



HAL
open science

Étude sur l'évolution du paysage dans un bassin versant des Hautes Terres Centrales de Madagascar : le cas du secteur de Mangatany, au nord-est d'Antananarivo

Simone Randriamanga

► **To cite this version:**

Simone Randriamanga. Étude sur l'évolution du paysage dans un bassin versant des Hautes Terres Centrales de Madagascar : le cas du secteur de Mangatany, au nord-est d'Antananarivo. Travaux & documents, 2005, Regards géographiques sur Madagascar, 25, pp.23–39. hal-02267992

HAL Id: hal-02267992

<https://hal.univ-reunion.fr/hal-02267992v1>

Submitted on 19 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Etude de l'évolution du paysage dans un bassin versant des Hautes Terres Centrales de Madagascar : le cas du secteur de Mangatany, au nord-est d'Antananarivo

SIMONE RANDRIAMANGA

Centre de Recherche en Environnement et Aménagement,
Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines,
Université d'Antananarivo

Résumé : Cette étude a pour objectif la mise en évidence des changements, observés à travers l'imagerie satellitale, sur l'état du milieu naturel dans le bassin versant de la Sahasarotra au nord-est d'Antananarivo et plus particulièrement dans le secteur de Mangatany, au centre du bassin. L'étude diachronique porte sur trois périodes d'observation : 1949, 1994 et 2000. Les données obtenues sont géoréférencées et intégrées dans un SIG à l'aide du logiciel MAPINFO professionnel 5.5. L'objectif final est la production d'une cartographie évolutive de l'état de surface du bassin versant de la Sahasarotra. La démarche scientifique se fonde sur l'exploitation des photographies aériennes, le traitement numérique des images satellites à l'aide du logiciel IDRISI 3.2 et les travaux de terrain. Les résultats permettent de déceler les formes de dégradation du milieu et leur emplacement.

Mots-clés : télédétection, SIG, paysage, dégradation, Madagascar.

INTRODUCTION

La notion de « paysage » exprime à la fois une idée d'objet naturel et une représentation sociale du milieu. Si l'on se réfère à l'encyclopédie universelle, le paysage est présenté « comme l'ensemble des attributs naturels d'un espace ». Henin, (1994) le considère comme « une étendue de pays que la nature présente à un observateur ». Pour Bertrand, (1968) « le paysage est le résultat de la combinaison dynamique, d'éléments physiques, biologiques et anthropiques ». Ce qui se rapproche de la

définition de Deffontaines, (1985) pour qui le paysage représente « une portion de territoire vue par un observateur où s'inscrit une combinaison de faits et des interactions dont on ne perçoit à un moment donné que le résultat global. Autrement dit, ces divers points de vue considèrent un paysage comme la combinaison de plusieurs composantes relevant du milieu naturel et social en rapport entre elles. Pour notre part, le paysage est pris comme « milieu » ou « environnement ». Il représente dans sa globalité « l'espace géographique ». Tout comme Richard, (1973) nous considérerons l'Homme au sein de ce paysage comme « facteur essentiel de sa dynamique ».

De toutes les disciplines scientifiques, la Géographie est la mieux placée pour étudier le paysage » (Gumuchian, et Marois, 2000). Elle prend en compte les faits naturels constitutifs du territoire. Et c'est en ce sens qu'elle est en mesure d'en étudier les changements. D'où cette étude sur l'évolution du paysage dans le bassin versant de la Sahasarotra au nord-est d'Antananarivo. Cette évolution implique une idée de changement qui sera analysée à partir d'un site test : le village de Mangatany, situé dans la partie nord du bassin. C'est une étude qui se limite toutefois aux changements observés au niveau de la surface des sols et plus particulièrement à l'érosion hydrique de type *lavaka*.

L'intérêt que nous portons à l'érosion en *lavaka* est lié au fait que l'agriculture occupe une place prépondérante dans l'activité des Malgaches. Le riz qui constitue la base de leur alimentation est cultivé dans les bas-fonds, sur les Hautes Terres Centrales de l'Imerina. Or l'érosion y est active. La production est menacée, du fait de l'ensablement des périmètres à riz situés en aval des zones à *lavaka*. Cette érosion risque de porter préjudice à la sécurisation alimentaire, gage du développement de la population.

Notre hypothèse de travail considère que des changements ont eu lieu dans le paysage physique du bassin versant de la Sahasarotra, en particulier en matière d'érosion. La télédétection spatiale peut être considérée comme un outil performant pour l'étude de l'érosion. Elle permettrait dans ce cas, la mise en évidence des *lavaka* et d'en mesurer l'évolution.

Les objectifs de l'étude sont multiples : mettre en lumière les changements observés sur l'état du milieu naturel du bassin versant de la Sahasarotra à partir de l'imagerie satellitale, d'une part, et produire une cartographie évolutive de l'état de surface du bassin, d'autre part. L'objectif final a des portées pratiques débouchant sur des mesures correctives qui ne seront pas développées dans cette étude.

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude est localisée sur les Hautes Terres Centrales de Madagascar, dans l'Imerina. Il s'agit du bassin versant de la Sahasarotra, situé au nord-est d'Antananarivo (figures 1, 2 et 3).

Le village de Mangatany Nord est localisé dans la partie centre-nord du bassin à 1350 m d'altitude et fait partie de la commune rurale de Sadabe. Le climat est de type tropical d'altitude appartenant au domaine du « Centre Est de Madagascar » selon la classification phytogéographique de Gaussen, (1964). La végétation originelle d'après Koechlin, et *al.*, (1974) serait une forêt sclérophylle de montagne de la série à *Weinmannia* et à *Tambourissa*. Aujourd'hui, cette formation originelle a complètement disparue, remplacée par une formation de pseudo-steppe à *Aristida rufescens* et *Hypparrenia rufa* de la famille des *Poaceae*. Quelques reboisements d'*Eucalyptus* dans le sud constituent les seules forêts actuelles. Les sols de type ferrallitique jaune sur rouge, sont perméables, à cohésion faible. Ils sont sujets à l'érosion. Ils reposent sur le socle cristallin datant du précambrien et appartenant au système du graphite du groupe d'Ambatolampy (Hottin, 1976). Ce socle est constitué de roches migmatites granitoïdes, de granites migmatitiques et migmatite gneissique.

Figure 1 : Le site de Mangatany Nord, extrait de l'image TM de LANDSAT du 25/09/1994, scène 159/073



Figure 2 : Localisation de la zone d'étude

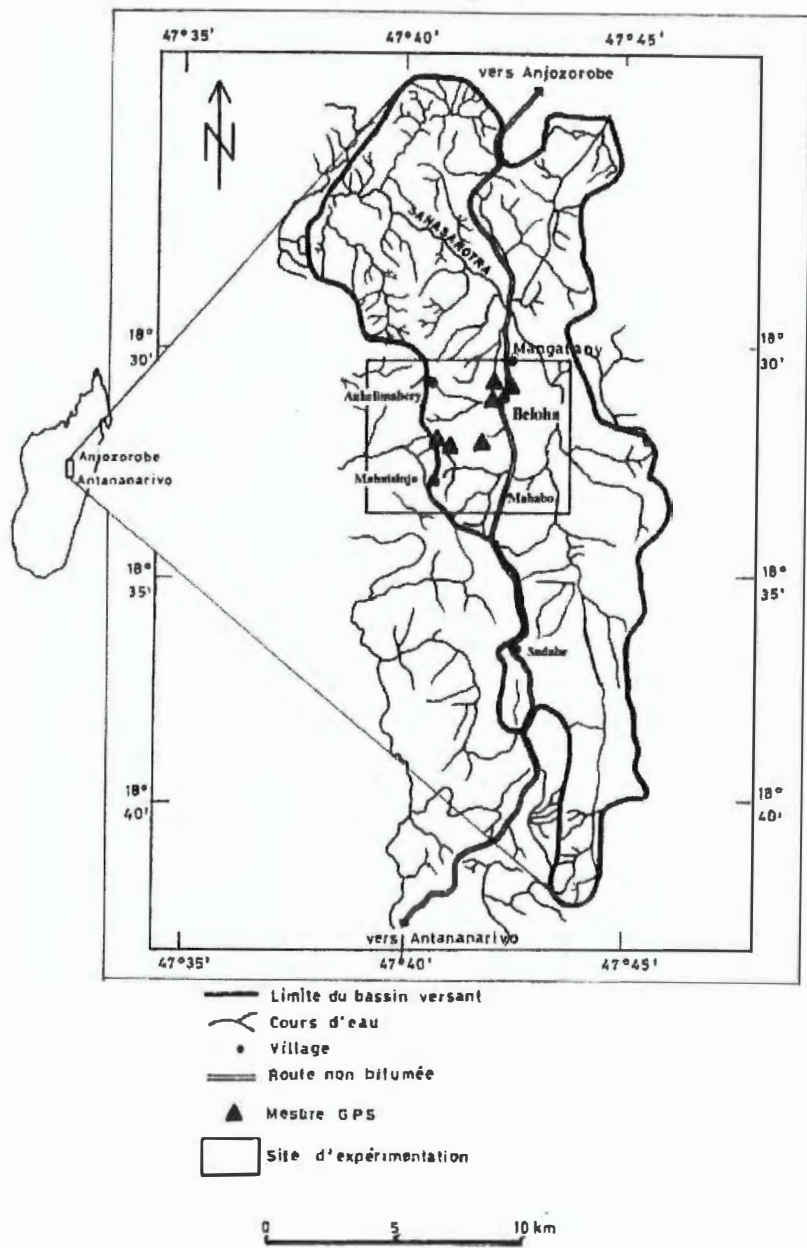


Figure 3 : Paysage du bassin versant de la Sahasarotra aux environs de Mangatany Nord



MATERIEL ET METHODE

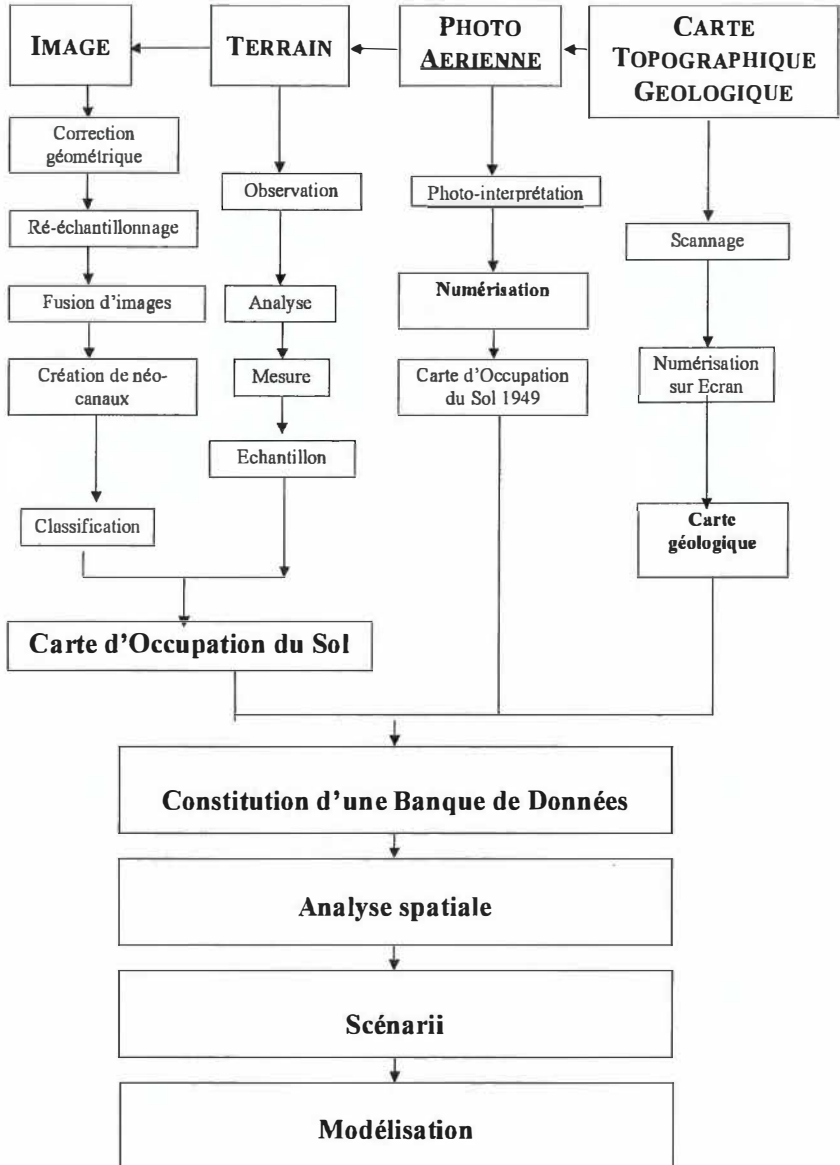
Le matériel utilisé est constitué de dix couples stéréoscopiques (475 à 484 et 520 à 529) de photographies aériennes au 1/40000, mission 023-1949, de l'Institut Géodésique National (IGN), cartes topographiques au 1/100000 : feuilles P-46 et Q-46 dessinées et publiées respectivement en 1969 et 1954 du Foiben Taosarintanin'i Madagasikara (FTM). Images des capteurs TM et ETM+ de LANDSAT scène 159/073 du 25/09/1994 et 12/05/2000, logiciels IDRISI 3.2 et MAPINFO 5.5, travaux de terrain : analyses, interviews et enquêtes auprès de la population.

La démarche mise en œuvre est multi-source, multi-échelle et multi-date. Elle passe par plusieurs étapes (figure 4) et porte sur une série de travaux de terrain : observations, analyses, mesures et enquêtes humaines et économiques. L'outil des investigations est la télédétection complée au système d'information géographique (SIG).

La méthode utilisée se fonde sur l'interprétation de la photographie aérienne et les méthodes propres à la télédétection et au SIG. Les enquêtes qui ont été effectuées sont de type aléatoire faites au hasard des rencontres. Elles complètent et valident les réponses obtenues à partir des enquêtes dites « par quota » réalisées avec un taux d'échantillonnage de 50 % suivant la fonction et la classe d'âge des villageois. On a eu recours à la méthode participative pour la restitution des données.

Différentes cartes d'occupation du sol et cartes thématiques ont été élaborées, par traitement numérique des images, interprétation des données aéroportées et analyse des cartes thématiques. Les données obtenues constituent les images raster de la base de donnée géographique. L'interrogation de la base de données géographique s'est faite à travers différentes requêtes. L'élaboration de scenarii ainsi que la modélisation constituent les étapes nécessaires à toute prise de décision. Toutefois celles-ci ne seront pas développées dans cette étude.

Figure 4 : Organigramme des travaux de recherche



L'extraction de l'information s'est faite en plusieurs étapes. La première phase des travaux a consisté en la photo-interprétation sous vision stéréoscopique des photographies aériennes de la zone étudiée. La carte d'occupation des sols qui en est issue a permis de repérer les différentes classes d'objets de la zone : la pseudo-steppe, les reboisements, les formes d'érosion et l'occupation humaine. Les travaux de terrain ont permis de valider l'étude.

La deuxième phase des travaux porte sur le traitement numérique des images satellitales. Celui-ci est passé par les différentes étapes propres au traitement numérique d'image de télédétection optique : visualisation des canaux bruts, amélioration de l'image, création de néo-canaux avec calcul des indices de brillance et de végétation, analyse en composantes principales, création d'une nouvelle composition colorée, classification de l'image, création de la signature spectrale pour chaque classe d'objet obtenue, validation. L'analyse des résultats de classification des images de 1994 et 2000 a permis d'étudier les changements dans le paysage.

La troisième phase porte sur les travaux de terrain : observation, analyse et compréhension de l'agencement des paysages, naturel et humain, ainsi que sur une série d'enquêtes effectuées dans la zone d'étude.

L'approche participative menée auprès des villageois a permis de mesurer l'importance et l'impact des changements dans le paysage, afin d'en trouver des mesures correctives.

L'occupation du sol en 1994 et 2000 a été étudiée à partir des images satellitales couplées aux relevés de terrain, observations, mesures et analyse des sites tests. Le principe du traitement numérique consiste à regrouper les objets de l'image par classes d'objets à réflectance spectrale identique. La classification supervisée par maximum de vraisemblance a été lancée. Elle a mis en évidence, en dehors des pixels non classés, six classes d'objets : forêt, savane, sol nu, culture, rizière et ombre. La comparaison avec la nomenclature de 1949 identifie la forêt comme étant les zones à reboisement ; la gamme des sols nus contient l'érosion en *lavaka* et la mosaïque savane, culture et rizière coïncide avec la zone de pseudo-steppe de la carte de 1949.

Le traitement automatique des *lavaka* a pu se faire par classification de l'image. L'image classée a été masquée pour faire ressortir les sols nus, qui ont été ensuite vectorisés pour extraire l'érosion.

Puis, une base de données géographique a été montée et introduite dans un système de gestion des bases de données. Celles de la télédétection ont été géoréférencées puis intégrées dans un SIG à l'aide du

logiciel MAPINFO 5.5. Les opérations suivantes ont porté sur l'exploitation du SIG. On a procédé à l'analyse spatiale à travers diverses requêtes selon les besoins. Cette étape est importante pour permettre d'appréhender les transformations du paysage, son évolution, d'en évaluer la dégradation s'il a lieu et de suggérer les mesures à prendre en conséquence.

RESULTATS DE L'ETUDE

Les changements du paysage depuis 1949

Les trois cartes d'occupation du sol réalisées en 1949, 1994 et 2000, ainsi que la carte d'évolution des *lavaka* entre 1949 et 2000, ont permis d'identifier les changements du paysage du bassin versant de la Sahasarotra et du secteur de Mangatany Nord.

L'interprétation des photographies aériennes donne un aperçu du paysage en 1949.

L'occupation des sols du bassin versant d'après les photographies aériennes de 1949 (figure 5)

L'analyse a mis en évidence sept classes d'objets dans l'ensemble du bassin : la forêt, la végétation de steppe, l'érosion, les cours d'eau, les villages et voies de communication, en plus des nuages. Les observations montrent qu'il n'existe plus de forêt naturelle dans la zone étudiée. La forêt d'origine anthropique se présente sous forme de reboisement datant de l'époque coloniale avec principalement comme espèce reboisée *Eucalyptus camalendus*. Les reboisements d'*Eucalyptus* ne représentent qu'une faible proportion de la surface totale : 0,79 % pour 153 ha. Ils se rencontrent essentiellement dans la partie sud-est du bassin et ne forment pas de grandes unités forestières car ils ont été plantés en général sur des surfaces réduites variant entre 0,12 ha à 22 ha. La formation de pseudo-steppe couvre par contre 89,56 % de la surface du bassin, ce qui représente 17 308,59 ha. Outre les espèces précitées : *Aristida rufescens* et *Hyparenia rufa*, cette formation est aussi constituée de *Helychrisum gymnocephalum* (famille des *Asteraceae*), *Philippia spp* (famille des *Ericaceae*), *Vernonia polygalaeifolia* (famille des *Asteraceae*), *Indigofera leucoclada* (famille des *Papilionaceae*), *Clerodendrum aucubifolium* (famille des *Verbenaceae*). Des espèces témoins de l'existence de l'ancienne forêt sclérophylle ont été observées au sein de cette pseudo-steppe. Ils s'agit de *Weinmannia rutembergii* (de la famille des *Cunnoniaceae*), *Agauria*

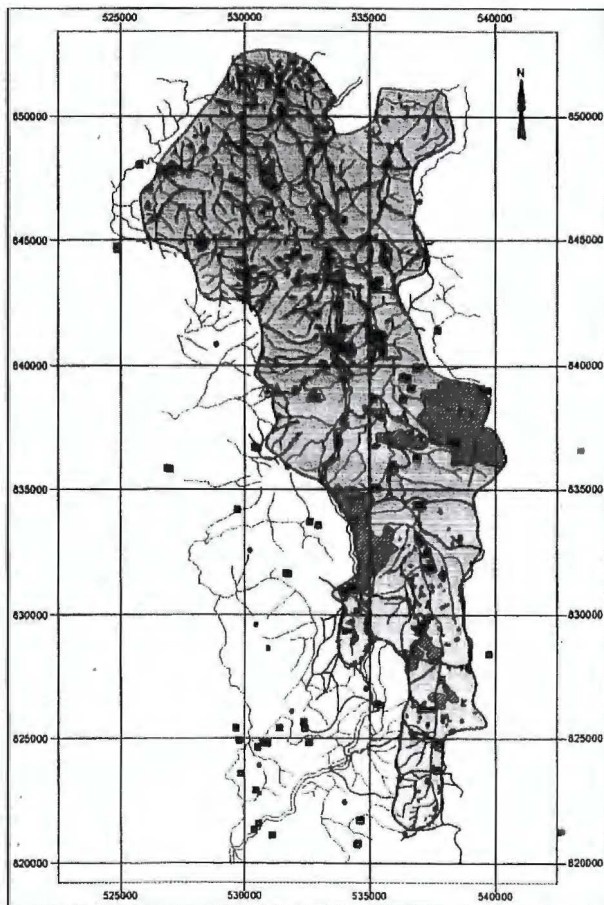
salicifolia (de la famille des *Ericaceae*), *Aphloia theaeformis* (de la famille des *Flacourtiaceae*). Elles s'éparpillent sur de très petites surfaces, d'environ 100 m², et se distinguent par leur taille réduite : 1,5 m en moyenne.

L'érosion en *lavaka* a été facilement identifiée en vision stéréoscopique sur les photographies aériennes, par sa morphologie en « vaste amphithéâtre » et sa localisation sur les flancs de colline. On a pu ainsi étudier la répartition des *lavaka*, leur forme et leur densité. On a compté 144 *lavaka* dans l'ensemble du bassin versant, occupant 367,43 ha de terrain, soit 1,9 % de la surface totale. Cette proportion est considérable si l'on tient compte du relief collinaire de la région. Certains *lavaka* sont anciens, parfois stabilisés par des végétaux, d'autres sont récents ou en cours d'évolution. Leur taille est variable et leur répartition, inégale. La plupart des *lavaka* sont localisés au nord-ouest de la zone étudiée. C'est la partie la plus érodée du bassin, elle est suivie du sud, le centre constitue la zone la moins érodée.

De nombreuses rigoles, formes primaires dans la genèse des *lavaka*, ont été aussi observées. Notons enfin que certaines parties des photographies aériennes n'ont pas été identifiées à cause des nuages qui les couvraient sur une superficie de 1497,83 ha.

La rivière Sahasarotra traverse suivant une direction NO-SE le secteur de Mangatany.

**Figure 5 : Occupation du sol en 1949 d'après les photographies aériennes
Mission IGN 023-1949**

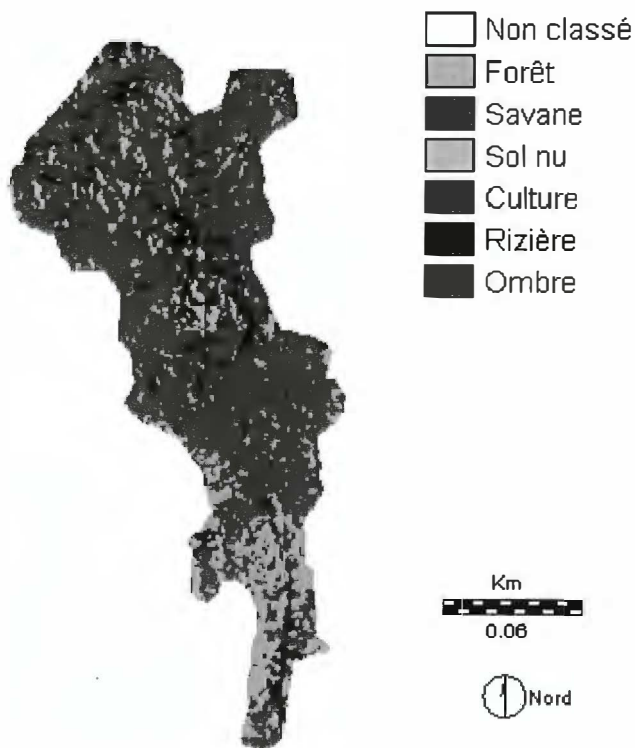


Légende :



Figure 6 : Occupation du sol en 1994 d'après l'image classée TM de LANDSAT 25/09/1994 scène 159/073

Classification (Maximum de vraisemblance)



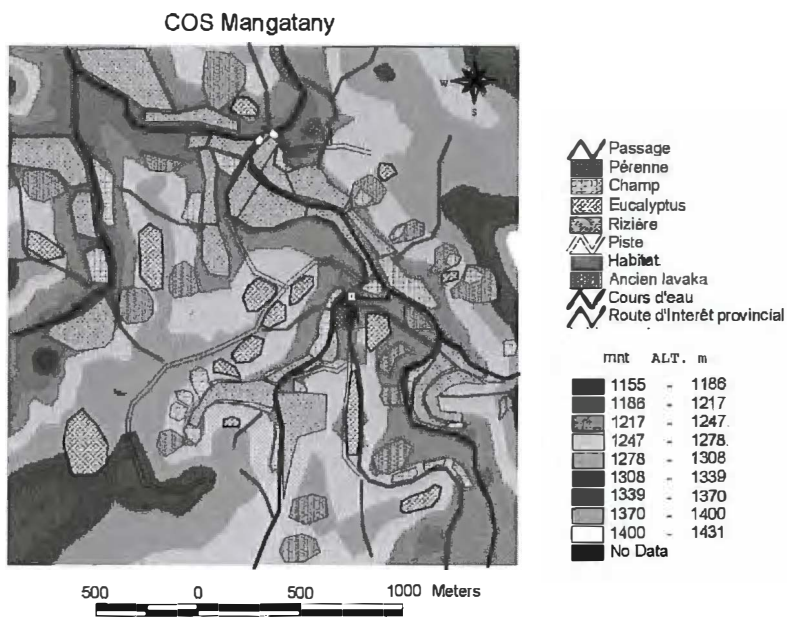
L'apport des cartes de 1994 et 2000 (figure 6)

L'occupation du sol en 1994 (figure 6) diffère très peu de celle de 2000, sans doute à cause du laps de temps qui sépare les deux dates, trop court pour que des changements notoires aient pu avoir lieu.

On remarque sur les deux cartes la prédominance de la zone de savane/pseudo-steppe dans le paysage. La partie nord-ouest, fortement érodée, est moins cultivée par rapport au sud. Les zones à forêt se localisent surtout dans la partie sud.

Dans le cas particulier de Mangatany, la savane, les périmètres rizicoles et les sols nus y forment les composantes principales du paysage. La réactualisation des données des cartes de 1994 et 2000 montre que le mode d'occupation des sols du bassin versant de la Sahasarotra diffère très peu de celui, traditionnel, observé dans les autres régions des Hautes Terres. Au niveau des sites test, comme pour Mangatany – Nord, l'agencement du paysage actuel place les périmètres rizicoles dans les bas-fonds, les potagers sur les terrasses alluviales, les cultures pluviales sur les versants et flancs de colline, et les zones de reboisement sur les sommets et flancs de colline, à proximité des plantations (figure 7).

**Figure 7 : Occupation du sol de Mangatany – Nord 2002
d'après les observations sur le terrain**



Evolution du paysage entre 1949 et 2000

La surface forestière n'a pas beaucoup évolué entre 1949 et 2000, bien qu'un certain recul de la forêt ait été remarqué entre 1994 et 2000. De même, on observe quelques nouvelles zones de reboisement de faible extension ou quelques pieds isolés d'*Eucalyptus*, aux environs des villages et des cultures des flancs de colline. Cela est dû au fait que depuis une vingtaine d'années, les gens commencent à reboiser de leur chef pour pallier aux effets de l'érosion. Les enquêtes ont montré qu'ils reboisent

aussi pour répondre à leur besoin économique. Quoi qu'il en soit, cette attitude laisse supposer une augmentation du phénomène de l'érosion dans le secteur. C'est surtout, au niveau de l'érosion que les observations ont donné des résultats tangibles en matière de changements dans le paysage. Par rapport à la situation de 1949, l'érosion en *lavaka* a beaucoup évolué (Randriamanga et al., 2003). La comparaison de la situation de 1949 avec celle de 2000 montre que les *lavaka* du bassin versant de la Sahasarotra sont passés de 144 en 1949 à 216 en 2000. Ils ont donc augmenté en nombre de 60 % avec 72 *lavaka* en plus. Leur surface qui se chiffrait à 36 743 km² en 1949 est passée à 95 529 km² en 2000 pour l'ensemble du bassin, ce qui correspond à une augmentation de surface de 72,2 %, soit une surface supplémentaire de 58 786 km² de zone à *lavaka*. On constate qu'en l'espace d'une cinquantaine d'années, la multiplication de l'érosion et l'extension des anciens *lavaka* ont pris une ampleur considérable. Ces *lavaka* se localisent surtout sur les flancs de colline en raison de 41,6 % des *lavaka* répertoriés, et à proximité d'une rivière pour 25 % d'entre eux. Les *lavaka* de type mixte, c'est-à-dire se localisant à la fois à proximité d'une rivière et sur le flanc d'une colline, sont les moins nombreux, en revanche ceux en rapport avec l'activité anthropique sont considérables. La répartition de l'érosion est inégale. La partie nord du bassin versant de la Sahasarotra est occupée par de nombreux *lavaka* récents, de 50 à 100 ans, âge en référence au temps de colonisation des parois internes de l'érosion par les végétaux. On a aussi repéré des *lavaka* stabilisés qui se sont formés lors de l'établissement des niveaux d'érosion datant de l'ère tertiaire. La partie centrale du Bassin n'est pas concernée par l'érosion récente. La plupart des *lavaka* de la partie sud du bassin sont stabilisés. Cette répartition de l'érosion relève en fait de plusieurs facteurs : la partie nord du bassin (Mahabo, Mangatany – Nord et Ambatomanoïna) constitue la zone la plus sensible à l'érosion. La fréquence des *lavaka* dans cette zone s'explique par la géologie façonnée dans des roches tendres (gneiss), plus altérables et à forte rétention d'eau (sol hydromorphe). La tectonique explique aussi cet état de l'érosion, car la partie nord du bassin versant de la Sahasarotra est très faillée. On y relève de nombreux accidents tectoniques, en l'occurrence des failles de direction NO-SE. L'état clairsemé de la couverture végétale est aussi un facteur d'érosion dans la mesure où il accélère le ruissellement. Le réseau hydrographique est dendritique et les affluents de la Sahasarotra provoquent des affouillements partout. Les facteurs géologiques, eaux, reliefs et anthropiques conditionnent ici l'érosion.

La zone moyennement sensible, le sud du bassin versant, est liée à la couverture végétale qui est plus dense et à la géologie façonnée dans des migmatites et migmatites granitoïdes, beaucoup plus résistants à l'érosion. L'action anthropique est très poussée. L'exploitation de la forêt et la fabrication de charbon de bois sont les principales occupations des paysans. C'est pourquoi une intensification de l'érosion y est à craindre car, en l'absence de couverture végétale, l'infiltration est réduite et les ruissellements sont plus importants.

Le centre est la zone la moins sensible à l'érosion. La formation migmatitique qui la constitue est moins altérable que les gneiss du nord-ouest. Le relief y est peu accidenté et il y a peu d'agglomération au-delà, au nord de Sadabe. La pente est faible, de l'ordre de 15° en moyenne, et le ruissellement moins important. L'équilibre du point de vue géomorphologie est atteint car, c'est un aplanissement de relief de l'époque plioquaternaire.

On a recensé dans le site de Mangatany, sur une surface de 4 km^2 , une quarantaine de *lavaka* récents, de grande taille variant entre 50 m de largeur, 50 m de profondeur et 100 m de longueur, soit un volume d'environ $250\,000 \text{ m}^3$. Des *lavaka* anciens, entièrement colonisés par la végétation, occupent les collines aux alentours de Mangatany. On a observé, en outre, des formes d'érosion en nappe, en griffe, ou des ravinements sur les flancs des collines, ainsi que des mouvements de terrain : éboulement et glissement. Des sapements de berge, évoluant parfois en érosion régressive dans le site, ont aussi été relevés.

Résultats thématiques

La période étudiée, 1949 à 2000, est suffisante pour analyser l'évolution du paysage sur les Hautes Terres Centrales, en l'occurrence le bassin versant de la Sahasarotra, le secteur de Mangatany. Les observations concernent surtout les formes d'érosion en *lavaka* dont l'évolution est spectaculaire. Ces derniers sont nombreux dans les zones de raccordement des surfaces d'érosion, sur les surfaces de rajeunissement et les vestiges de pénéplaine. Ils résultent essentiellement de phénomènes de glissement ou de ravinement. L'évolution des autres composantes du paysage est moins évidente. Quant au paysage humain, les enquêtes ont surtout fait ressortir la pression démographique.

Le traitement numérique des images, telle la production d'indices de brillance, de végétation, ainsi que l'analyse en composantes principales, a permis une bonne identification des *lavaka*. Mais, s'ils sont facilement repérables dans les sols nus, des confusions peuvent apparaître

quand ils sont colonisés par la végétation spontanée ou quand ils sont occupés par les cultures. La classification des images a donné de ce fait des résultats moins fiables, en présentant quelques confusions, car les *lavaka* anciens, par exemple, sont entièrement colonisés par la végétation. Il a fallu se baser sur leur morphologie pour les discriminer.

CONCLUSION

Il apparaît donc qu'on peut étudier les changements d'un paysage par télédétection et cartographier son évolution. Cette étude montre, en outre que, de plus en plus, la télédétection est couplée au Système d'Information Géographique (SIG) dans l'étude de suivi d'un phénomène.

BIBLIOGRAPHIE

- Bertrand, « Paysage et géographie physique globale, esquisse méthodologique », in *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, Volume 39, n 3, 1968, p. 123-133.
- Bonn F., et Rochon G., *Précis de télédétection*, Volume 1, Principes et méthodes, Sainte Foy, Presses de l'Université du Québec/AUPELF, 1992, 485 p.
- Caloz R., et Collet C., *Précis de Télédétection*, volume 3, Traitements numériques d'images de télédétection, Universités francophones, Presses de l'Université du Québec, Sainte Foy, 2001, 386 p.
- Collet C., « Vers un système d'assistance à l'interprétation », dans A. Bannari (dir.), *La télédétection optique et radar et la géomatique pour la gestion des problèmes environnementaux*, Ottawa, Université d'Ottawa, 1999, p. 27-39.
- Foiben Taosarintanin'i Madagasikara, Ambatomena Feuille Q 46, carte topographique de base à 1/100 000, 1959.
- Foiben Taosarintanin'i Madagasikara, Ambohimanga Feuille P 46, carte topographique de base à 1/100 000, 1969.
- Gausson H., *Géographie des plantes*, A. Colin, Paris, 1964, 223 p.
- Gumuchian H., et Marois C., « Initiation à la recherche en géographie. Aménagement, développement territorial, environnement », Collection Géographie dirigée par Bailly A.S., Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, Anthropos, Paris, 2000, 425 p.
- Hottin G., « Précambrien de Madagascar », Bull. BRGRM, IV, 1976, p. 151-199.
- Koechlin J., Guillaumet J.L., Morat PH., *Flore et végétation de Madagascar*, Publication J. Cramer, 1974, 687 p.
- Randriamanga S., Collet C., Rakotondraompiana S., Randrianarison L-TEtude par télédétection des géorisques dans la région d'Anjojorobe», in *revue Télédétection*, Vol. 3, n 2-3, 2003, p. 131-149.
- Richard, « Essai de définition de la géographie du paysage », *Travaux et documents de l'ORSTOM*, Paris, 1973.
- Service des mines de Madagascar, cartes géologiques à 1/100 000 Ambohimanga, Feuille P 46 et Ambatmena Feuille Q 46, 1965.