

Chapitre 4

Déforestation à Fianarantsoa au 20^{ème} siècle : un "corridor" en sursis

Serpantié G., Toillier A., Carrière S. & Razanaka S.

Résumé : La dynamique de déforestation des forêts de l'Est est généralement décrite comme rapide. Celle du couloir de Fianarantsoa aussi, dérivant de l'action destructrice de deux "fronts pionniers". Une telle description est contradictoire avec les facteurs physiques, écologiques et humains expliquant la rémanence de couverts forestiers matures et continus en bordure d'escarpements (chap. 1,2,3). Afin de préciser les dynamiques environnementales actuelles, une analyse de la dynamique d'occupation du sol par le couvert forestier à l'échelle régionale s'imposait. La démarche est basée sur une cartographie actuelle du couvert végétal de la zone nord du corridor et d'une comparaison avec des archives. La cartographie actuelle repose sur la classification d'une image multispectrale SPOT 5 de mars 2004 (10 m résolution) avec segmentation préalable entre trois régions écologiques, chacune divisée en deux domaines pentes et bas-fonds à partir du SIG. Des cartes des principaux types de couvert et d'autres cartes plus détaillées ont été produites. La réalisation d'une nomenclature de couverts végétaux est inspirée du modèle de classification des végétations de l'UNESCO. Elle décrit sommairement la structure horizontale (densité), la structure verticale (hauteur moyenne), la composition floristique (deux classes). Les cartes les plus simples séparent couverts boisés naturels ou plantés (plus de 6 m), fourrés arbustifs (2-6m), milieux herbacés. Pour s'adapter à l'échelle de nombreuses représentations entre 1/50000 et 1/100000, la notion de couvert boisé dominant a été utilisée. L'analyse d'archives (descriptions littéraires, cartes, images) a consisté d'abord en une critique et une contextualisation permettant de sélectionner les archives exploitables pour des comparaisons diachroniques selon notre nomenclature. Il a été mis en évidence une rupture dans les nomenclatures des couverts boisés dans les années 1930, invalidant certaines analyses célèbres de la déforestation malgache. L'analyse diachronique à court terme exploite une image Landsat TM de 1993 avec un traitement multidate. A l'échelle du 20^{ème} siècle, la disparition du couvert forestier naturel affecte essentiellement les forêts de basse altitude de l'Est tanala (soumises au tavy, aux conversions en plantations, aux chantiers de bois) jusqu'à la cote 800 m, donc en limite est du corridor nord. Une érosion de la frange ouest par endroits et un mitage de la bande ouest sont localement observés, se poursuivant la dernière décennie moins rapidement. Il existe ainsi une évolution paradoxale, puisque le corridor est désormais plus menacé de rupture à partir de sa bordure betsileo, excepté dans les zones de persistance de forêt de basse altitude (Sud corridor) où le tavy tanala réduit la largeur de la bande forestière continue.

Mots clés : déforestation, Madagascar, corridor, Betsileo, Tanala, Ranomafana, Andringitra, couvert.

La déforestation provient d'un bilan négatif entre la destruction du couvert forestier et sa création, conduisant à la réduction progressive de l'étendue d'un couvert forestier. Ce dernier est représenté par un état arboré haut et fermé sur plus de 40% de la surface d'une parcelle (Puig, 2001). La déforestation est spécifique aux pays tropicaux (PNUE, 2002). Où se produit la déforestation, à quel rythme, pour quels types de forêts ? On manque de réponses, notamment pour des questions de définition des forêts, de méthodes de mesure non standard, et de rareté d'études locales (Rossi, 1999 ; Michon *et al.*, 2003).

Sur la dernière décennie du 20^{ème} siècle, le taux de disparition moyen annuel de forêts naturelles est estimé à -0,8% pour l'ensemble africain (FAO, 2001) et à -0,9% pour Madagascar (CI, 2002). Madagascar ne serait donc pas un des pays les plus exposés, mais plutôt représentatif. Les dernières déforestations majeures du 20^{ème} siècle y ont eu lieu surtout dans le Sud-Ouest (CI, op.cit). Mais les forêts de l'Est disparaîtraient aussi, de façon plus diffuse, aux taux très élevés de -1,7% par an (Green & Sussman, 1990). En revanche d'autres données, citées chap. 2, font état de dynamiques beaucoup moins rapides : -0,4% à -0,6% au niveau des couloirs forestiers de l'Est (cité par Dufils, 2003), ce qui semblerait plus compatible avec la protection des forêts d'escarpement par des facteurs physiques et

humains (chap. 2). Afin de mieux saisir les tendances et les origines de la déforestation, les dynamiques et leur diversité au sein d'un même pays et à plusieurs échelles, méritent d'être précisées et comparées. Nous nous intéresserons ici aux forêts de la province de Fianarantsoa, en particulier celles du " corridor " Ranomafana-Andringitra choisies par les promoteurs de la conservation pour leur grand intérêt biologique et les menaces qui pèsent sur leur continuité.

Soumis à des fronts de déforestation sur ses deux lisières (Rabetaliana *et al.*, 2003), il fait l'objet, depuis la décennie 1990, d'actions de conservation de diverse nature (parcs nationaux, gestions forestières locales contractualisées, projet de sites de conservation).

En effet, cette question n'est pas seulement d'ordre scientifique. L'accélération au 20^{ème} siècle de la déforestation de la ceinture intertropicale représente un des problèmes environnementaux majeurs, dont les conséquences sont multiples : perte d'habitats écologiques, de biodiversité, de ressources pour l'économie rurale et industrielle, de services, production de gaz à effet de serre (PNUE, 2002). Dans le cadre des politiques de conservation de la biodiversité des écosystèmes forestiers, de multiples actions de lutte contre la déforestation ont été entreprises, notamment autour des corridors. Le premier critère pour " prioriser " les actions de conservation est souvent biologique : échantillonnage biologique représentatif, rareté des populations. Le niveau de menace de déforestation est aussi un critère essentiel à observer, à la base de la notion de *hot spot* (Myers *et al.*, 2000). La recherche doit ainsi accompagner ces actions qui ont des impacts importants sur les populations riveraines (Harper, 2002) et notamment, préciser les niveaux de menace (Carrière, 2006).

Ce chapitre retrace la dynamique du couvert végétal au 20^{ème} siècle, le chapitre suivant en éclairant les causes. Il illustrera la faiblesse des connaissances actuelles, et l'utilité pour la conservation de la prise en compte des dynamiques locales.

Matériel et méthodes

Pour aborder la déforestation, les variables étudiées sont la couverture forestière et sa composition. La composition du couvert a été limitée aux espèces des forêts malgaches, et exotiques plantées (pins, eucalyptus, et acacias).

La transformation spatiale du couvert forestier a été étudiée à différentes échelles en différenciant ensembles forestiers continus, blocs discontinus et type de fragmentation.

L'étude s'est portée sur l'état actuel et ses transformations en cours par comparaison de classifications d'image satellite à deux dates, 1993 et 2004. Afin de reconstituer le passé, une méthode historique a été utilisée : recherche méthodique d'archives (écrits, cartes, et témoins matériels du passé), critique et sélection des sources (notamment par comparaison de sources différentes, contextualisation, prise en compte des méthodes de détection et cartographie), et enfin leur interprétation. A partir des états du couvert reconstitués à diverses dates, et moyennant des hypothèses (taux de déforestation constant ou surface déforestée constante), la dynamique du couvert a été modélisée et des projections ont été calculées.

Méthode d'analyse du couvert végétal 2004 et de la dynamique 1993-2004

Une cartographie à haute résolution du couvert végétal par télédétection à deux dates a été suivie d'une analyse de cette carte avec l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG) sous Mapinfo ©. Une image SPOT 5 du 26/3/2004 (4500 km) de définition 10 m avec filtrage 5x5, et une image Landsat TM de 1993 de pixels de 30 m sans filtrage ont été utilisées. La classification exhaustive des couverts végétaux s'est fondée sur la connaissance du terrain à l'échelle parcelle, et a été guidée par la nomenclature de White (1986) basée sur la hauteur moyenne du couvert et sa densité. Mais l'état " forêt dense " (couvert arboré dense de plus de 10 m) est plus difficile à cartographier que l'état

" boisé ", incluant les milieux secondaires assez hauts pour être considérés régénérés, telles que des canopées arbustives de 6 m de hauteur minimum, avec arbres émergents de 10 m minimum ; la classe des " fourrés " est constituée de couverts arbustifs de 2 à 6 m de haut à arbres éparses ; les " couverts herbacés " forment le reste. L'état de fragmentation forestière, qui favorise souvent la perte de biodiversité interne (Puig, *op.cit.* ; Burel & Baudry, 1999), a été précisé. Une forêt est fragmentée quand le taux de pixels " forêt " d'une parcelle est comprise entre 40 et 70% (Puig, 2001). Le type de fragmentation (linéaire, insulaire, diffus ou massif) a aussi été considéré.

La région étudiée étant très accidentée et nuageuse, la méthode a aussi dû être adaptée à ces conditions reconnues comme limite pour l'application de la télédétection satellitaire (Robin, 2002). En s'appuyant sur des parcelles d'entraînement connues au sol (300 parcelles), en supposant l'atmosphère homogène horizontalement sur des segments d'image de mêmes altitude et climat, on peut ignorer les effets atmosphériques (Deschamps *et al.*, 1981). Pour l'image 1993, les photographies aériennes FTM de 1991 ont servi d'aide pour la classification thématique¹⁷.

Dynamique au 20^{ème} siècle

Dans les archives trouvées, de diverse nature¹⁸, les qualités de détection, les échelles de restitution, les résolutions, et les nomenclatures, sont variables. Aux échelles disponibles (env. 1/100000), ces informations sont évidemment très différentes des images satellite actuelles. Elles informent cependant sur les " blocs " forestiers, c'est-à-dire des zones où le cartographe a jugé que le couvert boisé dominait. Il a fallu cependant vérifier, par recoupements, ce que chaque cartographe entendait par " bois " ou " forêt ", et sélectionner les sources compatibles avec notre propre nomenclature. Les données cartographiques interprétées selon une nomenclature commune ont été transférées dans le SIG après corrections géométriques. La zone Tolongoina-Ranomafana a été prise comme zone test.

Résultats

Les états successifs du couvert boisé sont d'abord reconstitués en fonction de notre nomenclature, avant que les dynamiques soient analysées et modélisées.

Identification et reconstitution des états de couvert

Etat actuel

La nomenclature de la carte issue du traitement de l'image SPOT 2004 se divise en trois thèmes : couverts boisés naturels, plantations arborées (pin, eucalyptus), couverts non boisés (Figure carnet central 3a). La validation a donné des résultats satisfaisants. Les ombrages liés aux pentes forte surestiment la classe " boisé ", et les versants éclairés la sous-estiment.

Cette interprétation à haute résolution renouvelle l'image rendue par la cartographie à faible résolution, qui représente habituellement un couloir forestier isolé dans un ensemble non boisé (IEFN,

¹⁷ Un ré-échantillonnage de résolution 30 m en 10 m a permis une superposition pour une analyse multidade. Les canaux vert, rouge et proche infrarouge ont été exploités. Le traitement des images a commencé par une segmentation en trois zones d'altitude et de climat homogène. Dans les deux cas, il a été mis en œuvre une classification supervisée de chaque segment à partir d'un maximum de classes radiométriques (CR) obtenues par la méthode des centres mobiles. L'affectation des CR en classes de couvert se base sur le choix du thème de terrain le plus fréquent, et sur la visualisation de l'ensemble de la CR sur l'image.

¹⁸ Descriptions littéraires et croquis du 20^{ème} siècle (missionnaires norvégiens, anglais, français, administrateurs et géographes-naturalistes français) ; cartes militaires (service géographique) de 1903 à 1940, photo-aériennes et cartes civiles (IGN, FTM) de 1950 à 1990, avec cartes forestières et de végétation dérivées (Humbert et Cours-Darne, 1965) ; cartes obtenues par télédétection depuis 1975 (Landsat MSS) (Faramalala, 1993 : CI, 2002 ; Kew Garden, ss presse).

1994 ; base de données FTM 1/500000). Le couloir central se distingue certes très bien du reste, mais les deux régions latérales, généralement représentées non boisées, sont en fait riches en milieux boisés dispersés et fragmentés.

La région betsileo, à l'Ouest est représentée par une mosaïque de milieux boisés et non boisés. Les couverts non boisés dominant, ponctués de massifs boisés artificiels (pins, eucalyptus) discontinus. Cette région contient des fragments de forêts naturelles dans les rares zones d'altitude supérieure à 1300 m. Les plantations forestières sont de deux sortes : grands massifs industriels de pin et d'eucalyptus en bordure de couloir forestier, et plantations d'eucalyptus de faibles dimensions et disséminées dans les terroirs.

Le couloir forestier est une forêt naturelle de moyenne altitude dont le couvert boisé est très hétérogène à l'Ouest (mosaïque de fourrés, de forêts fragmentées linéairement par crêtes et thalwegs ou insulairement, de forêts continues), et continu à l'Est. La morphologie du couvert permet ainsi de distinguer nettement deux bandes, ouest et est, divisant longitudinalement le couloir. La limite ouest de la bande hétérogène est très découpée. Aussi pour désigner cette limite, le terme de frange serait mieux approprié que le terme de lisière. En revanche, la lisière est de la bande continue montre un tracé assez régulier et se cale assez précisément sur la courbe de niveau 800 m, au milieu de l'escarpement tanala. A proximité des voies de communications (Tolongoïna, Ranomafana), la lisière atteint 1000m sur les versants Nord.

La région tanala, à l'Est du couloir, se présente comme une mosaïque de milieux où le couvert boisé dense est très minoritaire mais omniprésent. Il existe une multitude de lambeaux forestiers de taille petite à moyenne (quelques ares à 1 km²), souvent groupés sur des reliefs. La densité de lambeaux est forte entre 400 et 800 m, faible en dessous de 400 m.

Etat ancien

La comparaison des cartes à très petite échelle les plus anciennes (Grandidier, 1875 ; Sibree, 1880) avec la plus récente (IEFN, 1994) montre une ressemblance certaine (Figure carnet central 16). On distingue les couloirs forestiers de l'Est malgache et des massifs isolés de l'Ouest. Il existe cependant des différences régionales nettes entre les deux dates. Ainsi la bande forestière de l'extrême Est, perçue par les deux explorateurs, apparaît émiettée ou inexistante en 2000. Selon ce que l'on apprend par les descriptions littéraires (Besson, 1893), la représentation cartographique était localement exagérée et extrapolée : ce deuxième " couloir " était en réalité discontinu et moins large que sur sa carte. Les pays tanala central et sud, montrés peu boisés sur la carte de Sibree, correspondent en revanche bien aux descriptions littéraires des premiers voyageurs occidentaux, qui n'y voyaient jamais un massif boisé mais un espace peu boisé (Sibree, 1876 ; Besson 1893)¹⁹. Les massifs forestiers de basse altitude, qui représentaient déjà moins de la moitié du couvert en 1875, sont à présent très émiettés. En revanche, le couloir forestier de moyenne altitude (corridor) serait resté inchangé. La déforestation aurait donc surtout concerné le pays tanala de basse altitude et épargné le couloir.

Les documents à grande échelle nous fournissent des possibilités de comparaison sur les états forestiers locaux. La description du pays Tanala de Besson (1893)¹⁹ par la route Ranomafana-Mananjary correspond bien à la représentation du levé de reconnaissance de Delpy (1903) au 1/80000 (4 classes explicites de couvert : forêt vierge, petite futaie, brousse, autre) ainsi que les cartes du Service Géographique de 1925 (1/200000) en deux classes (bois, autre). Le taux de milieux boisés

¹⁹ " Sa superficie [du pays tanala](...) 5000 à 6000 km (...), le quart à peine de cette étendue se trouve couvert de grands arbres entrelacés de mille lianes qui caractérisent la bande forestière de l'Est (...), de 12 à 15 km de large. Le reste du pays, est coupé, de loin en loin, à l'est, par d'autres bandes de bois plus étroites, et dans sa partie moyenne, par des îlots de verdure ou des bouquets d'arbres mélangés de ravinales. Partout ailleurs, on ne trouve qu'une brousse plus ou moins touffue, formé surtout par des longouzes (...). Enfin l'herbe croît sur certaines collines et au fond des vallées (...)" (Besson, 1893, p2).

y varie de 25 à 50 %. La région Ifananadiana-Tolongoina est la plus forestière. Ces deux cartes et descriptions sont aussi compatibles avec la carte des forêts de Madagascar de Lavauden et al. (1931) au 1/1000000. Ces premières représentations cartographiques fines constituent des références fiables des blocs à couvert boisé dominant.

Etats intermédiaires

Selon notre propre interprétation des photos 1954 et 1957 de la partie est du corridor et du pays tanala, quatre thèmes sont faciles à discerner et à représenter au 1/100000 : milieux boisés continus (bande est du couloir forestier), boisés dominants mais isolés, arbustifs bas dominants, herbacés dominants (Figure carnet central 18a). Les espaces à dominante boisée sont minoritaires (24%) conformément aux représentations du début du siècle, et amoindris par rapport à l'état 1903 (50%), selon la dynamique de déforestation de cette région soumise au tavy, à la conversion en caféières arbustives et à la croissance de population.

Nous avons tenté des recoupements avec les cartes officielles. Les cartes du service géographique au 1/100000 de 1933 (feuille O53), 1935-1937 (feuille P53) et 1940 (feuille O54) ont une échelle compatible avec notre photo-interprétation. Il n'en va pas de même avec leur nomenclature. Ainsi la feuille P53 de 1935 (pays tanala) ne connaît que deux classes : bois et brousses. Ce couvert " boisé " est représenté dominant (>80 %) et même continu, limitant les zones de brousses aux abords de villages, routes ou bords de rivières, qui étaient en réalité herbacés. Cette représentation est contradictoire avec notre interprétation, mais aussi avec les textes et cartes antérieures qui représentaient toujours des couverts boisés hauts inférieurs ou égaux à 50%. Les milieux arbustifs bas, qui auraient dû être placés dans une catégorie " brousse " ont été probablement inclus dans l'unité " bois ", alors que sur les cartes antérieures, ils en étaient probablement exclus. Le même problème se pose, côté ouest du couloir.

Les cartes IGN- FTM des années 1950-1970, réalisées pourtant à partir de photographies aériennes des années 1950, ont développé une nomenclature en trois classes. Mais elles reproduisent pourtant un couvert boisé dominant (60 à 75%), comme en 1935-1940 (Figure carnet central 18b). Il faut donc admettre que là encore, des milieux arbustifs de faible hauteur ont été inclus dans la classe des " bois " dans l'esprit de la carte antérieure 1935.

Parmi les sources servant à évaluer, même grossièrement, la couverture forestière ou boisée, toutes les cartes officielles IGN-FTM depuis 1935, ainsi que les cartes scientifiques (Humbert et Cours-Darne, 1965) et forestières dérivées, issues du modèle d'interprétation de l'époque, sont donc à écarter pour forte surestimation du couvert forestier (Figure carnet central 18c, Figure carnet central 18d).

Dynamique forestière au 20^{ème} siècle

L'évolution du couloir sera d'abord décrite à partir de celle de ses marges, plus précisément l'enveloppe des couverts boisés dominants (Ouest) et continus (Est), ainsi qu'à partir de l'apparition et de la croissance des clairières (Figure carnet central 17). Celle du pays tanala de basse altitude sera décrite à travers l'évolution des blocs où le couvert boisé domine (Figure carnet central 19). Puis une modélisation et des projections seront établies.

Frange du pays betsileo

La seule " avancée " forestière probante dans la région est la petite forêt d'altitude de Ialatsara (Nord Ambohimahaso, au Nord de notre zone). Elle est notée " brousse " sur la carte de Delpy où elle est environnée de formations ouvertes. C'est actuellement un espace fortement boisé : forêt naturelle environnée de reboisements d'eucalyptus (depuis 1927) et de pins (années 1950).

De 1903 à 2004, le long du corridor, l'espace boisé a reculé, mais plus ou moins par endroits. Les principaux reculs perceptibles à l'Ouest sont la quasi " disparition " du massif boisé du Tafia,

transformé en zone de fourrés et de cultures ; un recul net, sur 2 kilomètres environ, de la limite à l'Est d'Ampamaherana et Ampatsy, au Sud de Mahasoabe, et à l'Est d'Ambohimahaso. Il existe un profond recul sur près de 8 km, dans le haut bassin versant de la Matsiatra (Vinanitelo). Globalement, ces reculs maintiennent la forme générale du corridor.

Des clairières existaient déjà en 1903 (savane incluse d'Anjavidy). Les grandes trouées de la zone d'Androy-Amindrabe, transformées en cultures et fourrés, se sont initiées au début du siècle (sites d'orpaillage) puis se sont développées après 1956.

Lisière est du couloir

En moyenne altitude, la forêt de la bande de l'Est est restée continue. En 1903, la lisière des forêts continues voyait son altitude varier nettement en fonction de la pente de l'escarpement. Ainsi dans les secteurs de forte pente (sud Tolongoïna), la lisière commençait à 400 m, contre 600 m au Nord de Tolongoïna. La lisière est restée stable jusqu'en 1956. En revanche elle a depuis légèrement reculé de quelques kilomètres, en remontant l'escarpement, essentiellement au Sud de Tolongoïna. Actuellement la lisière est alignée sur la cote 800 m, et, dans de rares secteurs (versant au Nord, voies de communications avec villages de migrants betsileo), sur 1000 m. Cet alignement sur une cote stable marque une étape de stabilisation, autrement il existerait des avancées différentielles.

Evolution des blocs forestiers en pays tanala

La Figure carnet central 19 analyse l'évolution du couvert forestier de la bande Est du corridor et des basses terres depuis 1903. La population tanala avait établi ses villages dans les vallées, déterminant les premières zones déforestées (environ 50%) essentiellement en dessous de 400 m. Les blocs résiduels des zones de moyenne altitude ont été fragmentés et réduits de moitié en 1956 (24%), constituant un réseau de blocs boisés alignés sur les principaux reliefs. Le processus de déforestation s'est poursuivi à plus faible vitesse pour parvenir en 2004 à un taux de blocs résiduels de 10%, maintenus sur les reliefs les plus élevés (>600 m). Le couvert forestier de chaque bloc a reculé à l'intérieur de ses limites antérieures et l'on n'observe quasiment jamais de nouvelles forêts. Il persiste aussi une infinité de petits bouquets d'arbres en sommet de collines ou sur pentes très raides.

Modélisation et projections

La Figure 9 représente l'évolution forestière de la zone cartographiée, modélisée à partir des trois points reconstitués, et de deux hypothèses : taux de déforestation annuel constant, ou surface déforestée constante. Ils tentent des projections dans l'avenir et dans le passé basées sur l'application du taux de variation annuel ou de la variation annuelle de surface.

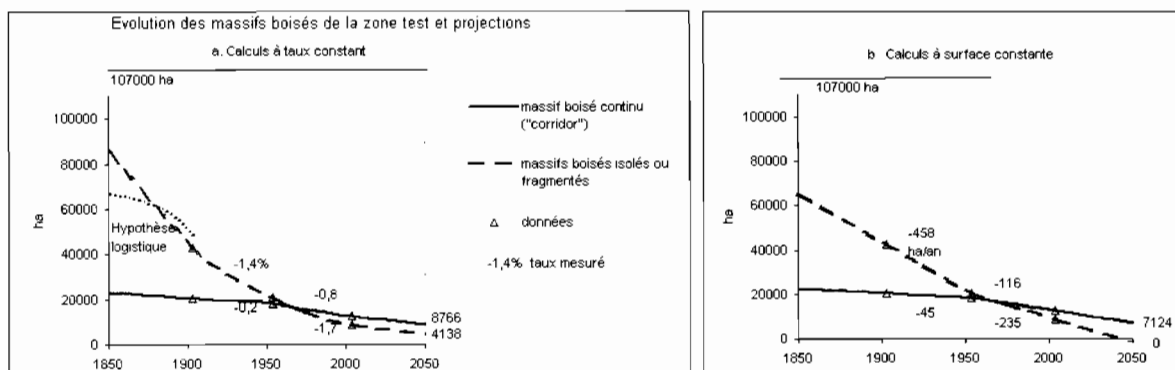


Figure 9. Modélisation de la déforestation de la zone tanala " forestière " et projections

La différence entre les deux types de forêt (continue de moyenne altitude à faible dynamique, fragmentée de basse altitude à dynamique rapide) est bien illustrée. En basse altitude, le taux de déforestation mesuré sur les deux demi-siècles est proche de -1,5%, ce qui pourrait donner un avantage au modèle à taux constant. Selon ce dernier, il restera la moitié des blocs actuels résiduels en 2050, alors que selon l'autre hypothèse, il n'y en aura plus.

Si l'on remonte dans le passé en revanche, y compris en choisissant un autre modèle de type logistique, simulant une phase initiale plus lente, la déforestation du bas pays tanala apparaîtrait comme un phénomène qui aurait pris de l'importance en fin de 19^{ème} siècle.

Dynamique actuelle

Malgré les imperfections de l'analyse multirate 1993-2004 (superposition encore imprécise), des résultats peuvent être interprétés de l'image obtenue (Figure carnet central 20).

Il n'apparaît aucune évolution dramatique de la frange ouest, si ce n'est dans les plantations forestières du pays betsileo. Dans le secteur d'Androy, et de Vinantelo, des plantations de pin installées en marge du couloir ont été converties en champs de manioc ou sont en régénération après exploitation du bois, suivie de feux.

C'est au sein de la bande ouest du couloir que des modifications locales apparaissent le plus :

- Certains fragments forestiers isolés de la frange extrême ont presque disparu pendant cette période (Androy) ; en revanche, à Vinantelo où la déforestation a connu son paroxysme entre 1956 et 1990 (cf. chap. 5), la dynamique s'est ralentie.
- Dans la bande ouest, de multiples clairières sont apparues, d'autres de sont étendues (Androy, Ampamaherana et Ampatsy, au Sude de Mahasoabe), renforçant le mitage existant en 1990. Les nouvelles conversions se situent soit à proximité d'un bas-fond ou d'un simple thalweg, soit agrandissent des clairières plus anciennes, associées à d'anciens noyaux de peuplement (Amindrabe). Il existe aussi des cas de retour forestier (réel ou d'artefact), atténuant ce bilan.

Sur le versant Est, l'évolution semble aussi ralentie.

- Sur la lisière tanala, des conversions sont enregistrées sur une bande très étroite en dessus de 800 m pour les expositions Nord et en dessous pour les expositions Sud.
- En pays tanala de basse altitude, des forêts résiduelles ont été défrichées pendant cette période.

Ces faibles conversions forestières de la décennie passée arrivent après les grands mouvements antérieurs de conquête des bas-fonds de la lisière betsileo et des forêts tanala de basse altitude. Elles se produisent aussi dans une période de forte sensibilisation et interventions (contrats GCF, parcs...) visant à l'abandon du défrichement.

Discussion

Il convient de revenir sur les méthodes employées, et notamment sur la démarche historique basée sur l'interprétation d'archives. Ensuite les dynamiques interprétées seront discutées non seulement sur leur intérêt scientifique mais aussi dans le cadre des politiques de conservation actuelles.

Approches de l'histoire de l'état d'occupation des sol

La recherche sur l'état ancien du couvert boisé, défini par un couvert haut (>6m) et fermé, a nécessité de partir du matériel et des méthodes des cartographes, et de critiquer leurs représentations. Il a fallu rejeter des sources dont certaines sont les cartes officielles IGN-FTM, et d'autres des cartes scientifiques (Humbert & Cours Darne, 1965) utilisées dans certaines publications sur la déforestation des plus citées (Green & Sussman, 1990). Un tel rejet massif de documents de référence doit être

discuté. Les données cartographiques militaires de 1903, de 1925, 1931 ont paru cohérentes avec des descriptions littéraires d'explorateurs. Mais la carte 1935-P53 qui donne seulement deux catégories de végétation, semble avoir conclu un " mauvais choix fondateur", en incluant sous le thème " bois " des milieux arbustifs bas, alors que le plus souvent l'on interprète " bois " par " milieu arboré ", donc " forêt ". Ce choix a été reproduit ensuite. Le recours à la photo-interprétation n'a rien arrangé, si les cartes antérieures servaient de base d'interprétation. La surestimation du couvert forestier s'est aggravée dans toutes les cartes dérivées. Non seulement elles ont interprété " bois " par " forêt " mais n'ont pas respecté, en changeant d'échelle, l'importance relative de la thématique. Ainsi sur la même zone représentative du pays tanala " forestier ", avec les mêmes sources photographiques 1954-1957 (Figure carnet central 18a, b et c), notre photo-interprétation donne un couvert boisé de 24%, compatible avec les représentations du début du siècle. En revanche les cartes FTM au 1/100000 font état d'un couvert boisé de 60 à 70%, la carte de Humbert et Cours-Darne au 1/1000000 donne un recouvrement forestier de 80%. Green & Sussman (1990) ont utilisé cette dernière. Sur la carte de Madagascar de prestige, en relief, distribuée par IGN, cet espace est à 100% forestier !

On pourrait penser qu'avec la généralisation de la télédétection, les cartes récentes sont plus fiables. Pourtant, des interprétations inexactes s'y observent aussi. De 1903 à 1993 (carte IEFN, 1994, qui sert à tous les SIG officiels ou d'ONG), la forêt dense semblerait avoir gagné sur l'Ouest en de nombreux points (Mandaratsy, Amparameherana, Ambohidalangina, Ambohimahaso). Après vérification sur les documents DGEF de reboisements (Mottet, 1960), et nos reconnaissances de terrain, ces " nouvelles forêts naturelles" sont partout de grandes plantations industrielles (pin, eucalyptus) mises en place dans les années 1950-1970 sur des milieux où se maintenaient seulement par endroit des fourrés et des bosquets naturels. Cette erreur de représentation des forêts naturelles revient dans la plupart des cartes officielles, même les plus récentes obtenues par télédétection, mais réalisées sans validations régionales. La classe " forêt " identifiée par télédétection n'est en effet pas séparable facilement entre forêts naturelles et artificielles anciennes. Nous-mêmes avons été obligés de séparer manuellement ces classes en fonction de nos reconnaissances de terrain.

Une autre anomalie méthodologique s'observe dans les cartes de déforestation, obtenue en superposant deux images rasters. Dans la carte de déforestation de CI (2002), reprise par le document de référence de gestion forestière malgache (Meyers *et al.*, 2007), il n'existe aucune entrée de nomenclature " non-forêt devenue forêt ". Un tel oubli est étrange. Une telle classe non seulement existe par régénération biologique de fourrés en forêt, mais de plus elle existe nécessairement comme artefact de mauvaise superposition d'images dans les zones fragmentées (Figure carnet central 20). Pour un bilan juste de déforestation, on doit déduire cette classe du nombre de pixels " forêts devenus non forêts " dont une partie est aussi due à ce type d'artefact, symétriquement. En omettant de signaler la classe de régénération (pour nettoyer l'image multidate de ses artefacts ?), on surestime la déforestation.

Il n'en reste pas moins que nos propres choix, et interprétations comportent eux-mêmes un degré d'incertitude, sachant que notre travail repose aussi sur une interprétation d'archives. C'est à la chance d'avoir trouvé aux Archives Nationales une carte de 1903 au 1/80000 avec relief et couverture forestière en plusieurs catégories explicites, et plusieurs autres sources convergentes, que l'on doit nos relatives certitudes. C'est aussi à la visite de la région tanala qui montre des traces anciennes de transformation anthropique telles que des landes *roranga*, milieux dégradés par plus d'un siècle de tavy répétés et de feux d'entretien, et qui prouvent que la déforestation n'y date pas partout des années 1960-70 comme le suggèrent les cartes IGN/FTM.

Si nous insistons autant sur l'aspect méthode, c'est pour rappeler que la véracité des cartes doit être sans faille, afin que ceux qui les utilisent soient sur un pied d'égalité face aux perceptions des détenteurs de connaissances de terrain avec lesquels ils doivent négocier. Mais c'est aussi pour

marquer la réserve que l'on devrait toujours adopter vis à vis de documents fussent-ils officiels, récents ou publiés dans de prestigieuses revues scientifiques.

Discussion sur les résultats

Le résultat scientifique principal est la mise en évidence d'un contraste de dynamique au 20^{ème} siècle sur un même massif forestier, entre les Hautes Terres betsileo (faible déforestation) et les basses-terres tanala (fortes déforestations), qui tend paradoxalement à se réduire voire s'inverser en fin de 20^{ème} siècle (stabilisation de la lisière Est, mitage et creusements de l'Ouest), nécessitant une compréhension des moteurs (chap. 5). La déforestation n'est donc ni un processus homogène à l'échelle régionale, ni stable, et donc difficile à prédire. Nos projections ne servent que d'outil d'alerte. La modélisation à l'aide des seuls taux moyens est insuffisante.

Hautes Terres

La faible étendue du couvert forestier des hautes Terres en 1875, et le maintien de structures forestières comme le couloir de Fianarantsoa jusqu'au 21^{ème} siècle, sous forte pression de population, renvoient le plus gros de la déforestation anthropique à des temps anciens et à de plus faibles emprises humaines sur le milieu. L'origine aurait été de multiples stress (changements climatiques, invasions biologiques, pratiques agro-pastorales) agissant en synergie sur les aires les plus sensibles, car aucun individuellement n'aurait suffi (Burney, 1997). Les siècles récents seraient, sur les H.T., des périodes calmes en matière de déforestation. Comme le suggère le chapitre 3, un certain équilibre entre l'homme et la persistance de la forêt du couloir y aurait même été trouvé.

Il n'y a pas eu d'avancées probantes de la forêt du couloir vers l'Ouest entre 1903 et 2004, ce qui ne veut pas dire qu'il n'y ait pas eu des régénérations au sein de l'espace désigné comme forestier, ou qu'il n'y en aura pas dans certains milieux devenus favorables (plantations forestières, Randriambanona & Carrière, chapitre 12). Seule la transformation de fourrés en forêt à lalatsara pourrait, en hypothèse, avoir été favorisée par l'aménagement forestier très ancien du plateau herbeux de lalatsara (eucalyptus plantés en 1927). Les feux peuvent traverser les eucalyptus mais ne prennent pas d'ampleur. Dans cette gamme d'idée, il conviendrait d'évaluer les impacts directs ou indirects de l'aménagement forestier en eucalyptus ou pin en bordure du couloir, afin de préciser ce que la forêt naturelle a gagné ou perdu de cet aménagement (transmission ou non des feux, dissémination d'espèces exotiques envahissantes, déplacement des riverains en forêt naturelle...).

La description d'un faible recul de la lisière ouest, au 20^{ème} siècle, qui tend à minimiser la déforestation côté betsileo, a été évoquée dans d'autres recherches, et en d'autres lieux (Coulaud, 1973 ; Green & Sussman, 1990 ; Ramamonjisoa, 1995 cité par Kull, 2004 ; Moreau, 2002). Cependant il est permis d'avancer des nuances à ce constat, voire de ne pas le partager.

En premier lieu, le terme "lisière ouest" est trop ambigu. La frange forestière ouest, profondément remaniée et fragmentée ne dessine pas une lisière de forêt continue. Parle-t-on d'une limite des milieux ligneux, d'une limite des savanes, ou d'un ensemble d'espaces où le couvert boisé naturel est dominant, définissant une "pseudo-lisière" ? A partir de cette dernière définition il a été constaté ici un recul de 1 à 8 km suivant les lieux, en un siècle. De plus des mitages et fragmentations de type linéaires existent aussi, au sein de la bande ouest le long des bas-fonds, thalwegs, et crêtes brûlées. Mitée, dentelée, parfois rongée, cette bande pourrait ainsi bientôt se fragmenter. En second lieu, en comparaison de quoi ce recul est-il jugé modéré ? Vis à vis de la faible largeur de la bande ouest (5 à 10 km), ce recul est en réalité très important. La bande est, qui représente les forêts les moins perturbées (Carrière *et al.*, chapitre 3) est désormais entamée (Vinanitelo, Ampatsy). L'étude des moteurs de la déforestation, en mettant en lumière les dynamiques actuelles, aggravera ou non le pronostic.

Versant Est

A l'Est du couloir, la déforestation rapide des " basses terres " qui étaient restées forestières en début de 20^{ème} siècle a été aussi observée par Coulaud (1973) en région Zafimaniry, au Nord de la région d'étude. Au Sud en revanche (Ikongo), la conversion forestière en milieux herbacés et arbustifs avait eu lieu avant le 20^{ème} siècle (Besson, 1893 ; Beaujard, 1973). Paradoxalement les limites est du couloir (zone des forêts continues) ont peu changé depuis le début du 20^{ème} siècle et ont seulement fini par s'aligner sur la cote 800m. Nous avons déjà abordé les causes anthropo-climatiques de cette conservation de la bande est dans le second chapitre. Ceci induit le paradoxe suivant : la forêt du couloir, qui est une forêt de moyenne altitude, est moins menacée en zone de tavy extensif tanala qu'en zone de riziculture intensive betsileo. Les zones tanala à surveiller, près des voies de communication, sont en fait des villages betsileo de migrants, cultivant la banane à plus de 800 m d'altitude (Andrambovato, Ranomafana). Les reliques de forêts de basse altitude (hors corridor, ou liées au corridor sud) sont en revanche très menacées par le tavy tanala. Le principal danger de rupture du corridor, viendrait donc de l'Ouest. Finalement les taux annuels moyens de déforestation (-0,2 à -0,8% pour la bande Est du corridor, -1,4 à -1,7% pour la basse altitude) ont été moindres que selon Green et Sussman (1990) : -1,7% sur la totalité des forêts de l'Est), mais compatibles avec les observations du programme PAGE cité par Dufils (2003). Les résultats de C.I. (2002) donnent -1,2%, pour les forêts de la province de Fianarantsoa entre 1993 et 2000, ce qui pourrait être surestimé, sachant que l'essentiel des forêts restantes est de moyenne altitude (voir plus haut notre objection méthodologique sur leur analyse multirate). Cette déforestation " moindre que prévu " ne doit cependant tromper personne : les forêts de basse altitude sont bel et bien en voie de disparition pure et simple, et les forêts du corridor auraient droit à un simple sursis.

Importance pour la conservation

En matière d'action, cette variabilité des dynamiques dans l'espace et dans le temps exige un *monitoring* précis et une approche locale. Il faut aussi abandonner certaines idées reçues, qui marquent encore les esprits dans le monde de la conservation mais aussi de la recherche. Ces évolutions locales de la forêt du couloir, bien que préoccupantes vis à vis d'un risque de rupture, n'ont rien de commun avec un phénomène de déforestation en front pionnier, tel qu'il a été décrit à Madagascar en forêt des Mikea par exemple (Razanaka *et al.*, 2001), et ont peu à voir avec le tavy qui concerne avant tout les Basses-Terres.

Il s'agit d'une expansion des espaces agricoles (bananiers, exploitations betsileo) au sein du massif forestier mais pour l'instant dans des limites précises (à l'Est, la cote 800 m en général, 1000 m près des voies de communication ; à l'Ouest dans les zones riches en bas-fonds et sur certaines pentes les plus fertiles), et dans des secteurs privilégiés (Vinanitelo, Ampatsy, Amindrabe, Ranomena).

La dynamique régionale de déforestation apparaît ainsi épargner la bande est du corridor au dessus de 800 m (sauf près des voies de communication), et se concentrer à l'Ouest en des points où il conviendrait d'agir prioritairement si l'on veut éviter une rupture du corridor. Mais à Madagascar, il semble que, contrairement aux recommandations de Myers *et al.* (*op. cit.*) pour l'échelle mondiale, un niveau de menace élevé n'est pas toujours le principal critère de priorisation des actions de protection. Pendant la décennie 1990, pendant laquelle l'écosystème de forêt sèche des Mikea disparaissait dans une indifférence relative (Razanaka *et al.*, 2001), la forêt humide de montagne de Ranomafana, beaucoup moins menacée à court terme, devenait un parc national afin d'y protéger une espèce rare de lémurien découverte seulement en 1987 (Mittermeier *et al.*, 2006). Combien d'espèces encore inconnues et de ressources forestières ont-elles été perdues en forêt des Mikea ?