

LES ESPÈCES D'IGNAMES (*DIOSCOREA* SP.) DANS LE SUD DE MADAGASCAR. INVENTAIRES ET AIRES DE RÉPARTITION

Serge TOSTAIN*, Alfred Saoly CHEBAN**, Stephan DAMSON**,
Herman MANANJO**, Félicité REJO-FIENENA**

* : Unité mixte de recherche 188, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Montpellier, France, Montpellier, BP 64501, 34394 Montpellier cedex 5, serge.tostain@ird.fr

** Faculté des Sciences, Université de Toliara, saoly_cheban@yahoo.fr, damstephan@yahoo.fr, mananjoso7@yahoo.fr, rejo_felicite@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Vingt quatre espèces de *Dioscorea* ont été observées au sud du 21° de latitude Sud sur environ 190 000 km² dont 20 endémiques. Des clés de détermination ont été créées pour faciliter leur reconnaissance. La répartition des différentes espèces et leur densité sur environ 43% de la surface (81 000 km²) a été intégrée dans un système d'information géographique avec un carroyage de 10 km x 10 km. La majorité des espèces est située à l'Ouest entre les fleuves Mangoky et Onilahy. L'espèce la plus fréquente est *D. soso* et une des plus rare *D. trichantha*. Plusieurs espèces n'ont pas été déterminées botaniquement : *Gago* (près de Beroroha), *Balo* (couloir d'Antseva), *Reroy* (nord Mikea) et *Vorozy* (montagnes de Tolagnaro).

Une analyse multivariée a été réalisée sur 46 caractères morphophysologiques. Les espèces *D. sansibarensis*, *D. bulbifera*, *D. minutiflora* et *D. antaly* se séparent des autres espèces qui forment quatre groupes : (1) *Reroy* - *D. bemandry*, (2) *D. quartiniana* - *D. bemarivensis*, (3) *Balo* - *D. alatipes* - *D. soso* - *D. hambuka* / *D. nako* - *D. tanalarum* - *D. heteropodai* nain - *D. fandra* et (4) *Vorozy* - *Gago* - *D. maciba* - *D. ovinala* - *D. trichantha* - *D. heteropoda* - *D. madecassa* - *D. karatana*.

Les ignames que l'on trouve sur les marchés du Sud-ouest sont par ordre d'importance : *D. maciba*, *D. soso*, *D. bemandry* (*Babo*), *D. alatipes* - *Balo* et *D. ovinala*. Les autres espèces sont comestibles mais ne font pas l'objet d'un commerce. C'est le cas de *D. antaly* et dans une moindre mesure de *D. sansibarensis* dont les tubercules doivent être détoxifiés après un long processus de lavage et de séchage.

Les nombreux tabous qui existent au niveau individuel jusqu'au niveau ethnique expliquent en partie l'absence d'essais d'ennoblissement des espèces sauvages les plus appréciées.

1 TOSTAIN S., CHEBAN A.S., DAMSON S., MANANJO H., REJO-FIENENA F. 2010. Les espèces d'ignames (*Dioscorea* sp.) dans le Sud de Madagascar, inventaires et aires de répartition. Dans : Les ignames malgaches, une ressource à préserver et à valoriser. Actes du colloque de Toliara, Madagascar, 29-31 juillet 2009. Tostain S., Rejo-Fienena F. (eds). Pp. 24-41.

Mots clés : *Dioscorea*, Madagascar, inventaire, aire de répartition, diversité morphologique, clé de détermination

I. - INTRODUCTION

Les ignames du genre *Dioscorea* L. de l'ordre des Dioscoreales et de la famille des Dioscoreaceae comprennent environ 400 espèces réparties à travers tous les continents dont quelques unes sont cueillies ou cultivées pour leur tubercule riche en amidon (CADDICK *et al.*, 2002). En Afrique, dans les îles Caraïbes et dans le Pacifique, ce sont des plantes économiquement importantes (FAO, 2009). Plusieurs études ont montré l'importance des espèces sauvages, par exemple en Inde (BALAKRISHNAN *et al.*, 2003). Trente deux espèces sauvages du genre *Dioscorea* dont 27 endémiques ont été décrites à Madagascar (BURKILL et PERRIER DE LA BÂTHIE, 1950). Depuis, sept nouvelles espèces endémiques ont été décrites dont une dans la région de Morondava (WILKIN *et al.*, 2008) et une dans le Nord (WILKIN *et al.*, 2009). Les tubercules de la majorité de ces espèces sont comestibles et servent d'aliment d'appoint pendant les périodes de soudure ou de disette à de nombreuses populations situées en bordure de forêts (JEANNODA *et al.*, 2004 ; JEANNODA *et al.*, 2007). Les espèces malgaches ont des tiges annuelles de taille modeste avec un enroulement sénestre des lianes (sens des aiguilles d'une montre) et des fruits dirigés vers le haut (géotropisme négatif). Certaines ont la particularité d'avoir des tubercules comestibles crus gorgés d'eau (BURKILL et PERRIER DE LA BÂTHIE, 1950). Leur classement taxonomique est rendu difficile par la grande variabilité des caractères morphologiques, en particulier les feuilles et les fleurs mâles. Mais l'utilisation de marqueurs moléculaires cytoplasmiques a permis de préciser les relations phylogénétiques de certaines espèces (CADDICK *et al.*, 2002 ; WILKIN *et al.*, 2005). Selon ces auteurs, la seule espèce endémique peu comestible, *D. antaly*, aurait une origine différente de toutes les autres espèces. Après la séparation de l'île du continent africain et de sa dérive vers le Sud il y a environ 120 millions d'années, les ignames malgaches seraient des espèces « néo-endémiques » ayant eu une spéciation sur place (BURKILL et PERRIER DE LA BÂTHIE, 1950). C'est dans la partie occidentale de Madagascar, d'Antsiranana au Nord à Ambosoary au Sud, que les ignames sauvages jouent un rôle important dans l'alimentation des habitants. Le Sud-ouest de Madagascar est une vaste zone géographique composée de paysages variés dont des causses, des forêts sèches et humides et des savanes arborées façonnés par l'irrégularité des précipitations durant une courte saison des pluies (novembre à février). La moyenne des précipitations est faible, variant de 800 mm à l'Est à 400 mm à l'Ouest. Des sols sablonneux ou calcaires accentuent l'aridité. La végétation des écosystèmes arides serait la plus ancienne de Madagascar (WELLS, 2008) avec un endémisme élevé des espèces (PHILLIPSON, 1996) bien que le niveau de connaissance de la flore

est « modérément connue » (GAUTIER et GOODMAN, 2008).

La croissance démographique et les techniques culturales sur défriche - brûlis sont les facteurs d'une importante déforestation depuis les années 1980 (ROLLIN, 1997 ; GEORGE, 2002 ; RAZANAKA, 2004 ; BLANC-PAMARD *et al.*, 2005). Les produits forestiers non ligneux, dont les tubercules, jouent un rôle non négligeable dans la vie quotidienne et dans l'économie de la population dans la région de Toliara (TERRIN, 1998 ; FOFIFA-ONE, 2001) comme dans d'autres régions de Madagascar, Mahajenga (ACKERMANN, 2004), Morondava et Brickaville (ANONYME, 2005). Suivant les croyances locales, les tubercules sortis de terre ont été nourris du sang des ancêtres. Consommés par les vivants, ces plantes sont porteuses d'une métaphysique forte : elles symbolisent le lien entre vivants et ancêtres, par exemple au Vanuatu (MULLER, 2009). Le nombre d'espèces est important et, à l'exception des populations locales, ces espèces sont peu connues (morphologie, distribution géographique, écologie etc.). L'approche ethnobotanique aide les généticiens à mieux connaître les espèces pour de futures études sur la diversité génétique intra et interspécifique, sur les affinités phylogénétiques des ignames malgaches et sur la gestion de la biodiversité. L'article a pour objectifs principaux :

- d'établir une clé de détermination permettant l'identification rapide des espèces d'ignames sauvages,
- d'estimer leurs aires de répartition dans le Sud de Madagascar et
- de décrire les relations entre les différentes espèces à l'aide de caractères morphologiques.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. La zone d'étude

L'étude a été réalisée dans le Sud de Madagascar, du 43° au 48° de longitude Est et du 21° au 25° de latitude Sud sur 189 600 km². Une partie importante (108 500 km², soit 57%) n'a pas été explorée par manque d'accès (figure 1). Les isohyètes montrent les différentes zones climatiques entre l'Est pluvieux avec son arête montagneuse et l'aridité de plus en plus accentuée vers l'Ouest (jusqu'à 300 mm de pluie annuelle).

II.2. Méthodes

II.2.1 Détermination

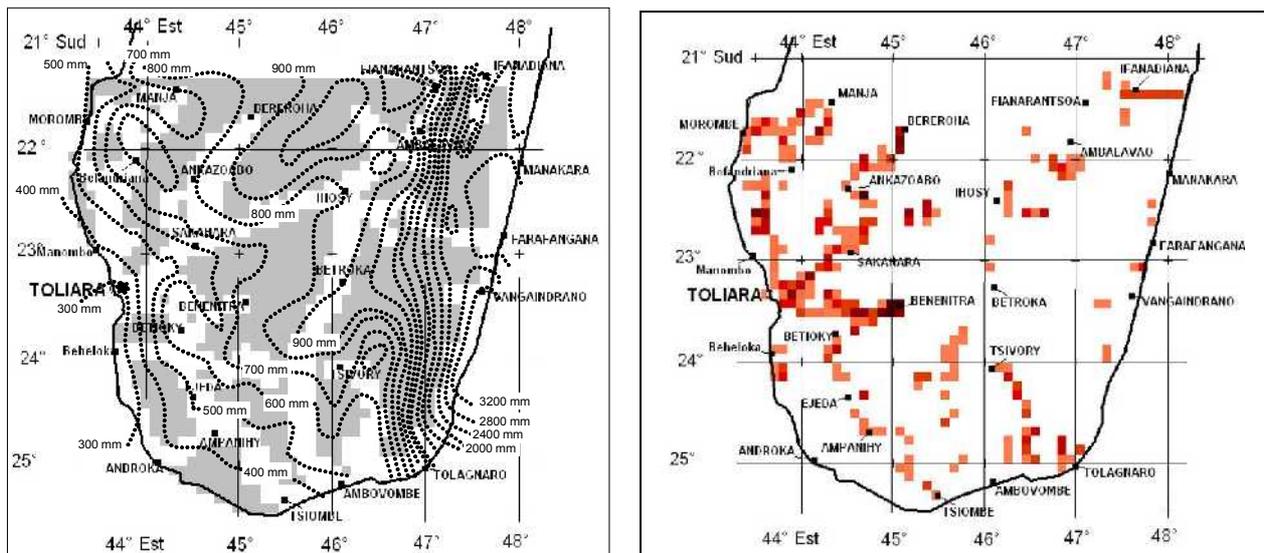
La détermination de nos accessions a été réalisée en les comparant, au stade floraison et fructification aux échantillons de l'herbier du Parc botanique et zoologique de Tsimbazaza (PBZT, Antananarivo), à la Flore de Burkill et Perrier de la Bâthie (1950) et aux résultats de l'enquête ethnobotanique. L'absence d'inflorescences mâles (appelée « somory » ou poils de barbe en Masikoro) a empêché certaines déterminations. Au Nord de Toliara, l'estimation de la densité des

ignames a été faite par la méthode de prélèvement ou dénombrement (nombre d'espèces présentes sur 400 m²) sur quadrats de 20 m x 20 m. La mesure a été faite sur 50 parcelles distribuées au hasard en saison sèche et en saison des pluies pour obtenir une estimation satisfaisante de la densité des ignames. L'abondance d'une espèce (nombre de plantes d'une espèce dans un prélèvement donné) donne des informations sur l'adaptation d'une espèce dans un milieu considéré. La dominance d'une espèce (D_a , exprimée en %) est le rapport de l'abondance de cette espèce sur le nombre total d'ignames d'un prélèvement. La dominance globale (D_g , exprimée en %) est le rapport du nombre total de plantes d'une espèce sur le nombre total de plantes observées dans tous les prélèvements. L'étude de l'abondance et de la dominance de chaque espèces a été réalisée dans cinq stations près d'Ampasikibo correspondant à quatre types de sols (SALOMON, 1987) : 1) sols ferrugineux tropicaux pauvres en argile avec du sable grossier, 2) lithosols sur calcaires tendres, 3) lithosols sur basaltes associés à des sols vertiques, sols noirs argilo-sablonneux avec de l'argile gonflante 4) sols fersiallitiques sur sables dunaires riches en argile.

La matière sèche des tubercules ont été déterminée après séchage de fragments d'environ 20 g dans une étuve à 120°C pendant 24 heures. Ailleurs, ce sont les enquêtes auprès des villageois qui ont permis de connaître l'existence de chaque espèce et d'estimer l'importance des populations d'ignames.

II.2.2. Analyse des caractères morphologiques

Quarante six caractères morphologiques qualitatifs ont été notés avec les différents états de chaque caractère (tableau 1). Une analyse factorielle des correspondances (AFC) des 46 caractères morphologiques a été réalisée ainsi qu'une classification ascendante hiérarchique (CAH) avec le logiciel XLstat.



Figures 1. 1a : Zone d'étude. Les parties blanches indiquent les zones explorées, soit 81 100 km². Les isohyètes pluviométriques ont été notées. 1b : Carte de répartition des espèces d'ignames endémiques dans le Sud, de 1 à 8 espèces suivant la coloration des unités de 100 km².

III. RÉSULTATS

III-1. Les caractères distinctifs et la clé d'identification

Pour quelques espèces, des caractères morphologiques particuliers permettent une détermination aisée et rapide (tableau 2). Ce sont, par exemple, la pilosité, la présence de poils rugueux ou d'aile à la base de la liane, la couleur des tiges, des feuilles entières ou composées, la forme des fruits, la ramification ou la forme arrondie du tubercule, la forme des fruits, les ailes des graines etc.

III.2. Inventaire des espèces d'igname

Vingt espèces d'ignames endémiques ont été recensées (tableau 3) auxquels il faut ajouter quatre autres espèces sauvages non endémiques : *D. quartiniana*, *D. minutiflora* ou *D. burkilliana* (espèces très rares), *D. bulbifera* (forme sauvage) et *D. sansibarensis* Pax (appelée « Lepapa » en langues Tanosy et Masikoro « Ovidambo » ou « Oviadabo », tubercule non mangeable). *D. sansibarensis* qui a un tubercule et des bulbilles toxiques est assez fréquente sur les berges sablonneuses de cours d'eau. Elle est trouvée sur le continent africain. *D. bulbifera*, qui a également des tubercules et des bulbilles toxique, est observée uniquement dans la partie Est de la région étudiée. Elle a une aire de répartition très large en Afrique et en Asie. *Oviata* est le terme générique utilisé par la population Malgache pour désigner les ignames sauvages.

Le nom vernaculaire « *Oviata* » (littéralement igname de la forêt) désigne plusieurs espèces situées dans des zones géographiques différentes, *D. alatipes* (sur le causse de Toliara), *D. maciba* (à l'Est de la forêt Mikea et dans la région de Sakaraha), *D. madecassa* (à l'Est, près de Farafangana) et *D. heteropoda* (dans le Parc d'Andringitra au Sud d'Ambalavao).

Une clé d'identification a été réalisée pour permettre de reconnaître les espèces (figure 2). Certaines restent difficiles à distinguer notamment *D. alatipes*, *Balo*, et *Gago* (région de Bezaha). Les espèces cultivées *D. alata* L. (il y a deux cultivars en pays Masikoro : « Revoroky » et « Ovitoko ») et *D. esculenta* (Lour.) Burk. ont été introduites d'Asie et du Pacifique.

Tableau 1 : Liste des 46 caractères morphologiques observés sur les 24 espèces recensées dans le Sud de Madagascar avec leurs différents états (caractères qualitatifs).

- C1 : endémicité. Espèce non endémique (0), endémique (1) ;
- C2 : pilosité de la plante. Plante non pileuse (0), pileuse (1) ;
- C3 : forme du tubercule. Tubercule allongé (0), rond (1) ;
- C4 : ramification du tubercule. Tubercule non ramifié (0), ramifié (1) ;
- C5 : couleur de la chair du tubercule. Chair blanche (0), jaune (1) ;
- C6 : toxicité du tubercule. Tubercule non toxique (0), amer et toxique (1), très toxique (2) ;
- C7 : quantité de matière sèche du tubercule. Tubercule à faible teneur (0), à forte teneur (1) ;
- C8 : taille du tubercule. Petite taille (0), taille moyenne (1), grande taille (2) ;
- C9 : croissance. Croissance verticale (0), croissance horizontale (1) ;
- C10 : profondeur du tubercule. Peu profond (0), profond (1), très profond (2) ;
- C11 : taille des plantes. Petite taille (0), taille moyenne (1), grande taille (2) ;
- C12 : épines à la base de la tige. Base non épineuse (0), épineuse (1) ;
- C13 : aile à la base de la tige. Absence (0), présence (1) ;
- C14 : auricule sur la tige. Absence (0), présence (1) ;
- C15 : cire collante sur la tige. Absence (0), présence (1) ;
- C16 : pruine sur la tige. Absence (0), présence (1) ;
- C17 : couleur de la tige. Tige verte (0), gris-vert (1), jaune (2), orangée (3), rougeâtre (4) ;
- C18 : tige épineuse (aiguillons). Non épineuse (0), épineuse (1) ;
- C19 : enroulement de la tige. Dextre (0), senestre (1) ;
- C20 : Bulbilles. Absence (0), présence (1) ;
- C21 : tige cannelée. Tige cylindrique (0), cannelée (1) ;
- C22 : longueur du pétiole. Courte (0), longue (1) ;
- C23 : disposition des feuilles. Alterne (0), opposées (1), opposée puis alterne (2), alterne puis opposée (3) ;
- C24 : taille des feuilles. Petite (0), grande (1) ;
- C25 : forme des feuilles. Feuilles ovales (0), cordée (1), sagittée (2), hastée (3), composée (4) ;
- C26 : nombre de nervures. 1 à 3 nervures (0), 5 à 7 nervures (1), 9 à 11 (2) ;
- C27 : nervure inférieure. Nervures non apparentes (0), apparentes (1) ;
- C28 : épaisseur des feuilles. Feuilles fines (0), feuilles épaisses (1) ;
- C29 : bordure des feuilles. Ondulé (0), droit (1) ;
- C30 : couleur des feuilles. Vert clair (0), vert foncé (1) ;
- C31 : forme des feuilles cordées. Ronde (0), allongée (1) ;
- C32 : longueur de l'acumen. Absence d'acumen (0), longueur moyenne (1), acumen long (2) ;
- C33 : inflorescence mâle. Épi (0), grappe (1), cymule (2), grappe de cymule (3), épi de cymule (4) ;
- C34 : longueur de l'inflorescence mâle. Courte (0), longue (1) ;
- C35 : Inflorescence mâles solitaires ou groupées. Solitaire (0), groupées (1) ;
- C36 : Inflorescences mâles dressées ou pendantes. Dressées (0), pendantes (1) ;
- C37 : longueur des inflorescences femelles. Courte (0), longue (1) ;
- C38 : taille des fruits. Petite (0), moyenne (1), grande (2) ;
- C39 : forme des fruits. Rond (0), allongé (1) ;
- C40 : taille des graines. Petite (0), moyenne (1), grande (2) ;
- C41 : présence d'une pointe sur la graine. Sans pointe (0), avec pointe (1) ;
- C42 : taille de l'aile des graines. Courte (0), longue (1), entourant la graine (2) ;
- C43 : type de sols. Calcaire (0), Sable roux (1), granitique (2) ;
- C44 : adaptation à la sécheresse. Non (0), oui (1) ;
- C45 : adaptation à la salinité. Non (0), oui (1) ;
- C46 : durée du cycle. Cycle précoce (0), tardif (1).

Les ignames sont classées par les paysans suivant leur localisation géographique mais aussi suivant

des caractères morpho-physiologiques, des caractéristiques écologiques et des caractères gustatifs. Pendant la période de production des tubercules, la cueillette des tubercules des différentes espèces, suivent les demandes des familles et du marché. Elle tient compte de l'aspect général des plantes, notamment la vigueur des tiges et la couleur des feuilles, la profondeur des tubercules et leur teneur en eau.

Tableau 2 : Caractères morphologiques de quelques espèces permettant une détermination rapide.

Lianes	Feuilles	Inflorescences et fruits	Tubercules
Poils épineux à la base : <i>D. hambuka</i>	Composées : <i>D. bemarivensis</i> , <i>D. quartiniana</i>	Inflorescence mâle en cymules : <i>D. alatipes</i> , <i>Balo</i> , <i>Gago</i>	Sphérique : <i>D. bemarivensis</i>
Rugueuses à la base : <i>D. madecassa</i>	Ovales : <i>D. soso</i> , <i>D. bemandry</i> , <i>Reroy</i>	Ronds : <i>D. bemarivensis</i>	Ramifié et chair jaune : <i>D. antaly</i>
Epines à la base : <i>D. sansibarensis</i>	Hastées : <i>D. fandra</i>		Bulbilles : <i>D. bulbifera</i> , <i>D. sansibarensis</i>
Pubescence de la plante : <i>D. ovinala</i>	Sagittées : <i>D. tanalarum</i>		
Orange et épineuse : <i>D. bemandry</i>			
Collante et jaune : <i>D. nako</i>			
Aile à la base : <i>D. trichantha</i>			
Naine : <i>D. heteropoda</i> nain			
Épineuse : <i>D. minutiflora</i>			
Enroulement droit : <i>D. minutiflora</i> , <i>Trichopus sempervirens</i>			

Les tubercules de *Sosa* et de *Babo* ont pratiquement les mêmes qualités gustatives mais les paysans savent qu'il faut deux fois plus de temps pour cueillir un tubercule de *Babo* qu'un tubercule de *Sosa* moins profond. Les tubercules sont mangés crus ou cuits mêmes pour ceux de *Sosa* et *Babo* gorgés d'eau (environ 9% de matière sèche). Chaque paysan a des repères suivant son expérience de la cueillette. Les migrants d'autres régions du Sud, ne savent pas reconnaître toutes les espèces en particulier les espèces rares (par exemple *D. bemarivensis*) ou les espèces au feuillage polymorphe (par exemple *D. hambuka*). Ceci expliquerait le nombre élevé de synonymes pour *D. bemarivensis* (Trengitrengy, Trindiki, Tsi retsahy, Tsitononona (avec tubercule), Tsirisafa ou « très loin »). *D. fandra* a également plusieurs synonymes suivant les ethnies : Andraha, Anjiky, Kenjiky comme *D. hambuka* : katro, hambuke *D. maciba* : Mitiko, bo, ou *D. ovinala* : Bemandaly, Borody et « *Balo* » : Mohaky, Tamomo.

III.3 - Les aires de répartition

Au Nord de Toliara, les zones géographiques les plus riches en espèces sont la région d'Ampasikibo

(6 espèces), les bords du fleuve Fiherenana (4 espèces), le Causse de Toliara (4 espèces) et la forêt de Zombitse (4 espèces). Près d'Ampasikibo (commune d'Analamisampy), *Oviala-maciba* a une fréquence de 40%, *Sosa* 25%, *Balo* 23%, *Babo* 8%, Trengitreny et Angily 4%. L'espèce *D. hambuka* a la plus petite aire de distribution le long du Fiherenana (BURKILL et PERRIER de la BATHIE, 1950). Autour des pistes parcourues, la zone explorée au Sud représente 81 100 km² (43%). En moyenne, seuls 3% (2 488 km²) de cette zone possède des ignames sauvages (intervalle de 300 à 10 700 km²).

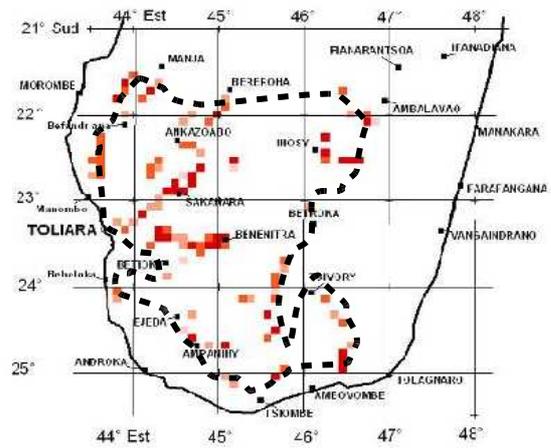
Pour 52% des zones explorées (57 000 km²) il n'y aurait aucune espèce d'igname (tableau 3), pour 10 100 km² (9%) il y a une seule espèce, 4 700 km² (4%) 2 espèces, 3 600 km² (3%) 3 espèces, 2300 km² (2%) 4 espèces, 1600 km² (1,5%) 5 espèces, 900 km² (0,8%) 6 espèces, 300 km² (0,3%) 7 espèces et seulement : 400 km² (0,4%) 8 espèces (figure 1b).

1. Feuilles composées		
2.	Fruits ronds.....	<i>Dioscorea</i>
<i>bemarivensis</i>		
2'	Fruits allongés.....	<i>Dioscorea</i>
<i>quartiniana</i>		
1' Feuilles entières		
3. ovales.		
4.	Inflorescences courtes dressées.....	<i>Dioscorea</i>
<i>soso</i>		
4'	Inflorescences longues pendantes	
5.	Tiges jaunes à orange	
6.	Petites fleurs mâles glabres.....	<i>Dioscorea</i> sp.
(Reroy)		
6'	Grosses fleurs mâles pubescentes.....	<i>Dioscorea</i>
<i>bemandry</i>		
5'	Tige avec épines souples et collerette aux premiers nœuds.....	<i>Dioscorea</i>
<i>hombuka</i>		
3'. Cordées		
7.	Plantes pubescentes.....	<i>Dioscorea</i>
<i>ovinala</i>		
7'	Plantes glabres	
8.	Ailes à la base.....	<i>Dioscorea</i>
<i>trichantha</i>		
8'. Sans ailes.		
9. Tiges épineuses à la base		
10.	Avec bulbilles.....	<i>Dioscorea</i>
<i>sansibarensis</i>		
10'. Sans bulbilles.		
11.	Avec acumen.....	<i>Dioscorea</i>
<i>karatana</i>		
11'	Sans acumen.....	<i>Dioscorea</i>
<i>madecassa</i>		
9'. Tige non épineuse à la base		
12.	Tige jaune avec cire collante.....	<i>Dioscorea</i>
<i>nako</i>		
12'. Tige verte		
13.	Tige épineuse.....	<i>Dioscorea</i>
<i>minutiflora</i>		
13'. Tige non épineuse		
14.	Avec bulbilles.....	<i>Dioscorea</i>
<i>bulbifera</i>		
14'. Sans bulbilles		
15.	Tubercule ramifié, chair jaunâtre.....	<i>Dioscorea</i>
<i>antaly</i>		
15'. Tubercule allongé, chair blanche		
16.	Inflorescence mâle en épi	
17.	Plante naine.....	<i>D. heteropoda</i> var
<i>subdiffusa</i>		
17'. Plante de grande taille		
18.	Sur sable roux, basse altitude.....	<i>Dioscorea</i>
<i>maciba</i>		
18'. Sur sable granitique, haute altitude.....		
<i>heteropoda</i>		
16'. Inflorescences mâles en cymules		

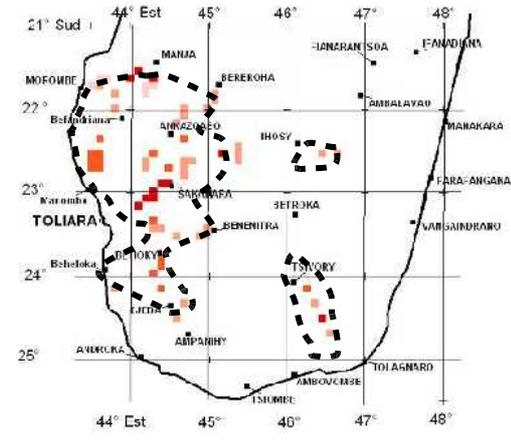
Figure 2 : Clé de détermination rapide des différentes espèces au Sud de Madagascar.

Tableau 3 : Liste des 24 espèces recensées dans le Sud de Madagascar (par ordre alphabétique) suivant les types de sol et les modes de préparation. % : Pour chaque espèce, l'importance des populations a été estimée par le pourcentage de la surface où sa présence a été signalée ou observée, qu'elle soit rare ou très fréquente (en km²) par rapport à la surface totale explorée (81 100 km²).

	Espèces	Sections	Noms vernaculaires	Types de sol	Préparation	%
1	<i>D. alatipes</i> Burk. et Perrier	Brachyandra Uline	Oviala	Calcaire	Cuit	2,8
2	<i>D. antaly</i> Jum et Perr.	Xylinocapsa Burk. et Perr.	Antaly	Sable rouge	Cuit après détoxification	5,2
3	<i>D. bemandry</i> Jum. et Perr.	Brachyandra Uline	Babo	Sable rouge	Cru et cuit	5,8
4	<i>D. bemarivensis</i> Jum. et Perr.	Cardiocapsa Uline	Trengitrengy	Sable sur calcaire	Cuit	1,6
5	<i>D. bulbifera</i> L.	Opsophyton Uline	Hofika	Sol humifère	Cuit après détoxification	3,3
6	<i>D. fandra</i> H. Perr.	Brachyandra Uline	Fandra	Calcaire	Cru et cuit	5,4
7	<i>D. heteropoda</i> Bak.	Brachyandra Uline	Oviala	Sol humifère	cuit	0,4
8	<i>D. heteropoda</i> Bak. var. <i>subdiffusa</i> Burk. et Perr.	Brachyandra Uline		Sable sur granit	-	0,6
9	<i>D. homboka</i> H. Perr.	Brachyandra Uline	Kato	Calcaire	Cru et cuit	2,7
10	<i>D. karatana</i> Wilkin	Campanuliflorae Burk. et Perr.	Karantana	Sol humifère	Cuit	0,6
11	<i>D. maciba</i> Jum. et Perr.	Campanuliflorae Burk. et Perr.	Oviala	Sable rouge	Cuit	5,3
12	<i>D. madecassa</i> H. Perr.	Campanuliflorae Burk. et Perr.	Oviala	Sol argilo caillouteux	Cuit	0,6
13	<i>D. minutiflora</i> Engler	Enantiophyllum	Ovihazo	Sol humifère	Cuit	0,4
14	<i>D. nako</i> H. Perr.	Brachyandra Uline	Nako	Calcaire	Cru et cuit	6,0
15	<i>D. ovinala</i> Bak.	Pachycapsa Burk. et Perr.	Angily	Sable rouge	Cuit	7,9
16	<i>D. quartiniana</i> A. Rich.	Lasiophyton Uline		Sable rouge	-	0,6
17	<i>D. sansibarensis</i> Pax	Macrourea Burkill	Veoveo, Papa	Sable de rivière	Cuit après détoxification	6,0
18	<i>D. soso</i> Jum. et Perr.	Brachyandra Uline	Sosa	Sable rouge, calcaire	Cru et cuit	13,2
19	<i>D. tanalarum</i> H. Perr.	Seriflorae Burk. et Perr.	Ovy sera	Sable côtier	Cuit	0,5
20	<i>D. trichantha</i> Baker	Brachyandra Uline	Fisadamby	Calcaire	Cuit	0,5
21	<i>Dioscorea</i> sp.	-	Balo (Masikoro)	Sable rouge	Cuit	2,5
22	<i>Dioscorea</i> sp.	-	Gago (Bara)	Sol humifère	Cru et cuit	0,6
23	<i>Dioscorea</i> sp.	-	Reroy (Masikoro)	Sable siliceux,	Cru	0,6
24	<i>Dioscorea</i> sp.	-	Vorozy (Tanosy)	Sol humifère	Cru et cuit	0,4

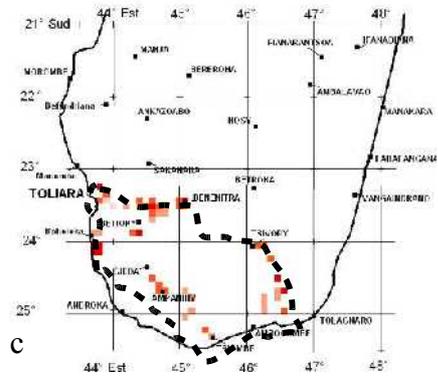


2a

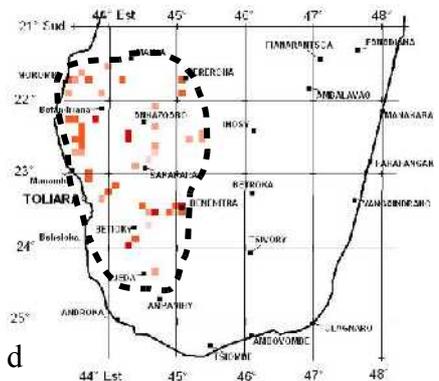


2b

Figures 2. 2a° : répartition géographique de *D. soso* ; 2b : de *D. ovinala*.

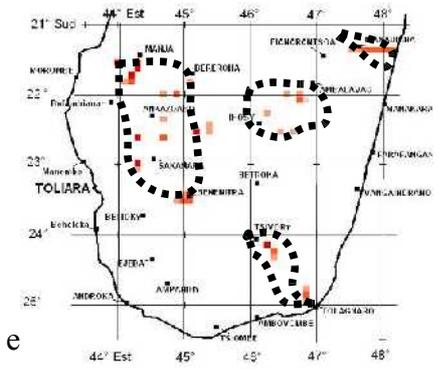


c

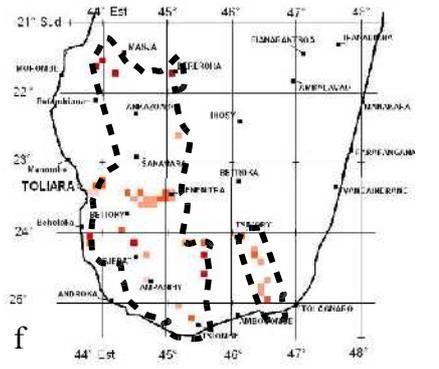


d

Figures 2. 2c : répartition géographique de *D. nako*. 2d : de *D. bemandry*.



e



f

Figures 2. 2e : Répartition géographique de *D. antaly*. 2f : de *D. fandra*.

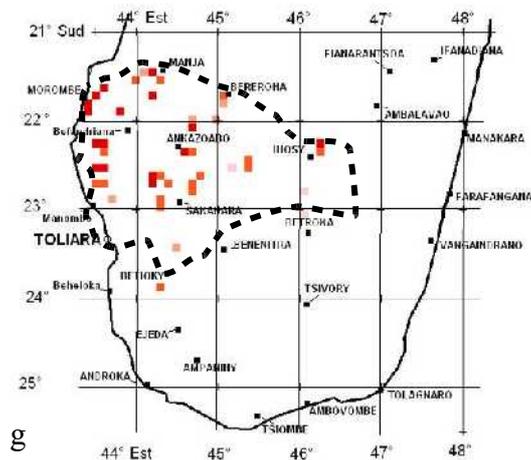


Figure 2g . Répartition géographique de *D. maciba*.

III.3.2 Les espèces peu fréquentes et rares

Il y a huit espèces peu fréquentes (9 si on divise l'espèce *D. heteropoda* en deux variétés naine et normale). Dans l'ordre décroissant, on les espèces suivantes : *D. alatipes* (figure 3a), *D. hambuka* (figure 3b), *D. bemarivensis* (figure 3c), *D. heteropoda* (figure 3d), *D. karatana* (figure 3e), *D. madecassa* (figure 3f), *D. tanalarum* (figure 3g) et *D. trichantha* (figure 3h). Nous n'avons pas observé *D. bemarivensis* à Sainte Luce près de Tolagnaro mais cette espèce a été signalée dans une forêt privée. Elle est rarement observée surtout les plantes mâles.

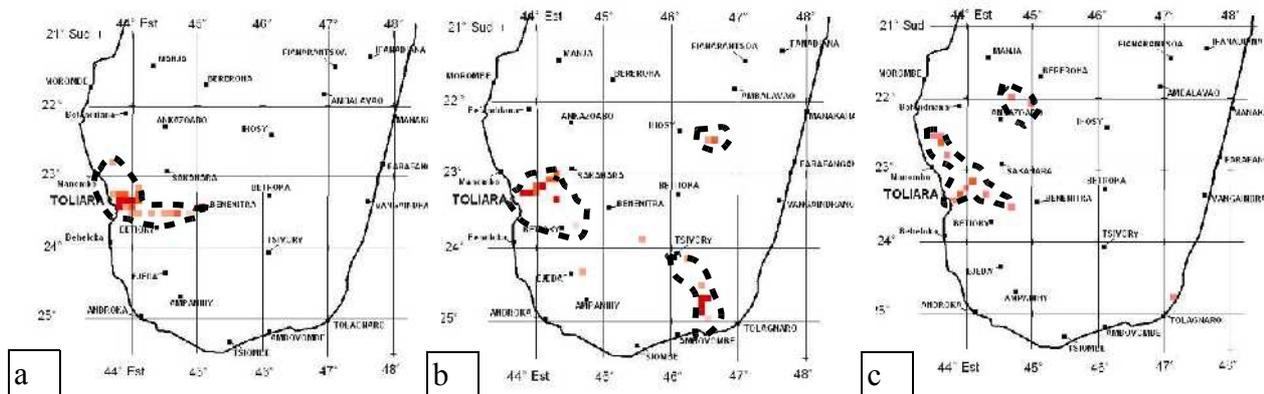


Figure 3. Répartition géographique d'espèces peu fréquentes. 3a° : *D. alatipes* ; 3b : *D. hambuka* ; et rare 3 c : *D. bemarivensis*.

L'espèce *D. heteropoda* naine (var. *subdiffusa*, signalée dans la Flore de Burkill et Perrier de la Bathie de 1950) semble plus répandue que la forme de grande taille. En effet, celle-ci a été observée en forte densité seulement dans le Parc National d'Andringitra. *D. karatana* est observée qu'autour du Mont sacré Vatovavy. Les espèces *D. madecassa* et *D. tanalarum* ne sont observées que dans les petites forêts littorales au Sud de Farafangana. *D. trichantha* a été observée en petites quantités dans des bois à l'Est et au Sud d'Ankazoabo.

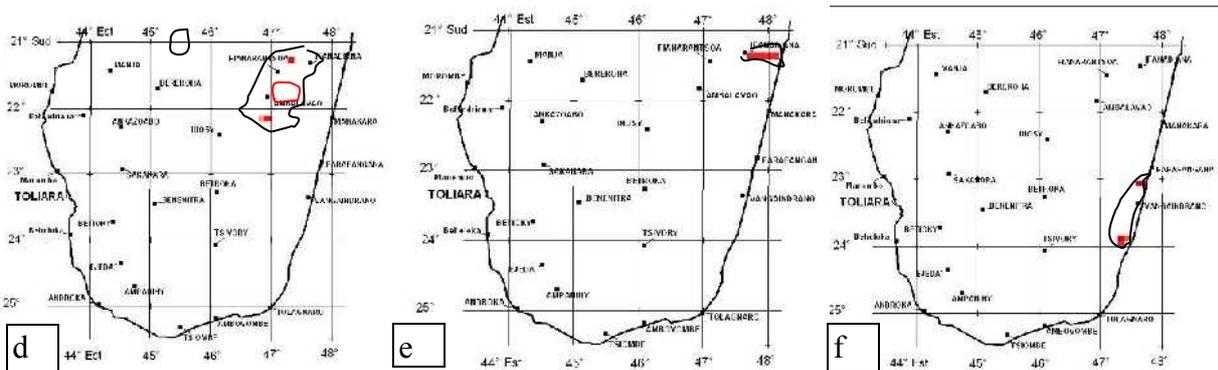
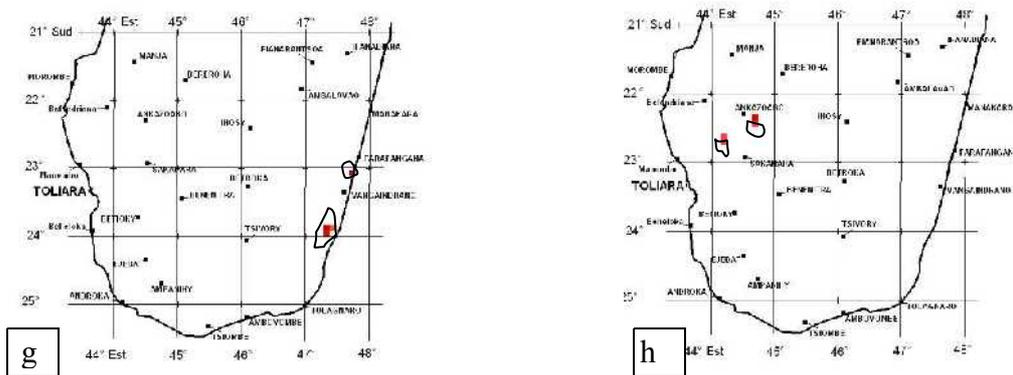


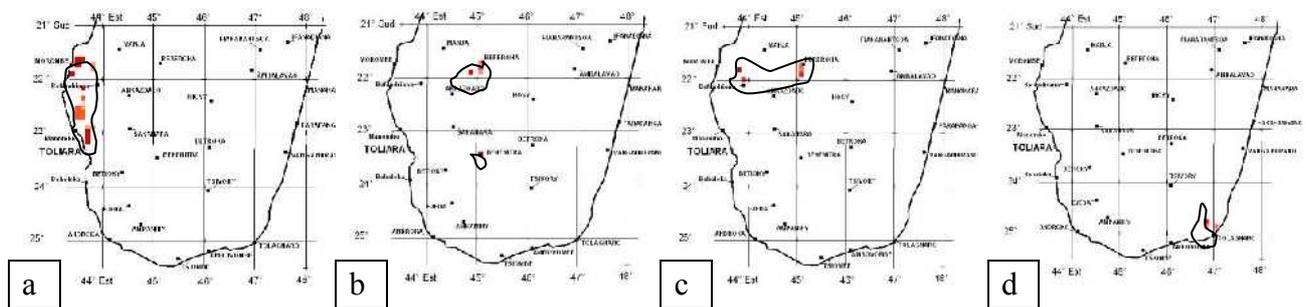
Figure 3. Répartition géographique d'espèces peu fréquentes. 3d : de *D. heteropoda* (trait gris) et de *D. heteropoda* var *subdiffusa* ; 3e : de *D. karatana* ; 3f : de *D. madecassa*.



Figures 3 : Répartition des espèces peu fréquentes. 3g : de *D. tanalarum* ; 3h : de *D. trichantha*.

III.3.3 Les espèces non déterminées

Il y a cinq nouvelles espèces que les botanistes doivent décrire. On a, suivant les noms vernaculaires et dans l'ordre décroissant : *Balo* (figure 4a), *Gago* – Bereroha, *Gago* – Benenitra (figure 4b), *Reroy* (figure 4c) et *Vorozy* (figure 4d). Le nom *Gago* est rencontré le long du Mangoky et plus au Sud le long de l'Onilahy.



Figures 4 : Carte de la répartition géographique des espèces qui n'ont pas été déterminées. 4a° : de *D. sp BALO*, 4b : de *D. sp GAGO*, 4c : de *D. sp REROY*, 4d : de *D. sp VOROZY*.

III.3.4 Abondance des espèces

Les différentes espèces d'ignames sont fréquentes dans les lieux ouverts et éclairés, clairières, jachères et bords de pistes ou ancien champ de maïs. L'espèce la plus rencontrée dans les

81 100 km² explorés est *D. soso* (figure 5) suivie de loin par *D. ovinala*. Neuf espèces sont rarement observées. Beaucoup ont de fortes densités mais sur de petites surfaces. D'autres comme *D. bemarivensis* peuvent être recensées sur de grandes surfaces mais en faible densité. C'est la raison pour laquelle se pose la question de la conservation à long terme de la biodiversité des ignames au Sud de Madagascar.

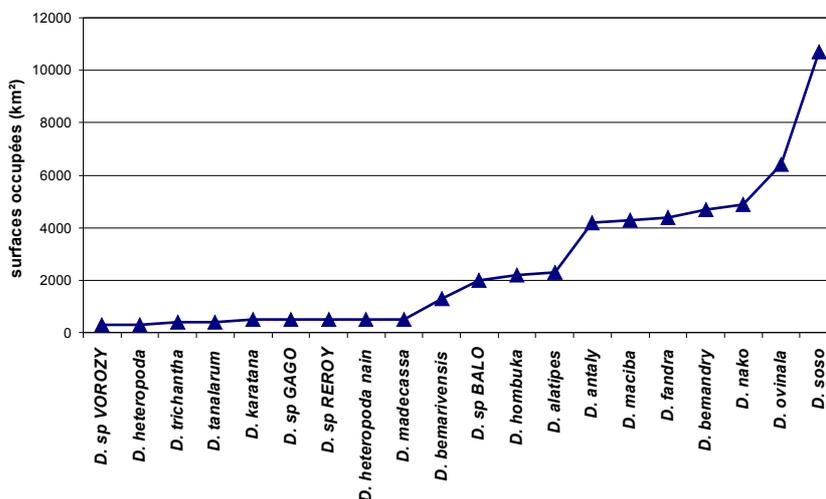


Figure 5 : Aires de répartition des espèces endémiques dans le Sud par ordre croissant (estimées par le nombre de carrés de 100 km² où elles ont été recensées).

III.3.5 Les espèces menacées

Pour conserver les espèces sauvages endémiques, il est nécessaire d'estimer le risque de disparition. C'est l'objectif de la « Liste rouge » de l'Union Internationale pour la conservation de la Nature (IUCN) qui est le plus vaste réseau mondial de protection de l'environnement dans 160 pays. Les espèces qui sont classées comme en danger critique d'extinction (CR), en danger ou vulnérables (EN et VU) sont collectivement décrites comme étant « menacées » par les activités humaines pour différentes raisons : déforestation, sur exploitation par une population humaine en croissance constante, mauvaise gestion des lieux de collectes, mauvaises pratiques de collecte (cueillette de plantes femelles avant maturité et non bouturage des tubercules collectés) etc. Les vingt espèces endémiques du Sud ont été classées suivant les critères de l'IUCN qui sont principalement l'importance des aires de répartition et la densité des populations (tableau 4). Les menaces sont plus importantes pour les espèces que l'on ne trouve que dans le Sud. 60% des espèces (« CR, EN, VU et LR-nt ») sont menacées d'extinction si il n'y a pas de mesures de protection (figure 6).

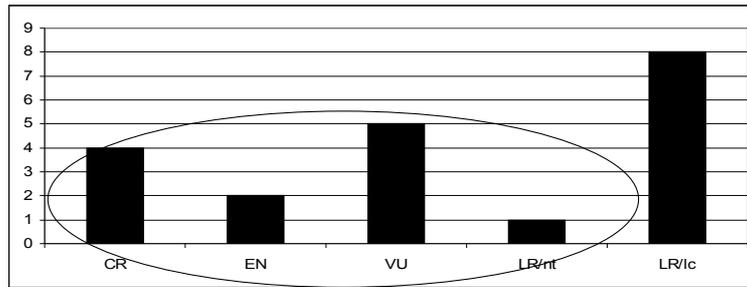


Figure 6 : Répartition des 20 espèces endémiques suivant les risques de disparition dans le Sud. Huit espèces ne sont pas menacées de disparition (40%).

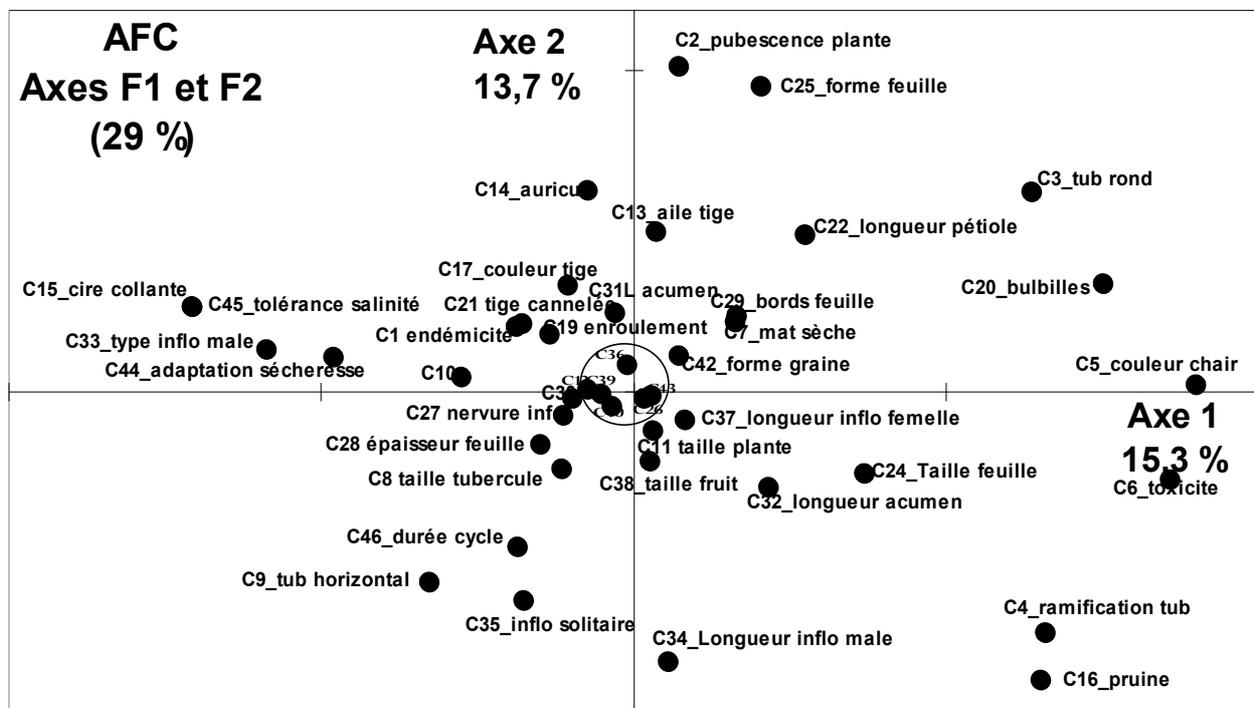
Tableau 4 : Classement des espèces endémiques suivant les critères de l'IUCN pour l'établissement d'une liste des espèces menacées (Liste rouge). Légendes : CR : espèces en danger critique d'extinction ; EN : espèces en danger critique ; VU : espèces vulnérables (risque élevé d'extinction) ; LR-cd : espèces à faible risque d'extinction, dépend de la conservation ; LR-nt : espèces à faible risque, peu menacées ; LR-lc : aucun risque, espèces peu concernées par l'extinction ; DD : données insuffisantes. Le niveau de dangerosité des espèces a été estimé au niveau national à partir de la littérature.

Espèces	Catégories IUCN	
	Niveau régional	Niveau national
<i>D. trichantha</i>	CR	DD
<i>D. sp (Vorozy)</i>	CR	EN
<i>D. sp (Reroy)</i>	CR	DD
<i>D. heteropoda nain</i>	CR	VU
<i>D. karatana</i>	EN	EN
<i>D. sp (Gago)</i>	EN	DD
<i>D. alatipes</i>	VU	VU
<i>D. bemarivensis</i>	VU	LR-lc
<i>D. heteropoda</i>	VU	VU
<i>D. madecassa</i>	VU	LR/cd
<i>D. tanalarum</i>	VU	DD
<i>D. sp (Balo)</i>	LR-nt	LR-nt
<i>D. antaly</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. bemandry</i>	LR-lc	DD
<i>D. fandra</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. hambuka</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. maciba</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. nako</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. ovinala</i>	LR-lc	LR-lc
<i>D. soso</i>	LR-lc	LR-lc

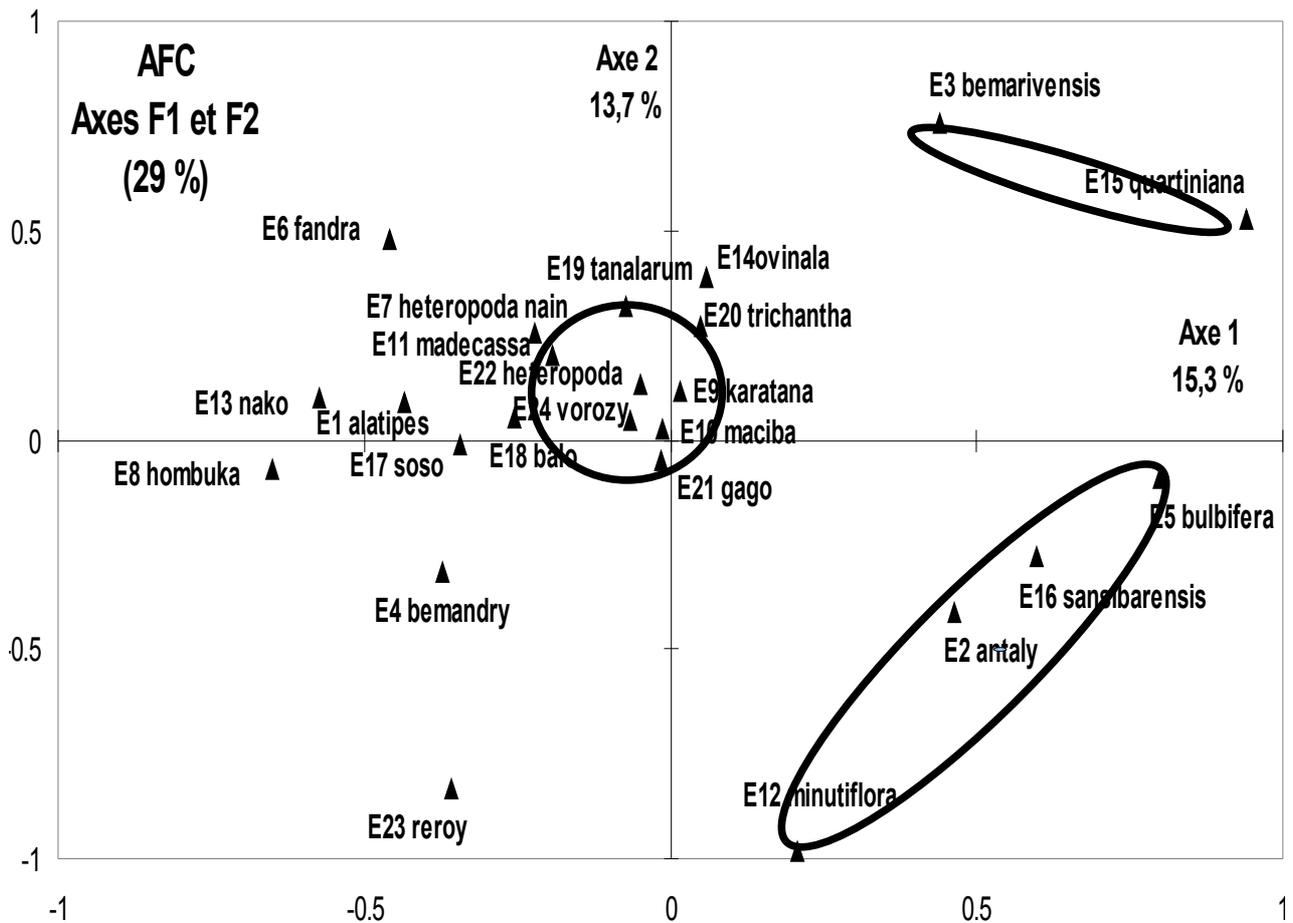
III 4 Relations entre espèces

L'analyse factorielle des correspondances permet de visualiser dans un plan à deux dimensions les relations entre caractères morphologiques et les relations entre espèces d'ignames (figures 7a et 7b). Les axes 1 et 2 représentent 29% de la diversité totale. Plusieurs caractères sont discriminants sur les deux axes. Par exemple C3, C4, C5, C16, C20 (opposés à C15, C33, C44, C45) sur l'axe 1 et

C2, C25, C14, C18 (opposés à C9, C34, C35, C46) sur l'axe2. L'axe 1 sépare nettement les deux espèces à feuilles composées (*D. bemarivensis* et *D. quartiniana*) et les espèces toxiques à bulbilles (*D. sansibarensis* et *D. bulbifera*). *D. antaly* est proche de ces deux espèces. L'axe 1 met également en évidence les espèces *D. fandra*, *D. hombuka*, *D. nako* et *D. alatipes*. Les espèces *D. bemandry* (*Babo*) et *Reroy* sont séparées sur l'axe 2 ainsi que *D. minutiflora*. La classification ascendante hiérarchique (CAH) tient compte de la diversité totale. On constate que *D. alatipes* et *Balo* sont proches morphologiquement ou deux écotypes d'une même espèce puisque la première espèce se trouve sur le sol du plateau calcaire de Toliara et l'autre sur les sols sableux du Nord de Toliara (forêt de Ranobe, Ouest du couloir d'Antseva). *D. antaly* est classée avec les espèces non endémiques (exceptée *D. quartiniana*), éloignées morphologiquement des autres (pour sa vigueur, la tailles des feuilles, des inflorescences, des fruits et graines, la toxicité de son tubercule etc.).



Figures 7a : Axes 1 et 2 (29% de la diversité observée) d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) des 24 espèces du Sud de Madagascar et de 46 caractères morphologiques. Présentation des caractères : de nombreux caractères n'interviennent pas dans la description de la diversité totale (cercle).



Figures 7b : Axes 1 et 2 (29% de la diversité observée) d'une analyse factorielle des correspondances (AFC) des 24 espèces du Sud de Madagascar et de 46 caractères morphologiques.

Représentation des espèces.

IV. CONCLUSIONS

Vingt espèces d'ignames endémiques ont été recensées dans le Sud dont la majorité est de la section *Brachyandra*. La base de données réalisée à partir de cet inventaire est la première étape pour une utilisation dans un Système informatique géographique (SIG) permettant des corrélations entre la présence des espèces d'ignames et une écologie particulière (type de sol, pluviométrie, pH du sol, températures, évapo-transpiration etc.).

Plusieurs espèces inconnues sont encore à décrire. Des clés de détermination différentes de celle décrites dans cet article peuvent être adoptées en se basant sur les écosystèmes (sols sableux humide ou sec ou sols calcaires) ou sur les teneurs en eau des tubercules (espèces ayant des tubercules avec environ 10% de matière sèche, mangeables crus, comme *D. bemandry*, *D. fandra*, *D. hambuka*, *D. nako* et *D. soso* ou espèces qui ont des tubercules avec jusqu'à 25% de matière sèche, teneur comparable à la pomme de terre (*D. ovinala*, *D. alatipes*, *D. maciba*, *D. bemarivensis*, *D. antaly*). Plusieurs espèces sont faciles à distinguer morphologiquement : *D. ovinala* avec ses feuilles

duveteuses, *D. bemarivensis* avec ses feuilles composées, *D. nako* avec son mucilage collant sur l'épiderme, *D. fandra* avec ses petites feuilles polymorphes en forme de croix.

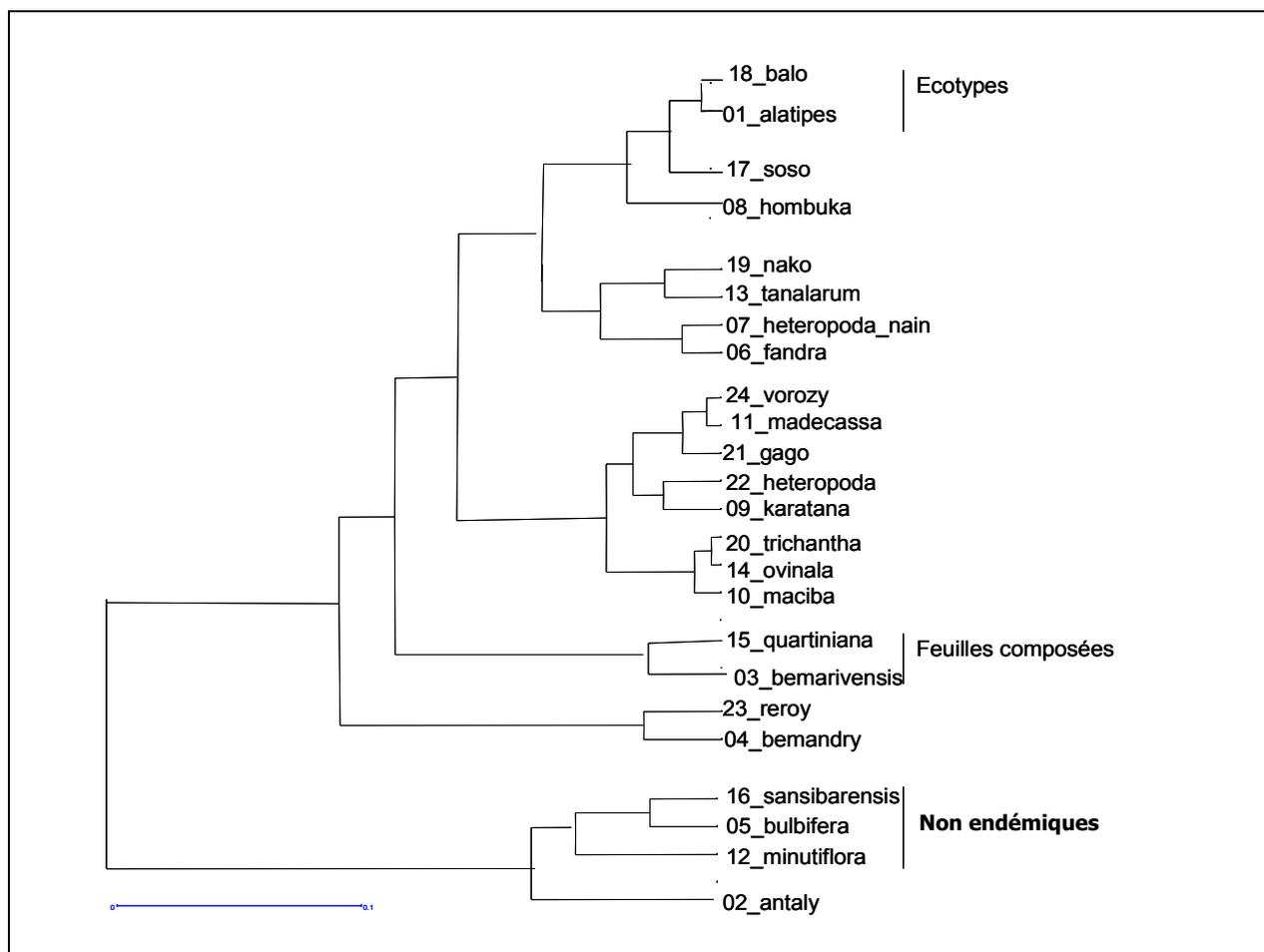


Figure 8 : Classification ascendante hiérarchique (CAH) des 24 espèces observées dans le Sud, endémiques et non endémiques à l'aide de 46 caractères morphologiques.

D'autres le sont moins facilement car elles sont proches morphologiquement, par exemple *D. bemandry* et *Reroy*, « *Oviala-alatipes* » et *Balo*. Les enquêtes ethnobotaniques sont utiles quand il n'est pas possible d'avoir sous les yeux toutes les parties de la plante ou pour tester les qualités organoleptiques des tubercules. Elles ont permis de déterminer les traits séparant les espèces *Balo* et « *Oviala-maciba* » sans inflorescences mâles. Les paysans distinguent les deux espèces par la taille et la couleur des feuilles : les feuilles de *Balo* sont plus petites et d'un vert plus foncé que les feuilles de *D. maciba*. Les tubercules à chair blanche de *Balo* sont plus gros et plus profonds et, une fois bouillis, seraient plus fades que les tubercules de *D. maciba*. Il reste à déterminer cette nouvelle espèce proche de *D. alatipes* avec environ 17% de matière sèche et qui n'a pas le même goût que les tubercules de *D. maciba* (il est moins apprécié par les consommateurs). Seuls les paysans anciennement installés dans la région connaissent bien les ignames situées dans leur environnement

proche.

Les principales routes et pistes carrossables de la région ont été parcourues permettant de déterminer approximativement des aires de répartition pour chacune des espèces. L'espèce la plus répandue dans le Sud est *D. soso*. C'est la région de Toliara qui est la plus riche en espèces d'ignames en particulier le couloir d'Antseva et la vallée de l'Onilahy (figure 1b). La diversité des espèces est exceptionnelle avec par exemple d'une part la forme naine de *D. heteropoda* dans les collines granitiques de Fenoarivo (piste d'Ambalavao à Tsitodroina) et d'autre part *D. heteropoda* dans le parc d'Andringitra (1600 à 2000 m d'altitude et des hivers rigoureux). « *Le panachage des milieux et la raideur des gradients climatiques sont de puissants facteurs de radiations adaptatives* » (GUILLAUMET et MANGENOT, 1975). Les ignames forment souvent des peuplements de trois, quatre ou plus d'espèces en mélange avec des proportions variées de chacune des espèces (figure 1b).

Plusieurs remarques peuvent être faites :

- *D. acuminata* Bak., espèce morphologiquement proche de *D. maciba*, n'a pas été observée alors qu'elle l'avait été dans le bassin moyen du Mangoky, à l'Est de Morombe (BURKILL et PERRIER de la BATHIE, 1950).
- Dans la région de Toliara, *D. bemarivensis* serait un complexe d'espèce composé de deux espèces, *D. bemarivensis* Jum. & H. Perrier et *D. bosseri* Haigh & Wilkin (HAIGH *et al.*, 2005).
- L'absence de jeunes inflorescences mâles des plantes de *D. trichantha* n'a pas permis de distinguer cette espèce de *D. sterilis* (WEBER *et al.*, 2005). D'après ces auteurs, *D. trichantha* est observée au-dessus de 1000 m.
- L'espèce d'origine africaine, *D. quartiniana* A. Rich. signalée dans la forêt Mikea (BURKILL et PERRIER de la BATHIE, 1950), a seulement été observée à trois endroits différents : au Sud de Manja, au Nord d'Ankazoabo et sur la falaise de Vatolatsaka au Nord de Tongobory. Cette espèce n'est pas connue des villageois et ses tubercules ne sont donc pas consommés (elle n'a pas de nom vernaculaire).
- La majorité des espèces présentent des risques importants d'érosion génétique, *D. bemarivensis* par exemple, dont les effectifs sont faibles et dispersés. C'est le cas dans plusieurs genres endémiques de Madagascar, nombre élevé d'espèces à répartition punctiforme (GUILLAUMET et MANGENOT, 1975). Compte tenu de leurs aires géographiques limitées, souvent des isolats (microendémisme), la conservation de quelques espèces dans des aires protégées peut être envisagée. C'est déjà le cas de *D. heteropoda* dans le Parc d'Andringitra et celui de *D. bemandry* dans le Parc Mikea.

Il reste beaucoup à faire pour promouvoir le potentiel agronomique des espèces autochtones

pauvres en dioscorine, alcaloïde amer et toxique caractéristique des espèces d'ignames sauvages sur d'autres continents (BURKILL 1985). Bien que la région soit en mutation profonde, le pari n'est pas gagné : certaines populations ont des interdits et refusent la culture des espèces sauvages par peur d'offenser le « Créateur » ou les « esprits » des ancêtres. La réussite de la domestication des ignames non « aqueuses » serait pourtant un apport à la diversification des espèces à racines et tubercules cultivées à Madagascar. L'artificialisation (SERPANTIE, 2000) assurerait la pérennisation de la ressource et la valorisation de ces espèces auprès des consommateurs. Cette étude peut servir de modèle pour le reste de Madagascar. La comparaison des espèces malgaches avec les espèces d'Afrique du Sud riche de 17 espèces endémiques (TEICHMAN UND LOGISCHEN *et al.*, 1975) serait aussi intéressante puisque l'île de Madagascar s'est séparée de cette région au Crétacé.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'Université de Toliara et la Représentation à Madagascar de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) qui ont permis de collecter les données.

BIBLIOGRAPHIE

ACKERMANN K. 2004. Élaboration de recommandations d'aménagement pour les forêts secondaires dans le Nord-Ouest de Madagascar. Programme écologique d'accompagnement pour les régions chaudes. GTZ Eschborn. 134 p.

ANONYME. 2005. Recherche sur les ignames de Madagascar, régions d'Ambohimahaso et Ambositra, Brickaville, Morondava. Document dactylographié de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. SAHA coopération, Fonds d'Appui au Développement de l'Enseignement Supérieur (Fades). 94 p.

BALAKRISHNAN V., RATHEESH NARAYANAN M.K., ANIL KUMAR N. 2003. Ethnobotany of *Dioscorea* among the Kattunaikka people of Wayanad district, Kerala, India. Plant Genetic Resources Newsletter 135: 24-32.

BLANC-PAMARD C., MILLEVILLE P., GROUZIS M., LASRY F., RAZANAKA S. 2005. Une alliance de disciplines sur une question environnementale : la dégradation en forêt des Mikea (Sud-ouest de Madagascar). Natures Sciences Sociétés 13 : 7-20.

BURKILL I.H. 1985. *Dioscoreaceae*. In : The useful plants of west tropical Africa. Vol I. Families A-D. Royal Botanic Gardens, Kew, London Great Britain. Pp. 654-670.

BURKILL I.H., PERRIER DE LA BÂTHIE H. 1950. 44^e famille - Dioscoréacées. In: Humbert (editor). Flore de Madagascar et des Comores. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 78 p.

CADDICK I.R., WILKIN P., RUDALL P.J., HEDDERSON T.A.J., CHASE M.W. 2002. Yams reclassified: a recircumscription of *Dioscoreaceae* and *Dioscoreales*. Taxon 51: 103-114.

- FOFIFA-ONE** 2001. Prospection, caractérisation et valorisation des plantes alimentaires négligées dans le sud et sud-ouest de Madagascar. Rapport du Centre National de Recherche Appliquée au Développement Rural (Fofifa) et de l'Office National de l'Environnement (ONE). 84 p.
- GAUTIER L., GOODMAN S.M.** 2008. Introduction à la flore. *Dans* : Paysages naturels et biodiversité de Madagascar. S. M. Goodman (ed.). MNHN. Paris, France. Pp. 103-139.
- GEORGE E.** 2002. Analyse des dynamiques économiques impliquées dans la déforestation de la forêt des Mikea à Madagascar. Cahier du C3EDM Madagascar 1 : 1-99.
- GUILLAUMET J.L., MANGENOT G.** 1975. Aspects de la spéciation dans la flore malgache. Boissiera 24 : 119-123.
- HAIGH A., WILKIN P., RAKOTONASOLO F.** 2005. A new species of *Dioscorea* L. (*Dioscoreaceae*) from western Madagascar and its distribution and conservation status. Kew Bulletin 60: 273-281.
- JEANNODA V., JEANNODA V., HLADIK A., HLADIK C.M.** 2004. Les ignames de Madagascar, diversité, utilisation et perceptions. Hommes et Plantes 47 : 10- 23.
- JEANNODA V.H., RAZANAMPARANY J.L., RAJAONAH M.T., M.M.O., HLADIK A., HLADIK C.M.** 2007. Les ignames (*Dioscorea* spp.) de Madagascar : espèces endémiques et formes introduites ; diversité, perception, valeur nutritionnelle et systèmes de gestion durable. Rev. Ecol. (Terre Vie) **62** : 191-207.
- MULLER S.** 2009. Les plantes à tubercules, au cœur de la redéfinition des territoires et de l'identité au Vanuatu (Mélanésie). Autrepart 50 : 167-186.
- PHILLIPSON P.B.** 1996. Endemism and non-endemism in the flora of south-west Madagascar. Dans Biogéographie de Madagascar, Edité par : W.R. Lourenço. Collection Colloques et séminaires, ORSTOM Edition. Paris, France. Pp. 125-136.
- RAZANAKA S.** 2004. La forêt des Mikea : un espace et des ressources assiégées. Diversité des types de végétation et dynamique post-culturelle d'une forêt dense sèche du Sud-ouest de Madagascar. Thèse en biologie et écologie végétale, Université d'Antananarivo. 234 p.
- ROLLIN D.** 1997. Quelles améliorations pour les systèmes de culture du sud-ouest malgache ? Agriculture et développement 16 : 57-72.
- SALOMON J.N.** 1987. Le Sud-ouest de Madagascar. Étude de géographie physique. Tome I. Université Aix-Marseille. 420 p.
- SERPANTIÉ G.** 2000. Artificialisation de deux ressources en zone soudanienne. In: Y. Gillon, C. Chaboud, J. Boutrais, C. Mullon (Eds). Du bon usage des ressources renouvelables. Coll. Latitudes 23. IRD Editions, Paris, Pp. 125-143.
- TEICHMAN UND LOGISCHEN I., VAN DER SCHIJFF H.P., ROBBERTSE P.J.** 1975. The

genus *Dioscorea* L. in South Africa. Boissiera 24: 215-224.

TERRIN S. 1998. Usage alimentaire et technologique des végétaux spontanés dans la région de la forêt des Mikea (Sud-ouest de Madagascar). Mémoire de DESS, Université Paris 12. 86 p.

WEBER O., WILKIN P., RAKOTONASOLO F. 2005. A new species of edible yam (*Dioscorea* L.) from western Madagascar. Kew Bulletin 60: 283-291.

WELLS N.A. 2008. Quelques hypothèses sur l'histoire des paléoenvironnements de Madagascar au Mézozoïque et au Cénozoïque. *Dans* : Paysages naturels et biodiversité de Madagascar. S.M. Goodman (ed.). MNHN, Paris, France. Pp. 23-56.

WILKIN P., SCHOLS P., CHASE M.W., CHAYAMARIT K., FURNESS C.A., HUYSMANS S., RAKOTONASOLO F., SMETS E., THAPYAI C. 2005. A plastid gene phylogeny of the yam genus, *Dioscorea*: roots, fruit and Madagascar. Systematic Botany 30: 736-479.

WILKIN P., RAJAONAH M.T., JEANNODA V.H., HLADIK A., JEANNODA V.L., HLADIK C.M. 2008. An endangered new species of edible yam (*Dioscorea*, *Dioscoreaceae*) from Western Madagascar and its conservation. Kew Bulletin 63: 113–120.

WILKIN P., HLADIK A., WEBER O., HLADIK CM, JEANNODA V. 2009. *Dioscorea orangeana* (*Dioscoreaceae*), a new and threatened species of edible yam from northern Madagascar. Kew Bulletin 64: 461-468.