

## Chapitre 1

# À l'Est de Madagascar, le relief structure les paysages

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

**Résumé :** La déforestation des forêts de l'Est et leur richesse en espèces endémiques en font un " hot spot " de biodiversité. La morphologie en couloirs des derniers massifs forestiers renvoie à différentes hypothèses explicatives. Ils sont décrits comme les résidus de " fronts de déforestation ". Pourtant, un lien marqué entre ces reliques et la " zone de la falaise " apparaît à l'évidence, questionnant le lien entre paysage et géographie physique. La démarche adoptée étudie dans le cas du couloir Ranomafana-Andringitra la distribution des variables physiques primaires (géologie, relief, morphologie) à deux échelles (régionale et locale), puis la confronte au paysage régional ou local. A l'échelle régionale, le grand escarpement dont la pente n'est pas toujours raide est le principal organisateur des lisières du massif forestier, y compris de la frange ouest, qui apparaît à distance régulière de l'escarpement et a proximité de la ligne de partage des eaux. On retrouve sur la plupart des escarpements de l'Est malgache des reliques forestières dans la même position. Le paysage du couloir se structure alors en deux bandes : à l'Ouest, une mosaïque de forêts naturelles basses, de formations secondaires, de fourrés, de zones agricoles centrées sur les bas-fonds autour de quelques hameaux épars. A l'Est et sur le haut de l'escarpement (> 800 m), une bande quasi déserte sans bas-fonds, couverte de forêts naturelles hautes et secondaires soumises à la cueillette (miel, bambous, bois). Les mesures de gestion de l'espace forestier et plus généralement du territoire régional devraient prendre en compte ce rôle structurant du relief car les enjeux mais aussi les difficultés de la conservation seront eux mêmes inévitablement structurés par ces variations physiques.

Mots clé : Forêts, Est Madagascar, relief, géomorphologie, paysage

---

Ce chapitre se propose d'explicitier la répartition sous forme de couloirs des forêts de l'Est malgache. La géographie physique est le facteur-clé de la répartition des formations végétales naturelles, donc des ressources qui y sont liées, à toutes les échelles d'observation (Gausson, 1988). Mais les actions de l'homme depuis les âges préhistoriques ont modifié le couvert végétal et changé sa répartition : savanisé des forêts (Razanaka *et al.*, 2001), converti des forêts naturelles en agro-forêts et en plantations industrielles (Michon *et al.*, 2003), ou remplacé la forêt humide malgache par des formations secondaires de diverses physionomies (Humbert, 1927 ; Green & Sussman, 1990). Le paysage végétal est donc la résultante de deux influences. Quelle est l'importance relative des variables physiques et des variables humaines dans la structuration des paysages ? Dans certains cas, telles les variations de densité de population dans les savanes d'Afrique de l'Ouest, qui jouent directement sur le paysage végétal (savanes ou parcs arborés agricoles), les variables physiques ont joué un rôle structurant mineur par rapport aux faits politiques : " ...espaces inexploités et surfaces épuisées cohabitent, les foyers démographiques étant le résultat de choix humains et d'avatars historiques, largement indifférents, du moins à leur origine, à la valeur ou à la médiocrité des ressources naturelles " (Pélissier, 1978). Mais elles acquièrent un rôle plus structurant aujourd'hui dans le cadre de l'agriculture paysanne cotonnière qui tend à concentrer les populations dans les vallées aux sols plus recherchés pour cette activité (Serpantié, 2003). L'importance structurante du facteur physique dépend de l'échelle considérée, des lieux et des temps. Ce sera aussi le cas pour les dynamiques forestières. Celles-ci, résultant du bilan entre destruction et création (par régénération, progression ou reconstruction), impliquent à la fois l'homme et les conditions physiques.

Dans le contexte malgache, après deux millénaires d'évolution régressive du couvert végétal naturel en présence de l'homme (Humbert, *op.cit.* ; Burney, 1997), la morphologie et la situation des massifs

forestiers naturels relictuels telles que nous les décrivait les premières cartes forestières disponibles, sont particulières. Elles prennent la forme de couloirs quasi-parallèles aux côtes (Grandidier, 1875 ; Sibree, 1880) (Figure 1). En fin du 20<sup>ème</sup> siècle, l'organisation générale des forêts naturelles est restée globalement la même (Figure 2). C'est le cas du corridor Ranomafana-Andringitra, qui sépare Betsileo et Tanala. Une autre bande forestière, disparue depuis, faisait frontière entre Tanala et peuples côtiers. Quand on ne présente qu'une carte forestière (Figure 2), sans autre élément d'appréciation que les groupes humains, et sachant l'importance de la déforestation d'origine agro-pastorale, on pourrait privilégier une cause politique à cette situation : les couloirs représenteraient des résidus de milieux naturels à la frontière entre deux peuples agricoles, dont la distribution donnerait sa forme au massif.

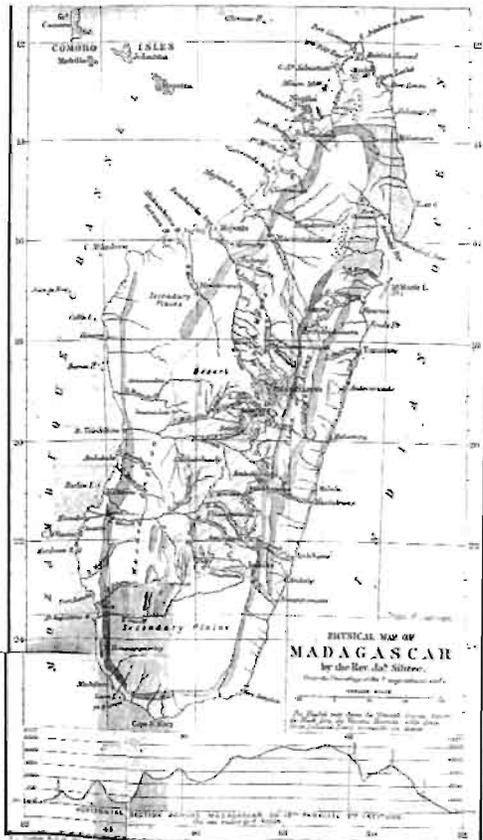


Figure 1. Carte forestière ancienne (Sibree, 1880)

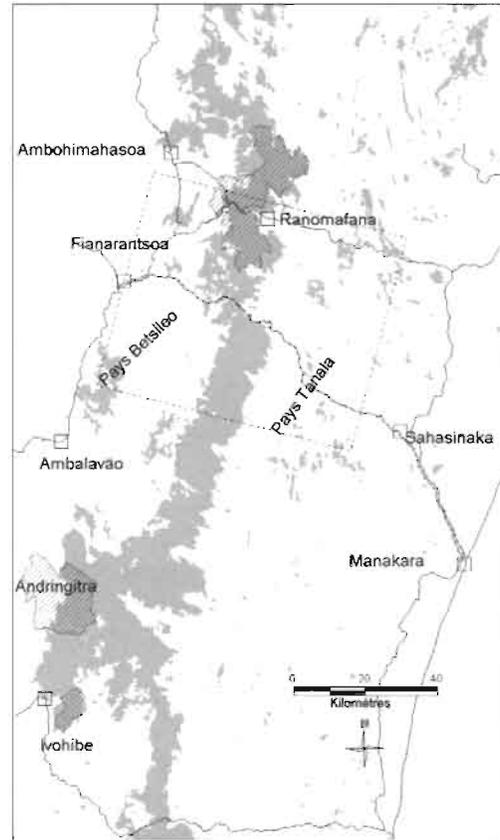


Figure 2. Couloir forestier. et lambeaux de " forêts denses ", aire protégées, fenêtre de la scène SPOT (Source : carte IEFN 1/200000 ; DEF, 1994)

Mais d'autres hypothèses s'imposent, car le caractère " régulier " et parallèle aux côtes des lisières forestières est peu compatible avec un simple phénomène politique. N'y a-t-il pas là un lien étroit avec des variations de milieu physique ? La persistance de ces forêts pourrait trouver son origine dans une interaction homme-nature où le champ des variables physiques a joué un rôle particulièrement modérateur des pratiques destructrices ou de leur impact, et donc particulièrement structurant de la géographie régionale. Le milieu physique a-t-il été, est-il encore une des variables fondamentales de la relation homme / forêts dans le contexte des couloirs malgaches, une des inconnues de " l'équation de la conservation " ?

## Méthode

Afin de chercher de tels liens, la première étape de la démarche vise la spatialisation des facteurs physiques. Ces données sont restituées dans un SIG. Elles sont ensuite mises en relation avec les paysages et leurs caractérisation écologique et humaine (types de couverts, peuplement).

Les données physiques régionales ont été recherchées et complétées par des mesures et reconnaissances complémentaires. Il s'agit de données physiques primaires, à savoir la position géographique, la géologie, la topographie et la morphologie. Nous aborderons le climat et les sols dans une approche explicative des relations rencontrées entre milieu physique et forêts, dans le chapitre suivant.

La méthode d'étude du couvert actuel repose sur une cartographie assistée par télédétection<sup>5</sup> avec reconnaissances de terrain, dont la méthode de traitement est synthétisée au chap. 4.

La méthode de calcul des densités de peuplement à deux dates (1936, 1993) est donnée chap. 5.

Deux échelles d'analyse sont requises, régionale, et locale. A l'échelle régionale, les couverts végétaux<sup>6</sup> sont cartographiés et confrontés à la topographie, grâce au SIG mis en œuvre sous Mapinfo ©. A l'échelle locale, un transect d'un petit segment du corridor a fait l'objet d'une cartographie écologique, morphologique et d'un MNT, à partir d'une exploitation plus fine et plus spécialisée des données de télédétection et des cartes disponibles au 1/50000, et d'une reconnaissance de terrain sur un transect complet.

## Résultats

Les différentes variables physiques primaires sont la position sur le globe terrestre, la géologie, le relief, et la morphologie. Pour une meilleure compréhension des résultats, la spatialisation de la variable considérée sera suivie de l'analyse de ses liens avec le paysage.

### Position géographique

L'allongement de l'île malgache, son orientation nord sud, sa côte est rectiligne, sa position intertropicale la confrontent en entier à l'alizé de l'Océan Indien, et, en été, à la convergence intertropicale. Elle détermine dans la partie est un climat tropical humide, et une série de végétation se rattachant au type climacique de forêt, qui se décline en fonction de l'altitude : moyenne altitude (800-1300 m) et basse altitude (0-800 m) (White, 1986). Malgré cette humidité et le climax forestier, les espaces de basse altitude sont à dominante de formations herbacées près des côtes, arbustives loin des côtes, et forestières au niveau de la falaise. C'est aussi le cas des Hautes Terres : d'Ouest en Est se succèdent des savanes et pseudo-steppes, des petits massifs de forêt en altitude, fourrés et forêt à partir de la ligne faîtière, forêt continue en bordure de falaise. A l'échelle continentale, le lien du paysage biologique au milieu physique est clair. Il en est de même de la population : dense sur les côtes, peu dense en arrière pays côtier, dense sur les Hautes terres. Globalement, les fortes densités correspondent aux milieux herbacés, les faibles à la forêt.

### Substrat géologique régional

Selon les différents auteurs des cartes géologiques de la région du couloir étudié (feuilles au 1/100000 O53-O54-P43-P54), Boulanger et al. (1957), Chantraine (1967, 1968), Besairie (1973), la région

<sup>5</sup> image SPOT5, mars 2004, copyright CNES 2004, distribution Spot Image S.A. programme ISIS

<sup>6</sup> La carte représentant les types de couverts végétaux est une représentation en trois classes : couverts boisés naturels (végétation spontanée arborée dense à moyennement dense de plus de 6 m) ; couverts boisés artificiels (végétation plantée) ; couverts non boisés (sols nus, couverts herbacés, arbustifs, couvert arboré peu dense).

betsileo-tanala appartient entièrement au socle cristallin, plus précisément à un ensemble complexe de roches sédimentaires métamorphisées<sup>7</sup>, daté de plus de 3 milliards d'années au début du Précambrien. Plusieurs orogénèses ont eu lieu jusqu'au Cambrien. Des fracturations et intrusions basiques se sont produites au Crétacé. Les affleurements se partagent entre gneiss, migmatites, et granites métamorphiques. La ligne de partage des eaux qui longe souvent mais pas systématiquement la limite ouest du couloir forestier sépare deux régions géologiques : la région complexe granito-gneissique betsileo et l'ensemble granitoïdo-migmatitique de la falaise.

A l'Ouest de la ligne faîtière se succèdent d'Ouest en Est des formations granitiques intrusives ou stratoïdes à structure anticlinale, mises en relief par érosion différentielle, intercalées par des affleurements d'ectinites<sup>8</sup> à structure synclinale, et mises en creux (Chantraine, 1968). Au sein des gneiss, existent des filons de granitoïdes et de quartz non figurés sur les cartes. Plus résistants, ils forment des verrous dans les bas-fonds, produisant un profil hydrologique en biefs séparés par de petites cascades qui facilite l'irrigation des bas de pentes et la maîtrise de l'eau.

A l'Est, l'ensemble granitoïdo-migmatitique de la falaise fait partie de la bande méridienne granitique du grand-escarpement qui délimite les Hautes Terres, à l'Est. Les granitoïdes, par érosion différentielle, ont déterminé de hauts reliefs (tels que l'Ambondrombe, le pic de Tsitondroina). Les granitoïdes qui affleurent dans la partie ouest du corridor sont à deux feldspaths (plagioclases roses et orthoclases blanches), donnant une chimie calco-alcaline (plus de Na que de Ca, Mg), favorable à une altération gibbsitique en condition très humide. La gibbsite est une forme minérale de l'alumine qui produit des indurations dans les sols ferrallitiques en imprégnant des horizons compacts. Ces indurations sont abondantes sur les parties hautes et planes du modelé.

La " série de Tolongoïna ", affleure au niveau de la falaise et à son pied. Elle est constituée de gneiss feldspathiques (plus altérés que les gneiss de l'Ouest) et de migmatites.

Aucun lien direct et précis entre unités de la carte géologique et carte de la végétation ne peut être reconnu (Figure carnet central 2), si ce n'est une tendance du couloir forestier à se caler sur les premières zones granitiques qui viennent à l'Ouest des grands affleurements migmatitiques tanala, ce contraste déterminant la position moyenne de la falaise. Cette correspondance proviendrait d'un effet de la géologie sur la topographie, et de la topographie sur la localisation forestière. On trouve aussi, au sein du bas-pays tanala et plus à l'Ouest en pays betsileo, des massifs forestiers " accrochés " à des granitoïdes et à certains facies de migmatites (les migmatites à pyroxène de l'Ampasary), toutes roches déterminant des reliefs localisés (petits escarpements, reliefs marqués). Ici encore, la topographie pourrait être le facteur clé, lui-même déterminé par certains contrastes de types de roches.

Outre son incidence sur le relief, la géologie a quelques incidences économiques, mais aussi forestières, directes. Les gneiss du pays betsileo et de l'ensemble de la zone du couloir renferment des gisements utiles (or alluvionnaire, graphite), qui ont été ou sont l'objet de prospections artisanales. Plus au Sud (Miarinarivo), le couloir forestier fait l'objet de prospections de gemmes qui occasionnent des ruées périodiques sur les nouveaux placers régulièrement découverts. A ces pressions minières passées et actuelles, il faut ajouter la valorisation géologique industrielle potentielle, déjà engagée à travers les " carreaux miniers " qui délimitent des aires de prospection, particulièrement concentrées dans le Sud du corridor R.A.

## Topographie régionale

L'île malgache, masse rigide issue du continent primitif<sup>9</sup> a subi plusieurs cycles d'aplanissements et de reprise de l'érosion à chaque variation du niveau de base du système de drainage. Ces variations ont

<sup>7</sup> " système du Graphite "

<sup>8</sup> gneiss assez peu micacés, à amphiboles et pyroxènes dans la zone du corridor

<sup>9</sup> Elle s'est détachée au Permien de l'Afrique et au Crétacé de l'Inde

deux origines : la destruction des verrous rocheux pendant l'enfoncement du système de drainage, et de multiples mouvements tectoniques, effondrements et bombements, flexures, résultant de mouvement isostatiques, de l'érosion et de l'accumulation périphérique de sédiments. Des basculements sont révélés par des discordances entre couches sédimentaires de l'Ouest. A cela s'ajoutent de grandes cassures dans les axes longitudinal et SE-NO, déterminant l'orientation de la côte Est, ainsi que des fosses (Alaotra) et des horsts. De cette histoire géologique mouvementée naissent plusieurs traits particuliers de l'île. Tout d'abord sa topographie est dissymétrique, avec orientation du réseau hydrographique essentiellement vers l'Ouest, et une ligne de partage des eaux décalée à l'Est. Le centre de Madagascar a la forme d'un plateau central à environ 1000 m d'altitude, parsemé de massifs montagneux localisés où l'altitude est portée à 1300 m et plus, délimité à l'Est par un grand escarpement représentant la partie sommitale du profil d'érosion de la côte est, proche de la ligne faitière.

La carte des couverts boisés a été réalisée à partir de l'image SPOT de mars 2004 (Figure 2 et Figure carnet central 3). Elle est analysée par rapport à la topographie, matérialisée par 4 courbes de niveau caractéristiques 400, 800, 1000, et 1300 m, qui isolent l'escarpement et les massifs résiduels.

La région betsileo, à l'Ouest (1000-1300 m) est une mosaïque de milieux boisés, et non boisés : savanes ou pseudo-steppes, cultures, rizières de bas-fonds. Les couverts non boisés dominent, ponctués de massifs boisés artificiels discontinus. Cette région ne contient des fragments de forêts naturelles qu'au Nord-Ouest (zone d'altitude >1300 m).

Le couloir forestier est une forêt de moyenne altitude, séparable longitudinalement en deux bandes, fragmentée et mitée à l'Ouest (association de parties forestières, de fourrés, et de savanes incluses), et continue à l'Est. La distance qui sépare la frange ouest au grand escarpement tanala dépend de l'altitude de la frange : 10 km environ, excepté en cas de relief supérieur à 1300 m, où la frange forestière se décale à l'Ouest (Androy, mont Ambohipanja, Mahasoabe). A l'inverse, un resserrement du couloir forestier s'observe dans les lieux de moindre altitude, au passage du chemin de fer FCE (1000 m, centre de l'image). La lisière est du couloir montre un tracé assez régulier et se calque sur la courbe de niveau 800 m, à mi-escarpement, étagé de 600 à 1000 m. Les reculées du couvert boisé vers l'Ouest correspondent aux échancrures de l'escarpement.

La région tanala, à l'Est du couloir, se présente comme une mosaïque de milieux où les forêts constituent des lambeaux de petite taille (un ha à 1 km<sup>2</sup>) regroupées par endroits notamment sur des reliefs allongés. Elle se divise nettement en deux ensembles : un milieu moyennement boisé (32%) de basse altitude (400-800 m) à matrice dominée par des fourrés arbustifs, et un milieu très peu boisé (16%) à très basse altitude (< 400 m), à matrice partagée entre couverts arbustifs et herbacés.

Dans le secteur couvert par l'image SPOT, la topographie est particulièrement structurante du paysage. Le lien à l'escarpement des deux limites est et ouest du couloir est très clair. Au sein des régions betsileo et tanala, l'altitude est aussi un facteur de maintien de couvert forestier.

Hors de la zone couverte par l'image, la carte IEFN (DEF, 1994) au 1/200000, fournit la position du couvert forestier dense vers 1993. La cote 800 m n'est pas partout la cote limite du couvert boisé, à l'Est du couloir. Au Sud d'Ikongo, le couloir forestier commence à 600 m, et même 400 m dans le couloir de Vondrozo. La cote 800 m serait donc un maximum. Exceptionnellement, la limite monte à 1000 m près des voies de communication.

A l'échelle de la région du corridor, les escarpements ont été représentés sous la forme de segments disposés à la base d'une zone où deux courbes de niveau (décalées de 100 à 300 m) sont distantes de moins de 5 km (Figure carnet central 4). Une couleur est attribuée à chaque type d'escarpement, selon la cote de départ. Là où les escarpements sont de grand dénivelé, les segments élémentaires se juxtaposent. Un lien étroit existe entre un escarpement aligné nord-sud ayant pour cote de base au moins

200 m et un couvert forestier à l'Ouest de cet escarpement, sur son revers. En cas de séries d'escarpements distants les uns des autres, les couloirs forestiers s'élargissent ou se divisent.

Tous les escarpements nord-sud continus, d'au moins 400 m de dénivelé, ont favorisé la conservation du couvert forestier sur une dizaine de km à l'Ouest de l'escarpement. Ce constat se confirme à l'échelle de l'Est malgache. Plus que l'altitude, les variations d'altitude représentent le facteur clé, tant au niveau de l'escarpement (apparition de la forêt) que à dix kilomètres à l'Ouest (disparition souvent à proximité de la ligne faîtière).

Sur le plan du peuplement humain, la carte des densités (Figure carnet central 5) montre que la lisière ouest sépare la population en deux zones homogènes (zones forestières/zones non forestières) en 1933, et en trois zones en 1993. En effet la population de la forêt du corridor croît moins vite que la population du pays tanala. La zone de concentration de peuplement betsileo se situe à l'Ouest de la zone étudiée, les savanes bordant le couloir étant anciennement peu habitées et consacrées à l'élevage extensif. Le paysage humain est donc lui aussi structuré par la topographie, mais à la fois par l'altitude (faible densité en basses terres, forte en hautes terres) et par la présence des escarpements (faible densité à l'Ouest des escarpements).

La conservation de la bande forestière aurait donc été fortement influencée jusqu'à présent, dans le contexte rural malgache, par des conditions liées à la topographie régionale dont un caractère marquant est la succession d'escarpements de direction nord-sud, délimitant des espaces étagés. Ce n'est pas tant l'étagement qui semble compter que la présence d'un escarpement, puisque la forêt cesse précisément vers 10 km à l'Ouest des escarpements, sans changement d'altitude notable.

## Géomorphologie locale

La relation entre végétation et morphologie s'inscrit dans une analyse locale, dans la zone du corridor. Elle ne convient pas à une analyse régionale du problème, pour laquelle l'approche topographique a rendu des résultats très probants et suffisants.

**L'Ouest de la région d'étude, partie sud du plateau central**, est parsemé de reliefs résiduels, plateaux ondulés et dômes rocheux, traduisant un stade de maturité du profil d'érosion, dernier stade avant le stade pénéplaine. Il a existé en effet dans le passé différents cycles d'érosion succédant aux mouvements tectoniques, aboutissant, malgré la diversité des roches, à un aplanissement imparfait ou surface d'érosion. Les reprises d'érosion ont dégagé les inselbergs et certaines parties des aplanissements antérieurs (devenant des témoins), produisant de nouveaux aplanissements plus bas sur les zones tendres, et des escarpements de raccord entre surfaces étagées. Les géomorphologues distinguent une surface I, supérieure, du Crétacé supérieur (niveau dit des " *tompoketsa* "), une surface II, moyenne, méso-tertiaire ceignant les Hautes Terres, en légère pente vers l'extérieur, et une surface III, inférieure, fini-tertiaire, qui se développe seulement dans les roches les plus altérables (Bourgeat & Petit, 1969 ; Besairie, *op.cit.* ; Delenne et Peltier, 1980).

Sur les Hautes Terres, donc à l'Ouest de la falaise, les crêtes les plus élevées de la région (1400 à 2000 m), planes, peuvent être rattachées à la surface I. Le couloir forestier (1300-1100 m) en légère pente vers l'Est présente des reliefs de dissection dérivés de la surface II qui entoure les hautes terres. Cette unité se compose d'une " association de collines convexes, souvent allongées, de niveau assez constant, se reliant à un système de bas-fonds peu développés par des versant très redressés mais à petite concavité à la base" (Bourgeat & Petit, *op.cit.*). Elle tronque des roches d'indice de dureté différente (ici gneiss et granitoïdes)<sup>10</sup>.

Les bassins de gneiss du pays betsileo, aux collines basses (1050 m) séparées de larges bas-fonds

<sup>10</sup> Cette unité se décompose en plusieurs types de modelés dérivés : surface peu rajeunie au drainage peu encaissé entre des croupes basses convexes (massif de Analamenia, plateau de Anisarotra-Tsifafana) ; surface rajeunie au modelé de dissection moyennement profond (50 m de dénivelée), avec des collines montrant un début de relief polyédrique. Enfin, la zone très accidentée de la falaise est traversée de gorges isolant de hautes collines dont certains sommets ont des sommets parfaitement plans, témoins de la surface II, ainsi que de pics en forme d'écaille (Tsitondroina).

organisés " en bois de cerf " correspondent à la surface inférieure (III) fini tertiaire suivant la description qu'en font Bourgeat & Petit (op.cit.) pour le centre des Hautes Terres<sup>11</sup>. Il faut associer à cette surface III quelques petites alvéoles au centre même du corridor telles que Ampasina et Anjavidy, mais aussi des bassins formant des retraits de la frange ouest en plusieurs endroits (Haute Ranomainty, Haute Matsiatra, alvéole d'Ambolahamasina). Les alvéoles centrales se produisent sur gneiss vers 1150 m, le modelé est très adouci autour de marécages étendus, entourés de savanes et de milieux buissonnants (Figure carnet central 6).

**La falaise et ses indentations** (600-1000 m) sont creusées au Sud de Tolongoina dans les gneiss et migmatites de la série de Tolongoina, et au Nord dans une longue bande de granitoïdes microcliniques. Une autre bande de granitoïde plus étroite détermine un petit escarpement au sein du bas-pays tanala (pont du Namorona, et chutes du Faraony au Nord Est de Tolongoina.). Que ce soient des différences de types de migmatites, un contact gneiss/migmatites ou gneiss/granitoïdes, les contrastes lithologiques locaux peuvent expliquer la localisation moyenne des divers escarpements de la région. Il existe aussi des accidents tectoniques, de direction NO-SE, accompagnées de dykes basaltiques datés du Crétacé, déterminant de nombreux axes de drainage et petites indentations de la falaise<sup>12</sup>.

**Le pays tanala**, vu des sommets de la falaise (1100 m), est un moutonnement infini de collines 500 m plus bas évoquant les vagues de la mer, car leur organisation générale suit la direction de la schistosité Nord-Sud, elle même parallèle à la falaise. Il s'agit d'un haut-relief de dissection. Le relief polyédrique, " multiface ", est très accusé au pied de la falaise, où les pentes de 40° et plus (barres rocheuses) sont courantes et les collines ont souvent 100 m de dénivelé. Les cascades sont nombreuses. Tout indique un relief au stade juvénile, témoignant de l'activité intense de l'érosion géologique dans cette zone aux roches facilement altérables, au climat tropical chaud et très humide, et à la situation en sommet du profil d'érosion continental. Ce relief aigu et les glissements de terrains qui se produisent pendant les cyclones donnent des versants globalement droits longitudinalement, mais irréguliers transversalement et à l'échelle de la parcelle : multiples creux, micro ravins, crêtes et arêtes dissymétriques, expositions changeantes. Les bas-fonds sont étroits, rares et disséminés.

**Relations entre l'unité morphologique, le paysage végétal, et les activités humaines à l'Ouest de la falaise.** Toutes les anciennes savanes ou pseudo-steppes du pays betsileo s'inscrivent dans la surface III rajeunie au point que la colline herbeuse, porte un nom vernaculaire betsileo (le *tamboho*) désignant à la fois le type morphologique de colline basse convexe typique de cette surface, et un type de milieu herbacé. Le paysage végétal actuel de cette unité, à l'échelle du versant, s'étage entre rizières soignées en bas fonds, terrasses et cultures quasi-permanentes diversifiées en bas de pente (*tambina*). En haut de pente, on trouve, prairies pâturées, cultures temporaires de manioc et d'ananas sur colline, aménagées avec rigoles et rideaux, plantations de pins et d'eucalyptus. Les savanes incluses dans le couloir forestier, consacrées au pâturage, se situent dans des alvéoles de la surface III. Leurs vastes marécages tourbeux ne sont pas mis en valeur.

Les fourrés à fougères, éricacées et arbustes, soumis à des feux récurrents sont associés aux témoins peu rajeunis de la surface II, et aux crêtes dans les zones rajeunies de cette surface.

La forêt fragmentée et mitée de la bande ouest, dont le couvert a 10-12 m de haut, est une forêt secondarisée (Ratsimisetra, 2006) dominée par quelques espèces de *Polycias* et *Weinmania*. Elle couvre surtout les pentes du modelé profondément disséqué dérivant de la surface II. Sur les crêtes, outre

<sup>11</sup> Généralement sur roches tendres et à l'amont de seuils granitiques (seuil au confluent Iboaka-Matsiatra), -présentation en " alvéoles " en limite de lignes de partage des eaux, -ensemble de croupes d'interfluve, à bas-fonds importants en surface (env 10%) peu encaissé (30m) mais versants très redressés, forte hiérarchisation des thalwegs en bois de rennes, (indiquant un ancien climat plus humide), -raccordées progressivement aux témoins du niveau II par de grandes pentes disséquées et un système d'épaulements ; rajeunissement en collines convexes.

<sup>12</sup> Ainsi l'axe du Sahambavy en amont d'Ambendrana est précisément lié à une telle faille.

les fourrés, on trouve des forêts basses, peu denses, au sous-bois de mousses. Des rizières et *tambina* colonisent peu à peu les bas-fonds généralement étroits et profondément encaissés, de façon dispersée. Le raccord entre les deux surfaces II et III, dont le pied est la lisière de la savane à l'Est, se partage entre lambeaux de forêts en haut de pente (*songon'ala*), et pentes partagées entre cultures temporaires (maïs, haricot, manioc), plantations de canne à sucre, jachères arbustives (*kapoka*) et gazonnantes (*kilanjy*).

**La forêt peu perturbée de la bande de l'Est** a un couvert plus élevé (15-20 m), une flore et une faune très diversifiées. Elle se situe sur le revers de l'escarpement et sur les pentes raides de l'unité morphologique de la falaise. Les rivières sont bordées de ripisylves. Les sommets plans et rocheux portent un fourré discontinu de mousses et de plantes rupicoles et saxicoles.

**Les bas-fonds marécageux** (Figure carnet central 2), abondants dans les surfaces III du pays betsileo (et traités en rizières), sont minces et rares dans la bande forestière ouest, parfois limités à une bande herbeuse d'une vingtaine de mètres (zone des granitoïdes). Leur conversion en rizière est encore partielle, mais sous forme dispersée. Ils s'élargissent sur les alvéoles de surface III où ils forment parfois de vastes marécages difficiles à drainer sans travaux collectifs de grande envergure, et servent alors surtout à la pêche. Ils disparaissent dans la bande de l'Est où les profils en V des thalwegs constituent la norme, le régime devenant torrentiel juste avant des cascades spectaculaires.

#### **Relations à l'Est de la falaise**

A l'altitude de 800 m apparaît la lisière est de la forêt. La pente de la falaise, au niveau de cette cote limite, est largement consacrée aux plantations agro-forestières (bananiers et caféiers sous *Albizia*). Les collines tanala en bas de falaise, vers 500 m d'altitude, aux pentes raides, présentent un paysage en mosaïque, globalement similaire à celui du "raccord" de la bordure ouest du corridor, mais s'en différenciant par la nature des couverts végétaux. Les lambeaux de forêts qui coiffent les collines sont des forêts secondaires de la formation de basse altitude ; les jachères arbustives qui partagent l'espace de pente avec les grands champs de manioc et riz pluvial, sont dominées par de grandes herbacées (*Zingiberaceae* et *Melastomataceae*) et quelques arbustes. Les étroits bas-fonds sableux ou marécageux portent des rizières plus sommaires qu'en pays betsileo, révélant un aménagement plus récent et un milieu plus difficile. Les collines ayant perdu leur forêt sommitale présentent un couvert végétal témoignant d'un milieu dégradé : savanes localisées sur crêtes et arêtes, espace de pentes partagées entre landes à fougères (*roranga*), champs de manioc, plantations arbustives dans les thalwegs. Sur les collines du pays tanala de très basse altitude, les milieux herbacés, des bamboueraies peu denses et les ravenales remplacent les milieux arbustifs.

En résumé, les modelés rajeunis ou juvéniles (raccord surface II/III, pentes de la surface II, falaise, relief de dissection du bas de falaise), paraissent plus favorables à la persistance de la forêt que les modelés non rajeunis (bassins et alvéoles de surface III, crêtes et plateaux de la surface II, collines basses de l'arrière pays *tanala*).

En pays betsileo, l'appartenance à la surface III conditionne la fréquence et la taille des bas-fonds, donc des ressources en terres à riz mais les rizières des régions proches du couloir n'ont été aménagées que récemment, signe que la présence de bas-fonds n'était pas un critère suffisant pour conditionner le peuplement ancien, groupé plutôt autour de noyaux d'activité (marchés, centres politiques des divers royaumes), ce que Raison (1984) avait déjà remarqué. Ces savanes de bord de couloir étaient peu peuplées.

A l'échelle du versant, l'occupation du sol est toujours fortement structurée par la position sur le modelé: en pays betsileo : rizières en bas-fonds, cultures diversifiées en bas de pente, manioc temporaire en haut de pente, pâturages en crête ; en pays tanala : forêts en haut de pente, riz et manioc temporaires sur pente, plantations de canne à sucre et bananier en bas de pente et thalwegs, riz en bas-fond. Les terrasses rizicoles ne s'observent qu'en modèle à fort dénivelé.

## Discussion et conclusion

Dans la région du couloir étudié, et de façon plus générale dans l'Est malgache, le milieu physique dans ses composantes morphologique et topographique structure le paysage végétal et humain, à l'échelle continentale, régionale (effet majeur des escarpements, effet altitude en pays betsileo et en pays tanala), locale (variation des types forestiers et des types de dégradation en fonction de la distance à l'escarpement, effet de la morphologie), ainsi qu'à l'échelle du versant. D'autres auteurs ont remarqué ce lien entre stabilité des reliques forestières et position topographique en d'autres régions de l'Est malgache (Coulaud, 1973). Mais la mise en évidence d'un lien systématique du paysage forestier relictuel avec la topographie (échelle régionale) et la morphologie (échelle locale) ne semble pas avoir été faite jusqu'ici. Ceci ne réduit pas a priori le rôle de la civilisation malgache dans l'élaboration de ces formes de paysage, mais permet de supposer un rôle localement très contraignant du milieu physique vis à vis de ses pratiques à effet déforestant, feux pastoraux et *tavy*. Le chapitre suivant abordera cette hypothèse.

Le fait que la position des forêts relictuelles soit fortement liée au milieu physique a plusieurs conséquences, pour la connaissance des processus de déforestation, et pour éclairer les conditions de la gestion de la conservation de la biodiversité.

En premier lieu, ce fait invite à remettre en cause les modes d'analyse et de modélisation classiques de la déforestation. Ces derniers portent essentiellement sur des unités administratives (nations, provinces, communes, corridors, parcs nationaux). Les seules divisions forestières prises en compte sont des divisions biogéographiques ou liées à l'état de dégradation. Du fait du rôle essentiel du relief, il conviendrait plutôt de stratifier l'espace et ses forêts en unités physiques : (bas pays, domaine du couloir, domaine des Hautes Terres à l'Ouest du couloir) afin de bien différencier des espaces homogènes en terme de vulnérabilité.

L'importance des reliques forestières primaires dans l'unité de la falaise (revers, et escarpement), ainsi que des paysages physiques exceptionnels (falaises) de nature à favoriser le tourisme ont fait privilégier cette situation dans les stratégies de création de parcs Nationaux dans la province de Fianarantsoa. Pourtant leur dégradation y est plus lente qu'ailleurs, ce qui devrait renvoyer des priorités d'action de protection à des forêts ne disposant pas de tels processus naturels de conservation relative. Les reliquats forestiers de basse altitude, émiettés et très menacés, ne sont pas protégés ni étudiés. Pourtant l'altitude est un paramètre déterminant pour la biodiversité à Madagascar (Rasolonandrasana & Goodman, 2000). L'on peut aussi supposer que des liens écologiques et mouvements diurnes, saisonniers, ou exceptionnels existent entre écosystèmes du bas et du haut, actuellement ou potentiellement. Ils pourraient être utiles ou essentiels pour la stabilité des populations de certaines espèces. Une attention devrait donc être accordée à l'étude et à la préservation de tels liens entre forêts protégées des couloirs et lambeaux de forêts de basse altitude, qu'il faudrait donc aussi gérer si de tels liens étaient démontrés pour des espèces à protéger.

Dans le même esprit, des différences physionomiques ont été observées entre forêts de la bande ouest et forêts de la bande est (densité, hauteur), indépendamment ou non des niveaux de remaniement. On peut donc supposer que les biodiversités de ces deux types forestiers sont complémentaires, et qu'il faudrait s'intéresser de plus près aux forêts de l'Ouest du couloir. Les inventaires ont jusqu'ici porté essentiellement sur la falaise (Goodman & Razafindratsita, 2001a).

La nature ne se réduit pas à la biosphère. On aurait tendance à oublier que les paysages résultent d'un jeu entre l'homme, le milieu biologique, et le milieu physique, alors que les gestionnaires se préoccupent surtout du jeu entre l'homme et la forêt. Les mesures de conservation et plus généralement de gestion régionale devraient prendre en compte l'importance des conditions

physiques car les enjeux mais aussi les difficultés seront eux mêmes immanquablement structurés par ces hétérogénéités. D'où l'importance de disposer de modèles physiques de la région sous forme de cartes géomorphologiques et d'un modèle numérique de terrain.

Cette structuration physique du paysage de l'Est malgache apporte un nouveau cas aux études sur la structuration géographique des systèmes agraires. Dans l'Est malgache, les traits du milieu physique organisent fortement le paysage végétal et humain actuels.