

**POTENTIALITES DE L'IMAGERIE SATELLITAIRE
SPOT 5
POUR LA CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION
TERRESTRE**

Application à l'île d'Ouessant (Finistère)

**Mapping terrestrial vegetation applying the Spot 5 satellite
imagery: application to Ouessant Island (France)**

Françoise Gourmelon, Frédéric Bioret, Laure Sauve
UMR 6554 CNRS- LETG (Laboratoire Géomer)
Institut Universitaire Européen de la Mer (UBO)
Technopôle Brest-Iroise, 29280 Plouzané cédex

Résumé :

Les auteurs ont pour objectif de tester l'utilisation d'images du satellite Spot 5 pour la cartographie et l'inventaire de la végétation terrestre, dans la perspective d'un suivi régulier du littoral en complément des données aériennes. Ils mettent en œuvre deux méthodes. La première est fondée sur la photo-interprétation d'une image multispectrale à 2,5 mètres de résolution spatiale en adoptant la nomenclature européenne de description des habitats EUNIS. La comparaison des supports satellitaire et aérien (orthophotographies de l'IGN) est réalisée. L'image Spot 5 convient comme support à la cartographie des habitats naturels et semi-naturels sauf pour la détection de certaines entités de petite taille et de texture particulière (saulaie, prunelliers) facilement repérables sur l'orthophotographie. La seconde méthode est fondée sur la mise à jour semi-automatique d'un inventaire cartographique ancien par la classification de l'image multipectrale Spot 5 à 10 mètres de résolution. Impliquant le développement d'un modèle d'évolution du couvert végétal, la méthode fournit une carte dans un délai relativement court qui peut servir utilement de support à la phase de terrain.

Mots-clés : cartographie, classification, photo-interprétation, végétation, Spot 5

Abstract :

The aim of this study is to test the Spot 5 satellite imagery for the cartography of terrestrial vegetation in the prospect of a monitoring of coastal zones. Two methods are used. The first method is based on a photointerpretation of a 2.5 meters multipectral image with the european EUNIS habitat classification. A comparison with aerial orthoimages is realised. The results show that Spot 5 satellite imagery is quite suitable for the vegetation mapping at a local scale. The majority of the habitats are identified with very few exceptions (patchy habitat of particular texture and of small size). The second method is based on the updating of existing data by the classification of the 10 meters multispectral image into a GIS. This process implies the development of a vegetation dynamic model. A map is produced in a short delay. It may be useful for the large-scale monitoring of dynamic vegetation processes.

Keywords : classification, mapping, photointerpretation, vegetation, Spot 5

Introduction

A des échelles locales, supérieures au 25 000ème, la cartographie de la végétation a classiquement pour support la couverture aérienne du site étudié. La télédétection satellitaire offrait en effet jusqu'à présent, des résolutions spatiales trop grossières, permettant au mieux l'analyse des critères floristiques et dynamiques au 50 000ème (Janodet & Blasco, 1993). Sur des problématiques de dynamiques paysagères qui impliquent l'analyse de données anciennes (50 ans), la photographie aérienne constitue de plus une source d'information unique et facilement interprétable dans le cadre d'approches diachroniques. Cette perspective diachronique est utilisée pour évaluer les changements de la végétation sur de petits espaces (Carmel & Kadmon, 1998) et pour estimer la progression spatiale de certains processus à haute variabilité spatio-temporelle tels que l'embroussaillement (Simon & Tamru, 1998) ou l'invasion d'espèces exotiques (Mac Cormick, 1999). Ces recherches, qui s'appuient sur des images acquises à plusieurs décennies d'intervalle (10 à 50 ans), nécessitent des observations répétitives et une haute résolution spatiale autorisant des synthèses à l'échelle des mesures et des modèles biologiques (Barrette *et al.*, 2000 ; Duvernoy, 1999). Elles impliquent aussi le recours à des systèmes d'analyse spatiale, de modélisation et de représentation de l'information. Dans ce contexte, l'utilisation des orthophotographies s'est imposée depuis quelques années, puisque ce type de support qui s'affranchit des distorsions géométriques dues au relief et à l'attitude de l'avion lors des prises de vue combine les avantages respectifs de la photographie aérienne et de la cartographie.

Par ailleurs, l'utilisation des systèmes d'information géographique, notamment pour le suivi des milieux, implique des normes de qualité et de précision des données, difficiles à évaluer dans le cas d'une démarche anthropocentrique. En effet sur le long terme, la photo-interprétation de clichés acquis à plusieurs années d'intervalle est parfois le fait de plusieurs opérateurs qui interprètent des supports de qualité variable. Ces différents paramètres influent sur la qualité de l'information géographique numérique et peuvent entraîner des aberrations dans l'évaluation des changements spatiaux (Cherrill & McClean, 1995 ; Semlali & Donnay, 1998) et être à l'origine de la propagation des erreurs dans un SIG. C'est pour tenter de pallier les erreurs de classification et de positionnement inhérentes à ce type d'approche que des études récentes ont utilisé les potentialités de l'orthophotographie numérique et des classifications automatiques pour caractériser finement la végétation terrestre (Kadmon & Harari-Kremer, 1999 ; Nilsen *et al.*, 1999 ; Gourmelon, 2002). Si les résultats sont intéressants pour le suivi d'un processus donné tel que l'embroussaillement, il apparaît que la méthode est difficilement applicable à de vastes espaces de par sa nécessaire adaptation aux caractéristiques de chaque image (mosaïque orthophotographique rarement homogène).

L'objectif de l'étude est de tester les apports de l'imagerie Spot 5 pour la cartographie de la végétation terrestre d'espaces littoraux faisant l'objet de suivis scientifiques programmés sur le long terme. Deux résultats sont attendus :

- la cartographie à grande échelle selon une typologie normalisée à partir de la photo-interprétation assistée par ordinateur de l'image Spot 5 à 2,5 mètres de résolution en mode multispectral (THR+XS) ;
- un test méthodologique visant à la mise à jour semi-automatique d'un inventaire ancien (1992) par l'image Spot 5 à 10 mètres de résolution spatiale en mode multispectral (niveau 2A).

L'application concerne l'île d'Ouessant, située en mer d'Iroise, à la pointe occidentale du Finistère (ill. 1).

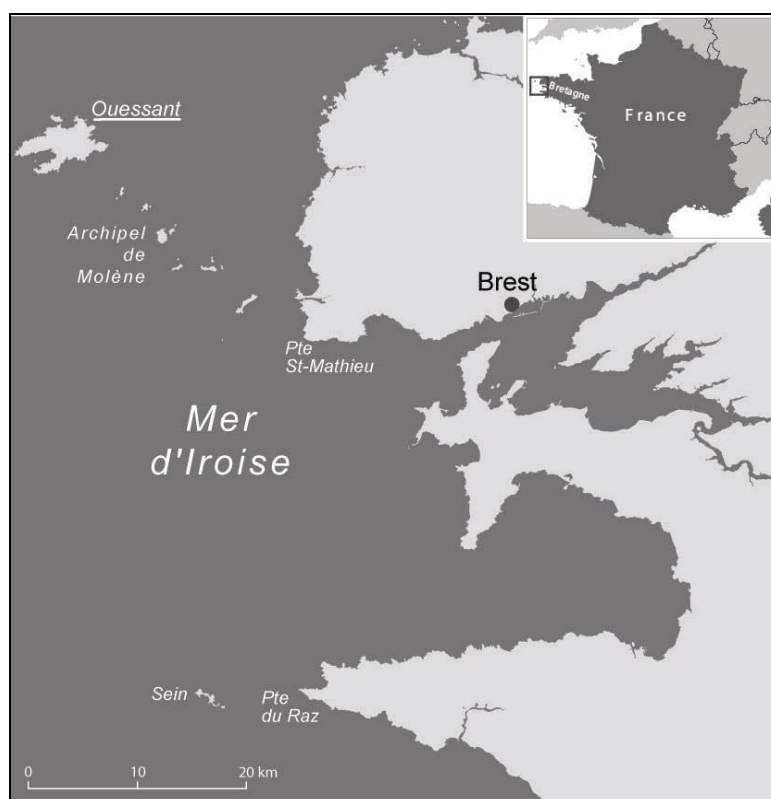


Figure 1 : Situation géographique du site d'application

1 L'île d'Ouessant, site d'application

La flore et la végétation terrestre des petites îles et des îlots marins sont généralement plus pauvres mais néanmoins plus originales que sur les littoraux continentaux proches (Bioret, 2002). Les caractéristiques géographiques (faibles surfaces) et écologiques (hyperexposition aux facteurs climatiques) en sont en grande partie responsables (Mac Arthur & Wilson 1967). Ces sites insulaires sont par conséquent très sensibles aux modes de gestion et aux perturbations écologiques dont ils font l'objet. Ils bénéficient d'une grande diversité de statuts de protection et de gestion (parc national, réserve naturelle, arrêté préfectoral de protection de biotope, terrain du Conservatoire du Littoral, Zone de Protection spéciale, Zone spéciale de Conservation ...) qui s'accompagnent de la mise en œuvre de suivis environnementaux ayant pour but d'évaluer les changements naturels ou occasionnés par des mesures de gestion interventionniste.

C'est le cas de l'île d'Ouessant, incluse dans les périmètres du Parc Naturel Régional d'Armorique et de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise (programme Mab de l'Unesco) et en partie concernée par le projet de création du Parc National Marin d'Iroise et par la procédure Natura 2000. Cet espace insulaire fait l'objet de suivis scientifiques menés depuis les années 1980, non seulement pour améliorer la connaissance de son fonctionnement mais aussi afin de permettre une gestion raisonnée. L'île d'Ouessant (1 500 hectares, moins de 1000 résidents permanents) est caractérisée par trois grands types de milieux naturels. Les complexes de pelouses et de landes littorales s'étendent sur la *frange côtière* soumise à des conditions naturelles extrêmes (vent, embruns, pauvreté du sol) et à une fréquentation touristique importante. Sur les *sols bruns de l'intérieur de l'île*, aux emplacements des anciennes parcelles cultivées, l'activité pastorale relictuelle exploite les prairies mésophiles à graminées localement enrichies. L'embroussaillage s'y traduit par le développement de

fougères et de ronciers qui évoluent localement vers le fourré à prunelliers. Ce processus touche également les anciens enclos à ajonc d'Europe. Les *zones humides* sont colonisées par des ensembles de prairies hygrophiles, la roselière et la saulaie.

Au cours des dix dernières années, le suivi de la végétation terrestre des îles et îlots de la mer d'Iroise a été mené de manière à étudier les dynamiques spatiales en cours, en relation avec différents processus naturels (impact de l'avifaune nicheuse) et anthropiques (fréquentation touristique, élevage, étrépage...) (Bioret *et al.*, 1994 ; Gourmelon *et al.*, 2003). Dans cette perspective, plusieurs inventaires spatialisés ont été réalisés entre 1980 et 2003 essentiellement par la photo-interprétation des clichés aériens de l'IGN, complétés par l'étude de données historiques (photographies aériennes anciennes, cadastre) et par des levés de terrain. L'ensemble a été intégré à un système d'information géographique piloté par le logiciel Arc Info dont l'analyse a conduit à préciser les dynamiques en cours et à proposer divers scénarios d'évolution des milieux naturels en relation avec des pressions de pâturage simulées (Gourmelon *et al.*, 2001).

2 Cartographie de la végétation par photo-interprétation de l'image Spot 5 (2,5m)

2.1 Données utilisées

L'image utilisée à 2,5 mètres de résolution spatiale, en mode multispectral (THR+XS), inclut l'île d'Ouessant et l'archipel de Molène. Elle a été acquise lors d'une programmation le 20 juin 2003, à 11h22, avec un angle d'incidence de 11,4° (scène n° 5 025 252 030620) (ill. 2). La date correspond au maximum de la végétation verte vivante et garantit *a priori* une réponse optimale du couvert végétal. L'image est livrée dans la projection Lambert 2 Etendue (système géodésique NTF).

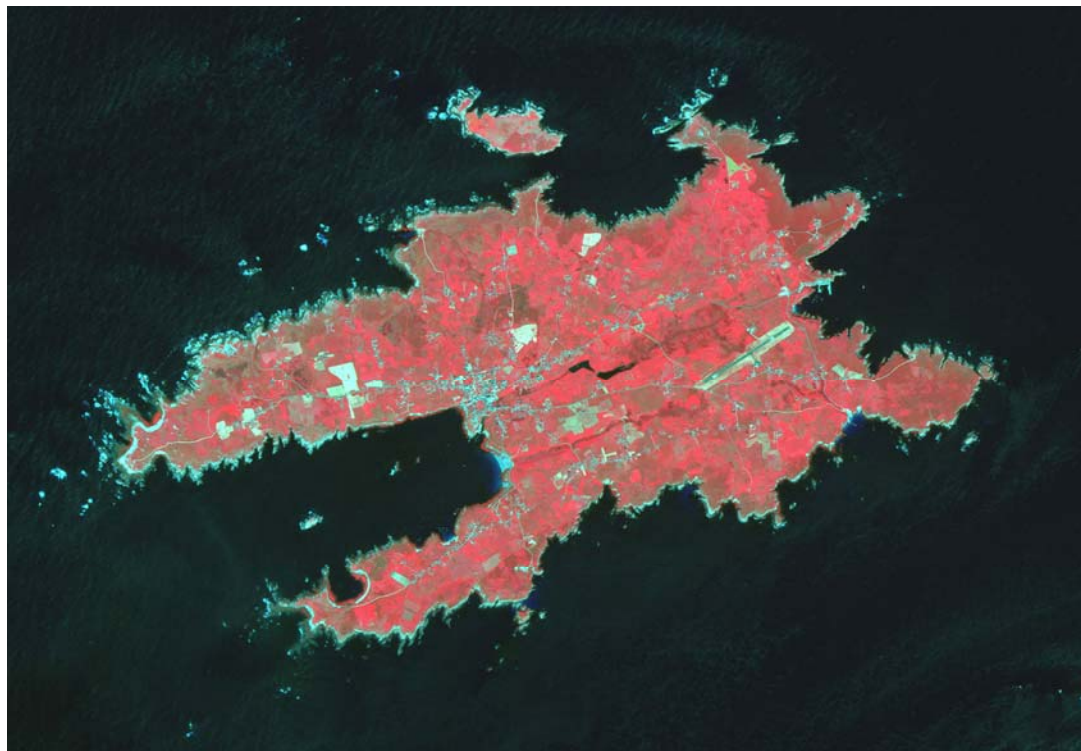


Figure 2 : Extrait de la scène Spot 5 (n° 50 252 520 306 201 122 182 J0) du 20.06.2003, centré sur l'île d'Ouessant

Par ailleurs, au cours du traitement, deux bases de données de l'IGN ont été utilisées. Les images extraites de la BD Ortho de l'IGN ont été acquises lors d'un survol aérien réalisé le 30 août 2000 (mission IGN FR 5414). La mosaïque numérique concernant l'île d'Ouessant compte une trentaine de dalles. Les images sont livrées en couleur naturelle, à 50 centimètres de résolution spatiale, en projection Lambert 2 Etendue (Clarke 1880). Ces images aériennes ont permis d'établir une comparaison avec l'image satellitaire Spot 5 quant à la détection des unités de végétation. En complément, la BD Topo disponible sur l'île d'Ouessant a été utilisée pour l'extraction d'un trait de côte et afin de lever des ambiguïtés dans l'affectation de certains objets spatiaux par le recours aux courbes altimétriques.

2.2 Méthode

2.2.1 Choix de la typologie

Concernant spécifiquement les habitats naturels et semi-naturels, il existe actuellement plusieurs systèmes de classification dont les principaux, mis en œuvre en Europe, sont Corine Biotope et EUNIS. Proposés en niveaux hiérarchiques, ils sont basés sur la notion d'habitat¹ et concernent tous les types de milieux : naturels, artificiels, terrestres, aquatiques. Ces nomenclatures ont pour vocation de faciliter l'harmonisation de la description et de la collecte des données à travers des critères d'identification des habitats, sur l'ensemble des territoires européens.

La description de la végétation terrestre de l'île d'Ouessant a donc été réalisée en utilisant la classification EUNIS (niveau 3)² qui permet une identification à grande échelle des habitats

¹ L'habitat est la somme des environnements biotiques (communautés floristiques et faunistiques) et abiotiques et de leurs interactions.

² EUNIS (European Nature Information System) est proposée par le Centre Thématique Européen de la Protection de la Nature et de la Biodiversité pour l'Agence Européenne pour l'Environnement et le Système Européen d'Information et d'Observation Environnementales (réseau EIONET). La classification EUNIS, en

présents dans cet espace littoral. Néanmoins, la correspondance avec Corine Biotopes est précisée (tab. 1).

MILIEU	VEGETATION	CODE CORINE BIOTOPES	CORRESPONDANCE EUNIS	CODE EUNIS NIVEAU 3
pelouses et landes littorales	pelouse écorchée	18.2	angiospermes halophiles des falaises, corniches, et littoraux rocheux	B 3.3
	pelouse aérohaline	18.2		
	landes	31.2	landes sèches	F 4.2
zones humides	eau douce		lacs, étangs et mares	C 1
	prairie humide	37.7	communautés végétales des prairies humides	E 5.4
	saulaie	44.9	saules et broussailles des marais	F9.2
	roselière/ moliniaie	53.1	végétation de bord de l'eau (autre que joncs)	C 3.2
broussailles	ptéridaie	31.8	ptéridaie	E 5.3
	fouffrés et broussailles	31.8	fouffrés et broussailles de milieu tempéré	F3.1
prairies non littorales	cultures	82.3	cultures intensives diverses	I 1.1
	prairies mésophiles secondaires, pâturées ou fauchées	38.1	pâturages mésophiles permanents et prairies fauchées	E 2.1
	prairies secondaires enfrichées	87.1	prairies mésophiles non entretenues	E 2.7
estran et falaise	platier rocheux		roches littorales très exposées à l'action des vagues	A 1.1
	falaises et affleurements rocheux		falaises, corniches et littoraux rocheux , avec angiospermes halophiles	B 3.3
	plage de sable		graviers et sables grossiers littoraux	A 2.1
	galets			
bâti	bâti		constructions résidentielles de villages et périphéries urbaines	J 1

Tableau 1 : Typologie utilisée pour la cartographie de la végétation et correspondances EUNIS - Corine Biotopes (Sauve, 2004)

trois niveaux hiérarchiques, concerne tous les types d'habitats et contient des informations sur les espèces, les types d'habitats et les sites.

2.2.2 Confection de plans d'information

Au préalable, la scène Spot 5 a subi un découpage afin d'en extraire une imagerie centrée sur l'île d'Ouessant dont les contrastes ont été améliorés (ill. 2). La numérisation à l'écran des objets apparaissant sur cette image a été réalisée avec le logiciel Arc Info (module ArcEdit). Les contours des ensembles de pixels différents en termes de contraste, de couleur et de texture ont été numérisés selon deux thèmes spécifiques : les voies de communication et la végétation. Deux couches d'information, en mode vectoriel, ont ainsi été produites :

- couche linéaire constituée de segments de droites (voies de communication décrite par le type) ;
- couche surfacique constituée de polygones fermés (végétation décrite selon la typologie).

2.3 Résultats et discussion

Des deux couches d'information validées sur le terrain, résulte une carte décrivant les habitats naturels et semi-naturels en 2004 (ill.3).

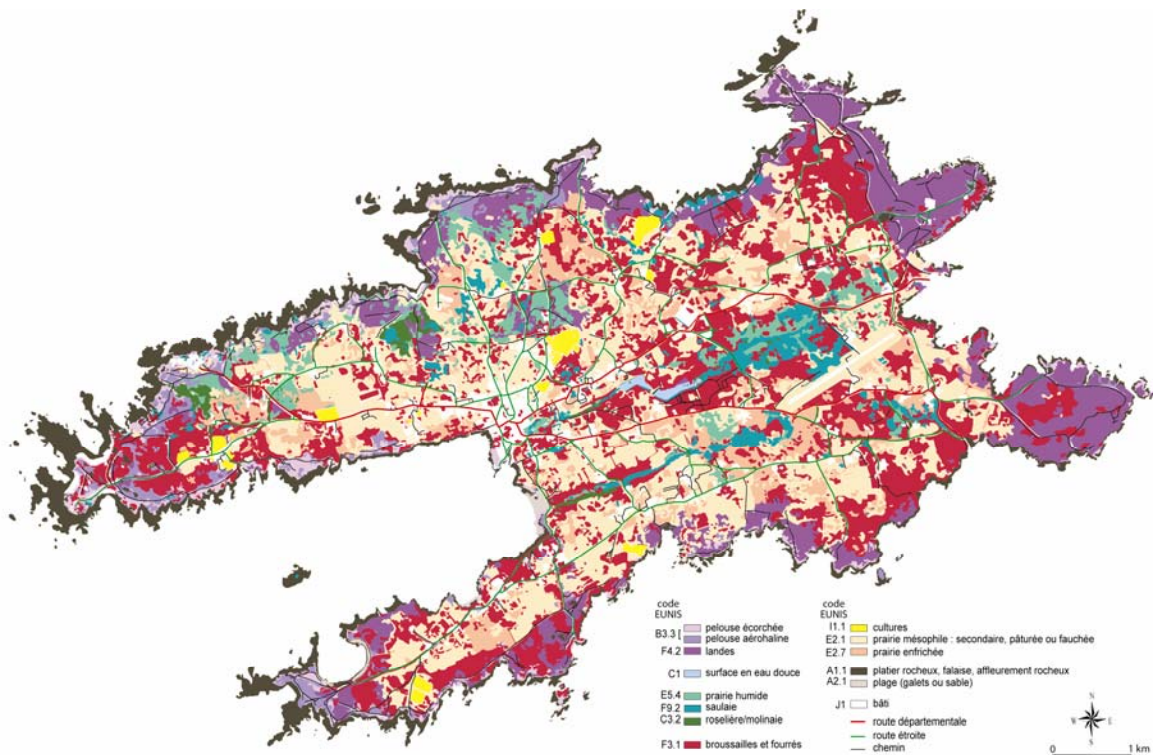


Figure 3 : Cartographie des habitats terrestres de l'île d'Ouessant à partir de l'interprétation de l'image Spot 5 du 20 juin 2003 (Sauve, 2004)

Dans l'ensemble, les unités de végétation repérées par photo-interprétation ont été vérifiées lors de la mission de terrain. Il existe néanmoins des ambiguïtés dans l'attribution de certains objets. Elles concernent en particulier :

- les landes et les saulaies,
- les prairies humides et les prairies mésophiles,
- les prairies entretenues et les prairies embroussaillées,

- les ptéridaies et l'ensemble hétérogène constitué de fourrés et de broussailles.

Concernant la confusion entre d'une part landes et saulaies et d'autre part prairies humides et prairies mésophiles, l'ambiguïté a pu être facilement levée grâce à la superposition de la topographie (BD Topo) à l'imagerie Spot 5 et aux vérifications de terrain. La distinction entre les prairies entretenues et les prairies embroussaillées est plus difficile à établir dans la mesure où le processus d'embroussaillage consécutif à l'enfrichement des milieux est progressif et qu'il n'existe pas de seuil net d'un état à l'autre.

Enfin les ptéridaies étant presque toujours associées aux ronciers, cette unité a été regroupée à l'ensemble hétérogène fourrés/broussailles qui décrit donc une mosaïque de petites unités intégrant des prunelliers, des landes à ajoncs d'Europe, des ronciers et des ptéridaies.

Dans la mesure où nous disposons de l'orthophotographie IGN (2000), une analyse comparative des deux types d'image (aérienne et satellitaire) est menée de manière à déterminer le support le plus adapté à la détection des différentes unités de végétation présentes sur l'île d'Ouessant (tab. 2).

unités	Image Spot 5 (2003)	Orthophotographie (IGN 2000)
pelouse écorchée	+	+
pelouse aérohaline	+ mais confusion localement avec landes	+ mais confusion avec prairie mésophile
landes	- confusion avec pelouse aérohaline et avec saulaie	+
eau	+	+
prairie humide	- confusion avec prairie entretenu	+
saulaie	- confusion avec landes et avec roselière	+ en raison de la résolution spatiale
roselière /moliniaie	+ mais confusion avec saulaie	-
fouffrés/ broussailles	+	- confusion avec prairie mésophile embroussaillée
cultures	+ mais confusion localement avec prairie entretenu	+ mais confusion localement avec prairie entretenu
prairie mésophile entretenu	+ mais confusion avec prairie embroussaillée, prairie humide et cultures	- confusion avec pelouse aérohaline et avec prairie embroussaillée
prairie embroussaillée	+ mais confusion avec prairie entretenu	- confusion avec fouffrés/broussailles et avec prairie entretenu
sol nu dur (estran, terre)	+	+
sol nu meuble (estran, terre)	+	+
routes	-	+ en raison de la résolution spatiale
bâti	-	+ en raison de la résolution spatiale

Tableau 2 : Récapitulatif de l'identification des principaux milieux selon les deux supports (image Spot 5 et orthophotographie) : + identification aisée, - identification difficile

Il apparaît que la résolution spatiale de l'image aérienne (50 centimètres) permet de détecter des unités de petite taille et de texture particulière (saulaie, prunelliers) mais que l'enregistrement dans le visible limite la discrimination franche de certains objets (prairie

embroussaillée/fourrés et broussailles, cultures/prairie entretenue) correspondant à des stades dynamiques d'un type de végétation. A l'inverse, l'image satellitaire possède un atout indiscutable par l'enregistrement dans le proche infra-rouge pour l'individualisation de certaines unités de végétation (fourrés/broussailles, prairies mésophiles, certaines végétations hygrophiles). Sa résolution spatiale plus grossière rend difficile l'identification des unités de végétation de petite taille et des éléments constitutifs des mosaïques. Pour la discrimination des pelouses et des landes littorales selon la typologie utilisée, les deux supports donnent des résultats à peu près équivalents.

3 Mise à jour semi-automatique d'une carte ancienne par la classification de l'image Spot 5 (10m)

Disposant d'un inventaire de la végétation réalisé en 1992 à partir de la photo-interprétation de clichés aériens (Gourmelon *et al.*, 1995), nous avons testé sa mise à jour par les données actuelles fournies par le satellite Spot 5. Cette approche méthodologique fondée sur la synergie SIG/télédétection a été mise en œuvre avec succès pour l'actualisation d'une carte d'occupation des sols au 200 000ème de Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) à partir d'une image du satellite Landsat 5 (Cuq *et al.*, 1996). Elle était justifiée par des contraintes de production (coût, délai) et par l'indisponibilité de levés de terrain.

3.1 Méthode

La procédure mise en œuvre est fondée sur plusieurs étapes (ill. 4) :

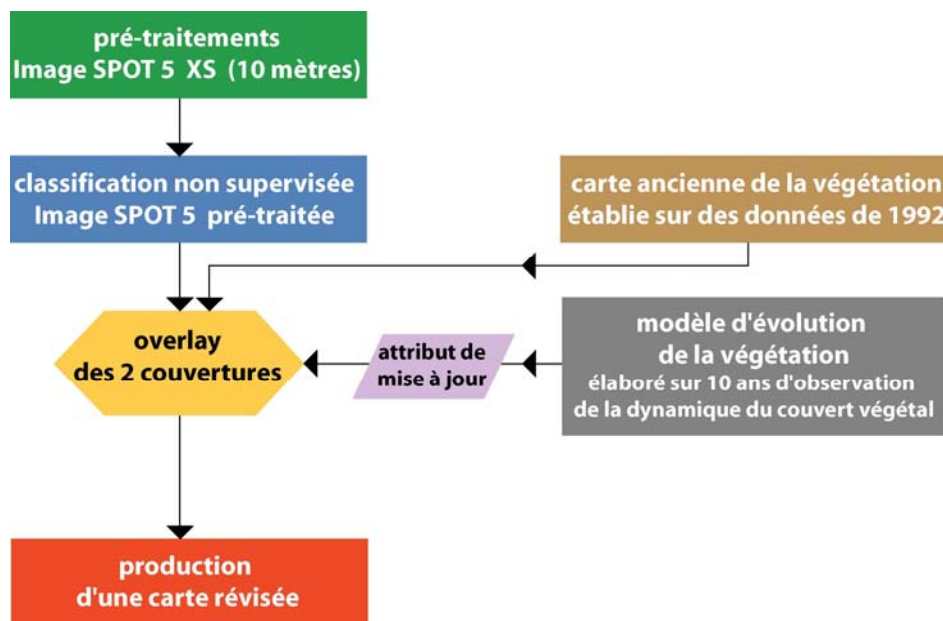


Figure 4 : Organigramme méthodologique

- réalisation d'une couverture vectorielle sur le thème de la végétation en 1992, à grande échelle (10 000ème), à partir des clichés aériens de l'IGN rectifiés géométriquement (Gourmelon *et al.*, 1995) ;

- prétraitement de l'image Spot 5 à 10 mètres de résolution spatiale en mode multibande (niveau 2A)³, acquise lors de la programmation du 20 juin 2003, à 11h22, avec un angle d'incidence de 11,4° (scène n° 5 025 252 030620) (logiciel GéoImage) : extraction d'une imagerie centrée sur l'île d'Ouessant, changement de projection (de l'UTM30 au Lambert2) et transformation géométrique polynomiale fondée sur la prise d'amers (repérés sur l'orthophotographie 2000) de manière à minimiser les décalages existants entre les supports aérien et satellitaire. La méthode proposée implique en effet de superposer les deux productions (ancienne et récente) et donc de minimiser les décalages géométriques entre les objets spatiaux ;
- classification non supervisée de l'imagerie Spot 5 permettant de séparer les principaux états de surface (logiciel GéoImage) ;
- combinaison des deux couvertures (carte ancienne et image récente) par une procédure d'algèbre de cartes (logiciel Arc Info) ;
- mise au point d'un modèle d'évolution des différents types de milieux naturels et semi-naturels et ajout d'un attribut de mise à jour à la couverture combinée ;
- production d'une couverture actualisée de la végétation (logiciel Arc Info) ;
- évaluation statistique des performances de la classification par comparaison à la carte réalisée par photo-interprétation de l'image Spot 5 à 2,5 mètres de résolution spatiale. L'estimateur est compris entre 0% (pixels mal classés) et 100% (pixels bien classés).

3.1.1 Critères de mise à jour

De la classification non supervisée de l'image, résulte une vingtaine de classes que nous avons regroupées en six classes représentatives des principaux états de surface :

- classe 1 : sols nus secs très réfléchants à faible couvert végétal ;
- classe 2 : sols nus sans couvert végétal ;
- classe 3 : ensemble hétérogène correspondant principalement aux landes littorales et aux prairies humides ;
- classe 4 : ensemble homogène correspondant essentiellement à un couvert dense et herbacé ;
- classe 5 : ensemble hétérogène à fort indice de végétation ;
- classe 6 : ensemble à forte hétérogénéité spatiale et spectrale (eau, végétation active) correspondant notamment aux végétations des zones humides.

Après la combinaison de la couverture ancienne et des états de surface issus de la classification de l'image Spot 5, des hypothèses d'évolution sont formulées en se basant sur les connaissances préalables des dynamiques de la végétation littorale sur un pas de temps de 10 ans (Bioret *et al.*, 1994 ; Gourmelon *et al.*, 2003) (tab. 3). A partir de ces critères d'évolution, un attribut de la couverture combinée (carte ancienne/image récente) est alimenté par des requêtes croisées de type :

si TypologieCarte1992 = « pelouseaéroaline » et ClassifSpot2003 = « classe1 »

alors AttribMiseàJour = « Pelouse écorchée »

si TypologieCarte1992 = « pelouseaéroaline » et ClassifSpot2003 = « classe2 »

alors AttribMiseàJour = « Pelouse écorchée »

...

si TypologieCarte1992 = « prairieembroussaillée » et ClassifSpot2003 = « classe1 »

³ Le niveau de prétraitement 2A correspond à la correction radiométrique des distorsions dues aux écarts de sensibilité entre les détecteurs et à la correction géométrique dans la projection standard (en l'occurrence UTM30, WGS84).

alors AttribMiseàJour = « Cultures »

...

Sur la base de cet attribut, une nouvelle couverture décrivant la végétation actuelle est créée puis comparée à la « référence » validée sur le terrain.

Classif Spot 5 2003 ⇒	Classe1	Classe2	Classe3	Classe4	Classe5	Classe6
Typologie carte 1992 ↓						
Pelouse aérohaline	Pelouse écorchée	Pelouse écorchée	Landes littorales	Pelouse aérohaline	Pelouse aérohaline	Pelouse aérohaline
Landes littorales	Pelouse écorchée	Pelouse écorchée	Landes littorales	Pelouse aérohaline	Landes littorales	Landes littorales
Eau	Estran rocheux	Estran rocheux	Ceintures algales	Ceintures algales	Ceintures algales	Ceintures algales
Prairie humide	Sol nu	Sol nu	Prairie humide	Prairie humide	Saulaie	Prairie humide
Saulaie	-	-	Saulaie	Roselière	Saulaie	Roselière
Roselière	-	-	Roselière	Prairie humide/Roselière	Saulaie	Roselière
Fourrés (prunelliers)	Sol nu/cultures	Sol nu/bâti	Fourrés/broussailles	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles
Broussailles (ronciers/ptéridaie)	Sol nu/cultures	Sol nu/bâti	Fourrés/broussailles	Prairie entretenue	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles
Broussailles à ajoncs	Sol nu/cultures	Sol nu/bâti	Fourrés/broussailles	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles
Cultures	Cultures	Sol nu/bâti	Fourrés/broussailles	Prairie entretenue	Fourrés /broussailles	Fourrés /broussailles
Prairie mésophile entretenue	Cultures	Sol nu/bâti	Prairie embroussaillée	Prairie entretenue	Prairie embroussaillée	Fourrés /broussailles /landes
Prairie embroussaillée	Cultures	Sol nu/bâti	Fourrés/broussailles	Prairie entretenue	Fourrés /broussailles	Saulaie
Bâti	Bâti	Bâti	Bâti	Bâti	Bâti	Bâti

Tableau 3 : Critères de mise à jour fondés sur les dynamiques de la végétation

3.2 Résultat et discussion

L'examen du résultat graphique et sa comparaison à la carte validée sur le terrain (photo-interprétation de l'image Spot 5 à 2,5 mètres de résolution spatiale) révèlent des similitudes entre les deux produits (ill. 3 et 5). Il existe néanmoins des confusions importantes entre plusieurs habitats (prairie humide/prairie mésophile, saulaie/fourrés-broussailles, prairie humide/roselière et molinaie, prairie mésophile entretenue/prairie embroussaillée). Le taux d'erreur global est proche de 50%, avec des disparités entre les classes puisque 80 à 100% des pixels classés en « eau » et en « sols nus » sont corrects, alors que seulement 16% des pixels

attribués à la prairie embroussaillée sont bien classés. Dans l'ensemble, les erreurs d'attribution sont dues :

- soit à des interprétations différentes en 1992 et en 2004 telles que certaines entités attribuées à la prairie humide (2004) classées antérieurement en prairie mésophile (1992), ou attribuées à des végétations littorales (2004) classées antérieurement en prairies mésophiles (1992) ;
- soit à des confusions entre des stades dynamiques interprétés différemment (référence/classification). C'est le cas de la prairie mésophile qui présente des confusions entre les stades « prairie entretenue » et « prairie embroussaillée » et de la pelouse littorale avec des confusions entre la « pelouse écorchée » et la « pelouse aérohaline ».

La limite de la méthode proposée est donc en partie liée à la qualité du support de la mise à jour (information ancienne qui fait office de référence) qui doit être la plus exacte possible tant du point de vue sémantique (attribution des objets à une classe typologique) que géométrique (globale et contour d'objet). Néanmoins la méthode procure une base cartographique utilisable sur le terrain dont les erreurs peuvent être facilement corrigées par la réattribution de polygones mal codés.

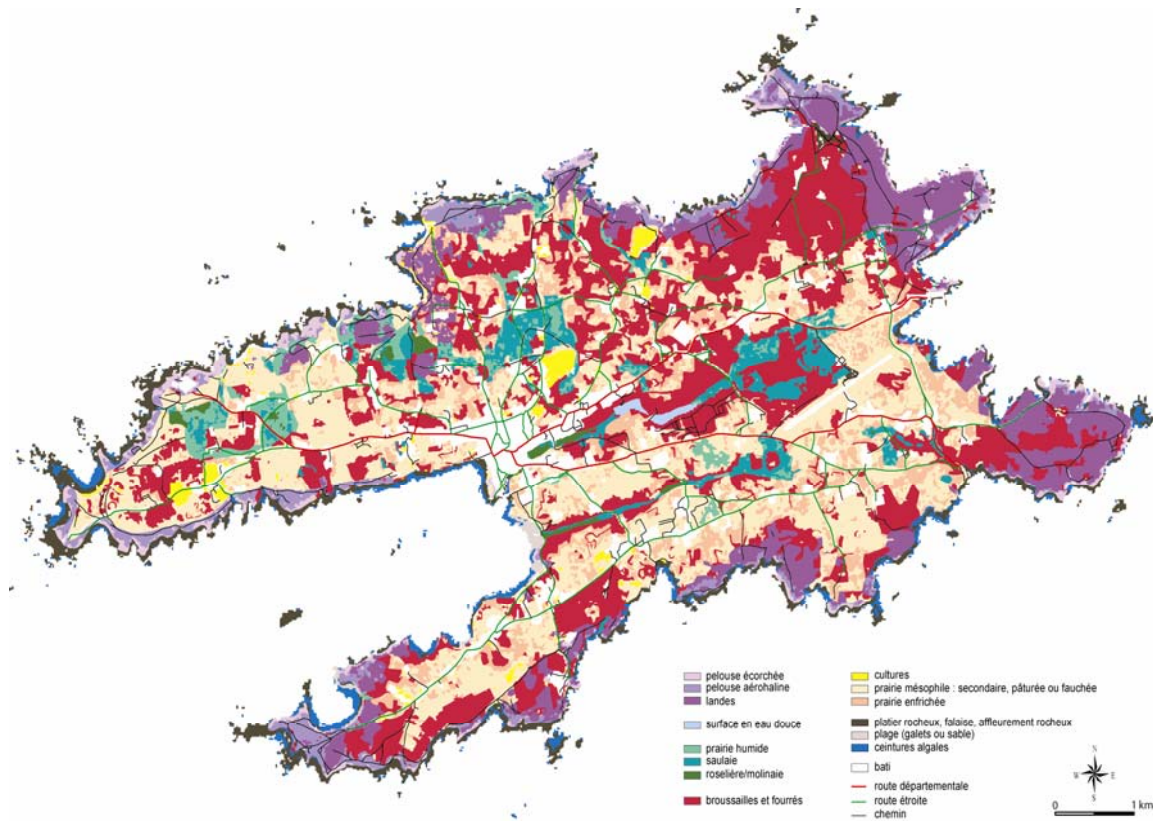


Figure 5 : La végétation de l'île d'Ouessant en 2003-2004 par une méthode de mise à jour semi-automatique d'une carte ancienne par l'image Spot 5 (Gourmelon *et al.*, 2004)

Conclusion

L'objectif de cette étude était de tester les apports de l'imagerie Spot 5 pour la cartographie de la végétation terrestre d'espaces littoraux d'intérêt patrimonial et faisant l'objet de suivis scientifiques programmés sur le long terme, selon deux approches :

- la cartographie à grande échelle selon une typologie normalisée à partir de la photo-interprétation assistée par ordinateur de l'image Spot 5 à 2,5 mètres de résolution en multispectral (THR+XS) ;
- un test méthodologique de mise à jour semi-automatique d'un inventaire ancien (1992) par l'image Spot 5 à 10 mètres de résolution spatiale en mode multispectral.

Au vu des résultats acquis, il apparaît que l'imagerie Spot 5 constitue un support intéressant pour la cartographie de la végétation terrestre, sur la base d'une typologie relativement complète de type Corine Biotopes ou EUNIS.

Pour une échelle de restitution de l'ordre du 10 000ème, la résolution spatiale de l'image Spot convient sauf pour la détection de certaines entités de petite taille et de texture particulière. Par rapport à un support aérien de type photographique, elle possède un certain nombre d'atouts, pour un temps de travail équivalent :

- homogénéité des critères de différenciation des unités sur de vastes espaces géographiques, ce qui n'est pas le cas sur des images aériennes ;
- possibilité d'un contrôle terrain simultanément à l'acquisition des données par le satellite ;
- répétitivité garantie permettant des suivis réguliers d'une fréquence théoriquement mensuelle.

Néanmoins, pour un résultat optimal, la cartographie de la végétation terrestre à l'échelle du 10 000ème, selon une typologie normalisée justifie l'utilisation des deux sources (aérienne et satellitaire), dans l'attente d'images multispectrales de résolution métrique qui pourraient permettre de s'affranchir du support aérien.

Par ailleurs, au cours de l'étude, la mise à jour semi-automatique d'un plan d'information décrivant la végétation en 1992 par la classification de l'image Spot 5 (XS, 10 mètres, 2003) a été testée. La carte résultante, produite en quatre fois moins de temps que par photo-interprétation, présente des confusions liées essentiellement à la qualité du support de la mise à jour (carte ancienne). Elle peut être cependant utilisée lors de la phase de terrain et facilement corrigée. De manière à juger de son intérêt, cette approche méthodologique mériterait d'être appliquée à des zones décrites par des états initiaux et normalisés de la végétation, tels que les sites Natura 2000 (Hardegen *et al.*, 2001) et le littoral breton sur lequel a été réalisé un état de référence cartographique de la flore et de la végétation (Lacroix *et al.*, 2005).

Bibliographie

- BARRETTE J., AUGUST P., GOLET, F., 2000. Accuracy assessment of wetland boundary delineation using aerial photography and digital orthophotography. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 66(4) : 409-416.
- BIORET F., 2002. Îlots marins, enjeux de la conservation du patrimoine naturel. *Penn ar Bed*, n° spécial : 70-79.
- BIORET F., GOURMELON F., LE BERRE I., 1994. Analyse spatiale du processus d'enfrichement sur l'île d'Ouessant. *Norois*, 41(164) : 547-558.
- CARMEL Y., KADMON R., 1998. Computerized classification of mediterranean vegetation using panchromatic aerial photographs. *Journal of vegetation Science*, 9 : 445-454.

- CHERRILL A., MCCLEAN C., 1995. An investigation of uncertainty in field habitat mapping and the implications for detecting land cover change. *Landscape Ecology*, 10(1) : 5-21.
- CUQ F., MADEC V., GOURMELON F., 1996. Mise à jour de la carte d'occupation des sols des provinces côtières de Guinée-Bissau. *Mappemonde*, 4 : 21-26.
- DUVERNOY I., 1999. Des photographies aériennes numérisées pour estimer la progression de l'embroussaillage par le buis sur le Causse-Méjan. *Bulletin SFPT*, 156 : 12-19.
- GOURMELON F., 2002. Classification automatique d'ortho-photographies numérisées pour une cartographie à grande échelle de la végétation terrestre. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 28/2 : 168-174.
- GOURMELON F., BIORET F., LE BERRE I., 2001. Historic land-use changes and implications for management of a small protected island. *Journal of Coastal Conservation*, 7 : 41-48.
- GOURMELON F., BIORET F., REBOUT C., YESOU P., 2003. Les dynamiques de la végétation d'un îlot marin protégé. *Photo-Interprétation*, 39(2003/2) : 3-13.
- GOURMELON F., BIORET F., BRIGAND L., CUQ F., HILY C., JEAN F., LE BERRE I., LE DEMEZEZET M., 1995. Atlas de la Réserve de Biosphère de la Mer d'Iroise : exploitation cartographique de la base d'information géographique Sigouessant. Cahiers Scientifiques du Parc Naturel Régional d'Armorique.
- GOURMELON F., SAUVE L., BIORET F., 2004. Potentialités de l'imagerie satellitaire Spot 5 pour la cartographie de la végétation terrestre. Rapport CNES/IFEN/CNRS.
- HARDEGEN M., GOURMELON F., BIORET F., MAGNANON S., 2001. La cartographie des habitats terrestres dans les sites du réseau Natura 2000 en Bretagne. *Mappemonde*, 64 (2001.4) : 19-23.
- JANODET E., BLASCO F., 1993. Cartes écologiques de la végétation et télédétection satellitaire. In Dubois et al. : *Télédétection appliquée à la cartographie thématique et topographique*, Presses de l'Université du Québec/AUPELF : 247-261.
- KADMON R., HARARI-KREMER R., 1999. Landscape-scale regeneration dynamics of disturbed Mediterranean maquis. *Journal of Vegetation Science*, 10 : 393-402.
- LACROIX P., MAGNANON S., CHAUVAUD S., BRINDEJONC, 2005. Un SIG pour connaître et protéger la flore et la végétation du littoral de Bretagne et des Pays de la Loire. *SIG et littoral*, Gourmelon F. & Robin M. (coord.), Ed. Hermès, Traité IGAT (Information Géographique et Aménagement du Territoire), à paraître.
- MAC ARTHUR R. H., WILSON E. O., 1967. The theory of Island Biogeography. *Monographs in Population Biology*, 1, : 1-203.
- MC CORMICK C.M., 1999. Mapping exotic vegetation in the Everglades from large-scale aerial photographs. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 65(2) : 179-184.
- NILSEN L., BROSSARD T., JOLY D., 1999. Mapping plant communities in a local arctic landscape applying a scanned infrared aerial photograph in a geographical information system. *International Journal of Remote Sensing*, 20(2) : 463-480.
- SAUVE L., 2004. Apports de l'imagerie satellitaire Spot 5 pour la cartographie de la végétation : application à l'île d'Ouessant. Rapport de DEA de Géomorphologie, Aménagement et Gestion des Littoraux, Université de Bretagne Occidentale.
- SEMLALI E.H., DONNAY J.P., 1998. Estimation de la précision de la superposition des polygones à travers la propagation des erreurs. *Bulletin SFPT*, 150 : 28-33.
- SIMON L., TAMRU B., 1998. Cartographie biogéographique et dynamiques de paysage en montagne de Lure. *Mappemonde*, 49(1998.1) : 26-31.

Nous remercions Marion Hardegen (chargée de mission Natura 2000 au Conservatoire Botanique National de Brest) pour son aide lors de la validation de terrain.

Nous remercions également les lecteurs anonymes pour leurs critiques constructives.

Cette étude a été menée dans le cadre de l'appel à propositions de recherche du CNES/IFEN « Suivi du littoral par Spot 5 ». Elle a fait l'objet d'une convention de recherche entre le CNRS et le METL-DDE29.

© CYBERGEO 2005

Françoise GOURMELON, Frédéric BIORET, Laure SAUVE, 2005, Potentialités de l'imagerie satellitaire Spot 5 pour la cartographie de la végétation terrestre. Application à l'île d'Ouessant (Finistère), *Cybergeo*, n°325, 09/11/2005 : <http://www.cybergeo.presse.fr> 09/11/2005