

REPUBLIQUE DE MADAGASCAR

P.C.S.

PROJET CONSERVATION DES SOLS

BILAN ET EVALUATION DES TRAVAUX ET REALISATIONS  
EN MATIERE DE CONSERVATION DES SOLS A MADAGASCAR

1996

CONSERVATION DES SOLS ET EROSION  
ATLAS DE CARTES ET DE PHOTOGRAPHIES

Mars 1997



OFFICE NATIONAL DE  
L'ENVIRONNEMENT

Office national  
de l'environnement



Centre national  
de la recherche appliquée  
au développement rural  
de Madagascar



Association nationale  
d'actions environnementales



Centre de coopération internationale  
en recherche agronomique  
pour le développement

# LÈS PROBLEMES DE CONSERVATION DES SOLS ET D'ÉROSION A MADAGASCAR

par P.F. CHABALIER

## 1. présentation du problème:

D'une façon générale, les phénomènes érosifs sont des processus naturels à l'échelle géologique. ( érosion géologique normale = 0.1 t/ha/an de perte de sol pour un ruissellement de 1 % ) ( Roose, 1994 ).

Ils façonnent les versants , les montagnes et forment de riches plaines fertiles où se déposent les alluvions. Le pas de temps est celui de l'échelle géologique. Il y a équilibre entre la pédogénèse ( vitesse d'altération des roches ) et la morphogénèse ( phénomènes érosifs ) ( Kilian, Bertrand, 1974 ). L'homme peut utiliser les paysages plus ou moins stabilisés à son échelle de temps.

Mais cette érosion qu'on pourrait qualifier de naturelle, est accélérée par l'homme , du fait d'une utilisation imprudente du milieu ( érosion accélérée : 10 à 700 t / Ha / an de pertes de sol ; ruissellement = 20 à 80 % de la pluviométrie ).

Il y a dégradation des sols, modification des processus physiques : apparition de dégâts au niveau des parcelles cultivées , des versants , changements dans la circulation des eaux dans les sols, dans les nappes et les rivières, etc....

**MADAGASCAR** est reconnu comme un pays où les phénomènes d'érosion sont particulièrement intenses. Pour un naturaliste, cette érosion accélérée est un signe de déséquilibre entre le milieu et son mode de gestion .

D'après une étude de la banque mondiale (citée par Ravel, 1989 ) « Madagascar aurait le record mondial de l'érosion , avec des dommages considérables sur les terres agricoles , les infrastructures et les écosystèmes côtiers ».

En effet, elle est la conséquence de plusieurs facteurs naturels, tels que les conditions climatiques, les facteurs géologiques, les facteurs topographiques, etc... mais elle est accentuée depuis quelques décennies par des pratiques agricoles très dégradantes et par la réduction du couvert végétal naturel, du fait de la déforestation et des feux de brousse. Cette réduction du couvert végétal et la diminution du stock organique des sols qui s'ensuit entraînent une augmentation très forte du ruissellement et de l'érosion. Cette évolution se traduit par un ensemble de dégradations de l'environnement, mais aussi par des surecoûts dans les entretiens des infrastructures et des investissements qui aggravent une situation socio-économique déjà difficile .

Accentuées par la détérioration du niveau de vie de la population, les conséquences de la dégradation de l'environnement sont beaucoup plus importantes qu'on pouvait le penser.

Les dégradations du milieu s'amplifient d'années en années et l'on peut citer quelques chiffres qui donnent l'ampleur de ces destructions.

La forêt ne couvre plus que 12 Millions d'hectares, soit 20 % de la superficie de l'île, contre 28 % en 1950. 200 000 à 300 000 ha de forêts naturelles sont défrichés tous les ans .

Ce taux de couverture forestière est inférieur aux normes admises. Les méfaits de l'érosion sont multipliés par 2.5 lorsque le taux de boisement passe de 35 % à 10 % . L'objectif du pays est d'avoir au moins 40 % de la surface du pays en forêt. ( ONE ,1995 )

Après défrichement, les terrains à vocation pastorale remplacent la forêt. Les feux répétés de la steppe empêchent le développement des ligneux, mais augmentent l'érosion qui enlève 2 à 3 mm de sol par an. (1.4 millions à 2.2 millions d'ha ont été brûlés tous les ans entre 1976 à 1979; récemment, Rambeloarisoa donne l'estimation de 0.5 millions d'ha brûlés en 1996 ; dont 2 000 ha de forêt )

En aval, cela se traduit par des ensablements de rizières ( 10 000 ha de rizières sont perdues par an ; soit la perte de 20 000 t de paddy ), des plaines alluviales limoneuses fertiles ( baiboho ), et des ports dans les estuaires.

Par exemple, dans la région du lac Alaotra, l'ampleur des champs de lavaka ( ravines et cirques complexes ) est un aspect spectaculaire des processus d'érosion qui se généralisent et s'aggravent avec le temps. Cette zone est particulièrement exposée aux phénomènes naturels d'érosion régressive en lavaka, du fait de sa situation géographique ( géologique et géomorphologique ) et des conditions climatiques. Cependant, l'accentuation de cette érosion est rapide depuis quelques années. La principale cause est l'influence anthropique due à la pression démographique très forte dans cette zone d'immigration. La dégradation actuelle des couvertures forestières et herbeuses de l'ensemble des bassins versants du lac favorise l'érosion, ce qui se traduit notamment par l'augmentation de la vitesse d'affouillement des anciens lavaka et par la création de nouveaux. ( Tassin, 1995 )

Ces phénomènes d'érosion des tanety ( collines ) compromettent la production rizicole qui est la production majeure de la zone. Les rizières de bas-fonds sont ensablées par les alluvions des lavaka. Mais cette dégradation du milieu compromet aussi les cultures sur tanety, de même que l'élevage traditionnel des zébus qui doivent s'éloigner de plus en plus des villages pour trouver des pâturages corrects. Les troupeaux deviennent alors la proie des bandes de voleurs organisées. L'insécurité et la criminalité augmentent. On constate que le nombre des zébus diminue ces dernières années dans la zone, car les éleveurs se limitent à un nombre de têtes compatible avec les possibilités de pâturages sûrs. (Tassin , 1995).

On retrouve cette dégradation du milieu socioéconomique concomitante avec la dégradation de l'environnement dans de nombreuses autres zones , même dans des milieux très différents comme la vallée de la Taheza, dans le sud-ouest.

## **2. estimation de l'érosion :**

Des valeurs d'érosion moyenne sont données par différents auteurs , elles diffèrent selon les méthodes d'estimation ( mesures en parcelles expérimentales, mesure de sédiments dans les eaux, formules d'érosion réelle, potentielle etc..) Ces estimations sont faites souvent au niveau d'un bassin versant. Hervieu (1968 ) donne le chiffre de 2.9 mm par an de perte en terre sur un bassin versant de l'Ouest.

Dans des bassins versants de l'Est , les calculs par transport de terre en suspension dans les rivières, donnent des chiffres de 3.8 à 6.5 t/ha., soit 0.3 à 0.6 mm (Terre-Tany 1996 ).

Rossi (1979 ) calcule des valeurs moyennes de l'érosion potentielle à Madagascar, estimées à partir des caractéristiques pluviométriques et topographiques à l'aide de la formule de Fournier ( 1960 ), suivant un découpage géographique en quatre grandes zones. Il donne également des valeurs de l'érosion réelle, calculée à partir de l'érosion potentielle et du pourcentage de la surface boisée du bassin versant , qui assure une protection efficace.

<b>région</b>	<b>érosion potentielle moyenne ( en mm / an )</b>	<b>érosion moyenne ( en mm / an )</b>
nord	3.95	1.83
est	6.04	0.71
ouest	3.67	1.98
sud	2.54	0.76

**Tableau 1** : valeur de l'érosion potentielle et de l'érosion réelle à Madagascar calculées en pertes en terre annuelle ( Rossi, 1979 ).

Par comparaison le chiffre moyen pour les pertes en terre au niveau mondial est de 0.4 mm et de 0.5 mm pour les sols d'Afrique. Roose (1994) donne les chiffres moyens en Afrique, qui varient de 1 à 12 t / ha / an selon les climats le type de roche mère et l'épaisseur des sols.

A Madagascar, cette perte en terre par décapage est donc largement supérieure à la formation du sol par la pédogénèse, qui ne doit guère excéder 1 mm / an ( 12 t / Ha ) dans le meilleur des cas .

## **3. manifestation de l'érosion et conséquences sur la fertilité des sols selon les régions :**

Dans les régions sèches de l'île où la pédogénèse est la moins rapide et l'érosion très forte, les pertes en terre ne sont pas compensées par la pédogénèse. Du fait et de l'agressivité des pluies et de l'existence d'un niveau déstructuré et compacté, peu perméable à la surface du sol, l'érosion en nappe et le ruissellement sont particulièrement intenses. Des ravines se forment (sakasaka). Les sols dégradés ne sont pas récupérables pour l'agriculture, car la restauration de leur fertilité pour une remise en culture, n'est pas possible.

*La côte Est*, qui est la région la plus arrosée, est relativement plus protégée par une végétation encore sylvicole. Les sols sont plus structurés et résistent mieux à l'agressivité des pluies.

Dans cette zone tropicale humide, il peut y avoir un certain équilibre entre les pertes en sol par l'érosion « normale » et la formation du sol par pédogénèse à partir de la roche mère. Le manteau des altérités ferrallitiques est moins épais que sur les plateaux, car les sols ont été rajeunis par l'érosion au cours du quaternaire. Ils présentent de ce fait une certaine fertilité et des potentiels supérieurs à ceux d'autres sols de la même famille. La végétation a un pouvoir de régénération rapide après un défrichement, à condition que le sol n'ait pas été « stérilisé » du fait d'une utilisation abusive par l'homme. La restauration de la fertilité des sols après une mise en culture ne peut se faire que dans certaines conditions et avec des temps de jachère forestière assez longs: 10 à 30 ans selon les conditions liées au milieu et aux facteurs de mise en culture ( agriculture des ZTH , 1996 ).

*Dans les régions des hautes terres*, l'érosion en nappe est très forte également . Les ravines se transforment en lavaka sous l'effet de plusieurs facteurs qui se conjuguent : présence d'altérité épaisses, niveau de la nappe, etc. Les départ de matériaux sont donc importants.

D'autre part, la fertilité des sols diminue en même temps que le décapage de l'horizon organique . La restauration de la fertilité de ces sols érodés est très longue, coûteuse, voire impossible;

Tous les sols ne sont donc pas des ressources naturelles renouvelables , du moins avec les moyens humains et financiers disponibles, et dans les temps compatibles avec l'échelle de temps humaine.

*La situation générale de l'île est donc un décapage progressif des sols*, plus ou moins accentué dans certaines zones par des facteurs naturels ( pluies, cyclones, relief, érodibilité des sols, etc. ) , et accéléré par les pratiques agricoles et pastorales.

Ce décapage du sol génère des dépôts dans les bas-fonds et les rizières; et perturbe les activités humaines et les systèmes écologiques aquatiques, du fait de la forte turbidité des eaux.

#### **4. L'érosion et les pratiques agricoles :**

L'érosion dite « agricole » résulte de pratiques agricoles répondant à certaines logiques paysannes, mais souvent dangereuses pour le milieu : feux de brousse, feux de forêt ( tavy ), travail du sol dans de mauvaises conditions, ..

Si la surface des sols cultivés est faible par rapport à la surface de l'île, les surfaces utilisées pour l'élevage sont importantes. Seulement 1/3 des sols malgaches peuvent se prêter à l'agriculture. La moitié de la surface est considérée comme pâturages naturels sous forme de savanes herbues soumises régulièrement au feu. Les conséquences de l'utilisation de ces surfaces par l'homme sont importantes pour l'ensemble de l'environnement.

L'extension des cultures sur tanety se développe de plus en plus pour palier au manque de surface des rizières irriguées dont les rendements stagnent ou diminuent.

Mais, la mise en valeur des « tanety » demande un investissement en main d'oeuvre souvent incompatible avec le travail en rizière, de plus, ce sont des sols fragiles, peu fertiles et qui demandent des mesures de protection contre l'érosion et des techniques culturales assez intensives, ( emploi d'engrais organiques et minéraux; gestion agroforestière ; gestion agrobiologique ) si l'on veut une certaine durabilité de la production.

L'érosion devient difficilement tolérable lorsqu'il n'y a plus équilibre du milieu et que la baisse de la productivité des terres s'accroît. Pour l'agriculteur, qui est le premier utilisateur du milieu et surtout des sols, la dégradation se traduit par une baisse de la productivité, souvent de façon irréversible.

La durée de mise en culture des champs défrichés diminue et les terrains dégradés sont abandonnés. La course à la terre s'amplifie, au détriment des sols les plus fertiles ( forêt galerie des hauts plateaux, réserves forestières ou terrain reboisés ) se traduisant par une accélération des processus d'érosion.

L'érosion due à l'agriculture décape et dégrade le sol jusqu'à un stade ultime de « stérilisation », qui correspond au décapage de l'horizon humifère superficiel : lorsque l'horizon humifère a disparu, l'horizon inférieur plus coloré (rouge ou jaune) apparaît, cet horizon de sol présente le plus généralement des facteurs limitants physiques et chimiques pour la croissance des plantes, sauf peut être sur les sols rajeunis de l'Est. La diminution de l'épaisseur du sol se fait de façon diffuse et sélective, enlevant d'abord les éléments fins et légers. Ce sont eux, colloïdes minéraux et organiques, qui confèrent une certaine fertilité à une épaisseur très superficielle du sol.

Cette érosion agit également de façon localisée par la création de rigoles et de ravines, qui gênent l'activité agricole au niveau de la parcelle. Ces rigoles peuvent alors rapidement devenir par érosion régressive typique du milieu un *lavaka* ou un *sakasaka*. Ces transports de matériau sont complexes au niveau du champ et se font surtout de façon catastrophique, discontinue dans le temps, à des pas de temps difficiles à prévoir ( Roose, 1994 ).

Ces méfaits de cette érosion accélérée par les activités humaines sont spécialement importants et difficiles à maîtriser du fait du milieu physique tropical et du développement d'une population rurale encore peu fixée.

## **5. L'érosion et son utilisation par les agriculteurs :**

L'augmentation du ruissellement se traduit par le déplacement de la fertilité des tanety vers les bas-fonds, avec les éléments fins du sol et les cendres de la végétation brûlée. Les tanety deviennent alors progressivement infertiles ( forte acidité, toxicités, carence en éléments fertilisants ), et seule une végétation à base de graminées, de fougères et d'arbrisseaux acidophiles réussit à coloniser ces espaces.

Les paysans utilisent de plus en plus ce processus de lessivage des tanety pour la fertilisation des rizières, car l'utilisation des engrais minéraux tend à disparaître, du fait de la crise économique ( faible coût des produits agricoles par rapport aux coûts des engrais chimiques ).

Les colluvions qui s'accumulent dans les bas de pente sont également utilisées par les paysans, d'abord pour des cultures pluviales, puis elles sont aménagées en terrasses et rizières si l'eau est disponible.

Sur les Plateaux et dans le Moyen Ouest, les matériaux issus de l'érosion des tanety sont récupérés dans les bas fond, parfois directement par des systèmes de canaux, pour mettre en valeur les sols tourbeux.

Certains paysages se trouvent ainsi rapidement et fortement modifiés.

## **6. La dégradation concomitante de l'environnement et du milieu socio-économique :**

On se trouve souvent en face d'un phénomène qui est appelé « une spirale de dégradation », qui peut être rapidement accélérée par un sous-développement généré par la démographie importante et la crise économique.

Les aspects socio-économiques sont des facteurs essentiels de la dégradation du milieu. On considère que l'augmentation de la population entraîne cette spirale de la dégradation. La dégradation du tissu économique va de pair avec la dégradation des ressources. L'érosion accélérée des sols est un des aspects de la culture extensive et du sous-développement. ( Roose, 1994 ).

En effet, l'augmentation de la population entraîne une plus forte pression sur les ressources et une sur-exploitation des sols. La marginalisation d'une frange de la population rurale amène l'adoption de logiques de survie qui privilégient le très court terme, au détriment de la conservation du patrimoine et de la durabilité du système de production.

L'effet conjugué de la dégradation des sols et de la pression foncière font que le périmètre villageois ne suffit plus à nourrir la population. Le morcellement du foncier à outrance freine le développement des techniques de production par la paupérisation et le manque d'intrants disponibles. Certaines parties de la population rurale doivent quitter le village et chercher de la terre ailleurs : c'est le phénomène de migration entre les zones denses et les zones moins peuplées ou attractives, comme les mines ou les villes, où se crée une masse de désœuvrés à la recherche de « petits boulots ».

On assiste corrélativement à la dégradation des mœurs, à l'apparition de délinquants et de bandes armées qui raquentent les villages de toute une région.

Cependant, les relations entre démographie et érosion des sols sont fortement dépendantes des structures d'encadrement responsables de l'occupation de l'espace : autorités traditionnelles ou administratives. Elles peuvent se traduire par une surexploitation du milieu

ou au contraire par une protection accrue contre la dégradation des terres avec un certain degré d'intensification si les conditions économiques du marché le permettent.

Les actions collectives sont la plupart du temps un passage obligé pour faire face aux problèmes techniques et économiques.

## **7. conséquences de l'érosion**

Les conséquences écologiques et socio économiques de l'érosion peuvent s'évaluer de différentes façons :

- **à court terme**, au niveau de la parcelle, on constate des destructions de semis ou de cultures, des pertes en terre, l'apparition de ravines.

Le coût d'entretien des rizières augmentent sur les périmètres irrigués. En aval, ce sont des dépôts de sédiments plus ou moins grossiers qui stérilisent des surfaces cultivables, c'est la destruction des infrastructures, telles que les canaux d'irrigation, par ensablement ou par rupture. C'est la sédimentation dans les barrages et réservoirs d'irrigation ou hydroélectriques. Les eaux sont chargées en terre et les éco-systèmes aquatiques sont modifiés. Les activités humaines sont perturbées. Il y a sédimentation rapide dans les ports des estuaires qui deviennent trop chers à entretenir du fait de dragages répétés et inefficaces.

- **à moyen et long terme**, c'est le décapage de l'horizon supérieur qui stérilise le sol, ce sont les ravines qui se transforment en vastes cirques ou « lavaka », ce sont les barrages, les bas-fond et les plaines alluviales qui s'ensablent irrémédiablement. Les régimes hydriques sont perturbés car les ruissellements augmentent au détriment de la percolation et de l'évapotranspiration. Les sources de bas de collines disparaissent. La possibilité d'irriguer de façon régulière les rizières situées sur des parties hautes de talwegs disparaissent avec les sources.

Les crues s'amplifient : elles sont plus fortes et plus brèves. Les phénomènes deviennent catastrophiques. Les ponts et les ouvrages d'art sont emportés. Les écosystèmes côtiers : mangroves, Pangalanes, qui constituent des réserves pour la reproduction d'espèces, sont détériorés. Toute une partie de la faune est ainsi mise en danger de disparaître progressivement.

On est donc dans une boucle infernale de baisse de la productivité des terres et de destruction du milieu naturel. Les dégradations s'accroissent, la déforestation s'étend aux zones encore intactes.

Des estimations économiques ont pu être faites sur l'aspect « pertes matérielles » (destruction, ensablement) mais il est difficile d'estimer la perte en épaisseur de sol et la baisse de fertilité (perte en production et en surface cultivable).



## **8. en définitive :**

Un des défis pour Madagascar est donc de contrôler , voire de ralentir les processus de dégradation et d'érosion intensive.

Les sociétés paysannes connaissent certaines pratiques de conservation des sols et les appliquent, sauf quand les conditions deviennent vraiment catastrophiques.

Des techniques doivent être proposées aux sociétés rurales , actuellement en crise, par le biais de l'état, par le moyen de projets, pour apporter les éléments techniques de la réponse aux problèmes liés à l'érosion. ( Roose, 1994 ). Des essais de techniques pour l'utilisation et la conservation des sols ont depuis longtemps fait l'objet de beaucoup de réflexions et d'actions. De nombreuses expériences en vraie grandeur se sont succédées mais ont été interrompues, ou abandonnées pour des raisons diverses.

Des solutions techniques simples et efficaces ont cependant fait leurs preuves à Madagascar. Leur application dans le milieu rural s'est le plus souvent soldée par des échecs.

La gestion correcte des terres et des systèmes de culture doit simultanément réduire les risques naturels mais aussi de permettre aux agriculteurs d'y gagner au niveau de la production : le paysan doit y percevoir son intérêt de façon concrète, ce qui veut dire que les techniciens doivent s'adapter aux priorités des paysans.

C'est la durabilité et la reproductibilité (au sens écologique, économique et technique) qui doivent permettre de conscientiser et de responsabiliser les communautés rurales , qui sont actuellement de plus en plus préoccupées par la survie alimentaire et donc par le très court terme, au détriment de l'environnement. Il s'y ajoute une crise sociale qui rend délétère toute forme d'autorité.

Malgré l'importance des réserves en terre, il n'en demeure pas moins que des effets pervers inhérents à des pratiques traditionnelles, « occultes » et à des carences administratives sont des facteurs limitants à une meilleure gestion du foncier.

L'objectif est de donner à la population les moyens de s'organiser et de gérer elle-même son terroir en tenant compte de son environnement. Mais l'état doit jouer son rôle d'arbitre , doit permettre la sécurisation du patrimoine et doit contrôler et décider.

## HISTORIQUE DES STRATEGIES ET POLITIQUES DE LUTTE ANTIEROSIVES

Dès le XIX siècle, l'érosion était apparue comme un phénomène spectaculaire pour l'étranger qui arrivait.

Des rois malgaches (Ranovalana 1<sup>er</sup>- 1881 ) avaient édictés des lois pour contrer la déforestation de la région Est.

Au début du siècle, l'administration coloniale essaye d'enrayer les feux par une série de décrets.

En 1950 se crée le service de défense et de restauration des sols (DRS ) sous l'égide des Eaux et Forêts. Le bureau de conservation des sols coordonne les travaux dans les zones prioritaires. Le service du Génie Rural de l'agriculture s'occupe des travaux d'aménagement dans les bas-fonds. Deux types de chantiers sont souvent liés : génie rural et DRS pour mettre en valeur des zones jugées prioritaires. On traite les tanety en DRS pour la protection des aménagements rizicoles avals contre la rupture des canaux et l'ensablement. ( ex la Taheza en amont de Tuléar )

Des études commencent à cette époque pour quantifier les impacts de l'érosion et étudier les facteurs favorisant cette érosion dans un grand nombre de milieux écologiques de l'île.

On applique alors les méthodes américaines de mesure du ruissellement et de l'érosion sur des petites parcelles ( après le congrès de Madison de l'association internationale de Science du sol )

De nombreux sites dans les différentes situations écologiques de l'île sont équipés de cases et de systèmes de mesures par le CTFT . (influence des couvertures naturelles ou artificielles, des successions culturales, ...).

Dans les années 60, plusieurs projets sont mis en chantier pour limiter la culture sur abattis-brulis de la forêt ( le tavy ) : C'est l'opération « aménagement des vallées forestières », l'opération « savoka », « protection des bassins versants », etc.;

En 1971 a lieu la convention Africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles.

Officiellement, le processus de prise de conscience au niveau national est exprimé en 1984 ( commission nationale de conservation pour le développement, décret du 14/12/84 )

La Conférence de Madagascar pour la conservation des ressources naturelles a lieu en Novembre 1985.

On élabore une stratégie nationale ( SNC ) pour la conservation. En 1985, des recommandations sont faites dans le domaine de la conservation pour un développement durable.

En 1987, au niveau international, le séminaire de Puerto-Rico a permis à une centaine de chercheurs et développeurs d'analyser les causes d'échec des projets et les caractéristiques des rares réussites ( Moldenhauer etr Hudson, 1988 ).

En 1988, le plan d'action environnemental PAE synthétise les travaux sur l'érosion et la conservation des sols avec des projets et des critères de priorité.

En juin 1989, le rapport final du programme PE 1 est édité avec l'UNESCO, le PNUD, La Banque mondiale.

En 1990, création de l'ONE (structure d'orientation et de coordination ), de l'ANGAP ( aires protégées ) puis de l'ANAE ( gestion des bassins versants, agroforesterie et mini-projets avec des ONG ).

En 1994 un rapport de l'ONE fait le point sur l'état de l'environnement à Madagascar. Actuellement, des études sont faites pour la mise en place du PE 2.

## **APPROCHES TECHNIQUES DES PROJETS DE LUTTE ANTIÉROSIVE**

Les techniques de conservation des sols ont pour but de diminuer un ou plusieurs facteurs de l'érosion.

En général, on maîtrise le ruissellement et l'érosion en nappe au niveau des parcelles par des cultures en courbes de niveaux, qui réduisent la pente du fait de la constitution progressive de terrasses. On protège les zones aménagées en amont par des fossés de diversion des eaux de ruissellement. On fixe tous les ados et les fossés par la végétalisation. La couverture des zones périphériques par de la forêt, des buissons, des prairies, permet la diminution du ruissellement et de l'érosion sur ces zones et diminue l'arrivée d'eau de ruissellement sur des zones plus basses et plus exposées.

Des techniques d'accompagnement permettent d'entretenir la fertilité des sols protégés : adoption de techniques culturales, gestion agroforestière des sols, techniques de couverture morte ( mulch ) ou vivantes des sols, etc..

Cependant, le transfert sur le terrain de ces principes techniques s'est fréquemment soldé par des échecs, car il existe une grande complexité des phénomènes physiques et socio-économiques mis en jeu dans les processus d'érosion et de lutte antiérosive.

« Ruissellement et érosion sont des phénomènes plus complexes que prévu par la plupart des techniciens concernés : ils ont à faire à des problèmes techniques (inadaptation du référentiel technique ) et à des implications sociologiques et économiques nombreuses : problèmes fonciers, objectifs et priorités des paysans selon leur disponibilité en main d'oeuvre, en terre, en pâture, et en intrants divers, possibilités de valorisation des produits et d'amélioration du niveau de vie » (Roose et alii 1992 ).

Un projet de lutte d'aménagement et de conservation des sols doit essayer de comprendre comment et pourquoi les gens font ce qu'ils font, quelles sont leur motivations et leurs contraintes. On peut alors voir comment leur donner les moyens de faire mieux et trouver les convergences entre les différents acteurs qui peuvent être créées par la négociation.

On a souvent mésestimé l'importance du contexte socio-économique ainsi que les structures socio-agricoles dans la mise en place d'un système de lutte sur un bassin versant. Les rapports entre les communautés rurales et l'administration sont également à prendre en compte.

Il n'y a pas de recette miracle, mais il est évident que le paquet technologique doit être adapté aux motivations et aux connaissances des paysans. Il faut parallèlement créer des conditions économiques favorables par l'organisation des agriculteurs autour de groupes ayant des centres d'intérêt communs. L'innovation n'est pas seulement technique, mais elle est également organisationnelle ( D Randrianaivo, 1996 )

Le développement participatif dès le départ de l'opération, avec une forte participation de la communauté paysanne pour la réalisation et l'entretien des ouvrages est à l'heure actuelle un facteur de réussite de la lutte contre l'érosion.

**Les différents facteurs dont on doit tenir compte peuvent se classer ainsi:**

- **contraintes d'ordre naturel :**
  - topographie de l'île
  - nature érodible des sols
  - agressivité des pluies et passage de cyclones
  - calendrier agricole souvent perturbé par les aléas climatiques
  - faible couverture forestière
  - insuffisance de bonnes terres cultivables
- **contraintes anthropiques :**
  - défrichements et occupation de la terre (selon des principes coutumiers et religieux , comme dans le cas du tavy )
  - manque de technicité, analphabétisme
  - mise à feu régulière des terres de parcours et feux volontaires de zones forestières
  - us et coutumes entravant une production soutenue et durable
- **contraintes socio-économiques :**
  - adaptabilité et appropriation des techniques par les paysans
  - rapport coût de production/intrants défavorable
  - partage du terroir en zones d'intérêt très différents au détriment de l'environnement
  - insécurité en milieu rural : vol des produits
- **contraintes d'ordre organisationnelles et législatives**
  - régime foncier non sécurisant et non incitatif à l'investissement

**Les 6 règles pour restaurer la fertilité d'un sol ( Roose , 1995 ) :**

- 1 maîtrise du ruissellement, de l'érosion et de la lixiviation pour réduire les pertes d'éléments du système sol/plante
- 2 régénérer la macroporosité et l'enracinement profond;
- 3 stabiliser la structure du sol par l'enfouissement de résidus de culture , de chaux, par une culture à fort enracinement;
- 4 revitaliser le sol par apport de fumier composté
- 5 corriger l'acidité pour supprimer la toxicité aluminique
- 6 corriger les carences du sol et nourrir la plante cultivée en fonction de ses besoins.

## PRINCIPAUX DOCUMENTS

ONE - 1994

Rapport sur l'état de l'environnement à Madagascar

PNUD - ONE - 1995 - 208 p.

ROOSE . E - 1994

Introduction à la gestion conservatoire de l'eau , de la biomasse et de la fertilité des sols  
( GCES ) . Bulletin pédologique de la FAO - N° 70 - 418 p.

ROOSE . E - 1995

L 'érosion à Madagascar , méthodes GCES - conférence CITE .

TASSIN . J - 1995

La protection des bassins versants à Madagascar .

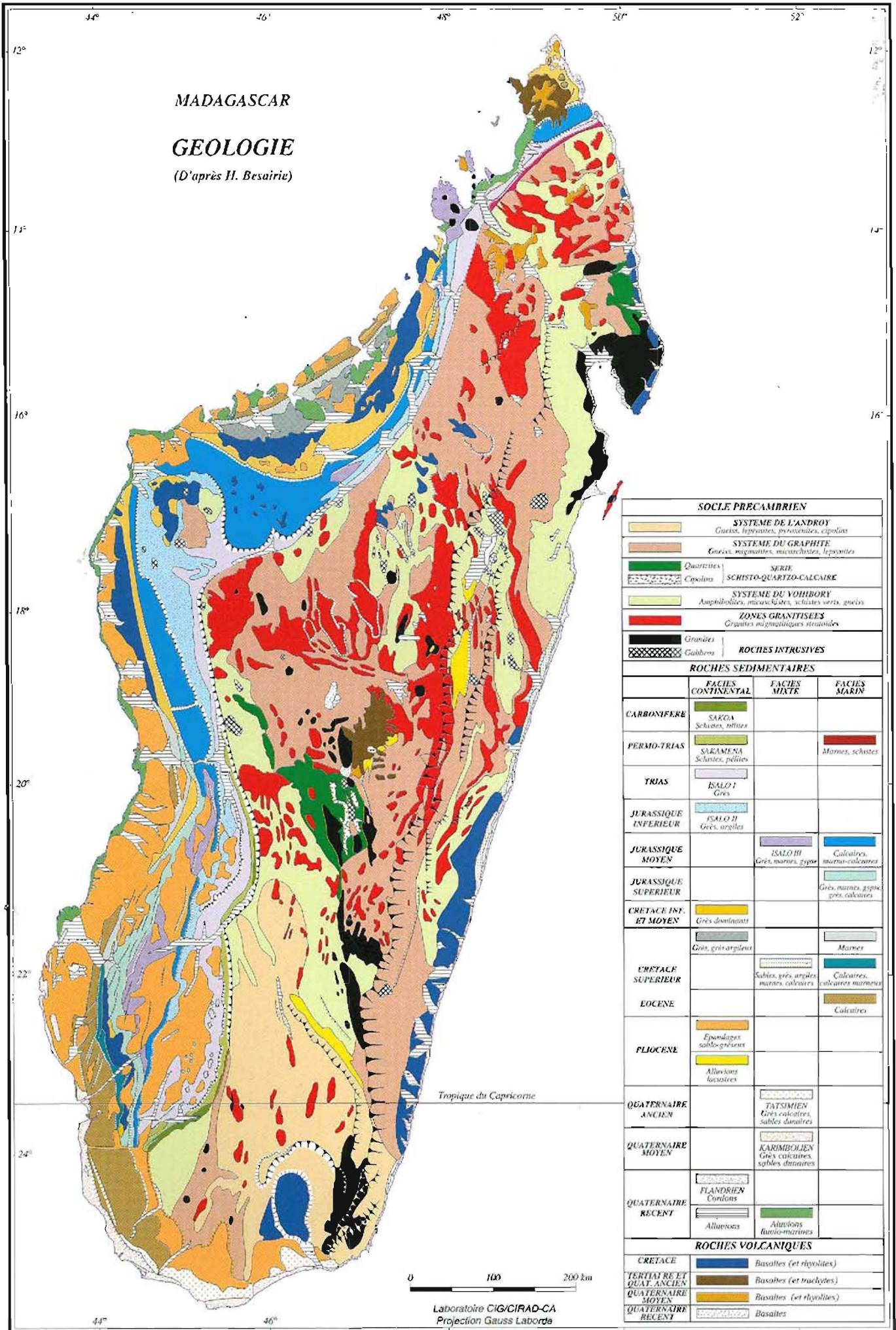
Bilan des actions conduites au Lac Alaotra

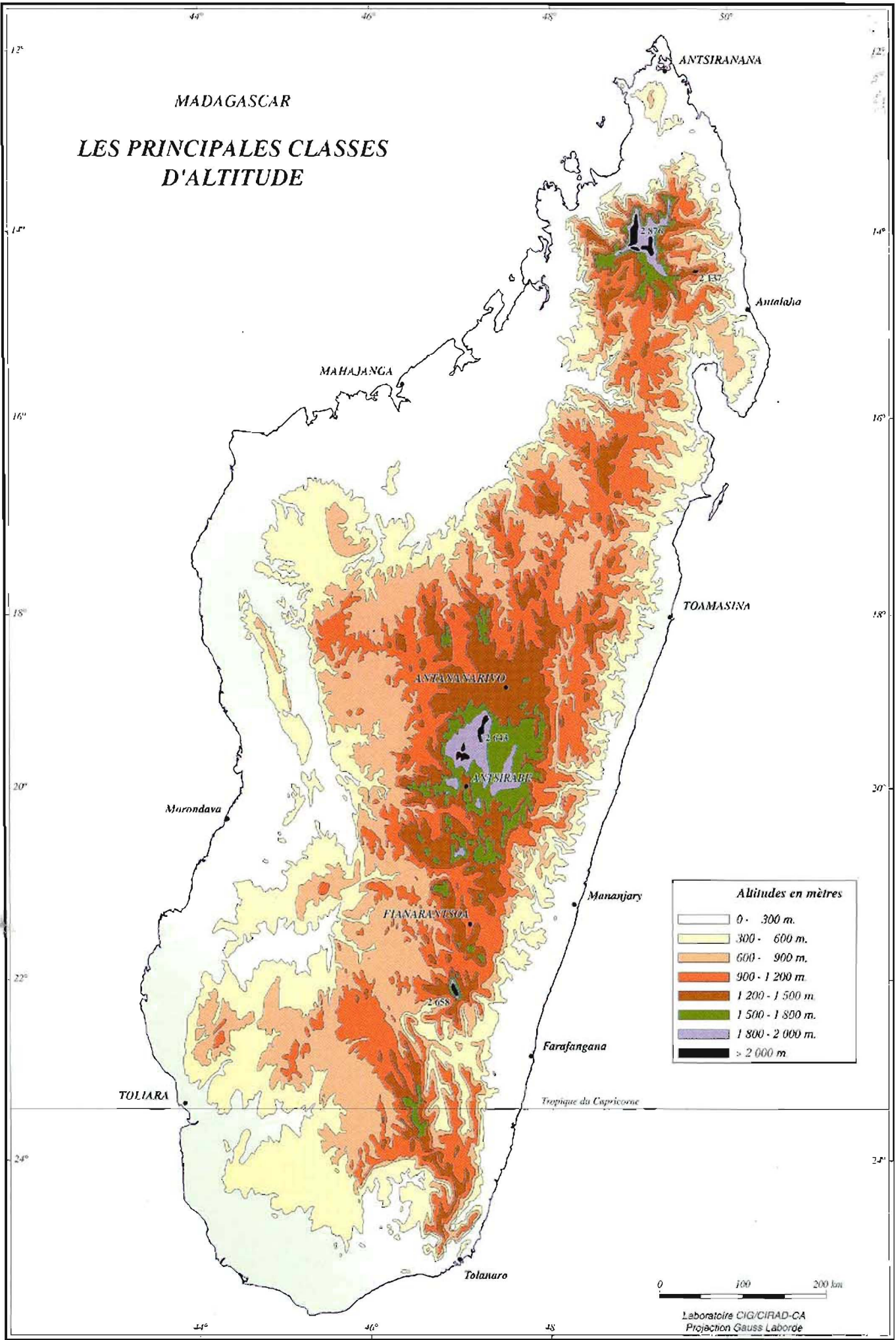
Bois et forêt des tropiques n° 246 ; 4<sup>ème</sup> Trim 95 - pp 7 - 22.

# MADAGASCAR

## GEOLOGIE

(D'après H. Besairie)





MADAGASCAR  
**LES PRINCIPALES CLASSES  
 D'ALTITUDE**

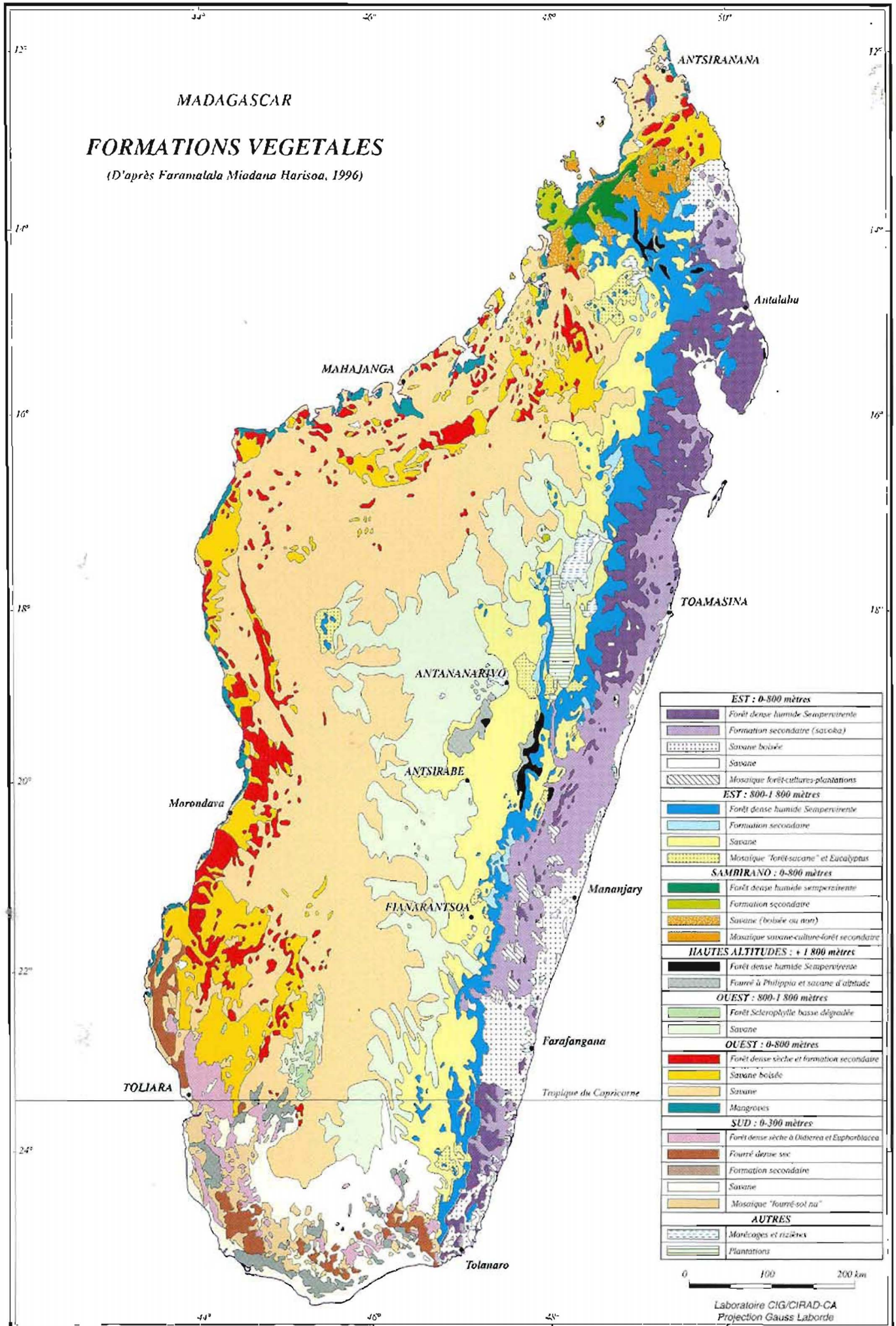
Altitudes en mètres	
[White box]	0 - 300 m.
[Light yellow box]	300 - 600 m.
[Orange box]	600 - 900 m.
[Dark orange box]	900 - 1 200 m.
[Red-orange box]	1 200 - 1 500 m.
[Red box]	1 500 - 1 800 m.
[Purple box]	1 800 - 2 000 m.
[Black box]	> 2 000 m.

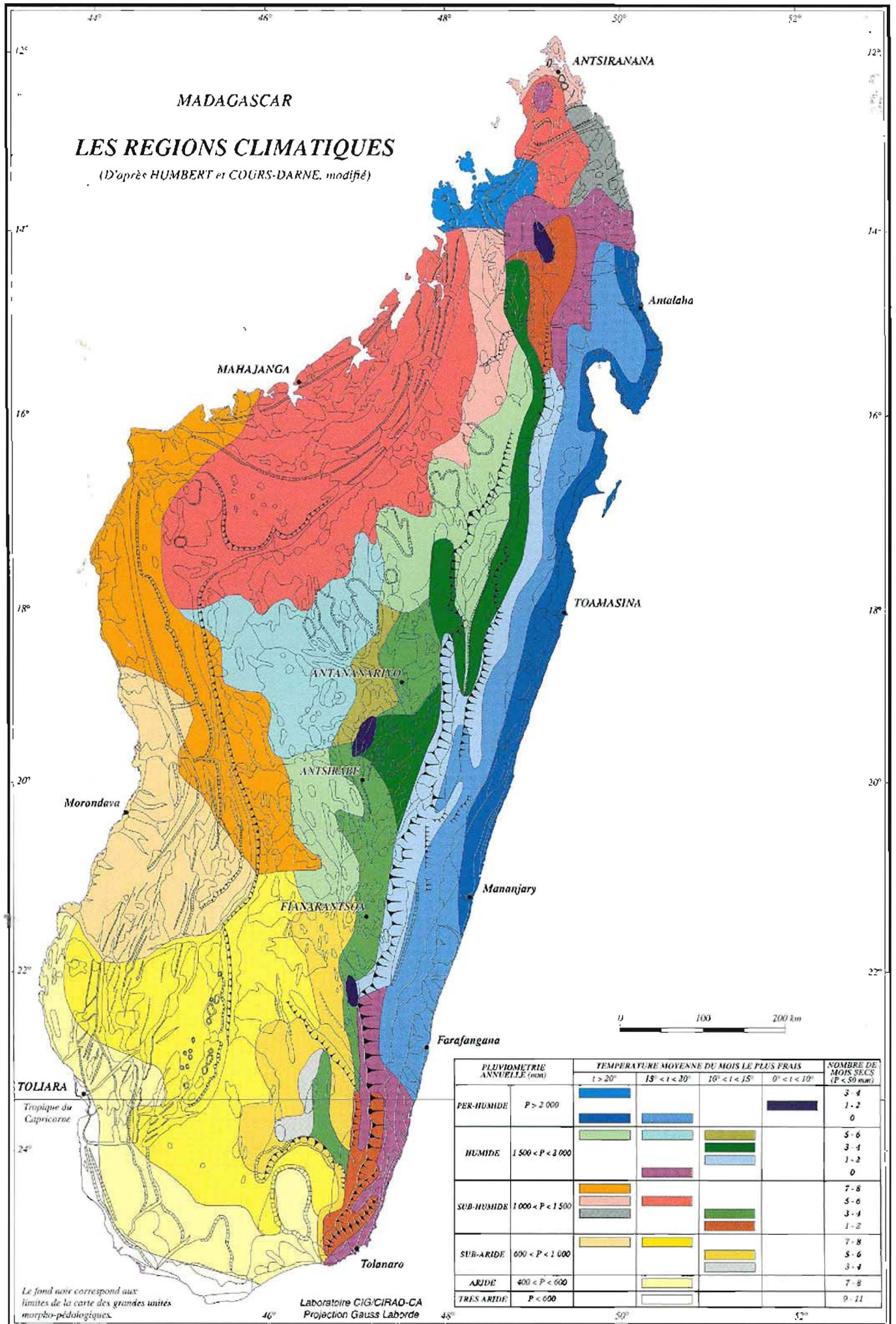
0 100 200 km

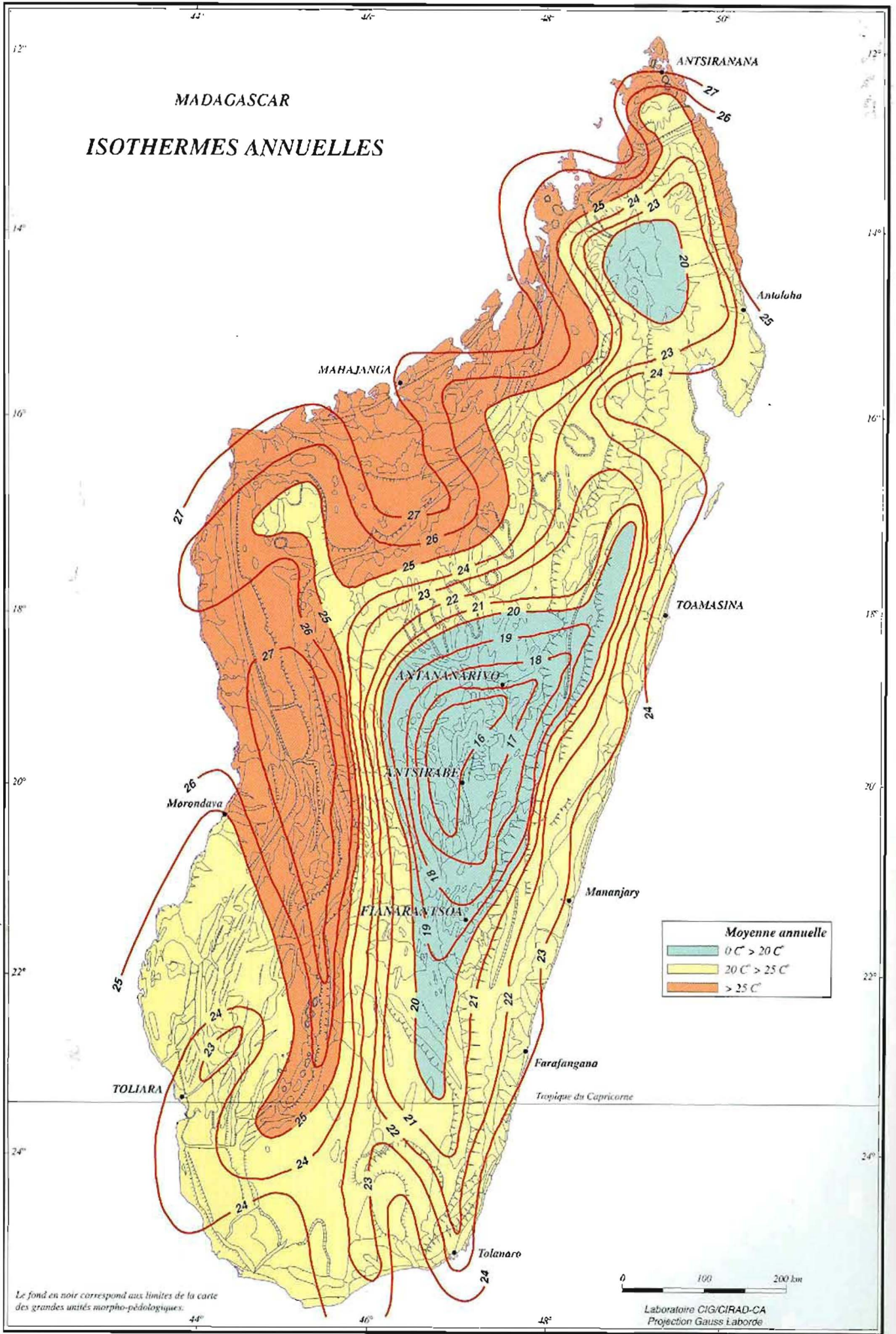
Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
 Projection Gauss Laborde

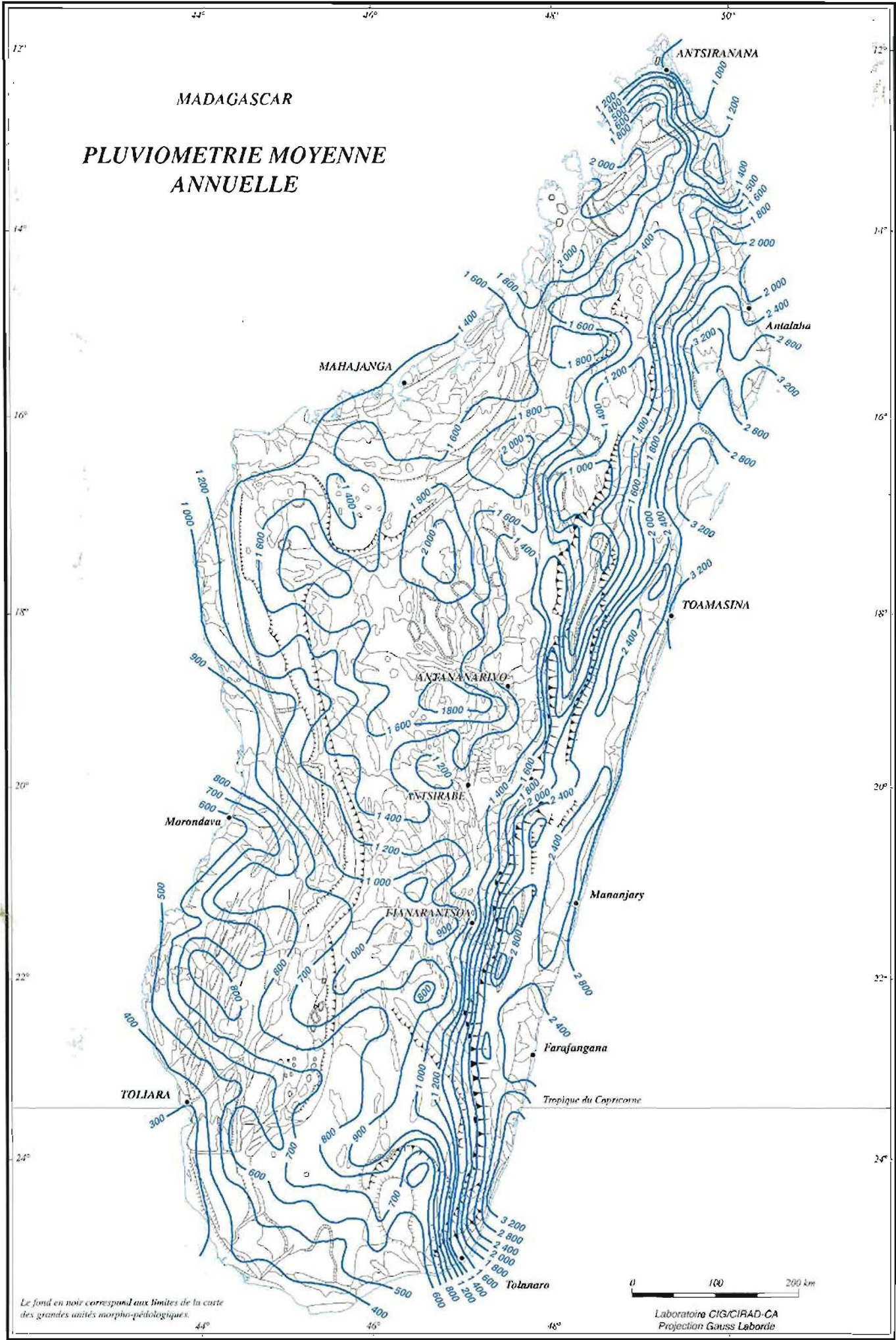








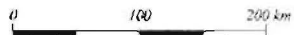




MADAGASCAR

**PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE**

*Le fond en noir correspond aux limites de la carte des grandes unités morpho-pédologiques.*

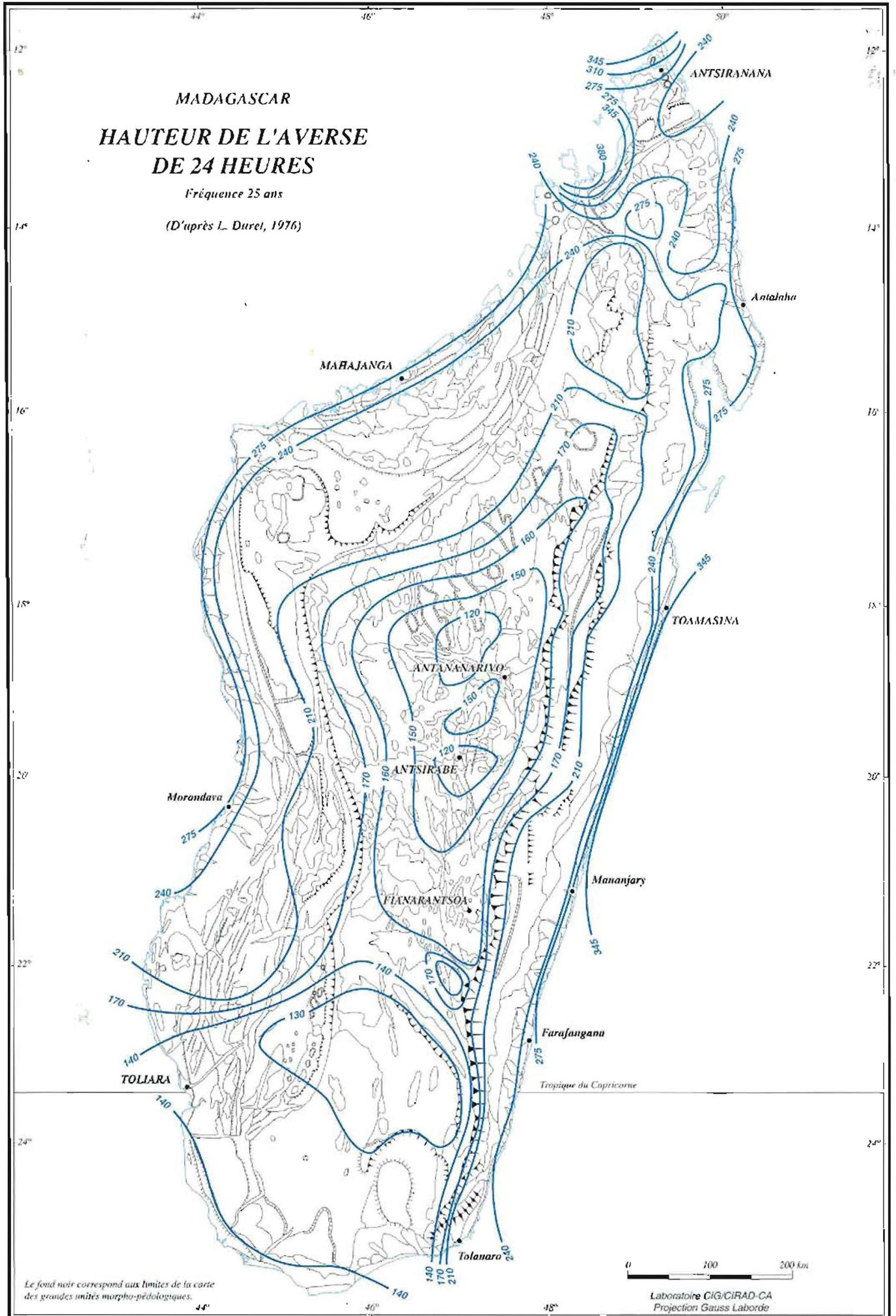


Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
Projection Gauss-Laborde

MADAGASCAR  
**HAUTEUR DE L'AVERSE  
 DE 24 HEURES**

Fréquence 25 ans

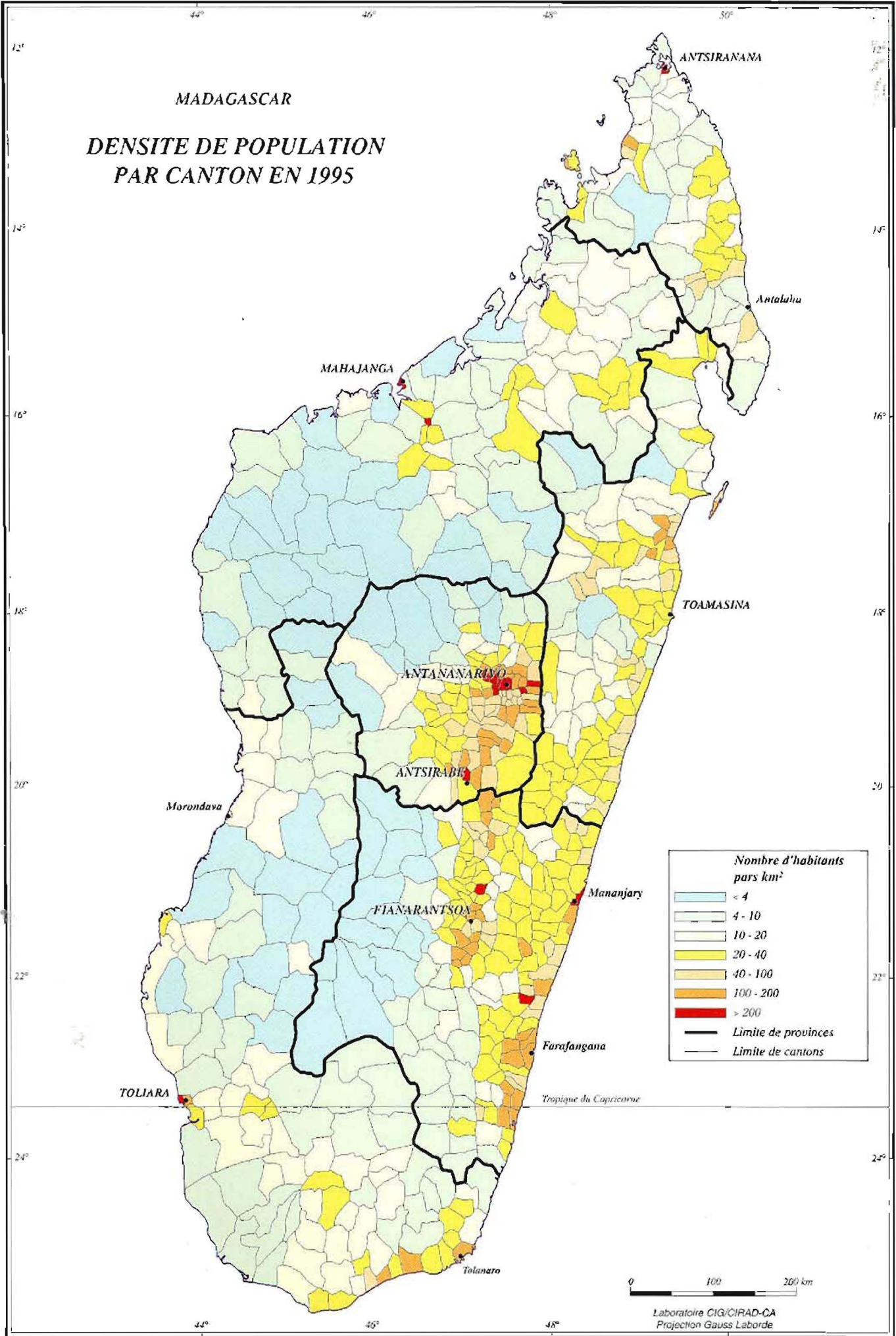
(D'après L. Duret, 1976)



Le fond noir correspond aux limites de la carte des grandes unités morpho-pédologiques.



Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
 Projection Gauss Laborde



MADAGASCAR

DENSITE DE POPULATION  
PAR CANTON EN 1995

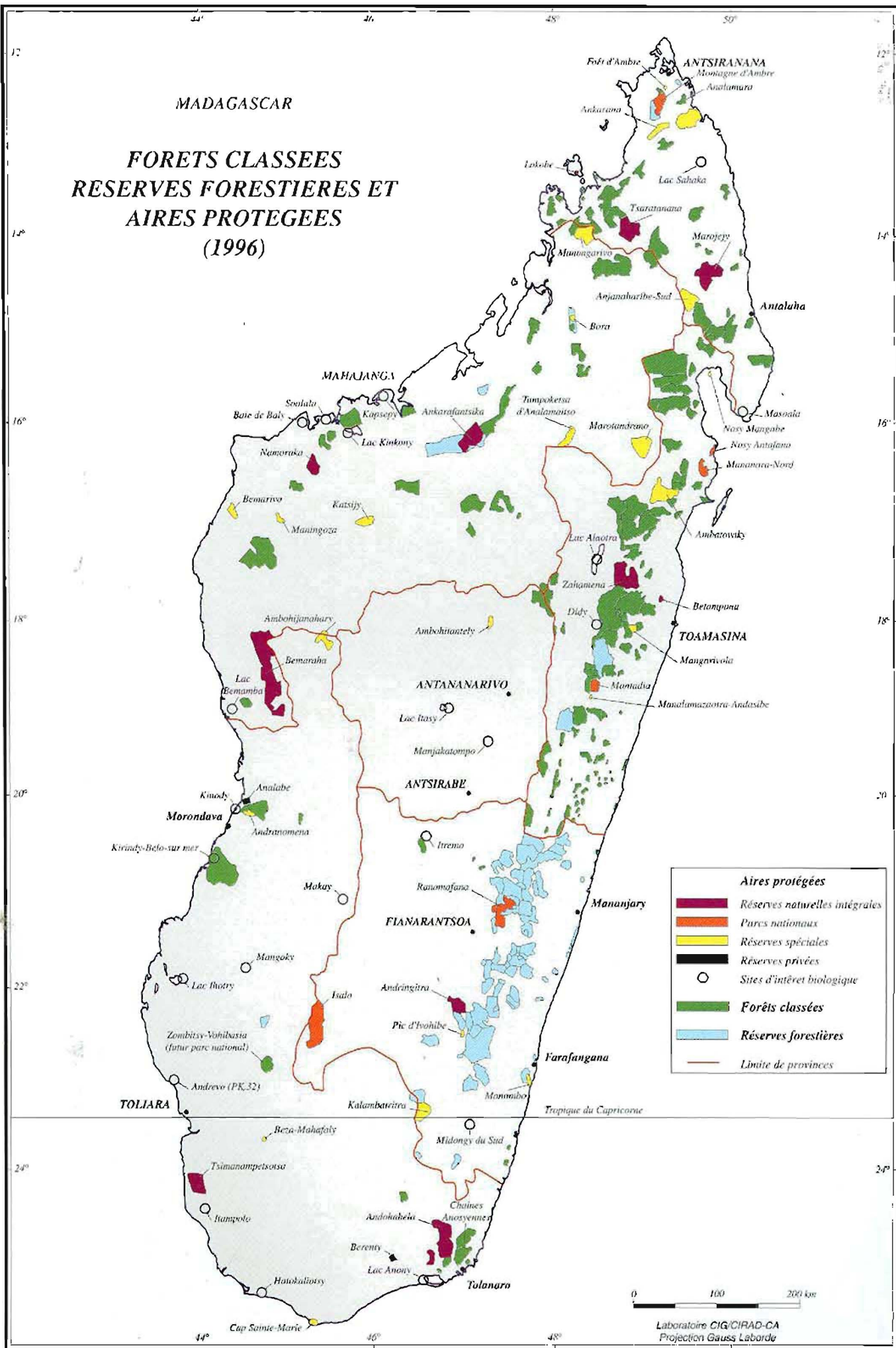
Nombre d'habitants pars km <sup>2</sup>	
	< 4
	4 - 10
	10 - 20
	20 - 40
	40 - 100
	100 - 200
	> 200
	Limite de provinces
	Limite de cantons

0 100 200 km

Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
Projection Gauss Laborde

MADAGASCAR

**FORETS CLASSEES  
RESERVES FORESTIERES ET  
AIRES PROTEGEES  
(1996)**



**Aires protégées**

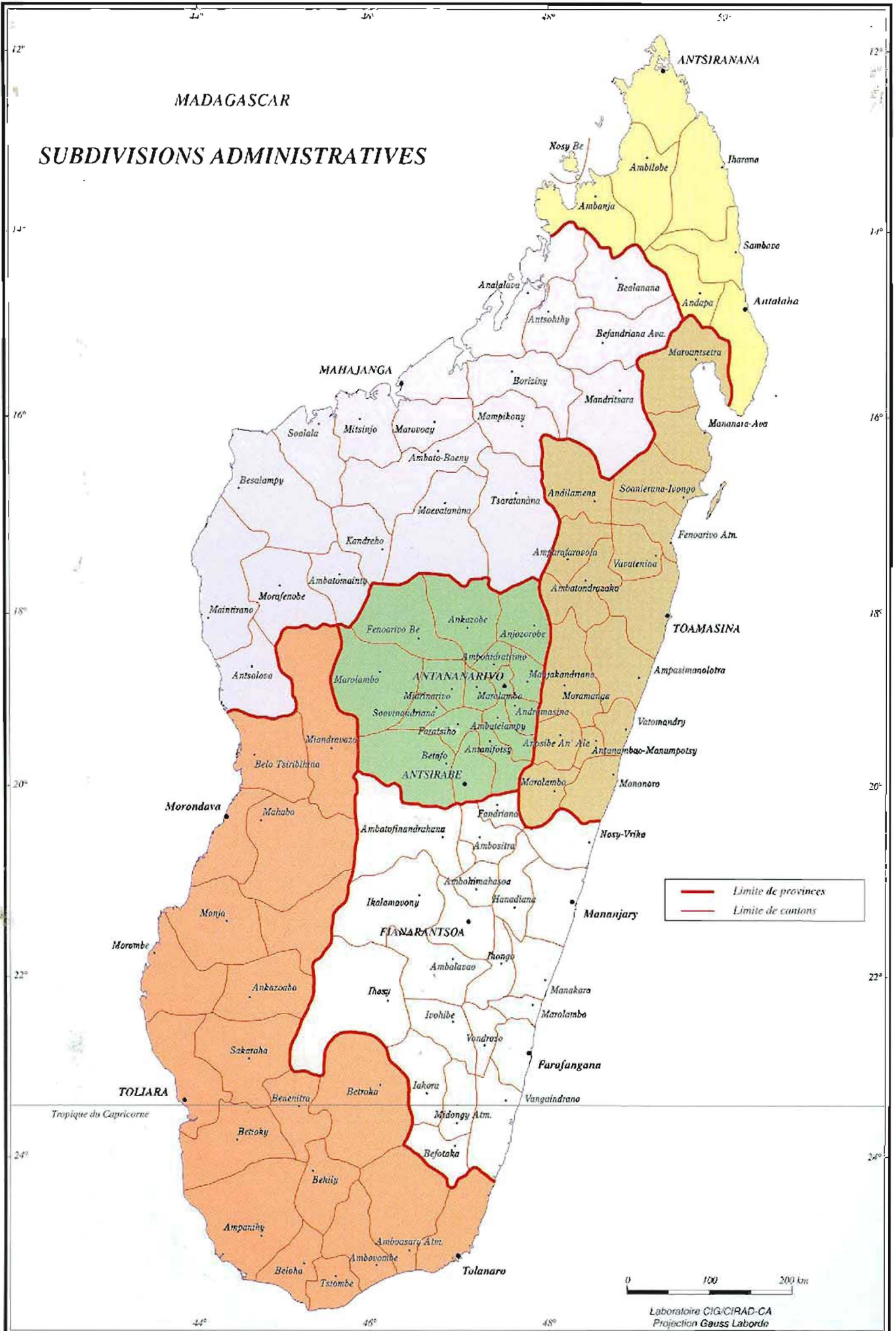
- Réserves naturelles intégrales
- Parcs nationaux
- Réserves spéciales
- Réserves privées
- Sites d'intérêt biologique
- Forêts classées
- Réserves forestières
- Limite de provinces

0 100 200 km  
Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
Projection Gauss Laborde



MADAGASCAR

SUBDIVISIONS ADMINISTRATIVES



— Limite de provinces  
— Limite de cantons

0 100 200 km

Laboratoire CIG/CIRAD-CA  
Projection Gauss Laborde

## SOCLE CRISTALLIN : HAUTS-PLATEAUX



Photo 1 : Champ de lavaka au Nord-Nord-Est de Tananarive.



Photo 2 : Champ de lavaka au Sud du lac Alaotra.



Photo 3 : Décapage en nappe généralisé et lavaka sur les tanety convexes (Nord-Est de Tananarive).



Photo 4 : Vaste "langue" de déjection issue d'un lavaka (près de la cuvette d'Andilamena).



Photo 5 : La rivière Betsiboka en saison des pluies.

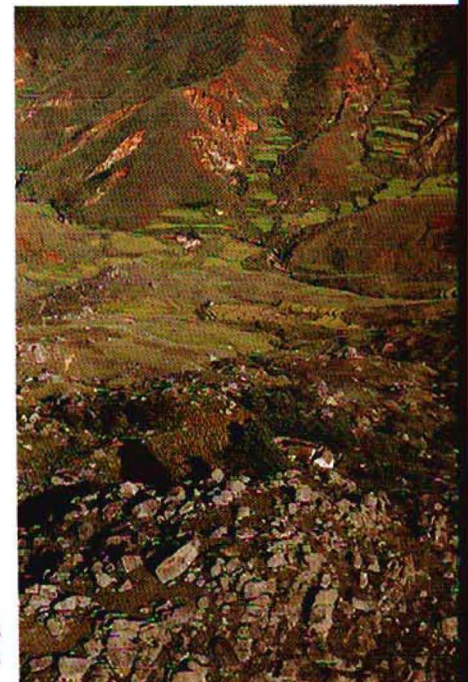
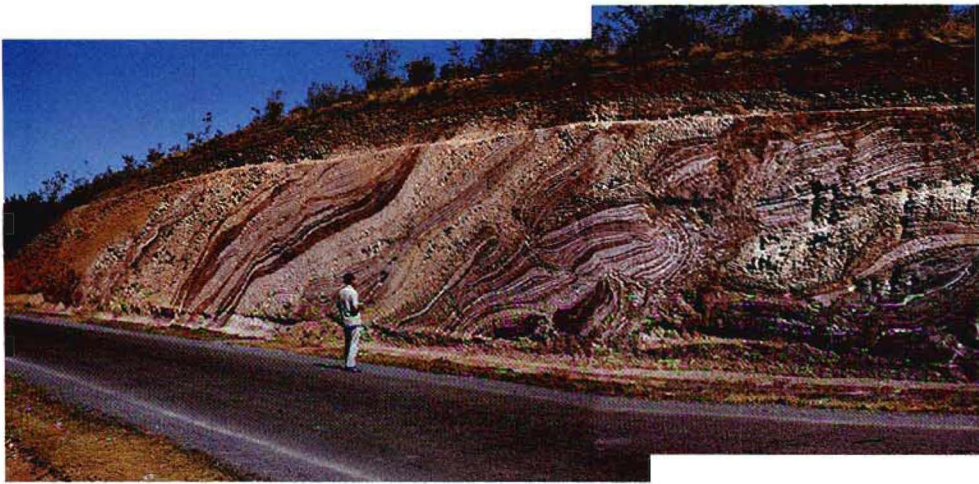


Photo 6 : Région de Bétafo : Reliefs résiduels granitiques à chaos de blocs. A l'arrière plan, collines convexes à lavaka.

## SOCLE CRISTALLIN : HAUTS-PLATEAUX



Photos 7 et 8 : Zone d'altération épaisse de sols ferrallitiques sur granito-gneiss (près d'Antanifotsy, route d'Antsirabé).

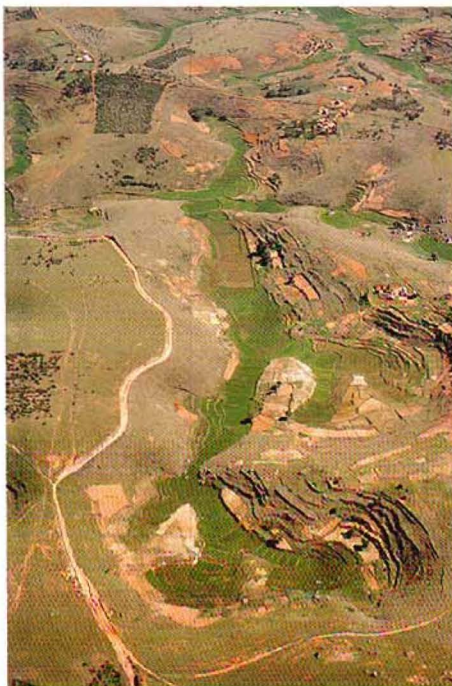


Photo 9 : Bas-fond élémentaire en "bois de renne" encastré dans la surface d'aplanissement fini-tertiaire (région d'Ambohidratrimo).



Photo 10 : Litho-structure anticlinale métamorphique et reliefs appalachiens des rides granitisées (entre Ankazobe et Maevatanana).



Photo 11 : Rôle de la fracturation du socle sur le réseau hydrographique (l'Ikopa entre Tananarive et Maevatanana).

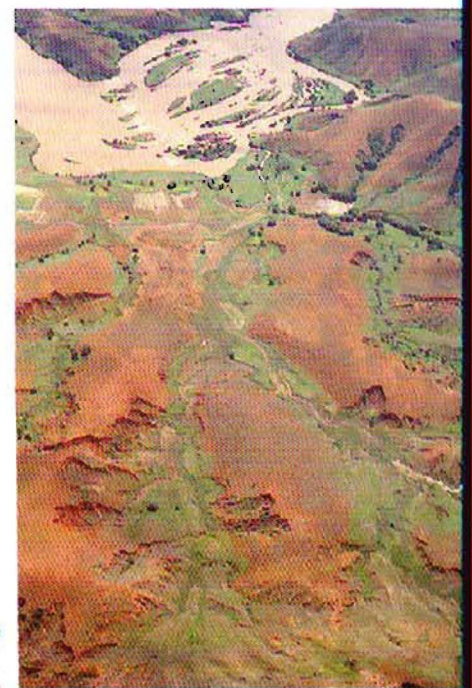


Photo 12 : Lambeaux de glaciés de la surface fini-tertiaire en cours d'érosion (lavaka) à proximité de l'Ikopa (Nord de Tananarive).

## SOCLE CRISTALLIN : HAUTS-PLATEAUX, NORD, EXTREME SUD

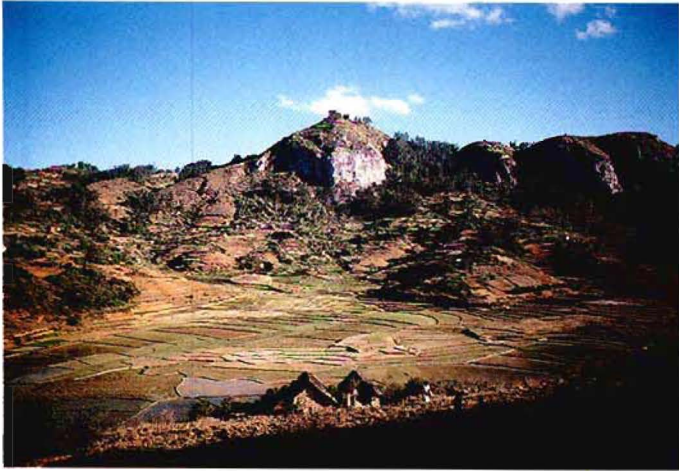


Photo 13 : Domes granitiques en cours de dégagement (région d'Ambositra).

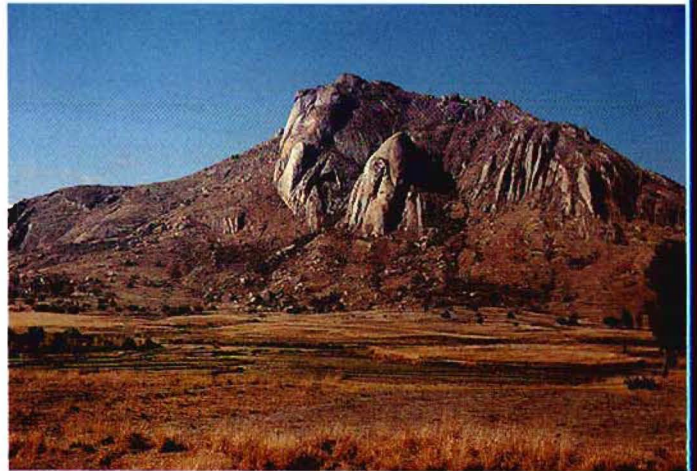


Photo 14 : Inselberg granitique (région de Fianarantsoa).



Photo 15 : Surface d'aplanissement faillée, attaquée par un nouveau réseau hydrographique le long de la dénivelée de faille (Nord-Ouest de Tananarive).



Photo 16 : Le massif montagneux du Tsaratanana : Reliefs polyédriques très accidentés.

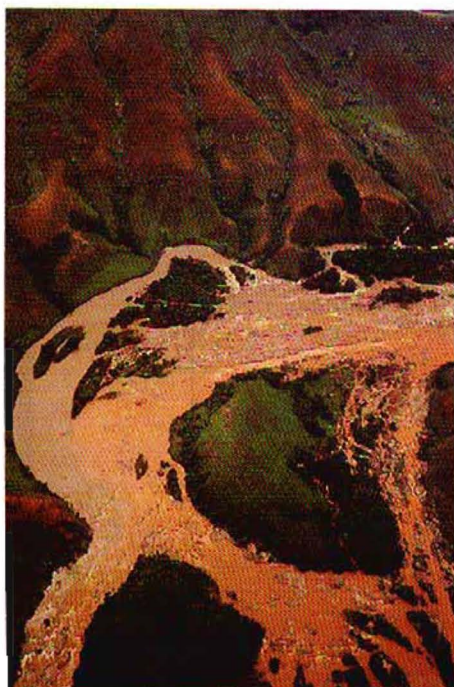


Photo 17 : La rivière Ikopa butant contre des reliefs résiduels granitiques (Nord de Tananarive).



Photo 18 : Pénéplaine Mahafaly-Androy dans l'extrême Sud (Est de Ejeda), sur granito-gneiss. Racines d'une structure anticlinale. Bancs durs, en léger relief ("koppies").

## SOCLE CRISTALLIN : MOYEN-OUEST



Photo 19 : Paysage du moyen-Ouest : Glacis plio-pleistocènes et reliefs résiduels granitiques monoclinaux.



Photo 20 : Surface fini-tertiaire de la région de Mahasolo : Bas-fonds et cuvettes de suffosion.



Photo 21 : Réseau de bas-fonds à forêt-galerie, encastré dans la surface d'aplanissement fini-tertiaire (région Sud de Belobaka).



Photo 22 : Région dominant la bordure des Hauts-Plateaux (Bongolava) : Erosion accélérée généralisée : ravinelements, lavaka, glissements, "pieds de vache"... (région Sud de Maevatanana).



Photo 23 : Région dominant la bordure des Hauts-Plateaux (Bongolava) : Erosion accélérée par ravinelements généralisés. Butte témoin de la surface fini-tertiaire (région Sud de Maevatanana).

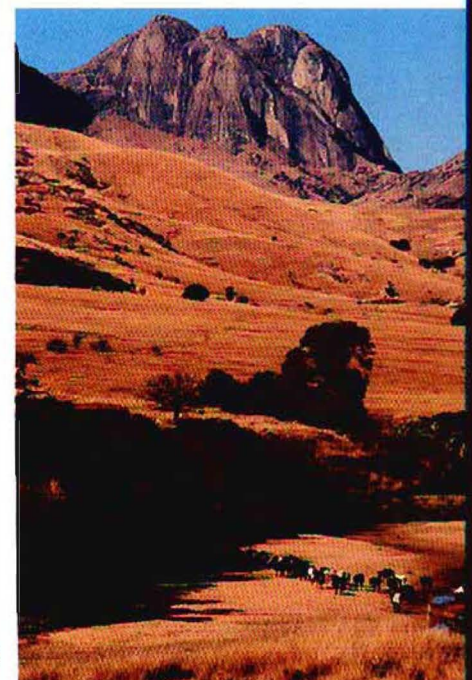


Photo 24 : Inselberg granitique (Ouest d'Ambalavao).

## SOCLE CRISTALLIN : EST



Photo 25 : Reliefs montagneux "polyédriques" de la facade orientale en cours de déforestation (falaise Betsimisaraka).



Photo 26 : Reliefs polyédriques balafrés par des glissements de terrain, sur la facade montagneuse orientale en cours de déforestation (région de Beforona).



Photo 27 : Cône de déjection torrentiel lors d'une période cyclonique : Région de Ranomafana (falaise Tanala).



Photo 28 : Cordon dunaire flandrien isolant une lagune (Sud de la plaine de Maroantsétra).



Photo 29 : La Pointe à Larrée : Faisceau de cordons flandriens et sillons interdunaires inondés.



Photo 30 : Construction d'une flèche sableuse à l'embouchure d'une rivière et isolement d'une lagune à l'arrière. A l'arrière plan, collines basses de rajeunissement de la surface fini-tertiaire ; au loin : reliefs montagneux multifaces de la "Falaise" (région de Fénériver).

## SÉDIMENTAIRE



Photo 31 : Erosion généralisée ("bad-lands") dans les formations gréseuses (Isalo I) du Karoo (Betsiriry, Nord de Miandrivazo).



Photo 32 : Karst "couvert" par des sables rouges sur les calcaires éocènes de la région de la Baie de Narinda : dolines auréolées de *Medemia nobilis*.



Photo 33 : Erosion régressive en ravins ("Sakasaka") dans la carapace sableuse à sables rouges (Nord-Est de Majunga).



Photo 34 : Cuvettes de suffosion ("ranovory") sur carapace sableuse à sables rouges. Savane arborée. Erosion en nappe (Est de Morondava).



Photo 35 : Erosion généralisée dans les grès marno-calcaires du Karoo (Isalo III), dans la presqu'île d'Ampasindava.

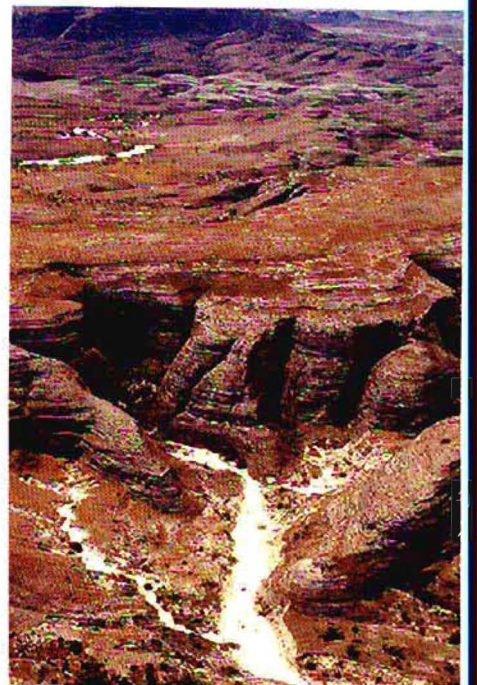


Photo 36 : Les grès du Massif du Makay.

# SÉDIMENTAIRE



Photo 37 : Les grès du Massif de l'Isalo : Armatures de filons siliceux infiltrant les diaclases (région de Ranohira).



Photo 38 : Karst à "Tsingy" (lapiéz géants) du Bemaraha .



Photo 39 : Alternance de calcaire (à lapiéz) et de marnes (sols bruns) sur le plateau du Bemaraha.



Photo 40 : Plateau calcaire éocène du Mahafaly : Faille Occidentale Nord-Sud. Bush dense. Présence d'avens.



Photo 41 : Plateaux calcaires éocènes du Belomotra : Rivière Fiherenana. Bush dense. Réseau hydrographique fossile, à méandres, surimposé (Est de Tuléar).

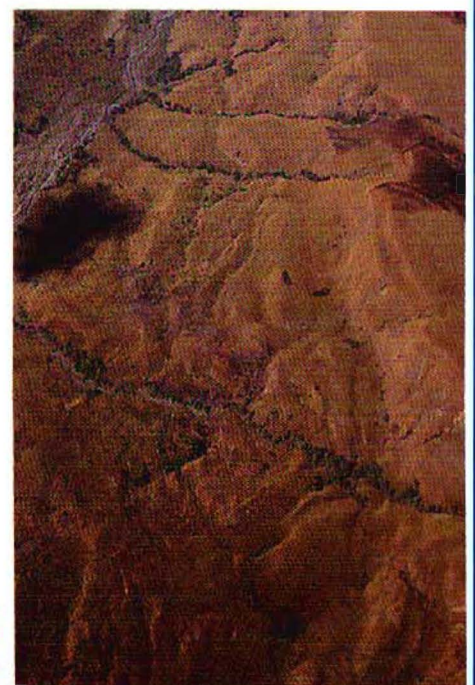


Photo 42 : Erosion en glissements de masse étagés sur les grès marno-calcaire à gypses des plateaux situés entre Tuléar et Ankazoabo.



# VOLCANISME



Photo 43 : Massif de l'Ankaratra : Reliefs de dissection des hautes planèzes basaltiques et des massifs trachytiques. Sols ferrallitiques bruns en cours de décapage (Nord de la plaine d'Ambohibary-Sambaina).



Photo 44 : Panorama vu du sommet de l'Ankaratra (2 644 mètres) : Crêtes et versants des hautes planèzes disséquées.



Photo 45 : Massif de l'Ankaratra vers 1 800-2 000 mètres d'altitude : Cultures en "pseudo-terrasses" (pommes de terre) sur sols ferrallitiques bruns.



Photo 46 : Volcans récents (10 000 ans) de l'Itasy.



Photo 47 : Planèzes de la Montagne d'Ambre à sols ferrallitiques (volcanisme tertiaire).

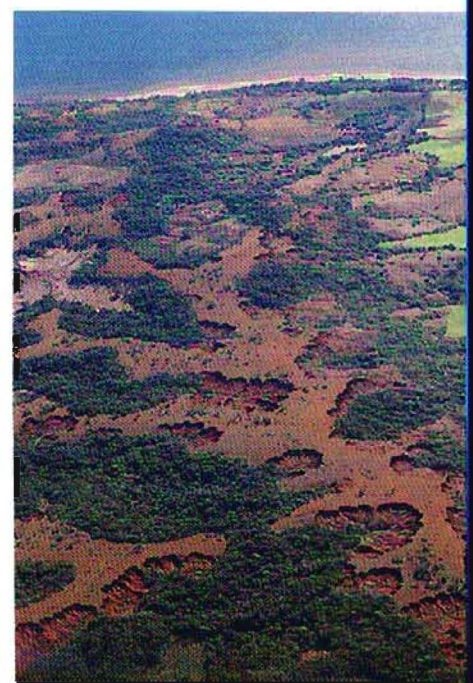


Photo 48 : Planèzes crétacées du Nord-Ouest : Sols ferrallitiques mordus par une érosion en cirque (Nord d'Analalava).

## ALLUVIONS



Photo 49 : Terrasse ancienne ("Sambainienne") à "Sabies blancs" sur les Hauts-Plateaux (Cuvette d'Antanetibe) : Le niveau de base actuel (2 à 4 m. plus bas) est riziculturé.



Photo 50 : Plaine de Vinaninony dans l'Ankaratra : Origine volcano-tectonique, 1 850 m. d'altitude.

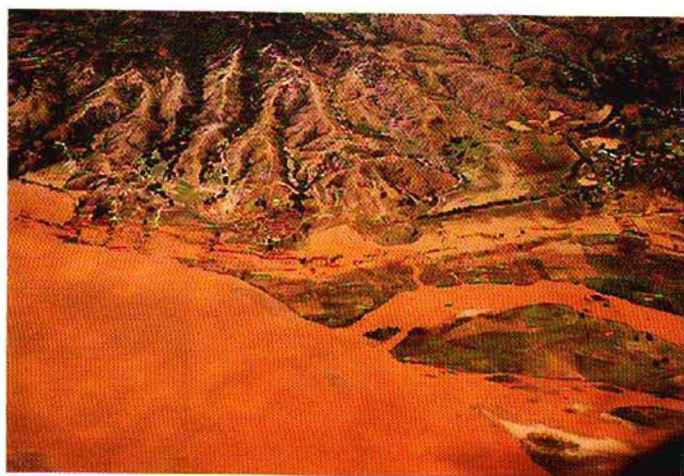


Photo 51 : La rivière Betsiboka à son arrivée dans le sédimentaire : Erosion généralisée dans les formations gréseuse du Karoo (Isalo I) : Plaines d'inondations à "Baibohos" (environ de Maevatanana).



Photo 52 : "Baibohos" de la rivière Mahavavy-du-Sud (région de Kandreh) dans la dépression périphérique au socle. Levées de berges, cuvettes latérales de décantation, plaines inondables. Au premier plan, collines érodées de grès du Karoo ("Isalo I").



Photo 53 : Type d'embouchure sur la Côte Ouest : Le delta de la Mahariva (Sud de Morondava). Cordon littoral sableux, mangrove à palétuviers, chenaux de marée, tannes.



Photo 54 : Type d'embouchure sur la Côte Est : Cordon sableux flandrien isolant une lagune derrière laquelle s'accumulent des alluvions (région de Fénériver).