



EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS EN GUYANE FRANÇAISE ENTRE 1990 ET 2012

Les États signataires du protocole de Kyoto se sont engagés, selon les cas, à réduire ou à maintenir leurs émissions de gaz à effet de serre sur la période 2008-2012 par rapport à 1990, date de référence. Aussi la France, en tant que signataire du protocole, doit-elle fournir périodiquement des informations sur l'occupation et l'utilisation du sol et les flux afférents sur l'ensemble de son territoire.

Dans ce contexte, pour la Guyane, l'IGN en partenariat avec l'ONF et le soutien du MAAF et du MEDDE, a mis au point une méthode pour qualifier à la fois l'état et l'évolution de l'occupation du sol guyanais. Les principaux résultats vous sont présentés dans ce numéro de L'IF.

SOMMAIRE

Généralités 2

Méthodologie 3

Résultats 5

Conclusion 9

Généralités

L'application du protocole de Kyoto requiert une évaluation de l'évolution de l'occupation du sol entre 2008 et 2012 en référence à l'année de base 1990 puis entre 2013 et 2020 par rapport à un niveau projeté auparavant pour la même période. La Guyane est un territoire dans lequel ce suivi est primordial : c'est le plus grand département de France (84 064 km²), mais aussi le plus boisé (96 %). Il représente un tiers des forêts françaises et constitue ainsi un enjeu fort en matière de

stockage de carbone. De plus, ce territoire est actuellement soumis à des changements d'occupation des sols. Ceux-ci sont les conséquences de plusieurs facteurs liés à une forte augmentation de la population (+56 % en 13 ans) : urbanisation, développement de projets routiers qui offrent un meilleur accès à l'intérieur des terres, extension de l'agriculture et développement de l'activité hydroélectrique. L'orpaillage participe également de cette dynamique.

Fig 1. Image satellitaire de la Guyane



Méthodologie

Un premier travail effectué en Guyane pour la période 1990-2006 et un second étendu à l'année 2008 ont permis de valider la méthode statistique à utiliser et de l'enrichir de nouveaux calculs. En 2014 une troisième série de travaux, conduits par l'IGN avec l'appui de l'ONF Guyane et financés par le ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt et le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, a permis

de dresser un bilan sur la première période d'engagement du protocole de Kyoto, soit 2008-2012.

Pour définir l'occupation du sol guyanais, des images satellitaires (cf. figure 1) recouvrant l'ensemble du territoire à trois dates (cf. tableau ci-dessous) ont été analysées. Pour chaque période, si plusieurs images étaient disponibles, celle possédant le plus faible taux d'enneigement a été

sélectionnée. Un protocole d'échantillonnage statistique stratifié a ensuite été mis en place pour photo-interpréter l'occupation du sol guyanais. Les résultats de cette photo-interprétation ont permis enfin d'accéder aux surfaces et aux évolutions de chaque classe d'occupation du sol.

Données mobilisées pour l'étude de l'occupation des sols guyanais

DONNÉES UTILISÉES		SOURCE	INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES
Images satellitaire en infrarouge couleur	Images satellitaire 1990	Landsat TM	Résolution de 30 m
		SPOT 2	45 images, résolution 20 m
	Images satellitaire 2008	SPOT 4	41 images, résolution 20 m
		SPOT 5	74 images, résolution 2,5 m
	Images satellitaire 2012	SPOT 5	220 images, résolution 2,5 m
Définition du territoire	Limites administratives de la Guyane	BD CARTO ® IGN	
	Trait de côte	Délimitation extraite de l'Expertise littorale et foncière de l'ONF	Modifications naturelles importantes du trait de côte Photo-interprétation d'images satellitaires
Définition des facteurs d'anthropisation	Voirie	BD TOPO ® IGN	Ajout d'une zone tampon de 2 km
	Pistes forestières	ONF	Ajout d'une zone tampon de 500 m
	Zones agricoles	Délimitation extraite de l'Expertise littorale et foncière de l'ONF, occupation du sol du Parc amazonien de Guyane 2011	Ajout d'une zone tampon de 1 km
	Zones urbanisées	Délimitation extraite de l'Expertise littorale et foncière de l'ONF, occupation du sol du Parc amazonien de Guyane 2011	Ajout d'une zone tampon de 1 km
	Zones d'orpaillage	ONF	Ajout d'une zone tampon de 1 km
	Mangroves	Expertise littorale et foncière de l'ONF	

Pour constituer l'échantillon de points à photo-interpréter, trois strates ont été définies sur le territoire guyanais (cf. Figure 2) :

- une strate soumise à une forte pression anthropique, dite **strate « renforcée »**, dans laquelle des modifications d'occupation du sol sont les plus susceptibles de se produire (voirie, urbanisation, orpaillage, etc.). Cette strate a été élaborée grâce aux contours de chacun des facteurs d'anthropisation (tableau 1). Leur présence pouvant entraîner des déboisements supplémentaires, une zone tampon a été appliquée autour de ceux-ci. Les mangroves, qui couvrent les zones littorales, soumises à des fluctuations importantes en raison des modifications naturelles du trait de côte, sont également incluses dans cette strate.
 - une strate dite **« normale »** située plutôt au centre du territoire, où les changements d'occupation du sol sont rares voire absents en raison de la difficulté d'accès.
 - une strate pour traiter le cas particulier du barrage du **« Petit Saut »**, dont la mise en eau en 1995 a entraîné un déboisement exceptionnel.
- Sur l'ensemble du territoire d'étude, un maillage carré de 466 m de côté a été élaboré.

L'échantillonnage a ensuite été constitué en définissant un taux de sondage standard (25 %) pour les strates « renforcée » et « Petit Saut » et un taux de sondage allégé pour la strate « normale » où seule une maille sur 162 est analysée. Au total 20 499 points ont été photo-interprétés pour chaque année d'étude.

Le contour de ces zones et le taux de sondage ont été ajustés entre 2008 et 2012 pour plusieurs raisons :

- l'étude menée sur les photos de 2008 a montré que la strate « renforcée » sous-estimait certaines pressions anthropiques sur la forêt. L'ONF Guyane, grâce à sa connaissance des contextes et des enjeux locaux a élargi l'emprise de cette strate de 30 %.
 - la strate de « Petit Saut », qui ne présente plus à présent de changements importants, a été ajustée pour ne concerner que les zones soumises aux actions humaines présentant des changements observés et potentiels.
 - le taux de sondage utilisé en 2008 pour la strate « normale » a été jugé trop faible : en cas de changement du fait de la sous-estimation de la strate « renforcée » ou d'évolutions non attendues, les points concernés possédaient un poids statistique très fort lié à leur surface d'extension élevée (7 200 ha). Le taux de sondage de cette strate a donc été doublé. Il permet à présent de détecter 90 % des changements de plus de 10 000 hectares sans leur attribuer un poids trop élevé.
- La photo-interprétation a été menée par l'ONF de Guyane à partir d'une application développée par l'IGN. Une classe d'occupation du sol a été attribuée, ou confirmée, à chaque point pour les années 1990, 2008 et 2012 (y compris la classe « nuage »). Un cercle de 50 ares, centré sur le point, a permis au photo-interprète de vérifier aisément le respect de la surface minimale de la classe d'occupation du sol « forêt » (cf. encadré). Une date d'acquisition de l'image la moins ennuagée a également été associée à chaque point.

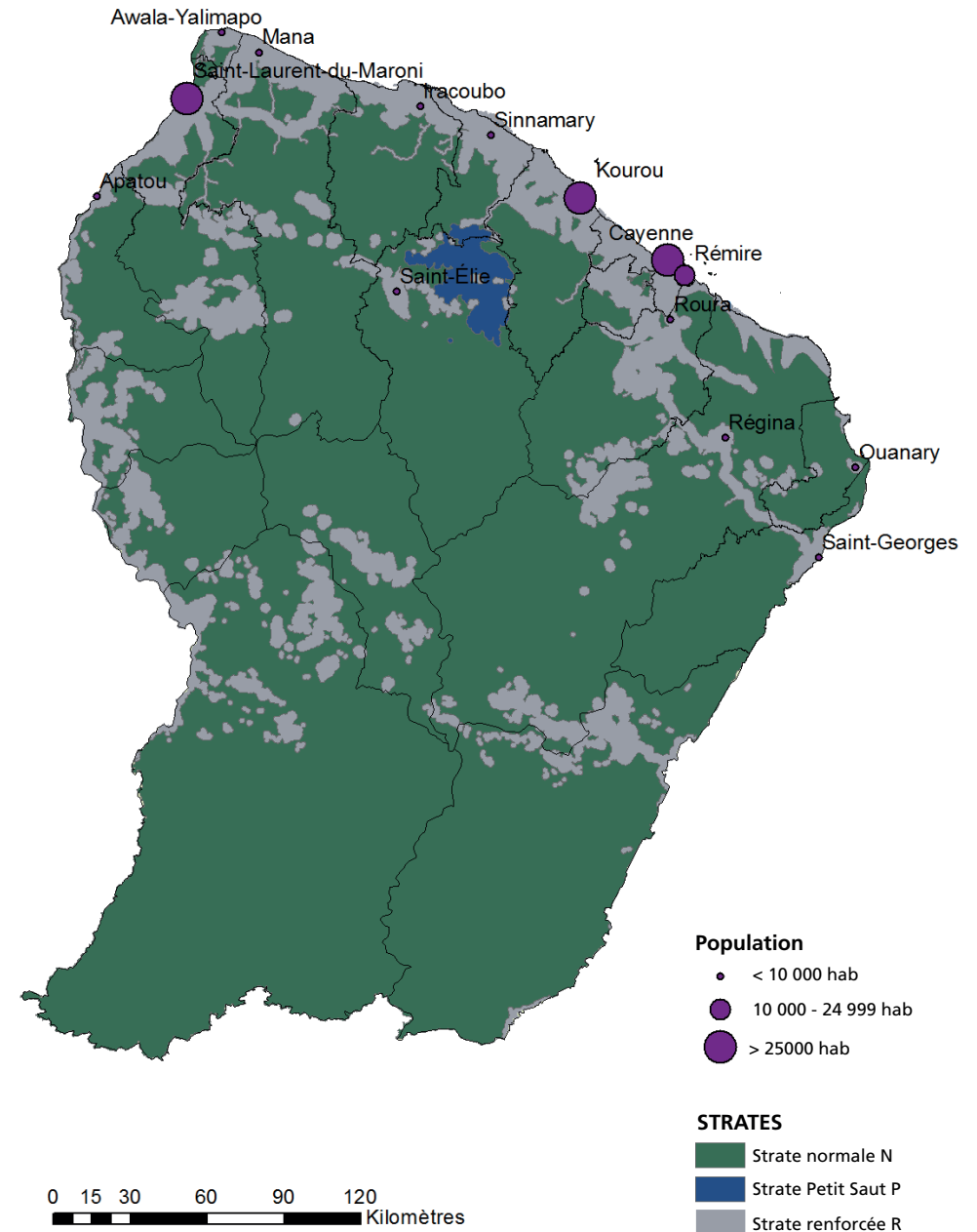
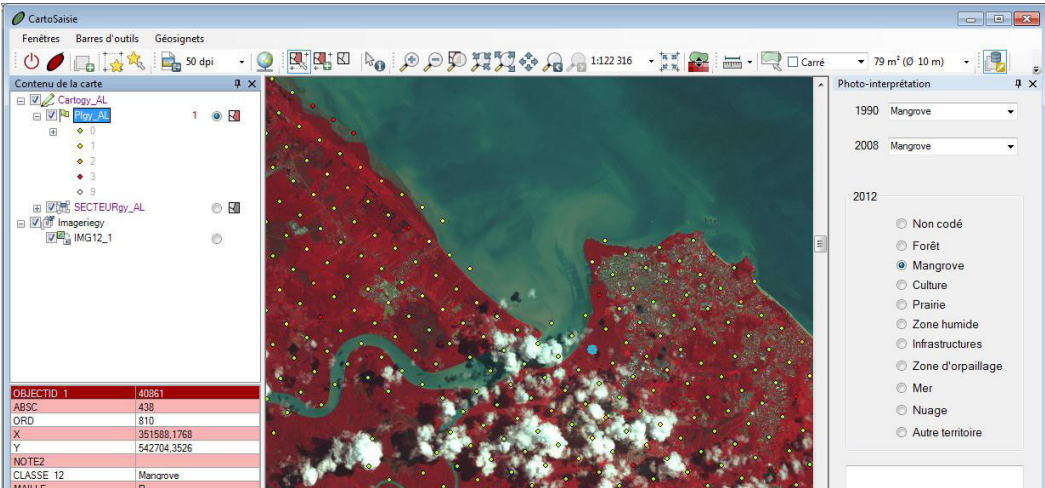


Fig 2. Délimitation des strates d'échantillonnage

Définir
l'occupation du sol

- Une classe d'occupation du sol est attribuée par photo-interprétation à chaque point échantillonné selon une nomenclature en sept classes :
- **Forêt** : système écologique couvrant au moins 10 % du sol, plus de 50 ares et plus de 20 m de large avec des arbres d'au moins 5 m de haut *in situ*. Les mangroves, qui peuvent évoluer très rapidement autant en termes d'installation que de disparition, sont incluses dans les forêts, mais distinguées dans une sous-catégorie.
 - **Culture** : toutes cultures y compris les rizicultures et les systèmes agroforestiers dont les structures de végétation n'entrent pas dans la définition de forêt.
 - **Prairie** : inclut les pâturages et prairies non considérés comme des cultures (territoires sauvages, secteurs de loisirs, systèmes sylvicoles et agropastoraux, etc.) mais aussi les végétations ligneuses en dessous des seuils forestiers.
 - **Zone humide** : secteurs d'extraction de tourbe, territoires recouverts ou saturés d'eau pendant une partie de l'année qui ne sont ni forêt, ni culture, ni prairie ou ni infrastructure. Sont aussi inclus les réservoirs, les rivières et les lacs.
 - **Infrastructure** : toute terre développée, infrastructures de transport et aménagements humains. L'orpaillage est distingué dans une sous-catégorie.
 - **Autre territoire** : sols nus, roche, mer et autres territoires n'entrant pas dans les catégories précédentes.
 - **Nuages** : la présence de nuage rend la photo-interprétation impossible.

Une fois l'ensemble de l'échantillon photo-interprété (cf. Figure 3), la surface de chaque strate et le nombre de points dans chaque catégorie d'occupation du sol étant connus, on a pu estimer la surface de chaque type d'occupation du sol pour chaque année, et sa précision statistique. Enfin, afin de comparer les périodes couvertes par l'étude, les flux de surface entre chaque catégorie d'occupation du sol ont été annualisés. NB : l'échantillon final retenu n'est composé que des points photo-interprétables aux trois dates.



EVOLUTION DE L'OCCUPATION DES SOLS EN GUYANE FRANÇAISE ENTRE 1990 ET 2012

Résultats

Un état des lieux de l'occupation
du sol guyanais

La photo-interprétation des images aériennes de la Guyane permet de dresser un état des lieux exhaustif de l'occupation du sol de ce territoire. Il est ressorti en 2012 que sur les 8 406 427 ha de la Guyane, plus de 8 millions d'hectares sont de la forêt, 270 000 ha des zones humides, 53 000 ha des cultures, 45 000 ha des zones d'infrastructures (dont orpaillage), 13 000 ha des prairies et 24 000 ha d'autres utilisations.

Mise en évidence d'évolutions

La comparaison de la répartition spatiale des points photo-interprétés à deux dates différentes permet de localiser les évolutions d'occupation du sol constatées dans les périodes étudiées. Les principales évolutions remarquables sont la mise en eau du barrage du « Petit Saut », l'accroissement des cultures notamment dans le nord-ouest, le long de la frontière du Surinam et aux alentours de Cayenne. L'extension marquée de l'orpaillage est visible au centre et à l'est, le long du fleuve Maroni (cf. Figure 4).

En termes de surface, une diminution de 93 000 ha boisés, soit 1,3 % de la surface forestière de 1990, est constatée entre 1990 et 2012. Elle s'est produite essentiellement au bénéfice des cultures (+134 %), des infrastructures (+154 %) et des prairies (+110 %).

Fig 3. L'outil IGN "CartoSaisie" dans sa version adaptée pour l'étude

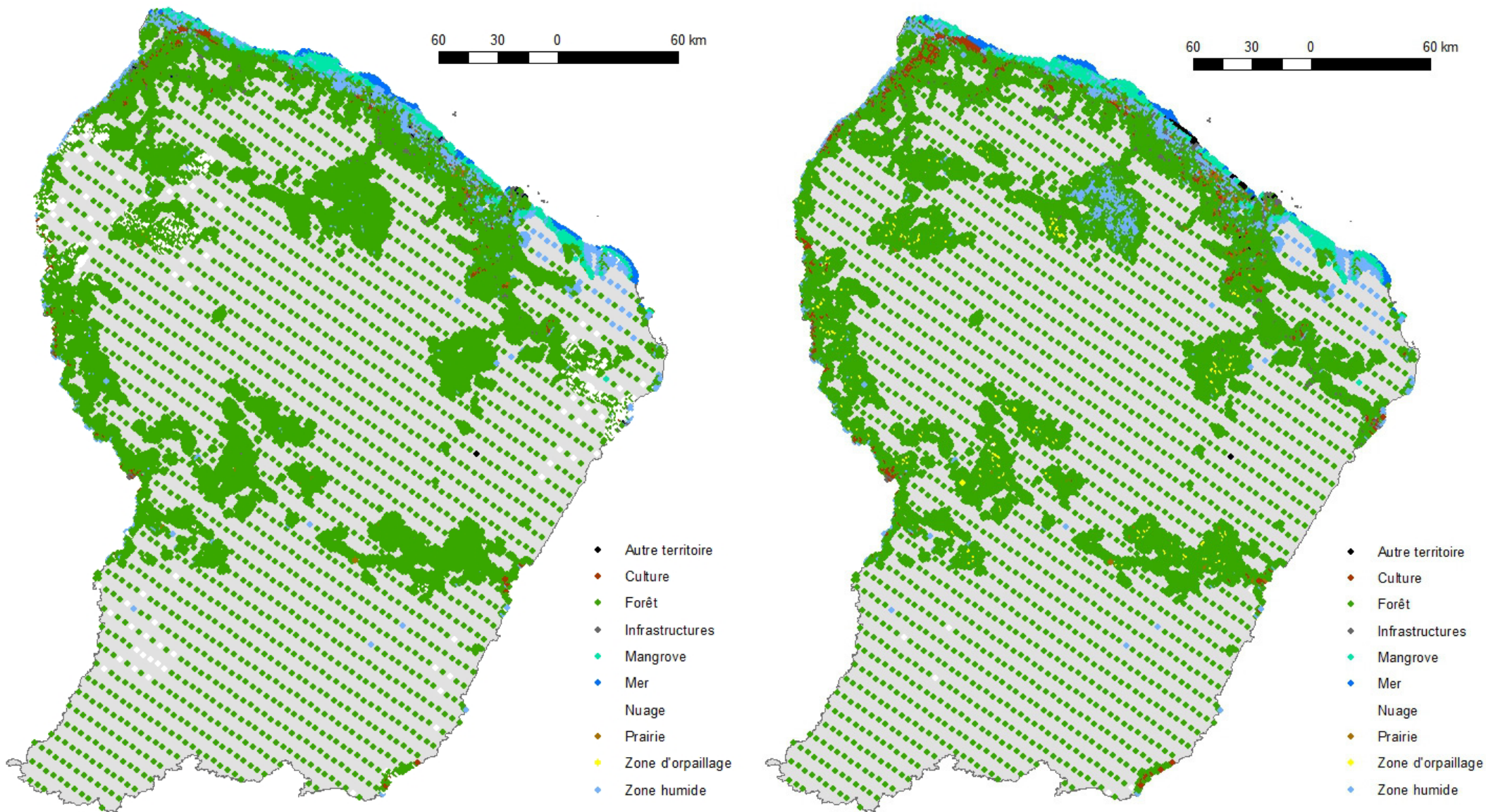


Fig 4. Comparaison entre 1990 (à gauche) et 2012 (à droite) de la répartition spatiale des points photo-interprétés

Identification des flux

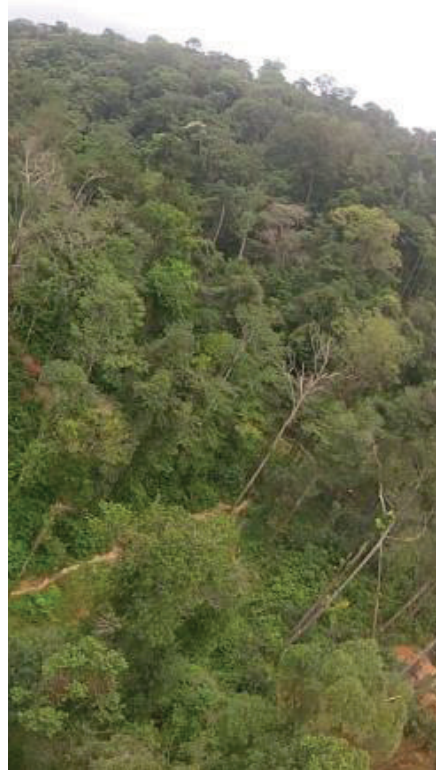
En observant plus précisément les flux entrants (boisements) et les flux sortants (défrichements) entre les années 1990 et 2012, il est possible de faire ressortir les éléments suivants (cf. figure 5) :

- Les défrichements de forêt vers la zone humide sont les plus importants. Ceci s'explique principalement par la mise en eau du barrage du « Petit Saut » qui a concerné 33 000 ha de forêt. Les autres flux entre forêt et zone humide sont liés à l'évolution naturelle des mangroves. Sur l'ensemble de la période, celles-ci se transforment en zones humides (2 600 ha) ou laissent place à la mer (5 600 ha) avec érosion du littoral, entraînant aussi des boisements colonisant ces zones humides (6 400 ha).

- Les flux entre la forêt et les cultures (cf. figure 6), montrent l'évolution des méthodes agricoles guyanaises. Trois types d'agriculture y sont actuellement conduits : la culture sur « abattis », culture traditionnelle familiale, consiste en un défrichage des champs par le feu, une mise en culture, puis en jachère forestière, favorisant ainsi le retour vers une forêt secondaire. Cette pratique contribue donc à la fois aux défrichements mais aussi aux boisements de « cultures » vers « forêt » (4 000 ha). Il existe aussi des cultures maraîchères et des vergers, dont la production est destinée à une vente sur les marchés, ainsi que de l'élevage, activité en hausse, en corrélation avec l'accroissement démographique et qui contribue au recul de la forêt (33 000 ha entre 1990 et 2012).

Source : A. David, ONF©

FORÊT



33 000 ha

4 000 ha

38 000 ha

6 000 ha

28 000 ha

1 000 ha

CULTURE



Source : A. David, ONF©

ZONE HUMIDE



Source : A. David, ONF©

INFRASTRUCTURE



Source : A. David, ONF©

Fig 5. Flux forestiers en Guyane entre 1990 et 2012

NB : Les flux entre les postes de culture, zone humide et infrastructures représentent moins de 1000 ha

- L'orpaillage constitue l'activité la plus fréquente expliquant les flux des défrichements vers le poste « infrastructures », soit 21 000 ha sur les 28 000 ha de la catégorie. Toutefois quelques flux inverses (1 000 ha) ressortent : ils correspondent à la reprise de la végétation sur les zones orpaillées ou les pistes.



Image SPOT 2008

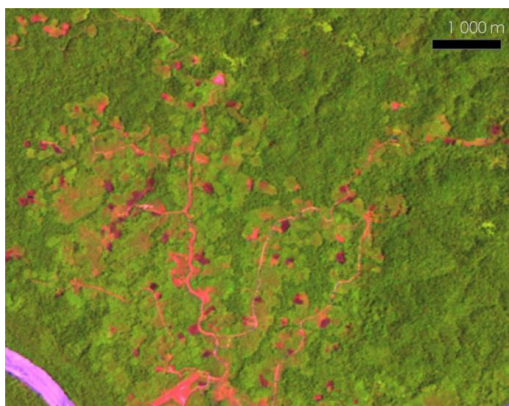


Image SPOT 2012

Fig 6. Flux de forêt vers agriculture entre 2008 et 2012 - Maripasoula

Parmi l'ensemble de ces flux, la mise en eau du barrage du « Petit Saut » est un événement ponctuel et planifié. En outre, la décomposition de la matière organique immergée entraîne la formation d'éléments dissous dont des gaz à effet de serre (méthane, gaz carbonique) qui sont réémis vers l'atmosphère. Cette zone est donc également à traiter individuellement en termes de bilan carbone. Il est bénéfique pour l'analyse de la distinguer et de l'écarter des autres flux.

En ne tenant pas compte des flux liés à la mise en eau du barrage, on constate que l'évolution des surfaces forestières est principalement due à trois grands phénomènes :

- la déforestation liée à l'orpaillage qui correspond, sur la période 1990-2012, à 21 000 ha ($\pm 1\ 000$ ha) ;
- le développement des infrastructures autres que celles liées à l'orpaillage qui ont augmenté de 7 000 ha ($\pm 1\ 000$ ha) dans les 20 années étudiées ;
- l'augmentation des surfaces agricoles, liée à l'accroissement démographique, qui entraîne une hausse de la surface des cultures de 33 000 ha ($\pm 2\ 000$ ha) et une hausse de la surface des prairies de 6 000 ha ($\pm 1\ 000$ ha).

Ces trois facteurs anthropiques sont ainsi la cause de 83 % de la déforestation totale.

Evolution temporelle des flux de surfaces

Les flux mis en évidence dans le paragraphe précédent ont été annualisés de manière à comparer les évolutions sur chacune des périodes étudiées. On constate ainsi (cf. Figure 7) que la déforestation est passée de 3 000 ha/an dans la période 1990-2008 à 3 300 ha/an dans la période 2008-2012. Pour ces deux périodes, les forêts défrichées ont principalement laissé la place aux cultures et aux infrastructures (hors orpaillage) dont les flux annuels ont augmenté, respectivement, de 23 % et de 11 %. Ces phénomènes sont cohérents avec l'augmentation de la population sur le territoire qui entraîne une extension de l'habitat et des besoins accrus en terres agricoles.

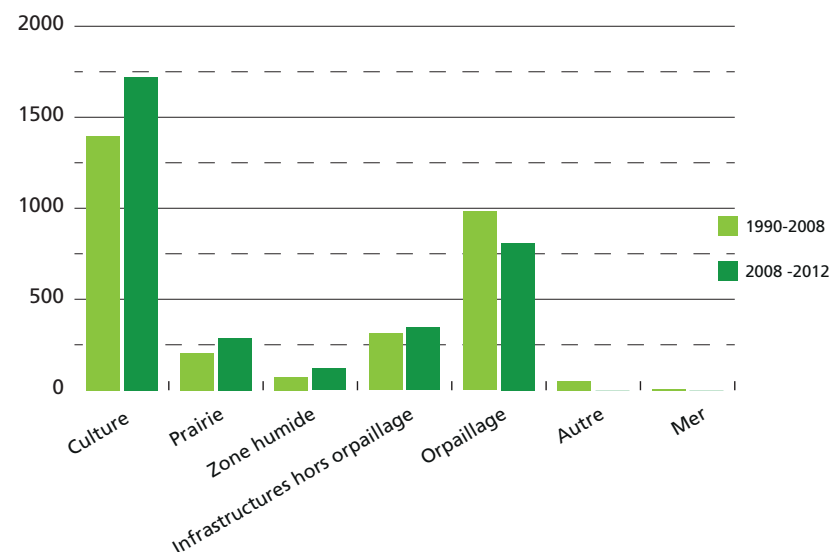


Fig 7. Flux annuels de la forêt vers d'autres types d'occupation du sol pour les périodes 1990 - 2008 et 2008 - 2012

Conclusion

La photo-interprétation d'images satellitaires à intervalles réguliers a permis d'enrichir la connaissance de l'occupation du sol guyanais et de son évolution. Cette méthode présente l'avantage de renseigner à la fois de manière exhaustive sur l'occupation du sol à une date donnée, mais également de faire ressortir les évolutions. L'accumulation de plusieurs années apporte une information sur l'intensité des flux de changement d'occupation du sol, ainsi que sur leur évolution temporelle. Les reportages futurs prévus en 2016 et 2020 permettront d'analyser les tendances sur une période de temps plus longue et donc de mieux apprécier les évaluations du couvert forestier guyanais. Ces valeurs surfaciques d'évolution

peuvent ensuite être ramenées à une quantité de carbone stockée ou libérée, pour estimer la valeur moyenne des tonnes de carbone par hectare contenu dans l'écosystème forestier.

Plus globalement, cette méthode générique développée par l'IGN peut s'appliquer à de multiples domaines. En effet, une fois les images satellitaires disponibles sur une zone donnée, elle permet un état des lieux et un suivi de l'occupation des sols voire une caractérisation de certaines classes d'occupation du sol à un niveau de résolution défini par l'échantillonnage. Son application à d'autres territoires, en particulier dans les zones dans lesquelles la collecte de terrain est exclue peut être mise en place rapidement.

Lefebvre, J-P., Verger, G., *Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane française entre 1990 et 2012*, MEDDE, IGN, ONF, 2014, 30 p.

Géoportail :

<http://www.geoportail.gouv.fr/accueil>

L'IF, LA FEUILLE DE L'INVENTAIRE FORESTIER IGN :

- Changements d'occupation et d'utilisation des terres dans les départements d'outre-mer, n° 23, 2009
- Les images satellitaires pour la gestion forestière, n° 18, 2008

L'IF,

LA FEUILLE DE L'INVENTAIRE FORESTIER IGN

Juillet 2015

Ont participé à ce numéro
Jean-Philippe LEFEBVRE
Marine DALMASSO

© IGN