



Analyse paysagère des dynamiques forestières au sein de la réserve du massif de l'Aoupinié

Thomas IBANEZ¹ & Philippe BIRNBAUM^{1,2}

¹IAC – Axe II Diversité biologique et fonctionnelle des écosystèmes terrestres

²CIRAD / UMR AMAP Laboratoire de Botanique et d'Ecologie Végétale Appliquées, centre IRD de Nouméa, B.P. A5. 98848, Nouméa.

Ce rapport fait état des travaux menés dans le cadre de la convention entre l'Institut Agronomique néo-Calédonien (IAC) et le WWF dans le cadre de la collaboration de recherche sur les écosystèmes forestiers de la Province Nord (N°12C114).

Septembre 2014



Objet de la convention

L'objet de la présente convention avait pour objectif de préciser l'évolution des paysages forestiers du massif de l'Aoupinié en analysant des séries diachroniques de photographies aériennes en :

- Digitalisant les fragments forestiers visibles sur les photographies aériennes datant de 2000 et 2008-2011 (zone couverte en deux campagnes). En ce sens, il était attendu que des travaux de recherche mettent en évidence une évolution, en progression ou en régression, des limites et surfaces forestières. Les résultats obtenus devaient être confrontés à des travaux semblable menés dans le voisinage du massif de l'Aoupinié sur la période 1976 et 2000 (Ibanez et al. 2013a).
- Menant des travaux de recherche visant à fournir des statistiques sur l'état des formations forestières (par exemple perforation, dissection, fragmentation) et l'évolution de ces états. En ce sens, il était attendu une hiérarchisation des fragments forestiers et de leur évolution en fonction de leur état, de leur isolement, de leur taille et de leur dynamique afin d'orienter les futurs travaux d'investigation (étude de la progression ou de la régression forestière).

Introduction

La Nouvelle-Calédonie abrite des espèces et des écosystèmes d'une variété exceptionnelle et d'une importance mondiale, qui peuvent significativement être affectés par différentes menaces (parmi lesquelles les feux, les espèces envahissantes, le développement de l'activité minière, le développement mal maîtrisé de l'urbanisation et les effets du changement climatique). Une des composantes majeures peu ou pas étudiée porte sur l'aspect dynamique des écosystèmes qui ne peut s'étudier que sur des pas de temps assez longs ou s'appuyer sur des approches synchroniques.

Depuis 11 années, le WWF concentre une partie de ses actions terrestres sur le massif de l'Aoupinié, en promouvant à travers un port-folio de projets associant étroitement la population des tribus (en premier lieu Gohapin) à la conservation, restauration et valorisation respectueuse de son patrimoine naturel exceptionnel. Aujourd'hui, le WWF est mandaté par la Province Nord pour la réalisation du diagnostic de la réserve de nature sauvage du massif de l'Aoupinié, ceci en vue de la mise en place d'un plan de gestion correspondant aux critères modernes de gestion des aires protégées. Il nécessite, à ce titre, des travaux de collaboration de recherche visant à caractériser et à interpréter les évolutions des paysages de la zone et ainsi offrir une vision actualisée de l'éco-socio-système de l'Aoupinié.

Dans ce contexte l'IAC et le CIRAD en partenariat avec le WWF ont réalisé une analyse de l'évolution du couvert forestier de la réserve spéciale de faune de l'Aoupinié entre 2000 et 2010. Le but de cette étude est de faire un bilan l'état et de l'évolution du couvert forestier et d'identifier des zones d'intérêts dans la mise en place d'un plan de gestion de la réserve de l'Aoupinié.

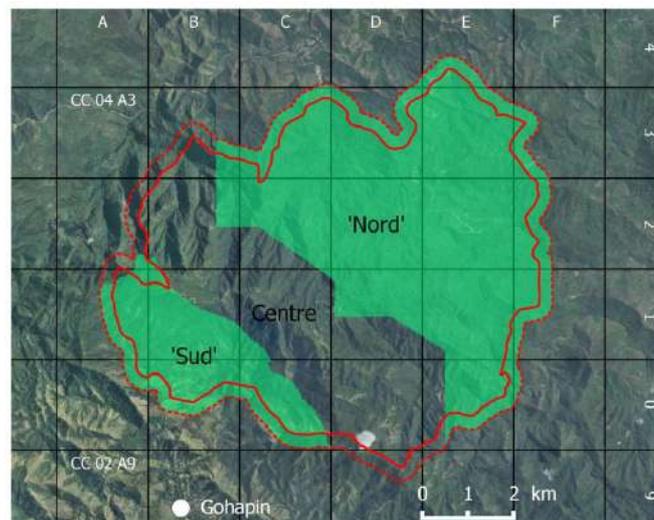


Figure 1 Limites de la zone d'étude incluant la réserve spéciale de faune du massif de l'Aoupinié (trait plein rouge) ainsi qu'une zone tampon de 300 m (trait pointillé rouge). La zone d'étude a été divisée en trois zones géographiques ; les zones 'Sud' et 'Nord' (en vert) où une couverture aérienne est disponible en 2000 et en 2010 et la zone 'Centre' où la couverture aérienne n'est disponible que pour 2010 (fond géorep). La grille représente le carroyage DFCI 2 km * 2 km.

Matériels et méthodes

Zone d'étude

La zone d'étude (6421 ha) comprend la réserve spéciale de faune du massif de l'Aoupinié (5367 ha) à laquelle une zone tampon de 300 m a été ajoutée (Figure 1). Cette zone se situe à proximité de la tribu de Gohapin, l'une des plus peuplées de Nouvelle-Calédonie mais surtout le partenaire principal des projets de conservation et de restauration élaborés par le WWF. La zone d'étude a été découpée en trois zones géographiques en fonction de la disponibilité des images : les zones 'Sud' (926 ha) et 'Nord' (3436 ha), pour lesquelles une couverture aérienne est disponible en 2000 et en 2010 (source DITTT), couvrent ensemble 4362 ha (soit 68 % de la zone d'étude). La zone centrale, pour laquelle une couverture aérienne est seulement disponible pour l'année 2010 (zone nuageuse exclue en 2000), couvre 2059 ha (soit 32 % de la zone d'étude). Un découpage selon le carroyage DFCI 2 km * 2 km a aussi été utilisé

L'Aoupinié constitue l'un des plus gros massifs forestiers continus de Nouvelle-Calédonie (Figure 2, Birnbaum et al. 2013). La zone d'étude est comprise entre 25 m et 1006 m (sommet de l'Aoupinié) d'altitude avec des précipitations annuelles moyenne allant de 2000 à 3000 mm.an⁻¹. Le massif de l'Aoupinié est traversé par une piste reliant la côte Ouest à la côte Est et desservant le relai de télécommunication et la station météorologique du sommet de l'Aoupinié. Des pistes secondaires liées à l'exploitation passé des forêts de l'Aoupinié sont présentes dans la partie Nord Est de la réserve.

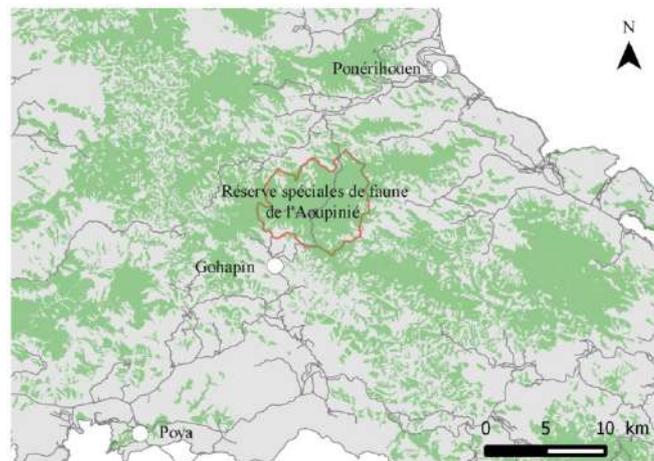


Figure 2 Massif forestier de la réserve spéciale de faune du massif de l'Aoupinié (trait plein rouge) dans un contexte géographique plus large (fond : massif forestiers en Province Nord, Birnbaum et al. 2013). Ce massif forestier se démarque par son importante surface mais surtout pas son faible degré de fragmentation.

Cartographie des surfaces forestières

Le travail de cartographie a été sous-traité par un bureau d'étude (Bio'Carto, Anne Dequevauvillier) et suivi par les partenaires IAC, CIRAD et WWF au cours de plusieurs réunions d'avancements. La méthodologie utilisée suit celle développée par Ibanez et al. (2013a).

Une cartographie décomposée en deux classes ‘Forêt’ et ‘Non-forêt’ a été réalisée par classification automatique supervisée en utilisant des zones d’apprentissage. Ce travail de classification a été réalisé au 3000^{ème} en utilisant le logiciel ArcGISTM. Pour les deux couvertures aériennes (2000 et 2010), les zones d’apprentissages des classes ‘Forêt’ et ‘Non-forêt’ ont été définies à priori par une analyse à « dire d’expert ». Les pistes ont été vectorisées à la main et classées en deux sous-catégories ‘pistes principales’ et ‘pistes secondaires’.

Il faut noter que les images de 2010 sont de meilleure qualité que les images de 2000 (voir exemples Figure 3). De plus, alors que la qualité des images de 2010 est uniforme sur la zone d’étude, elle varie grandement en 2000. Nous disposons d’images de faible qualité dans la zone ‘Sud’ (surexpositions, déformations et décalages liés au géoréférencement et à l’orthorectification) et de qualité proche de celle de 2010 dans la zone ‘Nord’. Cependant, certaines dalles du ‘Nord’ présentent un faible grain rendant difficile la classification ‘Forêt’ / ‘Non-forêt’.



Figure 3 Exemples de différences de qualités d’images entre les deux séries d’images ; 2000 (à gauche) et 2010 (à droite) et entre les régions géographiques ; ‘Sud’ (en haut) et ‘Nord’ (en bas).

Evolution des surfaces forestières

Une cartographie de l’évolution des surfaces forestières a été créée en comparant les cartographies 2000 et 2010. Pour réaliser cette opération, les polygones ‘Forêt’ (codés 1) et ‘Non-forêt’ (codés 2) ont été convertis sous la forme d’un raster défini selon une grille de 10 m x 10 m. Les couvertures forestières obtenues et leurs évolutions ont tout d’abord été analysées selon le carroyage DFCI (2 km * 2 km). Les cellules situées au sud-est de la zone d’étude (CC 04 D0, CC 04 E0, CC 04 F0 et CC 02 D9) ont été exclues de cette analyse par manque de données ou incertitude sur l’origine des données. Dans un second temps, la soustraction entre les rasters 2010 et 2000 a permis d’identifier plus précisément les zones de progression forestière, de régression forestière et les zones stables. Le raster a ensuite été vectorisé et les aires des polygones ont été compilées.

Etant donné la différence de qualité d’images et les approximations de géoréférencement seuls les changements d’une surface supérieure ou égale à 1 ha ont été

retenus. Chacune de ces zones de changement a ensuite été vérifiées individuellement sur les images et classées selon trois niveaux de confiance :

- niveau 1 = changement confirmé (clairement visible sur les images)
- niveau 2 = changement incertain (difficile à confirmer sur les images à cause de la faible qualité des images et / ou de la faiblesse du changement)
- niveau 3 = changement faux (clairement due à un biais de cartographique, e.g. ombres, surexposition, décalage dans le géoréférencement).

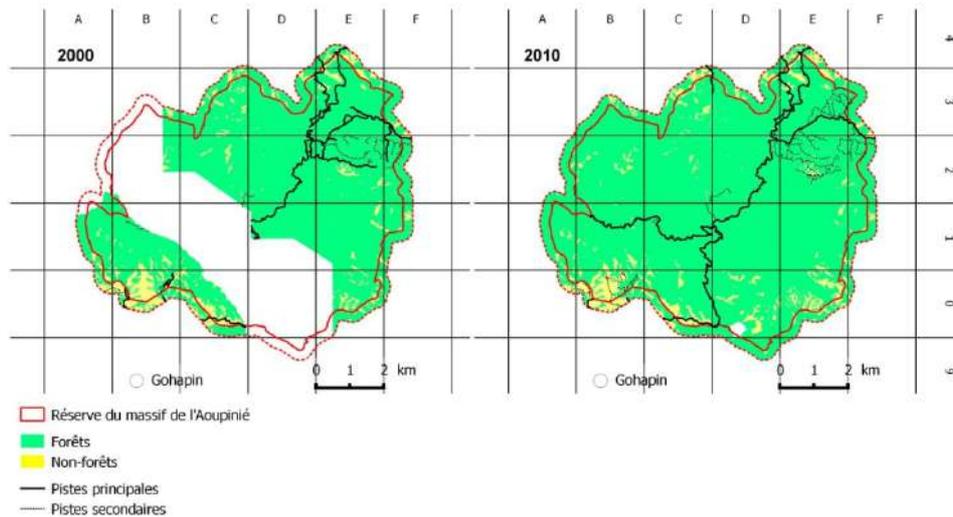


Figure 4 Cartographie des surfaces forestières en 2000 et 2010.

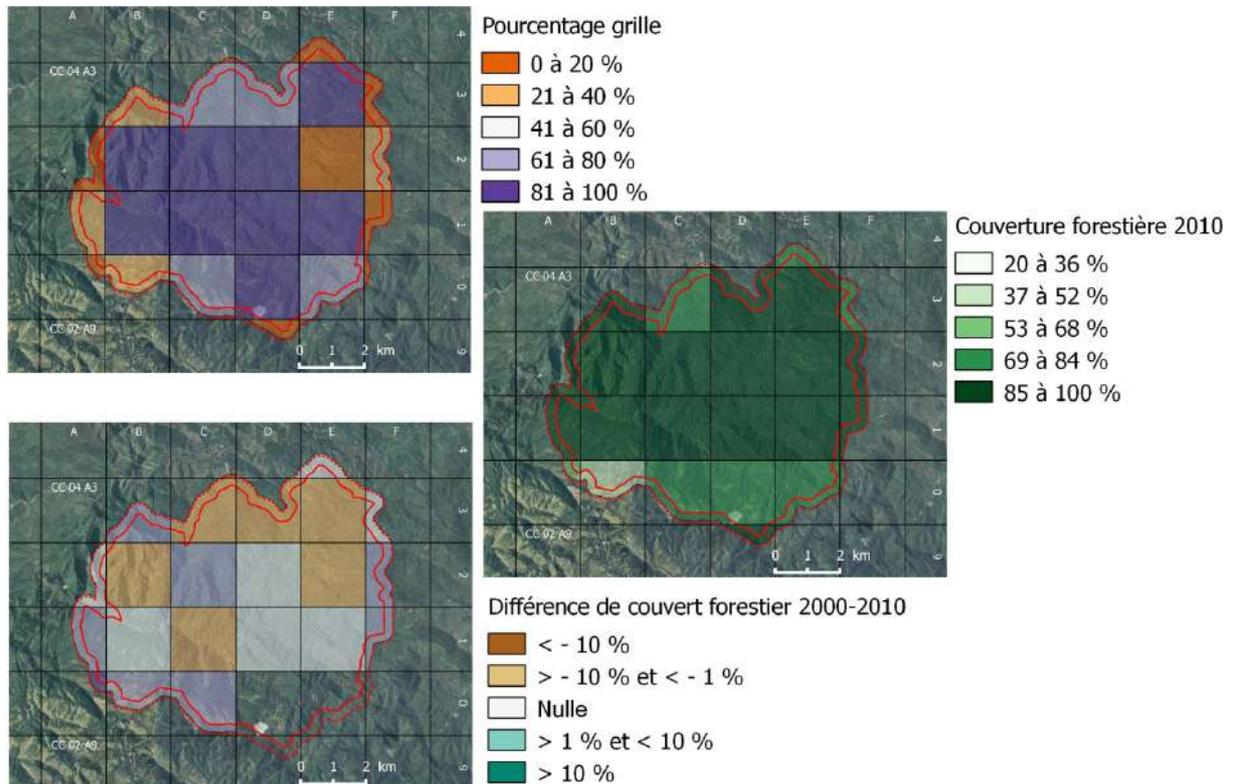


Figure 5 Couverture forestière en 2010 et évolution du couvert entre 2000 et 2010 selon le carroyage DFCI (2 km * 2 km).

Résultats

Evolution des surfaces forestières entre 2000 et 2010

Selon la dernière couverture aérienne de 2010, la Réserve spéciale de faune de l'Aoupinié est recouverte à plus de 90 % de forêts (5834.4 ha, voir Figure 4 et Tableau 1) et 99 % de cette surface est formée par un massif forestier continu. Les zones 'Centre' et 'Nord' présentent une couverture forestière plus importante (95 et 92 %, respectivement) que la zone 'Sud' (76 %). Au cours des 10 ans séparant les deux dernières couvertures aériennes (2000-2010) les surfaces forestières totales restent relativement stables. Une expansion forestière de 10.6 ha a été observée dans la zone 'Sud' (soit +1.5 % par rapport à la surface observée en 2000) et une régression forestière de 58.2 ha a été observée dans la zone 'Nord' (soit -1.8 % par rapport à la surface observée en 2000). Cette régression s'accompagne d'une augmentation plus importante du nombre de fragments 'Non-forêt' (+488) contre seulement +131 pour les fragments 'Forêt'.

Tableau 1 *Evolutions des surfaces forestières totales entre 2000 et 2010 par zone géographiques*

	2000			2010			2000-2010
	Forêt	Non-forêt	Non-classé	Forêt	Non-forêt	Non-classé	Forêt
Sud	697.6 ha	225.9 ha	2.5 ha	708.3 ha	212.8 ha	4.9 ha	+10.6 ha
	75 %	24 %	1 %	76 %	23 %	1 %	+1.5 %
Nord	3227.6 ha	208.3 ha	0.1 ha	3169.5 ha	264.9 ha	1.6 ha	- 58.2 ha
	94 %	6 %	< 1 %	92 %	8 %	< 1 %	-1.8 %
Centre				1956.7 ha	93.0 ha	9.3 ha	
				95 %	5 %	< 1 %	

A l'échelle du carroyage DFCI (2 km * 2km), la plupart des cellules sont recouvertes en grande majorité de forêt en 2010 (plus de 85 %), les couvertures forestières les plus faibles se trouvent au sud au voisinage de Gohapin et dans une moindre mesure au nord au voisinage de Goa (Figure 5, Annexe 1). En termes de dynamiques, le pourcentage de couverture forestière a sensiblement diminué (de -1 à -10 %) dans la zone 'Nord' et a sensiblement augmenté (de +1 à +10%) dans la zone 'Sud'.

Tableau 2 *Nombre de polygones (%) de progression ou de régression forestière d'une surface d'au moins 1 ha identifiés pas la soustraction entre les classifications 2010 et 2000. Les niveaux de confiance sont détaillés pour les zones 'Sud' et 'Nord'.*

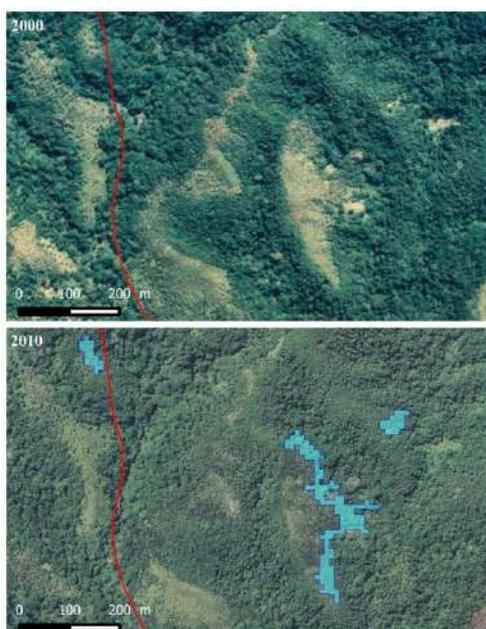
		Sud'			Nord'		
		Progression	Regression	Total	Progression	Regression	Total
Confiance	niv. 1 (avéré)	9 (8.7)	1 (1.1)	10 (5.1)	33 (48.5)	103 (57.7)	136 (55.3)
	niv. 2 (incertain)	36 (35.0)	6 (6.5)	42 (21.5)	31 (45.6)	69 (38.8)	100 (40.7)
	niv. 3 (faux)	58 (56.3)	85 (92.4)	143 (73.3)	4 (5.9)	6 (3.4)	10 (4.1)

La comparaison des rasters 'Forêt' / 'Non-Forêt' entre 2000 et 2010 met en avant les zones de changements de couvert ; progression ou régression forestière. Au total 441 polygones de changements de couvert d'une surface supérieure ou égale à 1 ha ont été identifiés (Tableau 2). Plus de la moitié (55.3 %) de ces changements présentent un fort niveau de confiance (niveau1) dans la zone 'Nord' alors que le niveau de confiance est très faible dans la partie 'Sud' (5.1 % de niveau 1) ou près des trois quart des changements observés sont dus à des biais de géoréférencement ou de classification (73.3 % de niveau 3).



← **Figure 6** Exemple de régression forestière dans la zone 'Nord' liée à l'extension du réseau de piste. Les zones rouges représentent les polygones de régression supérieure ou égale à 1 ha identifié.

Dans la zone 'Nord' la principale dynamique observée avec un haut niveau de confiance (niveau 1, changement avéré) est la régression forestière liée à l'agrandissement du réseau de pistes au Nord-Est de la réserve au niveau de l'ancienne scierie (Figure 6) et au niveau de Goa. Des recolonisation de zones 'Non-forêt' isolées sont aussi observées. Dans la zone 'Sud' on observe avec un haut niveau de confiance une expansion forestière d'origine naturelle sur la partie ouest (vallée de Newapwi, Figure 7) de la zone et d'origine anthropique (plantations de pins) sur la partie est de la zone (vallée de Naou).



← **Figure 7** Exemple d'expansion forestière dans la zone 'Sud'. Les zones bleues représentent les polygones d'expansion supérieure ou égale à 1 ha identifiés.

Discussion

Relative stabilité du couvert forestier

La Réserve spéciale de faune de l'*Aoupinié* est recouverte en très grande partie d'un massif forestier continu. Selon Birnbaum *et al.* (2013), l'ensemble de l'*Aoupinié* (Montfaoué, Mont Kanin, Sphinx et Arago) est, après l'ensemble du Mont Panié (Mont Panié, Ignambi et Colnett), le deuxième plus grand massif forestier de la Province Nord. L'analyse rétrospective de ce couvert forestier montre que celui-ci est resté globalement stable au cours des 10 dernières années.

Les zones de 'Non-forêt' sont en grande partie situées à basse altitude à proximité des tribus notamment dans la zone 'Sud' de la réserve qui englobe des zones habitées de Gohapin. Cependant la comparaison des images 2000-2010 met en avant une expansion forestière dans cette zone (notamment carroyage DFCI CC 04 A1, CC 04 B0 et CC 04 C0). Une expansion « naturelle » sur la partie Ouest (vallée de Newapwi) et anthropique (plantation de Pinus) à l'est (vallée de Naou). A plus haute altitude les zones de 'Non-forêt' sont principalement liées aux pistes et aux infrastructures. Il faut noter qu'une extension du réseau de piste entre 2000 et 2010 dans le nord-est de la réserve a entraîné une forte régression et une fragmentation forestière (carroyage DFCI CC 04 E2). Enfin des poches isolées de 'Non-forêt' sont en cours de recolonisation.

Limite de l'étude

Au vu des enjeux d'aménagement et de conservation il semble crucial d'insister sur les limites de cette étude. Tout d'abord, bien que l'estimation globale des surfaces forestières en 2000 et 2010 semble robuste, l'identification de zones précises de changements est plus délicate. En effet, les différences importantes dans la qualité et le mode d'acquisition entre 2000 et 2010 rendent difficiles l'interprétation des changements identifiés. Dans beaucoup de cas, il est impossible de déterminer si le changement est réel ou simplement dû à une différence de qualité d'image (niveau 2 de confiance). La deuxième limite importante concerne la zone 'Sud' où un décalage entre les images 2000 et 2010 a été observé. Ce décalage étant d'autant plus important que l'on se trouve sur la périphérie de l'image et sur des zones de relief important. Néanmoins des zones de changements à niveau de confiance élevé ont été identifiées même si l'emprise de ces zones reste approximative. L'analyse à une échelle plus large, comme l'utilisation du carroyage DFCI 2 km * 2 km, permet de gommer les défauts de géo-référencement et de donner une image de la dynamique plus robuste malgré sa faible résolution spatiale.

Outre la qualité des images, le faible intervalle temporel entre les deux acquisitions (10 ans) ne permet pas toujours de faire apparaître des progressions nettes dans le couvert forestier alors que les zones de régressions apparaissent plus nettement. En effet, alors que la régression forestière est souvent liée à des processus rapides et nets (coupes, incendie), la progression forestière (succession secondaire) est un processus continu et long (Ibanez *et al.* 2013b). Il est ainsi difficile de définir à partir de quel moment (ici structure de grain de canopée) une zone de 'Non-forêt' peut être considérée comme 'Forêt'. A titre de comparaison dans une étude récente sur les dynamiques 'Forêt' / 'Non-forêt' autour de la zone de Gohapin, un pas de temps de 24 ans (1976-2000) avait été retenu pour étudier les évolutions des surfaces forestières (Ibanez *et al.* 2013a). Sur cet intervalle de temps des expansions des marges forestières de moins de 50 m avaient été observées.

Conclusion

Le massif forestier de la réserve spéciale de faune de l'Aoupinié a un caractère exceptionnel en Nouvelle-Calédonie de par son importante surface et sa faible fragmentation. En dépit de ses limites, cette étude rétrospective met en avant la globale stabilité de ce couvert forestier. Cependant, il faut noter que le développement du réseau de pistes secondaire dans la partie Nord-Est de la réserve entraîne une réduction et une fragmentation du couvert dans cette zone (voir carte de synthèse annexe 2). De plus ces pistes augmentent l'accessibilité de cette zone ce qui pourrait en amplifier les impacts (départ d'incendies, prélèvement de bois, chasse). D'autre part, il faut noter une dynamique de recolonisation forestière sur la partie de la réserve la zone 'Sud', zone présentant le plus faible couvert forestier en lien avec sa proximité avec les populations locales.

En raison du court intervalle de temps et de la faible qualité des images de 2010 il a été difficile d'identifier nettement l'importance et l'emprise spatiale précise des changements observés. Des niveaux de confiance ont donc été attribués par expertise. Les zones de changements à haut niveau de confiance (niveau 1) nécessite ainsi une vérification terrain afin de valider et caractériser l'ampleur des changements en cours (progression forestière) ou ayant eu lieu (régression forestière).

Références

- Birnbaum, P., V. Hequet, H. Vandrot, T. Ibanez, and E. Blanchard. 2013. Cartographie et caractérisation des faciès forestiers sur sols volcano-sédimentaires en Province Nord de Nouvelle-Calédonie.
- Ibanez, T., L. Borgniet, M. Mangeas, C. Gaucherel, H. Géraux, and C. Hély. 2013a. Rainforest and savanna landscape dynamics in New Caledonia: Towards a mosaic of stable rainforest and savanna states? *Austral Ecology* **38**, 33-45.
- Ibanez, T., J. Munzinger, C. Gaucherel, T. Curt, and C. Hély. 2013b. Inferring savannah-rainforest boundary dynamics from vegetation structure and composition: A case study in New Caledonia. *Australian Journal of Botany* **61**, 128-138.

Annexe 1 Analyse couvert forestier selon le carroyage DFCI (2km * 2km)

Table A1 Couverture forestière selon le carroyage DFCI 2 km * 2 km (Code DFCI, voir Fig. 1A pour localisation). Surf. = Surface de la zone DFCI dans la réserve de L'Aoupinié en km², Prop. Res. = Proportion de la zone DFCI dans la réserve de L'Aoupinié, Prop. NA. 00 = Proportion de surfaces non-classée en 2000 (Prop. NA. 10, idem en 2010), Prop. F. 00 = Proportion de forêt en 2000 (Prop. F. 10, idem en 2010), Diff. 00-10 = Evolution couverture forestière entre 2000 et 2010.

Code DFCI	Surf. (km2)	Prop. Res.	Prop. NA 00	Prop. NA 10	Prop. F. 00	Prop. F. 10	Diff. 00-10
CC 02 E9	0.03	0.01	-	-	-	1.00	-
CC 02 D9	0.60	0.15	-	-	-	0.99	-
CC 04 F0	0.12	0.03	-	-	-	0.85	-
CC 04 E0	3.01	0.75	-	-	-	0.78	-
CC 04 D0	3.96	0.99	-	-	-	0.86	-
CC 04 C0	3.17	0.79	0.35	0.36	0.69	0.72	0.03
CC 04 B0	1.93	0.48	0.01	0.00	0.44	0.46	0.02
CC 04 A0	0.28	0.07	0.01	0.02	0.58	0.68	0.10
CC 04 F1	1.05	0.26	0.00	0.00	0.92	0.94	0.02
CC 04 E1	4.00	1.00	0.04	0.04	0.97	0.97	0.00
CC 04 D1	4.00	1.00	0.46	0.46	0.99	0.99	0.00
CC 04 C1	4.00	1.00	0.92	0.92	0.96	0.95	-0.01
CC 04 B1	4.00	1.00	0.34	0.34	0.93	0.93	0.00
CC 04 A1	1.80	0.45	0.09	0.09	0.93	0.94	0.01
CC 04 F2	1.54	0.39	0.02	0.02	0.95	0.96	0.01
CC 04 E2	4.00	1.00	0.00	0.00	0.95	0.94	-0.01
CC 04 D2	4.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.99	0.00
CC 04 C2	4.00	1.00	0.25	0.25	0.97	0.98	0.01
CC 04 B2	4.00	1.00	0.85	0.88	0.93	0.92	-0.01
CC 04 A2	0.95	0.24	0.92	0.92	1.00	1.00	0.00
CC 04 F3	0.80	0.20	0.09	0.09	0.88	0.88	0.00
CC 04 E3	3.93	0.98	0.01	0.01	0.92	0.90	-0.03
CC 04 D3	3.38	0.84	0.03	0.03	0.95	0.93	-0.02
CC 04 C3	2.91	0.73	0.03	0.03	0.89	0.85	-0.05
CC 04 B3	1.81	0.45	0.77	0.78	0.91	0.93	0.02
CC 04 A3	0.01	0.00	-	-	-	1.00	-
CC 04 E4	0.80	0.20	0.11	0.11	0.72	0.72	0.00
CC 04 D4	0.07	0.02	0.43	0.44	1.00	1.00	0.00
CC 04 C4	0.05	0.01	0.50	0.51	0.52	0.29	-0.23

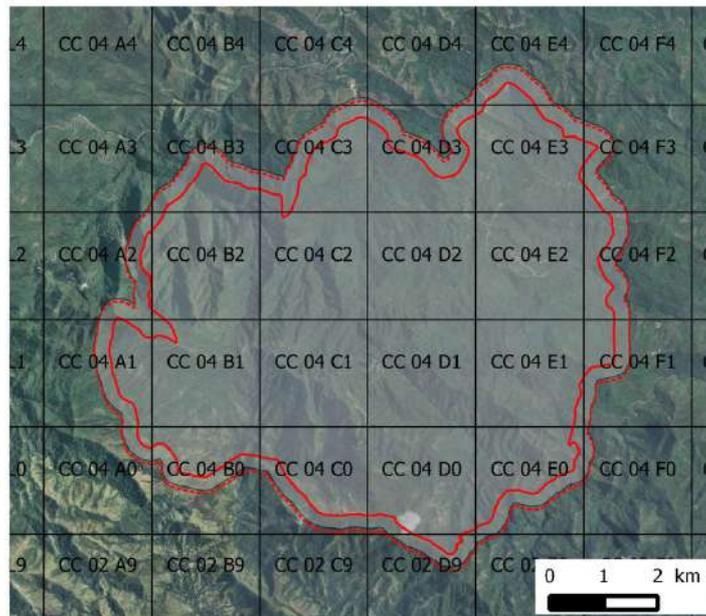


Figure 1A Carroyage DFCI 2 km * 2 km et code de grille

Annexe 2 Carte de synthèse de l'analyse paysagère du massif de l'Aoupinié

