Puy, D. & Moat J. (1999). Vegetation mapping and biodiversity conservation in Madagascar Geographical Information Systems. In: Timberlake, J. & Kativu, S. (eds.), African Plants: Biodiversity Taxonomy and Uses, pp. 245-251. Royal Botanic Gardens, Kew.

VEGETATION MAPPING AND BIODIVERSITY CONSERVATION IN MADAGASCAR USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

D.J. DU PUY & J. MOAT

Royal Botanic Gardens Kew, Richmond, Surrey, TW9 3AB, UK

Abstract
In order to analyse the distribution patterns of vegetation types and plant biodiversity in Madagascar, a new vegetation map was produced using Geographical Information System techniques. A vegetation map based on Landsat imagery was superimposed onto a simplified map of geology and a map of "Remaining Primary Vegetation classified by the underlying Geology" was produced. Proportions of each vegetation type within protected areas were calculated by comparing this map to one of the system of National Parks and Reserves. The first analyses showed strongly that the scrublands and dry deciduous forests in the south of the country were insufficiently protected. The map has proved useful in conveying conservation messages, and in the selection a new series of protected areas.

Résumé
Une nouvelle carte de la végétation de Madagascar a été produite en utilisant les techniques d'un Systeme d'Information Géographique (SIG) avec l'objectif d'analyser les modéles de distributions des types de végétation et de la diversité végétale. Une carte de la végétation basée sur des images Landsat a été superposé sur une carte simplifiée de la géologie pour produire une carte des "Restes de Végétation Primaire classés selon la Géologie soul-jacente". Les proportions de chaque type de végétation actuellement inclus dans des aires protégeés ont été calculées en comparant cette carte avec celle des Parcs Nationaux et des Réserves. La première analyse a clairement montré que les fourrés et les forêts sèches caducifoliées du sud l'îte était insuffisamment protégés. Celle carte s'est avere utile, porteuse de message pour la conservation, en particulier pour la sélection d'une nouvelle série d'aires protégées.

Key words: Madagascar - Geographical Information Systems - vegetation mapping - conservation

Introduction

Our Geographical Information System (GIS) studies in Madagascar are primarily aimed at analysing distribution patterns of vegetation types and plant biodiversity within Madagascar. Fieldwork has shown that the structure and species composition of the vegetation often alters radically with changes in substrate. It is assumed, therefore, that different vegetation types, with different species compositions, occur on different rock types, and that a new and more informative map of vegetation types could be produced by subdividing the broad primary vegetation zones on the basis of the rock type on which they occur:

Methods and Results

The first stage was to digitise the geology map of Madagascar (Besairie 1964), and then to simplify it into broad categories of rock types which seem to have an important effect on the vegetation they support. The categories of sedimentary rocks include sandstones, loose (unconsolidated) sands, and two limestone categories of different ages (one of which produces the spectacular "tsingy" areas of jagged, highly eroded limestone pinnacles). A broad category of metamorphic rocks (including granites and migmatites, often covered by thick layers of laterites), covers large areas of the central and eastern areas of the island. Lavas and basalts are also separated, along with several more restricted rock types including quartzites, marbles and ultrabasics.

The remaining areas of good quality, primary vegetation were identified from the vegetation map of Faramalala (1988, 1995), which was derived from Landsat satellite imagery, and broadly maintained the vegetation zones defined by Humbert (1955). The primary vegetation was then classed into two major types, one evergreen (eastern and central) and the other deciduous (western and southern). The evergreen forests include the humid forests (at low, medium and high altitudes) and the sclerophyllous woodland remnants (dominantly Uapaca) of central Madagascar. The deciduous formations include the seasonally dry forests of the west and north, and the southern dry forests and scrublands.

A map of 'Remaining Primary Vegetation, classified by the underlying Geology' was produced by overlaying the map of 'Remaining Primary Vegetation' on to the 'Simplified Geology' map (Du Puy & Moat 1996). This map

provides new insights into the patterns of distributions of plant species and the various types of vegetation, especially in western and southern Madagascar where the geology varies substantially.

Histograms of the area remaining of each vegetation zone and type (in km2) were then produced, and by overlaying a map of the Protected Areas (COEFOR/CI 1998), the amount of protection for each type could be demonstrated (Du Puy & Moat 1996, 1998). It immediately became obvious which vegetation types are poorly represented in the current system of protected areas, and the maps can be used to show where large, intact areas suitable for conservation still exist. If reserves were set up on each category, then the system of reserves would include as wide a range of vegetation types as possible, and therefore as high a species diversity as possible. When used in this way, to reflect the distribution patterns of plant diversity, the maps are an important tool for conservation planning and management.

Discussion

The graphs and maps produced can be used to convey complex arguments succinctly and in an attractive, user-friendly format accessible to non-botanists, allowing, for example, politicians and decision makers to utilise the data. Statistical arguments can be given in an area which has previously been dominated by intuition or based on the distributions of a few, well-known species. It is clear that the deciduous, dry, southern forests and scrublands are insufficiently protected, especially given their recognised richness in endemic plant species and the great variation in the underlying geology (Du Puy & Moat 1996, 1998).

Our maps and data have been compiled and distributed (on CD-ROM) to the different organisations involved in conservation projects in Madagascar, including ANGAP (the National Association for the Management of Protected Areas). They are now being used in Madagascar within the context of the Environmental Action Plan (in response to Madagascar signing the Convention on Biodiversity in March 1996), to help identify areas of high priority for conservation of biodiversity and to improve the network of Protected Areas (Du Puy & Moat 1996, 1997, 1998).

These maps, data and conservation recommendations (Du Puy & Moat 1996, 1998) can be seen on the Internet at the address: htttp://www.rbgkcw.org.uk/herbarium/madagascar/mad_index.html. The digitised maps are also available to be downloaded.

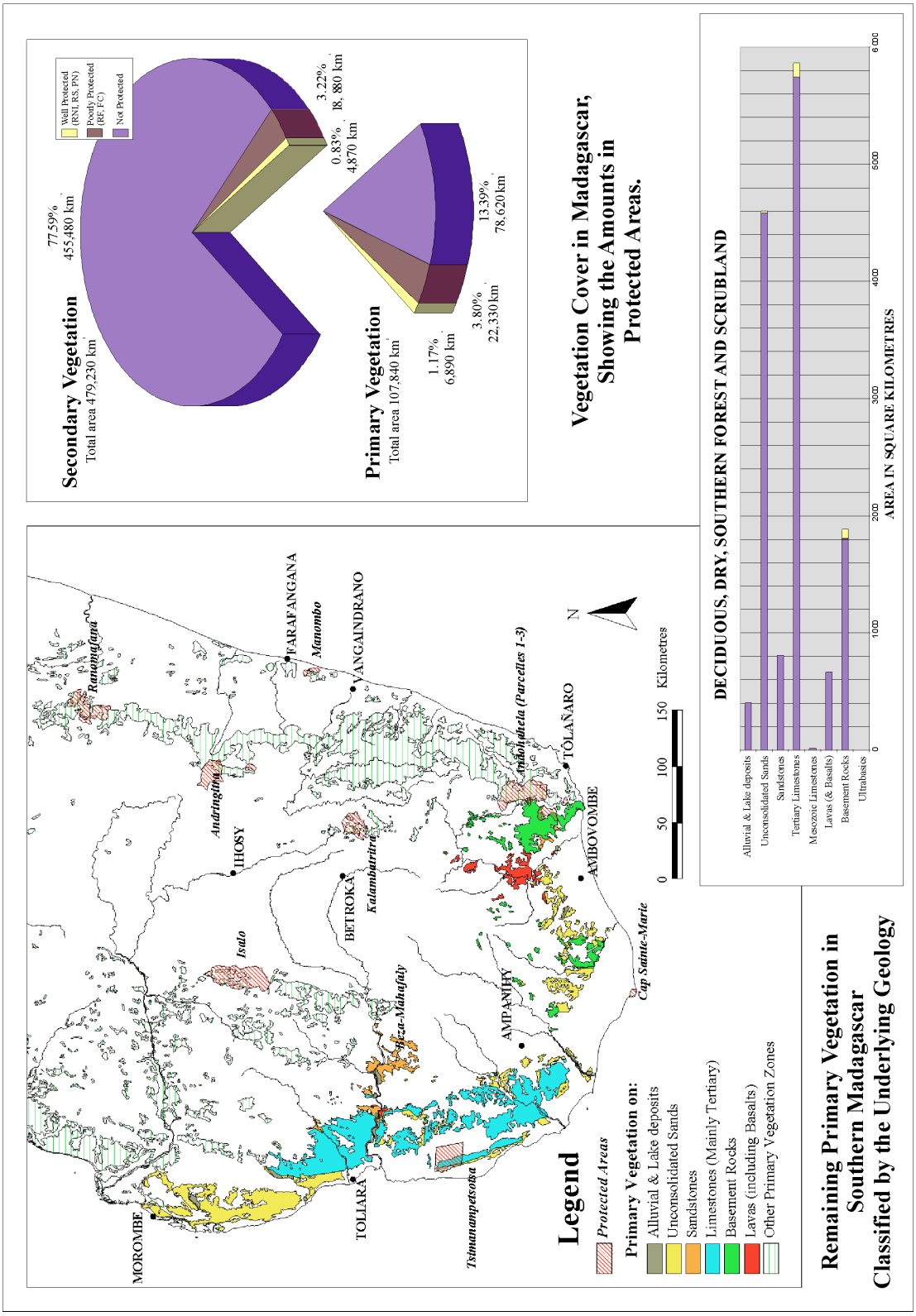

FIG. 1. Examples of the maps, data and graphs concerning the remaining primary vegetation in southern Madagascar. It is evident that three main vegetation types occur and that none of them are adequately protected. The map illustrates the remaining areas of each vegetation type to assist in the selection of appropriate sites for conservation.

CARTOGRAPHIE DE LA VEGETATION ET CONSERVATION DE BIODIVERSITE A MADAGASCAR, EN UTILISANT DES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES

Introduction

Cette etude analyse les modes de distribution des types de végétation et de la diversité végétale a Madagascar. Les observations sur le terrain ont montré que la composition spécifique de la végétation change radicalement selon les types de substrat. D'autre part, il a été montré que plusieurs types de végétation, avec des compositions floristiques distinctes, existent sur différents substrate rocheux, et qu'une carte de végétation plus compléte pourrait étre produite en subdivisant les grandes zones de végétation primaire sur la base de la nature des roches sur lesquelles elles se développent.

Méthodes et Résultats

La carte géologique (Besairie 1964) a été digitalisée, puis simplifiée pour regrouper les principaux types de roche qui influencent fortement la végétation, au niveau des types de végétation également qu'au niveau des especes représentées. Les roches sédimentaires comprennent des grés des sables non consolidatées et deux classes de calcaires d'âges différents (les plus anciens, souvent profondément érodés en pinacles, sont connus sous le nom de "tsingy"). Un vaste ensemble de roches métamorphiques de nature variée, souvent recouvertes par d'épaisses couches de latérites, couvre de grandes surfaces au centre et à l'est de l'île. Les laves, les quartzites, les marbres et les roches ultrabasiques sont également individualisés.

Les restes de végétation primaire ont été identifiés sur la carte de la végétation élaborée â partir des images satellites Landsat, par Faramalala (1988, 1995) qui conservait en grande partie les zones de végétation définies par Humbert (1955). La végétation primaire a été classée en deux grandes formations, l'une sempervirente (orientale et centrale) et I'autre caducifolieé (occidentale et méridionale). Les formations sempervirentes regroupent les forêts humides (de basses, moyennes et hautes altitudes) et les vestiges de forêts sclérophylles (dominées par Uapaca) du centre de Madagascar. Les formations caducifoliées incluent les forêts sèches saisonnières de l'ouest et du nord ainsi que les forêts sèches et les fourrés xérophiles du sud.

Une carte des "Restes de Végétation Primaire classés selon la Géologie soul-jacente' été élaborée en superposant la carte des "Restes de Végétation Primaire" et celle de la "Géologie Simplifiée" (Du Puy & Moat 1996). Cette carte offre de nouvelles perspectives pour l'étude de la variation des types de végétation et des distributions des espéces végétales, spécialement dans l'ouest et le sud malgache oû la géologie est extremement variée.

Les histogrammes obtenus indiquent la surface (en km^2) converts par les testes de chaque zone et type de végétation. La superposition de ces caries, avec celle des Aires Protégées (COEFOR/CI 1993), met en évidence le degré de protection (surface totale) de chaque type de végétation (Du Puy & Moat 1996, 1998). Ainsi, les types de végétation pauvrement représéntes dans le systéme actuel des aires protégées
ressortent immédiatement. Les caries peuvent également être utilisées pour rechetcher parmi les grandes surfaces intactes encore existantes celles qui seraient les mieux adaptées pour la conservation. Si des réserves étaient créées dans chaque catégories, alors le nouveau réseau d'aires protégées devrait inclure le plus grand nombre possible de habitats ou types de végétation, et, par conséquence, la plus grande diversité d'espéces de plantes (phytodiversité). Utilisées dans ce sens, ces cartes constituent donc un outil important pour planifier et gérer la conservation.

Discussion

Les graphiques et les caries peuvent étre utilises pour exposer sommairement des arguments complexes sous une forme attractive et conviviale, accessibles au non-botaniste. Ils permettent, par exemple, aux politiciens ou aux décideurs, d'utiliser ces données pour avancer des arguments statistiques dans un domaine précédemment dominé par l'intuition, ou par certains espéces facilement reconnaissables. Dans l'histograrnme, il apparaît clairement que les fourrés et forêts sèches à feuilles caduques du sud sont insuffisamment protégés, surtout en raison de leur richesse reconnue en espéces végétales et de la forte variabilité géologique des substrats qui les portent (Du Puy & Moat 1996, 1997).

Ces caries et ces données ont été distribuées (sur CD-ROM) aux différentes organisations impliquées dans les projets de conservation à Madagascar, notamment I'ANGAP (I'Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées). Ils sont actuellement utilisés dans les domaines de la gestion et I'amélioration du reseau des Aires Protégées, et protection de la biodiversité dans le context du Plan d'Action sur l'Environnement, une réponse au ratification par Madagascar du Convention sur la Biodiversité, en Mars 1996 (Du Puy & Moat 1996, 1997, 1998).

Les caries, données, et des recommandations pour la conservation (Du Puy & Moat 1996, 1998), peuvent être vues sur I'internet à l'adresse: http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/mad_index.html, et les cartel digitalisées y sont également disponibles.

Acknowledgements

We would like to thank the Weston Family who financed this project; ESRI for the donation of the programs ARC/INFO and ARC/VIEW and Dr J. N. Labat for assistance with the French version.

References

Besairie, H. (1964). Carte geologique de Madagascar, au 1:1,000,000°. Service Geologique, Antananarivo.

COEFOR/CI (1993). Repertoire et carte de distribution: domaine forestier de Madagascar. 20 pp. Direction ties Eaux et Forks, Service ties
Ressources Foresti&ea, Projet COEFOR et Conservation International, Antananarivo.

Du Puy, D j. & Moat, J. (1996). A refined classification of the primary vegetation of Madagascar based on the underlying geology: using GIS to map its distribution and to assess its conservation status. In: WR. Lourento (editor), Proceedings of the. International Symposium on the 'Biogeographie de Madagascar', Paris, September 1995, pp. 205-218. Editions ORSTOM, Paris.

Du Puy, D j. & Moat, J.R (1997). Using GIS for vegetation mapping and conservation planning in Madagascar. Plant Talk 11: 24.

Du Puy, DJ. & Moat, J. (1998). Vegetation mapping and classification in Madagascar (using GIS): implications and recommendations for the conservation of biodiversity. In: C.R Huxley J.M. Lock and D.F Cutler (editors). Chorology, Taxonomy and Ecology of the Floras of Africa and Madagascar. Pp. 97-117. Royal Botanic Gardens, Kew

Faramalala, M.H. (1988). Etude de la vegetation de Madagascar l'aide ties donnees spaciales. 167 pp. PhD thesis, Universite Paul Sabatier de Toulouse.

Faramalala, M.H. (1995). Formations vegetales et domaine forestier national de Madagascar. Conservation International, Antananarivo.

Humbert, H. (1955). Les territoires phytogeographiques de Madagascar: leur cartographie. Colloque sur les Regions Ecologiques du Globe, Paris 1954. Ann. BioL 31:195-204.

Internet Addresses - General and Articles

General Index
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/mad_index.html

Main page (Madagascar GIS)
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/mad_gis.html

Madagascar Vegetation mapping and biodiversity conservation - Overview
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/veg_mapping.html

DU PUY D J. and MOAT. J.F (1996):
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/bio_paper.html

DU PUY D J. and MOAT. J.F (1998):
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/frank_summary.html

Internet Addresses - Maps (and downloading)

Map of the simplified Geology:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/simp_geol.html

Map of the Remaining Primary Vegetation:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/primary_veg.html

Map of the Remaining Primary Vegetation classified by the underlying Geology:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/veg_geol.html

Map of the Protected areas in Madagascar:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/mad_parks.html

Map of Southern Madagascar:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/fr_southern.html

Map of Western Madagascar:
http://www.rbgkcw.org.uk/herbazium/madagascar/fr_western.html

Map of North Western Madagascar:
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/fr_n_western.html

Download data and maps (in ArcView Shape File format):
http://www.rbgkew.org.uk/herbarium/madagascar/download.html