
Typologie des paysages ruraux de l'ouest de la France à partir de classifications d'images du satellite NOAA

Vincent Dubreuil

Citer ce document / Cite this document :

Dubreuil Vincent. Typologie des paysages ruraux de l'ouest de la France à partir de classifications d'images du satellite NOAA.
In: Noroi, n°155, Juillet-Septembre 1992. pp. 283-296;

doi : 10.3406/noroi.1992.6434

http://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1992_num_155_1_6434

Document généré le 12/06/2016

Résumé

RÉSUMÉ

Les images des satellites NOAA-AVHRR sont utilisées dans le but d'établir une cartographie détaillée des paysages ruraux dans la France de l'Ouest. Six images de 1990 et quatre de 1987 représentant l'indice de végétation NDVI ont été sélectionnées. Deux analyses discriminantes pas à pas (une pour chaque année) permettent de classer les pixels de chaque image en fonction de 19 échantillons choisis comme représentatifs des types de paysages et des régions agricoles de l'Ouest. Les limites des classes ainsi obtenues sont fort comparables aux cartes communales thématiques d'utilisation du sol des atlas régionaux. Il est en plus possible, en comparant les deux images résultats, d'estimer l'impact et l'ampleur de la sécheresse ayant affecté ces régions en 1990.

Abstract

ABSTRACT

Images from NOAA - AVHRR satellites are used to establish a detailed cartography of landscapes in the western part of France. Six images of 1990 and four of 1987 representing the Normalized Difference Vegetation Index have been chosen. Two stepwise analysis, one per year, allow to classify every pixel of both images relying on 19 landscapes patterns, considered as representative of the rural landscapes and agricultural regions in this part of France. The boundaries between the result classes are quite similar with those that are traditionally found in regional atlas. More over, it is possible to assess the impact of drought that occurs in this region in 1990 by comparing the two years images.

Typologie des paysages ruraux de l'Ouest de la France à partir de classifications d'images du satellite NOAA

par Vincent DUBREUIL, Equipe COSTEL

Université de Haute-Bretagne, Rennes 2,
6, avenue Gaston-Berger, 35043 RENNES Cedex

RÉSUMÉ

Les images des satellites NOAA - AVHRR sont utilisées dans le but d'établir une cartographie détaillée des paysages ruraux dans la France de l'Ouest. Six images de 1990 et quatre de 1987 représentant l'indice de végétation NDVI ont été sélectionnées. Deux analyses discriminantes pas à pas (une pour chaque année) permettent de classer les pixels de chaque image en fonction de 19 échantillons choisis comme représentatifs des types de paysages et des régions agricoles de l'Ouest. Les limites des classes ainsi obtenues sont fort comparables aux cartes communales thématiques d'utilisation du sol des atlas régionaux. Il est en plus possible, en comparant les deux images résultats, d'estimer l'impact et l'ampleur de la sécheresse ayant affecté ces régions en 1990.

ABSTRACT

Images from NOAA - AVHRR satellites are used to establish a detailed cartography of landscapes in the western part of France. Six images of 1990 and four of 1987 representing the Normalized Difference Vegetation Index have been chosen. Two stepwise analysis, one per year, allow to classify every pixel of both images relying on 19 landscapes patterns, considered as representative of the rural landscapes and agricultural regions in this part of France. The boundaries between the result classes are quite similar with those that are traditionally found in regional atlas. More over, it is possible to assess the impact of drought that occurs in this region in 1990 by comparing the two years images.

L'étude des paysages ruraux et de leur évolution spatiale et temporelle a toujours été une des préoccupations majeures des géographes et, depuis de nombreuses années déjà, les méthodes de télédétection sont à ce titre couramment employées. Ainsi, les images fournies par les satellites météorologiques NOAA (National Oceanographic and Aeronautic Administration) au cours de la dernière décennie se sont révélées être des documents essentiels pour l'observation des phénomènes climatiques mais aussi, et

Mots clés : Paysages ruraux. Classification. Télédétection. NDVI. Sécheresse. France de l'Ouest.

Key words : Vegetation index. Land use. AVHRR. Drought. Western France.

surtout, pour le suivi de l'état des couverts végétaux sur l'ensemble du globe. La profusion d'articles, souvent très techniques, sur les méthodes utilisées pour le traitement des images de ces satellites a, semble-t-il, empêché la plus large diffusion des documents obtenus, parfois remarquables. Et pourtant, l'intérêt des images fournies par le capteur AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) embarqué à bord des satellites NOAA dépasse largement le cadre de l'étude de l'état hydrique des couverts végétaux et de leur stade de développement pour lesquelles elles restent les plus couramment employées.

Ainsi, dès 1985, Tucker et al. ont utilisé une classification d'images NOAA 6 et 7 sur une longue période (19 mois) afin de cartographier les principaux biomes du continent africain. D'autres auteurs ont appliqué par la suite des méthodes similaires à l'échelle continentale, utilisant les données à faible résolution (4 kilomètres pour les données GAC - *Global Area Coverage* - et 16 kilomètres pour les données GVI - *Global Vegetation Index*) fournies en standard par la NOAA. Pourtant, du fait de la résolution spatiale d'un kilomètre environ des capteurs AVHRR, il est possible de descendre à un degré d'investigation géographique plus fin et d'utiliser ces données pour une classification de la végétation non plus à une échelle continentale mais à l'échelle d'un pays ou d'une région. L'ouest de la France (Bretagne, Basse-Normandie et Pays de la Loire), cadre géographique retenu pour cette étude, peut dès lors être étudié au moyen d'une classification supervisée de 6 images fournies par NOAA - 11 en 1990 et il est alors intéressant de comparer, sur le plan spatial, les résultats ainsi obtenus avec des données classiquement utilisées en géographie (Atlas régionaux, cartes topographiques et d'utilisation du sol). Avant d'analyser en détail et de commenter les images obtenues, quelques précisions quant à la méthode utilisée doivent être présentées.

I. – CHOIX METHODOLOGIQUES : CAPTEUR, IMAGES, TECHNIQUES DE TRAITEMENT

A) LE CHOIX D'UN CAPTEUR A RESOLUTION SPATIALE MOYENNE : NOAA - AVHRR

L'utilisation de la gamme des satellites NOAA dépasse largement le cadre des études spécifiquement météorologiques pour lesquelles ils ont été conçus. Disposant du capteur AVHRR, ils enregistrent en effet des mesures radiométriques dans les longueurs d'ondes allant du visible (canal 1, de 0.58 à 0.68 μm) à l'infrarouge thermique (canaux 4 et 5) en passant par l'infrarouge moyen (canal 3) et surtout le proche infrarouge (canal 2, de 0.7 à 1.1 μm).

Or, c'est dans cette dernière gamme de longueur d'onde que se situe le maximum de réflectance des végétaux, fonction notamment de leur composition chlorophyllienne et de leur structure cellulaire. De ce fait, de nombreux chercheurs utilisent des enregistrements des satellites NOAA afin d'opérer un suivi régulier et saisonnier de la croissance des plantes à l'échelle régionale ou continentale (C.-J. Tucker, 1986). Un intérêt supplémentaire des satellites NOAA est leur capacité d'effectuer des enregistrements journaliers pour un même lieu. Cette bonne répétitivité n'est pas sans inconvénient, le principal résidant dans l'obliquité de certaines visées qui rend alors toute rectification géométrique des images sujette à caution. En effet, la résolution spatiale (d'environ un kilomètre au nadir) se dégrade nettement sur les bords de l'image du fait de la rotondité de la Terre. Rappelons enfin que des réserves ont été formulées quant à la précision des mesures effectuées par le capteur de NOAA - 11 (B.-N. Holben et al., 1990).

Pour le géographe comme pour le climatologue, cette série de capteurs apparaît donc comme un outil performant offrant une vision régionale de l'occupation du sol ou des conditions climatiques. Encore faut-il disposer d'un traitement, ici un indice de végétation, susceptible de répondre à ces préoccupations.

B) LE CHOIX DE L'INDICE DE VÉGÉTATION : NDVI

La méthode d'investigation la plus communément employée pour l'étude du couvert végétal à l'aide des satellites NOAA reste celle de l'indice de végétation normalisé NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Mis au point par J.-W. Rouse et al. (1973), démarche reprise tout d'abord par C.-J. Tucker (1986), le succès de cet indice tient essentiellement à sa simplicité de mise en œuvre. Sa formule est une simple différence de canaux qui est ensuite "normalisée" (division par la somme des valeurs dans chaque canal), afin d'atténuer le rôle des variations saisonnières des valeurs absolues des énergies réfléchies, soit :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{PIR} - \text{R}}{\text{PIR} + \text{R}}$$

avec PIR valeur de la réflectance du pixel dans le canal 2 (Proche infrarouge) et R sa valeur pour le canal 1 (Rouge).

La réponse spectrale d'une couverture végétale abondante est forte dans le canal 2 et faible dans le canal 1 tandis que celle d'un couvert végétal peu dense et/ou appauvri est faible dans le canal 2 et plus élevée dans le canal 1 (toutes conditions pédologiques égales par ailleurs). Cet indice apparaît donc comme une méthode commode de discrimination des types de couverts pour une image donnée. Il peut également être utilisé pour étudier les conséquences sur la végétation de la variabilité interannuelle, comme les effets de la sécheresse estivale, dans les régions de climat océanique (J. Mounier, 1990). Le suivi saisonnier est donc possible, à condition de disposer de suffisamment d'images dépourvues de couverture nuageuse et que leurs données soient effectivement comparables.

C) LE PROBLÈME DU CHOIX LIMITÉ D'IMAGES DANS LA FRANCE DE L'OUEST

Les critères de choix d'une image peuvent être résumés rapidement :

- * Angle de visée du capteur pas trop élevé : concrètement pour la France de l'ouest, cela correspond à une LNA (Longitude du Nœud Ascendant) comprise entre 5° Ouest et 25° Est.

- * Angle solaire zénithal inférieur à 60° afin de ne pas introduire un facteur correctif trop important qui risque alors de déformer totalement les valeurs effectivement mesurées. Dans la pratique, les images de décembre et janvier, voire de novembre et février, sont à éviter. Par ailleurs, l'heure de l'enregistrement doit, si possible, rester constante (images s'échelonnant de 12 h 50 à 15 h TU dans le cadre de cette étude).

- * Enfin, et surtout, le ciel doit être clair et dégagé, idéalement sur la totalité de la zone d'étude. Or ce type de situation se produit d'autant plus rarement que le champ d'observation est large. Ici, le cadre géographique retenu limite à quelques journées (essentiellement en condition anticyclonique) les possibilités d'images sans nuages : la situation est évidemment plus favorable dans le sud de la France. Au total, il est aisé de comprendre qu'un très faible nombre d'images sont dès lors effectivement exploitables : en moyenne de 5 à 10 par an seulement !

Pour l'année 1990, ce sont donc les dates du 22-02, 31-03, 30-04, 27-05, 18-07 et 27-09 qui ont été retenues, et pour 1987 celles du 12-03, 08-05, 04-07 et 20-08. Le nombre restreint d'images est ici partiellement compensé par la bonne répartition de celles-ci au cours de la saison végétative (printemps, été).

D) TRAITEMENT PRÉALABLE ET " NORMALISATION " DES IMAGES

A l'exception de la procédure de classification, l'ensemble des opérations de traitement image a été réalisé grâce au logiciel ERDAS installé sur le SUN VICOM du laboratoire COSTEL de l'Université de Rennes 2.

La première étape de transformation des valeurs numériques (C pour *counts* en anglais) des pixels de chacune des images en valeurs de réflectance (R ou équivalent d'albédo) ne pose pas de problèmes majeurs puisque pour chaque canal on a :

$$R = G.C. + I$$

G et I étant des paramètres dépendant du canal et du satellite.

En revanche, trois types de correction sont indispensables afin de permettre des comparaisons multi-dates :

* Les images doivent tout d'abord être rectifiées géométriquement dans le but de pouvoir exactement les superposer. Cette opération est possible en tenant compte des coordonnées géographiques des pixels fournies dans le format MASTER adopté par les services du Centre de Météorologie Spatiale de Lannion, SATMOS.

* Ensuite, il est nécessaire de tenir compte des changements de conditions atmosphériques intervenant dans la diffusion et modifiant donc la réponse radiométrique de la cible. Plusieurs formules et modèles plus ou moins complexes nécessitant ou non des sondages atmosphériques permettent d'effectuer de telles corrections (R. Bariou et al., 1985). Ces démarches, comme la méthode 5 S du Laboratoire d'Optique Atmosphérique de Lille (Justice C.O. et al. ; voir également la note d'information N° 8 du SATMOS, Lannion, 1991), prennent généralement en compte la teneur en vapeur d'eau, en aérosols et gaz divers (ozone, gaz carbonique) de l'atmosphère.

Une solution simple et couramment employée pour Landsat (P.-S. Chavez, 1988 ; méthode reprise par L. Hubert, 1989) a été appliquée ici aux données NOAA : elle consiste à soustraire à la valeur de la réflectance de chaque pixel de l'image la plus faible valeur enregistrée sur cette même image. Observée généralement sur la mer, il est possible d'assimiler cette valeur minimale à la réponse résultant de la seule diffusion atmosphérique (sa réflectance s'approchant alors de 0). Cette méthode suppose comme suffisante l'approximation (grossière cependant) selon laquelle la diffusion atmosphérique est constante sur l'ensemble de l'image.

* Enfin, après le calcul du NDVI, la sensibilité de celui-ci à la hauteur du soleil induit une correction de chaque image en fonction de l'angle solaire zénithal du jour et de l'heure de la prise de vue. La méthode simple formulée par S.-M. Singh (1988) pour les données de NOAA - AVHRR a été retenue :

$$ND' = ND / (1-y) \text{ avec } y = 0.739 * (Z-0.5236)^{1.602}$$

avec ND indice calculé, ND' indice corrigé et Z l'angle solaire zénithal en radians.

Chaque image ainsi corrigée, rectifiée et recalée par rapport aux autres, il devient dès lors possible, non seulement d'effectuer une comparaison multi-date, mais aussi de croiser les informations de chacune de ces images à l'aide de classifications.

E) CLASSIFICATION PAR ANALYSE DISCRIMINANTE PAS A PAS

L'intérêt du type de classification retenu apparaît surtout lorsqu'un certain nombre d'échantillons (ici des types de paysages ruraux ou des régions agricoles homogènes) sont bien connus et facilement repérables sur les images. Cette méthode permet alors de déterminer des fonctions de classification généralisable sur une image complète.

Les calculs statistiques ont été réalisés grâce au logiciel BMDP (*BioMedical computer Program*) de l'Université de Californie, Los Angeles. La visualisation des images sources, les résultats et les commandes d'exécution du logiciel statistique sont effectués avec le logiciel de traitement et de visualisation de données de télédétection CARTEL du Laboratoire de Cartographie thématique de Strasbourg implanté sur le VAX de l'Université de Rennes 2.

L'étape la plus délicate est donc le choix des échantillons (ici 5x5 pixels) nécessaires à l'exécution du programme : il doit être effectué sur l'image offrant les meilleurs contrastes régionaux (généralement une image de fin de l'été ou de l'automne). De la qualité de ce choix dépend en grande partie la qualité du résultat de la classification finale. Le nombre exact d'échantillons est arbitraire mais doit éviter une approche thématique trop détaillée (nombre trop élevé de classes) sans pour autant fournir une image trop simplifiée de la diversité paysagère et agricole de l'Ouest armoricain. Après plusieurs essais, ce sont finalement 19 échantillons qui ont été retenus dont un correspond au bâti urbain dense des centre-villes (classe 19). Au total 15 classes de "paysages végétaux", plus 3 pour les forêts, permettent de saisir les unités régionales dans l'ouest de la France à l'échelle des capteurs NOAA - AVHRR (localisation des échantillons sur la figure 1).

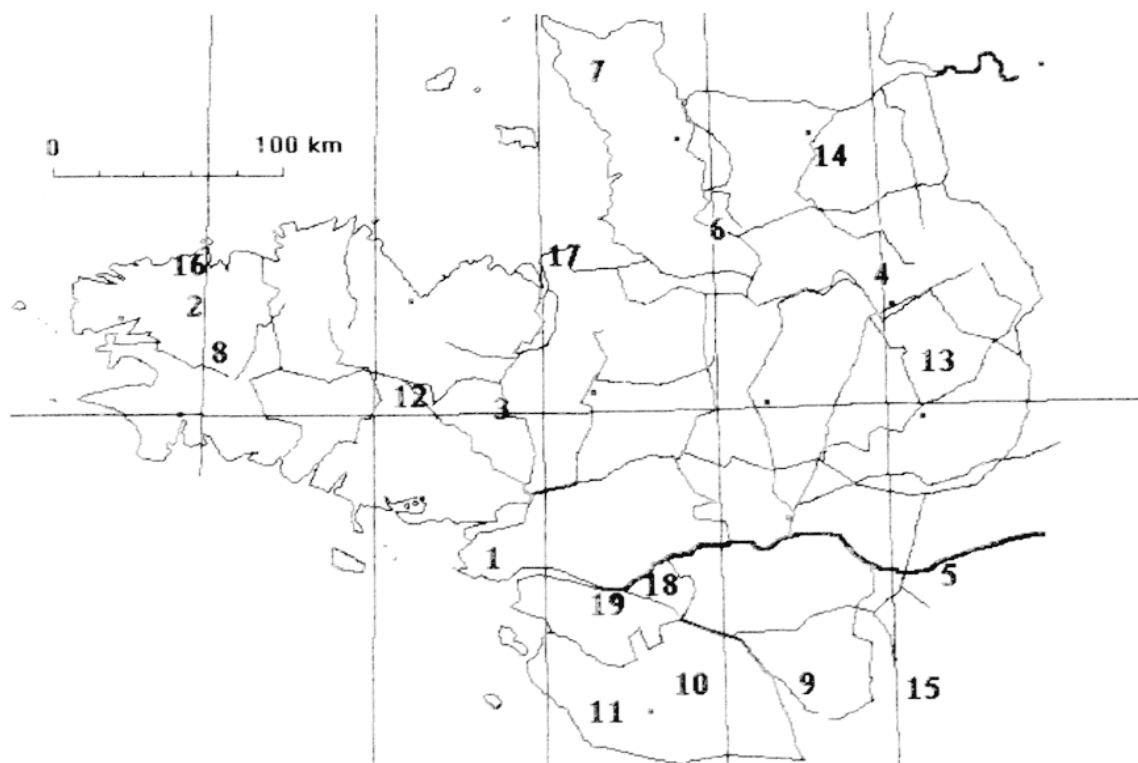


FIG 1. - Localisation des 19 échantillons retenus pour les classifications (cf. tableau 1).

TABLEAU 1. – *Identification des échantillons de paysages ruraux retenus dans la France de l'ouest.*

	Localisation de l'échantillon représentatif	Type de paysage rural	Cultures dominantes
1	Grande Brière	Marais	
2	Monts d'Arrée	Landes	
3	Forêt de Paimpont	Forêt	
4	Forêt d'Ecouves	Forêt	
5	Forêt de Chinon	Forêt	
6	Sud-ouest de Vire	Bocage très dense	Prairies permanentes, cult. fourragères, élevage
7	Cotentin intérieur	Bocage dense	Prairies permanentes, cult. fourragères, élevage
8	Bassin de Châteaulin	Bocage	Cultures fourragères puis céréales
9	Sud de Bressuire	Gâtine vendéenne	Elevage, cultures fourragères
10	Nord-est de La Roche/Yon	“ Bocage ” vendéen	Cultures fourragères élevage, céréales
11	Ouest de La Roche/Yon	Bocage à larges mailles	Cultures fourragères élevage, céréales
12	Est de Pontivy	Campagne remembrée	Céréales dominantes
13	S.-O. de Marolles-lès-Braults	Champagne mancelle	Céréales dominantes
14	Sud-est de Caen	Openfield	Céréales
15	N.-O. de Poitiers	Openfield	Céréales
16	Léon littoral	Peu d'arbres	Cultures légumières
17	Clos-Poulet	Openfield littoral	Cultures légumières
18	Vallet (est de Nantes)	Vignoble	Vigne
19	Nantes	Bâti urbain dense	

C'est ici qu'intervient l'étape du "contrôle terrain", indispensable à toute démarche rigoureuse en télédétection. Celle-ci est particulièrement délicate à l'échelle des images fournies par l'AVHRR dans la France de l'ouest dans la mesure où la résolution spatiale de un kilomètre ne permet évidemment pas une approche du couvert au niveau parcellaire. Ce n'est donc qu'une vision imprécise que peuvent offrir les données du capteur. Dès lors, l'intérêt géographique de cet outil est de voir si l'agrégation de pixels voisins en ensembles homogènes (classes) peut correspondre sur le plan spatial à des unités agricoles, paysagères, et finalement géographiques, connues par des méthodes traditionnelles. Autrement dit, ces résultats doivent être, notamment, sans cesse confrontés avec des cartes topographiques, d'occupation du sol et des photographies aériennes. Mais aussi, et surtout, il est intéressant de comparer les ensembles définis par cette classification avec des cartes agricoles thématiques à l'échelon communal comme celles extraites de l'Atlas "40 ans de révolution agricole en Bretagne : 1950-1990" de C. Canevet, 1991 (*cf Fig. 2 et 3 aimablement fournies par l'auteur*). Seule cette approche géographique peut permettre de tester la pertinence et la validité de la méthode d'investigation retenue.

II. – RÉSULTATS : UNE IMAGE FINE DES PAYSAGES RURAUX DE LA FRANCE DE L'OUEST

Les images des planches 6 et 7 représentent les résultats bruts des classifications. Afin de rendre plus lisibles ces documents, un filtre de trois pixels sur trois a été appliqué aux résultats des classifications : à chaque pixel central a ainsi été attribué la valeur de la classe modale de celui-ci et de ses huit voisins réunis. Cette méthode a pour avantage de lisser les contours des régions observables sur la carte en éliminant les pixels isolés. Cependant, dans la mesure où leur étendue est souvent limitée et où leur identification permet un repérage rapide, l'ensemble des pixels classés comme "ville" (classe 19) ou comme "forêts" (classes 3, 4 et 5 en bleu) ont été représentés.

Il devient donc aisé de localiser les principales agglomérations de l'ouest de la France ainsi que leur étendue respective. La discrimination du bâti urbain dense ne pose pas de problèmes particuliers quelle que soit la méthode de classification retenue car à n'importe quelle date de l'année les valeurs du NDVI sont toujours très faibles sur les villes. Il est intéressant de noter qu'autour des plus grandes villes de l'ouest de la France (et surtout la plus étendue, Nantes) des auréoles correspondant aux classes 19, 17, 16 et 12 peuvent être identifiées. Plus que les ceintures maraîchères, il faut reconnaître ici les espaces urbains et périurbains, mosaïques de zones industrielles, résidentielles et agricoles : au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre de ces agglomérations, le pourcentage d'espace agricole (et donc occupé par les plantes) augmente et on passe ainsi, dans le cas de Nantes, de la classe 19 aux classes 16 et 17 puis 12 et enfin aux espaces purement ruraux (classes 10, 8 et 9).

ECHELON COMMUNAL

BRETAGNE

1988

CULTURES DOMINANTES

PAR RAPPORT AUX 5 ENSEMBLES: CEREALES,
CULTURES FOURRAGERES, PRAIRIES PERMANENTES,
LEGUMES + POMMES DE TERRE + VIGNE, CULTURES
DIVERSES (pl. sarcl. four. + cult. industr.)

-  Leg. + p. de t. + vigne en tête
-  Leg. + p. de t. + vigne en 2 position
-  Cult. fourr. largement dominantes
-  Cultures fourragères, puis céréales
-  Cultures fourragères, puis prairies permanentes
-  Prairies perm., puis cult. fourr. ou céréales
-  Prairies permanentes largement dominantes
-  Céréales

Sources: R.G.A.

C. CANEVET - AURAU - UHB

B5co88cc1290-250

0 50 km

FIG 2. – Surfaces fourragères.

L'identification des principaux massifs forestiers ne pose pas non plus de problèmes particuliers ; encore convient-il de préciser que trois échantillons ont dû être définis afin de cerner au mieux les limites des forêts. Ces ensembles apparaissent donc moins homogènes, y compris à l'échelle des capteurs NOAA - AVHRR, que ne le laisserait supposer l'analyse superficielle des images-sources. Il serait intéressant par ailleurs d'estimer la superficie couverte par l'ensemble de ces pixels et de la comparer avec l'étendue réelle de ces espaces forestiers. La méthode utilisée est encore susceptible de perfectionnement car, sur l'image de 1987, il n'a pas été possible de discerner au sein du bocage normand les forêts des zones de bocage très denses et humides. Outre les circonstances climatiques des deux années choisies (qui seront développées plus loin), il faut rappeler que le NDVI est un médiocre indice de discrimination des couverts les plus denses (R. Bariou et al., 1985).

Les régions de cultures spéciales, généralement de faible étendue, se dégagent également très nettement. Ainsi, les vignobles nantais et angevins sont assez précisément délimités, mais aussi les régions littorales de cultures légumières : de Barfleur au Léon en passant par Créances, le Clos-Poulet et le Trégor ; leur représentation sur ces images est très proche de celle fournie par la carte de C. Canevet (*fig. 2*). Seule exception, le littoral du Trégor, en raison sans doute d'une orientation agricole laissant plus de place au blé que dans le Léon. Au sein même du Léon, il est possible de distinguer le secteur littoral essentiellement tourné vers la culture des primeurs, et l'intérieur, toujours légumier mais aux récoltes légèrement plus tardives et au paysage moins découvert.

Apparaissent clairement également les campagnes ouvertes céréalières ceinturant vers l'est les régions armoricaines proprement dites : campagnes de Caen, d'Alençon, du Maine et du Poitou (classes 13, 14 et 15, couleurs jaune-orange). L'homogénéité de cet ensemble n'est interrompue que par les principaux massifs forestiers (Ecouves, Perseigne, Bercé, Chinon) et les vallées du Loir et de la Loire. A cet ensemble peut être rattaché la classe 12 dont l'échantillon représentatif a été choisi entre Pontivy et Loudéac dans une campagne remembrée et également à vocation céréalière (cf cartes 2 et 3 de C. Canevet). Ce type de paysage est assez répandu en Bretagne intérieure, surtout sur l'image de 1990, contrairement à une idée courante, mais aussi à l'est du département des Côtes-d'Armor (Penthièvre), exception faite de la région du Mené.

Les deux classes 10 et 11 (vert et jaune pâle), dont les échantillons représentatifs ont été choisis en Vendée, peuvent être assimilées aux paysages de transition entre les campagnes céréalières précédemment décrites et les régions de bocage-élevage. Essentiellement représentées en Vendée et en Loire-Atlantique en 1987, ces classes 10 et 11 s'étendent beaucoup plus vers le nord en 1990 (moitié sud de l'Ille-et-Vilaine et de la Mayenne). Par opposition, il est surprenant de constater, dans la mesure où les paysages végétaux et les pratiques agricoles ont peu changé dans ces régions entre 1987 et 1990, le repli spatial de la classe 8 (bocage, élevage, fourrages et

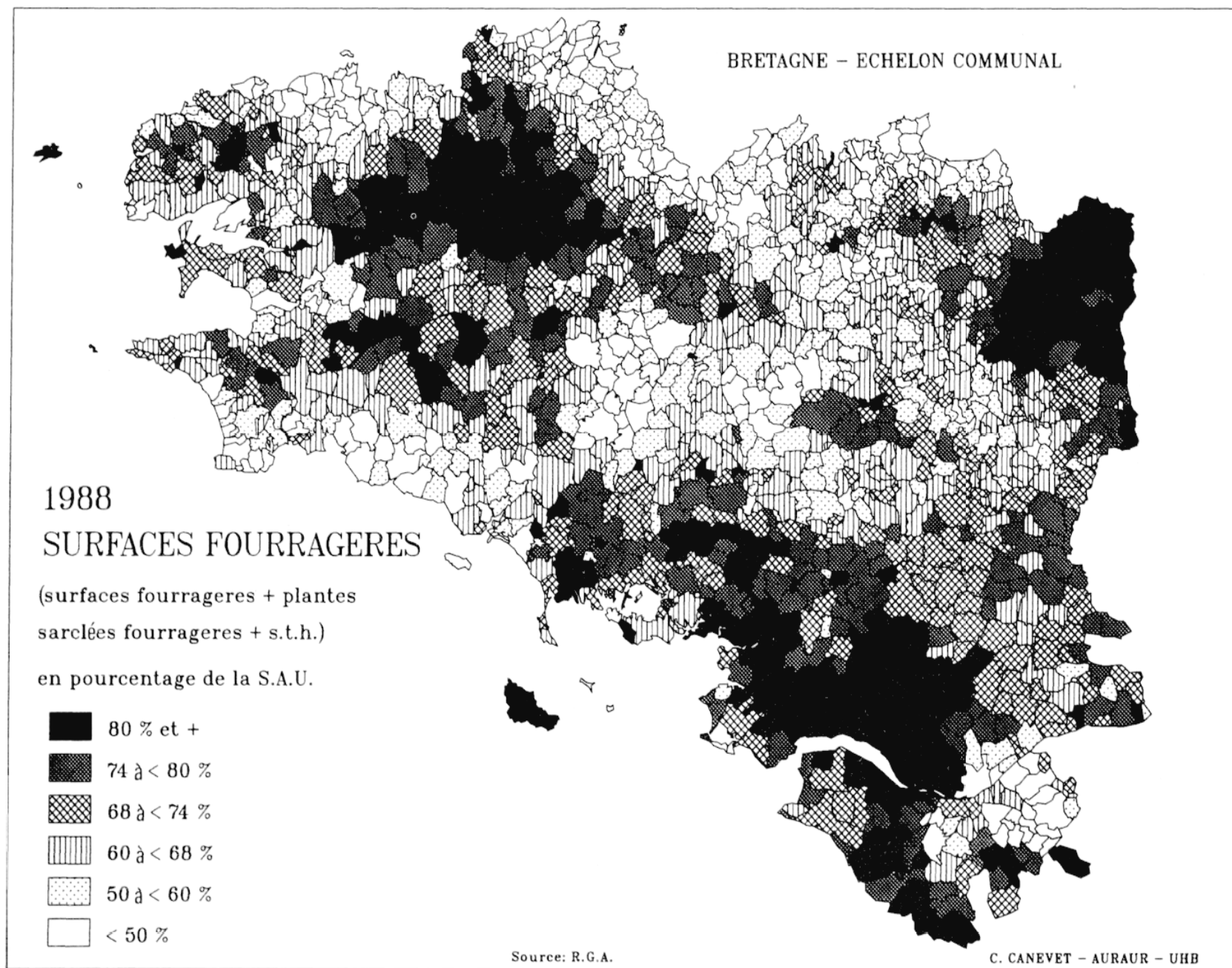


FIG 3. – Cultures dominantes.

prairies permanentes) au profit justement de ces classes “ vendéennes ”. Outre les différences de choix des dates et le fait qu’il n’ait pas été possible pour 1987 d’obtenir une image d’automne, il faut interpréter ce fait par l’impact de la sécheresse de 1990 sur les plantes. En effet, le développement vers le nord des régions correspondant à la classe 10 peut s’expliquer par le moindre développement des couverts végétaux, c’est-à-dire par des NDVI en moyenne plus faibles en 1990 qu’en 1987, ceci en raison du manque d’eau subi par les cultures. Cette remarque est d’ailleurs valable pour tout l’ouest de la France où l’ensemble des classes correspondant aux régions agricoles au couvert végétal dense (bocages essentiellement) sont moins étendues en 1990 qu’en 1987. Si les cultures et les paysages ont peu changé c’est donc la dégradation des cultures due à la sécheresse qui transparaît ici. Ceci est particulièrement net en ce qui concerne la classe 8.

Sur les deux cartes de 1990 et de 1987, les régions de bocage, associées à l’élevage bovin, aux cultures fourragères (maïs essentiellement) et aux prairies permanentes, dominent donc largement dans la France armoricaine. Un essai de différenciation agricole et paysager en fonction de la densité du bocage (maillage des haies, conditions d’humidité...) a été tenté. Conformément aux attentes, les noyaux les plus denses (vert foncé) apparaissent assez nettement, surtout sur la carte de 1990 : Cotentin, extrémité ouest des collines de Normandie de Granville à Flers, Pays d’Auge, Monts d’Arrée, Montagnes Noires et, secondairement, Gâtine vendéenne, Landes de Lanvaux, nord de l’Ille-et-Vilaine (terrain et région de Fougères) et nord de la Mayenne.

Mais cette possibilité d’analyse n’est pas sans poser quelques problèmes quant à son explication de détail. En effet, l’aspect très intégrateur, inhérent à la résolution spatiale du capteur, des données NOAA à l’échelle de pixels d’un kilomètre de côté, conduit à une certaine prudence dans les commentaires. C’est en ce sens que les images proposées ici apparaissent moins comme des cartes des régions agricoles (pratiques et types de cultures) que des cartes des paysages ruraux, intégrant donc un nombre plus important de paramètres : types de cultures, importance du couvert forestier et taille des bois et bosquets, densité du bocage, proportion d’espaces bâtis ou en friches et même parfois nature du substrat géologique.

CONCLUSION : intérêt de la méthode et perspectives

“ L’homogénéité monotone ” du bocage armoricain laisse donc ici la place à une réalité plus complexe car la méthode employée permet une approche régionale fine des paysages ruraux de l’ouest de la France. En plus des oppositions paysagères traditionnelles bocage-openfield-forêts les données des satellites NOAA permettent une cartographie assez précise de régions agricoles peu étendues (vignoble nantais, campagne céréalière de Caen, zone de cultures légumières du Léon,...) et peuvent ainsi être proposées comme supports de réflexion dans un dossier d’aménagement à l’échelle régionale ou nationale.

Certes, cette méthode présente certaines limites en domaine océanique (problème des nuages et de la diffusion atmosphérique notamment), mais elle apparaît comme un moyen d'investigation exceptionnel pour le géographe comme pour le climatologue : ainsi, l'impact de circonstances climatiques particulières comme la sécheresse de 1990 peuvent se lire au travers des différences internes propres au couvert végétal. Afin d'obtenir une classification moins dépendante de ces fluctuations climatiques inter-annuelles, il suffirait de procéder à une classification combinant une série pluriannuelle d'images. Une autre possibilité, consisterait à utiliser la méthode du "*maximum value NDVI compositing*" (C.-J. Tucker, 1985 ; B. Farki, A. Sairouni, 1991). Si cette méthode a l'avantage d'éliminer la majeure partie des nuages et des effets de géométrie (visée et angle solaire), il n'est pas évident pour autant qu'elle donne des résultats beaucoup plus performants eu égard au coût et au temps de traitement qu'elle exige (traitement journalier des images NOAA).

Plus intéressant sur le plan géographique serait de confronter, de façon plus systématique que dans cet article, les données de télédétection (notamment celles des capteurs Spot ou Landsat T.M. avec possibilité d'emboîtements d'échelles) avec des données agricoles mais aussi topographiques, pédologiques et climatiques, utilisation des canaux 4 et 5 de NOAA et des relevés météorologiques classiques. Cette dernière possibilité viserait à la réalisation d'une base de données qu'il deviendrait possible d'exploiter au moyen d'un Système d'Information Géographique, méthode déjà réalisée à l'échelle des Etats-Unis (T.-R. Loveland et al., 1991).

BIBLIOGRAPHIE

- BARIOU (R.), LECAMUS (D.), LE HENAFF (F.), 1985 : *Indices de végétation* ; Rennes 2, Dossiers de télédétection, 121 pages.
- BARIOU (R.), LECAMUS (D.), LE HENAFF (F.), 1985 : *L'atmosphère* ; Rennes 2, Dossiers de télédétection, 160 pages.
- CANEVET (C.), 1991 : *40 ans de révolution agricole en Bretagne : 1950-1990* ; Institut culturel de Bretagne, skol-uhel ar vro, 295 pages (450 cartes).
- CHAVEZ (P.-S.), 1988 : *An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. Remote Sensing of Environment* ; N° 24, pp. 459-479.
- FARKI (B.), SAIROUNI (A.), 1991 : *Classification de la végétation sur la France et l'Espagne à l'aide de l'AVHRR et de NOAA - 11* ; Mémoire de DEA, Université de Toulouse III, Ec. Nat. de la Météorologie de Toulouse, C.M.S. Lannion, 61 pages.
- HOLBEN (B.-N.), KAUFMAN (Y.-J.), KENDALL (J.-D.), 1990 : NOAA - 11 AVHRR visible and near-IR inflight calibration ; *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 11, N° 8, pp. 1511-1519.
- HUBERT (L.), 1989 : *Potentialités et limites de l'imagerie satellitaire pour une cartographie dynamique de l'occupation du sol en Bretagne* ; Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Haute-Bretagne, Rennes 2, 260 pages.

- JUSTICE (C.-O.), ECK (T.F.), TANRE (D.), HOLBEN (B.-N.), 1991 : The effect of water vapour on the normalized difference vegetation index derived for the Sahelian region from NOAA AVHRR data ; *International Journal of Remote Sensing* ; Vol. 12, N° 6, pp. 1165-1187.
- LOVELAND (T.-R.), MERCHANT (J.-W.), OHLEN (D.-O.), BROWN (J.-F.), 1991 : Development of a land-cover characteristics database for the conterminous U.S. ; *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* ; Vol. 57, N° 11, pp. 1453-1463.
- MOUNIER (J.), 1990 : Cartographie des risques naturels par l'image satellite ; Publication de l'association internationale de climatologie ; Vol. 3, *Colloque Satellites et Climatologie*, Lannion, Rennes, juin 1990, pp. 83-89.
- ROUSE (J.-W.), HASS (R.-H.), SCHELL (J.-A.), DEERING (D.-W.), 1973 : Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS ; *3 rd ERTS Symposium*, NASA SP 351, pp. 309-317.
- SINGH (S.-M.), 1988 : Simulation of solar zenith angle effect on global vegetation index (GVI) data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 9, N° 2, pp. 237-248.
- TUCKER (C.-J.), TOWNSHEND (J.-R.-G.), GOFF (T.-E.), 1985 : Africa land-cover classification using satellite data ; *Science*, Vol. 227, N° 4685, pp. 369-375.
- TUCKER (C.-J.), 1986 : Maximum normalized difference vegetation index images for subsaharan Africa ; *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 7, N° 11 ; pp. 1383-1384, N° spécial " Monitoring the grasslands of semi-arid Africa using NOAA-AVHRR data ".