SAD-Armorique, Laboratoire d'Évolutions des Systèmes Naturels et Modifiés - Université de Rennes 1, 36 p. et annexes.

DUBREUIL, V., 1992. Typologie des paysages ruraux de l'Ouest de la France à partir de classifications d'images du satellite NOAA/AVHRR, Norois, Poitiers, tome 39, n°155, p. 283-296.

FLATRÈS, P., 1976. Rapport de synthèse - Géographie, *in* : *« Les bocages : Histoire, Ecologie, Economie »*, Rennes, INRA, CNRS, ENSA et Université de Rennes, p. 21-30.

FOTSING, J.-M. et CHAUME, R., 1995. Les paysages Bamiléké : une approche multi-échelles du bocage à partir des images Landsat et SPOT, *Photo-Interprétation*, Paris, Éditions ESKA, volume 33, n°2, p. 75-79 et pp. 111-115.

GIRARD, C.-M., 1993. Étude de l'occupation du sol : de la parcelle au paysage, *in* : *« Deuxième réunion sur les changements d'échelle dans les modèles de l'environnement et de la télédétection »*, Strasbourg, 17-19 mai 1993, Strasbourg, GSTS - CNRS, p. 117-123.

GIRARD, C.-M. et GIRARD, M.-C., 1980. Analyse, description et classement des paysages ruraux à partir des données Landsat, *in* : *« 14ème Congrès de la Société International de Photogrammétrie »*, Hambourg, publié par le Comité du XIVème Congrès International de Photogrammétrie, volume XXIII, tome B7, commission VII, p. 345-354.

GIRARD, C.-M. et GIRARD, M.-C., 1994. Aide à la cartographie d'unités paysagères par une méthode d'analyse du voisinage des pixels : applications en Basse Normandie » , *Photo-Interprétation*, Paris, Editions ESKA, volume 32, n°3-4, p. 136-138 et p. 145-148.

GOILLOT, C., 1976. Apports de la télédétection aéroportée pour l'étude du bocage breton, particulièrement sur le plan du bilan thermique et de l'inventaire des haies , *in* : *Les bocages : Histoire, Ecologie, Economie*, Rennes, INRA, CNRS, ENSA et Université de Rennes, p. 461-469.

GOUÉRY, P. et HUBERT, L., 1989. Segmentation et petit parcellaire : application à des images Landsat et SPOT sur la région de l'estuaire de la Rance (France), *Photo-Interprétation*, Paris, Éditions Technip, volume 27, n°3-4, fascicule 2, p. 9-16.

HUBERT-MOY, L., COTONNEC, A. et GOUÉRY, P., 1995. Extraction du réseau bocager à l'aide de données stallitaires Landsat Thematic Mapper. Application à un bassin versant en Bretagne centrale, *Photo-Interprétation*, Paris, Editions ESKA, volume 33, n°4, p. 243-244 et p. 258-263.

IGN (Institut Géographique National), 1999. Recherche des missions de photographies aériennes de l'IGN, URL : [http : //www.ign.fr/GP/photoaer/].

JOINAIE, X. et LEGAULT, M., 1984. Première évaluation de la simulation SPOT-Bocage, *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen,* Caen, n°spécial : « La télédétection au service de la région » , n°28, p. 153-161.

Journal Officiel de la République Française, 9 janvier 1993, *Loi n°93-24 du 8 janvier 1993 sur la protection et la mise en valeur des paysages et modifiant certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques*, p. 503-506.

LE DÛ, L., 1995. Images du Paysage. Télédétection, intervisibilité et perception - L'exemple des Côtes-d'Armor, Thèse de Doctorat de Géographie, Equipe COSTEL, Département de Géographie et Aménagement de l'Espace, Université Rennes 2 Haute-Bretagne, 334 p.

LEGRAND, L., 1986. Caractérisation des paysages agraires en Bretagne par données satellitaires Landsat - Mise en évidence de zones à risque vis-à-vis de la sécheresse, Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Géographie, Equipe COSTEL, UER de Géographie et Aménagement de l'Espace, Université Rennes 2 Haute-Bretagne, 278 p. et annexes.

LORFEUVRE, F., 1989. « Inventaire et typologie des bocages » , *in : « Actes du colloque européen sur le devenir des pays de bocage 12-13-14 novembre 1987 »*, Fourmies, Ecomusée de la région de Fourmies-Trélon, Maison du Bocage - Sains-du-Nord, p. 76-83.

MARTINET, J.-D., 1995. « Haies et alignements : nouvelles dispositions juridiques » , *Forêts de France*, Paris, n°384, p.32.

MÉROT, P., 1978. « Bocage : sols et eaux - Tome I : Le bocage en zone granitique : une approche de la circulation des eaux », Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Géologie Continentale, Laboratoire de Science du Sol, INRA - ENSA - Université de Rennes, 199 p.

MORANT, Ph., LE HÉNAFF, F. et MARCHAND, J.-P., 1995. « Les mutations d'un paysage bocager : essai de cartographie dynamique », *Mappemonde*, Montpellier, GIP RECLUS, n°1, p. 5-8.

National Aeronautics and Space Administration (NASA), 1999 : Landsat 7, URL : [http: ls7pm3.gsfc.nasa.gov/].

SALIOU, P. et ROZÉ, F., 1995 : Typologies des bocages en centre Bretagne, Rennes, Rapport de Recherche, Laboratoire d'Ecologie Végétale, Université de Rennes 1, Centre Régionale d'Etudes Biologiques et Sociales, Direction Régionale de l'Environnement Bretagne, Programme MORGANE 1, 34 p.

SPOT Image, 1999. Le futur SPOT 5, URL : [http://www.spotimage.fr/accueil/system/future/spot5/welcome.htm].

TRICART J., 1985. « Paysage et télédétection » , *Paysage et Système - de l'organisation écologique à l'organisation visuelle*, sous la direction de V. Berdoulay et M. Phipps, Ottawa, Editions de l'Université d'Ottawa, p. 113-123.

VERGER, F., 1995. « Les catégories d'images de télédétection satellitaire », *Mappemonde*, Montpellier, GIP RECLUS, n°2, p. 27-31.