

# Télédétection et protocole de Kyoto

Jean-François Faure, Jean-Marie Fotsing, Michel Petit, Kenji Ose,  
Frédéric Huynh et Christophe Charron (IRD)

*Le suivi de l'occupation du sol est un des grands apports de la télédétection à la gestion des territoires et des ressources naturelles. En Guyane, l'immensité du pays (plus de 84 000 km<sup>2</sup>) s'accompagne d'un contexte territorial particulier: richesses naturelles exceptionnelles mais difficiles d'accès, vastes forêts denses, occupation humaine sélective, forts enjeux de protection des patrimoines naturels et culturels, etc. Les outils d'observation de la Terre ont donc un rôle crucial à jouer pour accompagner la connaissance et le développement du territoire.*

Malgré ses 80 000 km<sup>2</sup> d'espaces forestiers, la Guyane représente une faible proportion de la forêt amazonienne, plus grand massif forestier tropical du monde. Cependant, la forêt guyanaise totalise près du tiers des forêts sous responsabilité de l'Etat français. Même s'il est estimé qu'environ 20 % des forêts primaires ont été détruites au cours des trente dernières années, la forêt en Guyane est soumise à une pression anthropique d'ampleur relativement modérée, en deçà de la déforestation qui affecte le reste de l'espace amazonien. Au niveau local, l'ancienneté et la dispersion du peuplement humain, les faibles densités de population et l'occupation sélective du territoire induisent des formes d'occupation du sol variées avec des empreintes relativement limitées sur la forêt. A l'échelle du territoire, la forêt guyanaise fait partie des massifs les mieux protégés de la planète.

## Des engagements à respecter...

La France, signataire du protocole de Kyoto, s'est engagée vis-à-vis de la communauté internationale à réduire ses émissions de carbone. Les forêts jouent un rôle important dans le cycle naturel du carbone du fait des matières ligneuses qui les composent. C'est ainsi que lors des déboisements le carbone est ré-émis dans le cycle, contribuant significativement à l'émission globale de CO<sub>2</sub>. A l'inverse, une recrûe forestière stocke le carbone, et donc contribue à la diminution globale des émissions. Par ailleurs, une forêt adulte échange du carbone gazeux avec l'atmosphère, dans des proportions qui doivent faire l'objet de mesures et d'études scientifiques plus poussées. Un suivi bisannuel de l'occupation des sols est donc mené dans ce cadre à l'échelle de l'ensemble des massifs forestiers français, au demi-hectare près, afin de mesurer et d'estimer ces processus. En Guyane l'inventaire des surfaces boisées, déboisées, reboisées demande de procéder à l'inventaire des surfaces forestières mais aussi agricoles (du fait de la pratique des abattis par plusieurs groupes ethniques) mais aussi celles liées aux pratiques d'orpaillage.

Le respect du Protocole de Kyoto par les pays signataires suppose qu'ils produisent des statistiques sur les surfaces forestières pour l'année de référence 1990, puis tous les 2 ans jusqu'à 2012. Pour répondre à cet engagement, l'IFN en partenariat avec l'IRD, l'IGN, l'ONF régional, le CEMAGREF et le CIRAD a réalisé la première estimation globale de la contribution de la forêt guyanaise à l'émission de CO<sub>2</sub> par la France. Cette estimation s'est basée en Guyane sur une méthode originale propre au territoire du fait de l'accès direct aux données satellitaires exploitables, fournies par la station SEAS-Guyane.

## ...A la production des cartes d'occupation du sol

En Guyane, la télédétection optique est au cœur des « méthodes Kyoto ». Ainsi, une mosaïque de référence d'images SPOT combinant des données issues des capteurs



Fig. 1. Mosaïque Spot de la Guyane.



SPOT2, SPOT4 et SPOT5 a été produite par l'IRD, car le recours aux données radar, utilisées en métropole, s'y est révélé inopérant.

En effet, la télédétection satellitaire constitue la source de données idoine pour produire des cartes et des statistiques d'occupation du sol et de changement d'occupation du sol à l'échelle des territoires. La mise en place à Cayenne par l'IRD de la plateforme de Surveillance de l'environnement amazonien assistée par satellites (SEAS-Guyane) permet d'exploiter directement les images Spot et Envisat reçues en temps réel des satellites. Malgré les conditions de nébulosité considérées parmi les plus défavorables au monde, SEAS a permis de couvrir de façon exhaustive l'ensemble du territoire et de mettre à disposition un jeu de données optiques exploitables. Les cartographies souhaitées pour Kyoto, à la fois aux échelles locales et globales, sont issues de cette base de données images.

Plus de 170 scènes satellitaires ont été sélectionnées et produites parmi environ 2 500 acquisitions réalisées pour la seule année 2006. Elles ont ensuite subi une orthorectification en bloc, respectant les critères de qualité et les spécifications de l'IGN en matière de cartographie de base par satellites. Les 44 meilleures scènes avec un taux moyen de couverture nuageuse inférieur à 10 %, constituent la première couverture satellitaire de la Guyane de haute résolution (fig. 1). Les scènes complémentaires ortho-rectifiées sont utilisées pour l'interprétation des images contenant les ombres et nuages résiduels. Cette ortho-mosaïque de référence de la Guyane à 20 mètres est utilisée à des fins interprétative mais aussi pour caler et géo-référencer les jeux de données anciens (Landsat thematic Mapper de 1990) et donc permettre le calcul des évolutions de l'occupation des sols.

Cette première couverture complète d'images SPOT de 2006 a permis de réaliser en 2007 un premier inventaire exhaustif de l'occupation du sol et des changements d'occupation des sols pour la période 1990-2006 en Guyane. La procédure retenue, par photo-interprétation systématique d'une maille régulière de plus de 15 000 points-échantillons, a permis des estimations précises de la surface forestière et non forestière en 1990 et 2006, des flux entre la forêt et le « non forêt » entre ces deux dates. Elle a aussi permis d'identifier les principales causes de déforestation d'origine anthropique : barrage de Petit Saut, orpaillage, extension des infrastructures, cultures, urbanisation.

### ... Pour l'estimation des surfaces déforestées

En première analyse, si le protocole a permis de mettre en évidence la déforestation et ses différentes causes, les surfaces gagnées par la forêt au détriment des autres occupations du sol (afforestation ou reforestation sans distinction) apparaissent extrêmement faibles (1200 ha sur 17 ans, si on exclut l'évolution naturelle de la mangrove, soit moins de 80 ha par an). Les experts locaux de l'ONF confirment que les activités de boisement et reboisement sont extrêmement limitées en Guyane. Il est également possible que la procédure adoptée ait sous-estimé ces changements. En effet, contrairement à la déforestation qui induit un changement brutal visible sur les images, les boisements et reboisements induisent une évolution progressive et relativement lente du taux de couvert forestier qui ne peut être perçue de façon certaine qu'après plusieurs années de croissance des jeunes arbres.

L'estimation précise des différentes catégories de surface agricole est difficile, d'une part, pour déterminer les surfaces agricoles « en activité » et d'autre part, pour différencier les catégories d'occupation du sol dont les « prairies » qui peuvent être confondues avec des surfaces naturelles (savanes). L'augmentation annuelle de la surface agricole a connu des variations fortes au cours des années. Cependant, la pression actuelle de l'agriculture sur la forêt correspond à une conversion de la forêt vers les cultures de 17400 ha sur 17 ans. Pour ce qui est de l'orpaillage, la surface concernée en 2006 est estimée à 12000 ha par l'ONF. Cette estimation est très proche des 11100 ha obtenus dans le cadre de ces travaux. La totalité de la surface concernée par l'orpaillage en 2006 est issue, selon la présente méthodologie, d'une conversion de la forêt vers des infrastructures entre 1990 et 2006.

Ceci ne signifie pas que l'orpaillage ait été complètement absent de la Guyane en 1990, mais qu'il concernait des surfaces trop faibles pour être estimées d'une façon significative par le dispositif statistique utilisé. Rappelons que le jeu d'images Landsat utilisé en 1990 est d'une résolution de 30 mètres et ne permet pas d'investigations très fines. Or, dans le cas du jeu d'images de 2006, 25 % environ des scènes interprétées sont des images SPOT5 à 10 mètres de résolution qui autorisent la détection et l'interprétation de petites surfaces (fig. 2 et 3). Dans la frange littorale, les photographies aériennes disponibles de 2001 ont servi d'appui ponctuel à l'interprétation des images satellites.



Déforestation près de Cacao : différentes strates de forêts au contact des espaces défrichés (photo Jean-Marie Fotsing).



Image radar Envisat, Est de la Guyane.



Grand Santi vue par Sport 5 en 2008, fig. 2.



Papaï-Chton vue par Sport 5 en 2008, fig. 3.

### ... En vue de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre

La cartographie réalisée à partir des images de télédétection a permis de fournir une réponse au protocole de Kyoto. Au final, la méthode a été validée et permettra le suivi de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre en Guyane. Elle sera réalisée en combinant des valeurs moyennes de volume à l'hectare et le suivi par télédétection des superficies ayant subi un changement d'utilisation des terres. Deux approches peuvent être envisagées afin d'obtenir une estimation plus précise des surfaces : par densification du maillage d'échantillonnage ou par renforcement spécifique de l'échantillonnage sur les zones à plus fortes dynamiques d'évolution de l'occupation des sols. La mise en place d'un programme de « mosaïque dynamique » du territoire guyanais à usage multiple (forêt, littoral, aménagement, contrôle, etc.) pour optimiser l'utilisation du « pied d'antenne » et le recours au capteur SPOT5 vont contribuer à améliorer l'évaluation des surfaces forestières sur le territoire guyanais pour une meilleure estimation des émissions de gaz à effet de serre.

En guise de conclusion, il faut souligner les multiples possibilités offertes par la réception directe de données satellitaires de très hautes résolutions. Ainsi, des approches plus localisées, complémentaires de la cartographie globale de la déforestation, ont été réalisées pour le suivi dynamique des surfaces agricoles en vue de l'application de la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE). Des travaux sont en cours sur les espaces urbains et les implantations humaines, dans le cadre du programme « Ma commune vue du ciel ». Ils permettent d'une part d'évaluer l'évolution des surfaces bâties et des infrastructures dans les villages, bourgs et villes des vingt-deux communes de Guyane au cours des cinquante dernières années et d'autre part, d'amener les maires des communes, gestionnaires locaux des territoires, mais aussi les habitants, acteurs des transformations spatio-environnementales, à s'initier à l'utilisation des images satellites pour à terme les prendre en compte pour l'aménagement de leur territoire.

Faure Jean-François, Fotsing Jean-Marie, Petit Michel,  
Ose Kenji, Huynh Frédéric, Charron Christophe (2011)

Téledétection et protocole de Kyoto

In : Carme B. (ed.), Charles-Dominique P. (ed.), Fotsing  
Jean-Marie (ed.), Gombauld P. (ed.), Grenand Pierre  
(ed.), Lacombe P. (ed.). *De la recherche en Guyane : la  
science par l'exemple*

Matoury (GUF) ; Cayenne : Ibis Rouge ; PNRG, p. 61-64.  
(Science et Découverte)

ISBN 978-2-84450-403-6