

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
UNION - DISCIPLINE - TRAVAIL



UFR BIOSCIENCES

N° D'ORDRE :

THESE

présentée pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université de Cocody

Discipline : Génétique ; Option : Ressources phytogénétiques

Par

Alexandre DANSI ANAGONOU

TITRE

**COLLECTE ET CARACTÉRISATION DES
IGNAMES CULTIVÉES DU COMPLEXE
Dioscorea cayenensis - rotundata
DU BÉNIN**

*Soutenue le 24 novembre 2001
devant la Commission d'Examen*

MEMBRES DU JURY :

Président : Mr AKE Séverin, Professeur à l'Université de Cocody-Abidjan

Directeur de Thèse : Mme MONDEIL Fanja, Maître de conférences à l'Université de Cocody-Abidjan

Examineurs : Mr AHOUSSOU N'Goran, Maître-assistant à l'Université de Cocody-Abidjan

Mr SANGARE Abdourahamane, Maître de conférences, Directeur du Laboratoire Central de Biotechnologie (LCB), Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Côte-d'Ivoire



Vue d'ensemble d'un pied
d'igname (variété Kpouna)

**A mon professeur
Daïnou Ogoubi
Qui m'a donné le goût de la
génétique**

***A mes parents
Dans Anagonou, mon père
Dans Emilienne, ma mère
qui ont su me donner une chance***

***A mes enfants
Myriam,
Laurianne
Nadège
pour votre amour et votre soutien***

***A ma bien aimée Hounkponou Salomé
Pour ton amour, ton soutien et tes
conseils***

TABLE DES MATIERES

	Pages
<u>PREMIERE PARTIE :</u> INTRODUCTION GENERALE ET REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	1
1. Introduction générale	2
2. Revue bibliographique	5
2. 1. Les diverses espèces d'igname (<i>Dioscorea</i> sp.) cultivées en Afrique et dans le monde ...	5
2. 2. Les ignames cultivées du complexe <i>Dioscorea cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>	6
2.2.1. Historique et Phylogénie	6
2.2.2. Biologie	7
2.2.3. Situation dans l'agriculture traditionnelle béninoise	11
2.2.3.1. Les grandes caractéristiques de la production traditionnelle	11
2.2.3.2. Les systèmes de culture	13
2.2.3.3. Le problème semencier	14
2.2.3.4. Le tuteurage	14
2.2.3.5. Les problèmes sanitaires	15
2. 3. Le problème de la caractérisation des ressources génétiques des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> en Afrique de l'ouest	18
2. 3. 1. Les descriptions morphophysologiques	18
2. 3. 2. Les études enzymatiques et moléculaires	18
2. 3. 3. Les études cytologiques	20
<u>DEUXIEME PARTIE :</u> MATERIELS ET METHODES	21
1. Matériel végétal	22
1.1. Matériel biologique	22
1.2. Localisation géographique	22
2. Méthodes	30
2.1. Méthodes de culture	30
2.2. Méthodes de prospection et de collecte	30
2.3. Méthodes de caractérisation	31
2.3.1. Caractérisation morphologique	31
2.3.2. Analyses cytologiques	32
2.3.2.1. Dénombrement chromosomique	32

2.3.2.2. Analyse par cytométrie en flux	34
2.2.3. Analyse enzymatique	35
2.3.4. Analyse RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA)	36
2.3.5. Méthodes d'analyse des résultats	37
<u>TROISIEME PARTIE : RESULTATS</u>	39
CHAPITRE I : Prospection et collecte des ignames cultivées du complexe <i>Dioscorea</i> <i>cayenensis</i> / <i>Dioscorea rotundata</i> du Bénin	40
1.1. Introduction	40
1.2. La diversité variétale	41
1.3. Les caractéristiques agronomiques et culinaires des variétés collectées	41
1.4. L'état des ressources génétiques des ignames du complexe <i>Dioscorea cayenensis</i> / <i>Dioscorea rotundata</i> au Bénin	43
1.5. La nomenclature paysanne des ignames du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> au Bénin	44
1.6. Méthodes paysannes d'enrichissement de la diversité génétique des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> au Bénin.	46
CHAPITRE II : Etude de la diversité morphologique des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin.	50
2.1. Introduction	50
2.2. Classification variétale et correspondance entre noms	52
2.3. Les groupes variétaux	53
2.4. Classification ascendante hiérarchique	59
2.5. Distribution géographique et fréquence des groupes variétaux	62
2.6. Floraison et fructification des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin	68
2.7. Aptitude à la mécanisation de la récolte	72
2.8. Comparaison des ignames du Bénin avec celles de la Côte d'Ivoire	72
2.9. Clés d'identification des groupes variétaux et des morphotypes	75

2.9.1. Clé d'identification des groupes variétaux des ignames tardives	75
2.9.2. Clé d'identification des groupes variétaux des ignames précoces.	76
2.9.3. Clé d'identification des morphotypes	78
CHAPITRE III : Détermination du niveau de ploïdie des ignames cultivées du complexe	
<i>Dioscorea cayenensis</i> / <i>Dioscorea rotundata</i> du Bénin	87
3.1. Introduction	87
3.2. Dénombrement chromosomique	88
3.3. Cytométrie en flux	88
CHAPITRE IV : Analyse de la diversité enzymatique	96
4.1. Introduction	96
4.2. Variabilité des systèmes enzymatiques	97
4.3. Diversité génétique au sein des groupes variétaux	103
4.4. Identification des variétés et des groupes variétaux par leurs phénotypes enzymatiques	108
4.5. Classification ascendante hiérarchique et relations entre les différentes variétés	112
CHAPITRE V : Classification des ignames par les marqueurs RAPD	114
5.1. Introduction	114
5.2. Polymorphisme des bandes RAPD	115
5.3. Diversité génétique au sein du groupe variétal TABANE	115
5.4. Diversité génétique au sein du morphotype Kinkérékou	120
<u>QUATRIEME PARTIE : DISCUSSION, CONCLUSION ET PERSPECTIVES</u>	121
1. DISCUSSION	122
2. CONCLUSION	129
3. PERSPECTIVES	140
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	142
PUBLICATIONS ET ANNEXES	151
PUBLICATIONS	152
Article 1	155

Article 2	161
Article 3	180
Article 4	189
Article 5	203
Article 6	208
ANNEXES	219

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1 : Fleurs mâles et fleurs femelles chez les ignames cultivées (<i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin	9
Figure 2 : Semenceaux d'igname (tubercule de deuxième récolte) chez la variété d'igname Kpouna	10
Figure 3 : Production annuelle d'ignames dans quelques pays de l'Afrique de l'ouest	12
Figure 4 : Evolution de la production annuelle et du rendement de l'igname au Bénin de 1962 à 1995.	12
Figure 5 : Champ montrant des buttes non plantées par manque de semences à Toucountouna (Nord du Bénin)	16
Figure 6 : Champ d'igname avec du maïs utilisé comme tuteur	16
Figure 7 : Aspect (phase initiale) d'un champ d'igname avec du maïs comme tuteur à Djougou	17
Figure 8 : Champ d'ignames non tuteurées au nord du Bénin	17
Figure 9 : Itinéraires suivis et points de collecte durant la première prospection	24
Figure 10 : Itinéraires suivis et points de collecte durant la deuxième prospection	25
Figure 11 : Carte de la république du Bénin montrant les départements et les sous-préfectures	26
Figure 12 : Carte climatique de la république du Bénin	27
Figure 13 : Carte ethnique de la république du Bénin	28
Figure 14 : Feuilles, tige et tubercules de <i>D. praehensilis</i> après une année de domestication au Bénin	49
Figure 15 : Feuilles et tubercule de la variété d'igname Tam Sam (groupe TAM SAM)	60
Figure 16 : Variétés d'igname du groupe TABANE (feuilles et tubercules)	61
Figure 17 : Classification ascendante hiérarchique (basée sur les données morphologiques) des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin.	63
Figure 18 : Ignames du groupe ALAKISSA (feuilles et tubercules)	64

Figure 19 :	Feuilles et tubercule de la variété d'igname Sogodo (groupe MAKPAWA)	65
Figure 20 :	Floraison intense chez la variété d'igname Sobasson	71
Figure 21 :	Tubercule globuleux chez variété d'igname Brizi	74
Figure 22 :	Clé d'identification des morphotypes d'igname du groupe KOKOROGBANOU	84
Figure 23 :	Clé d'identification des morphotypes d'igname du groupe MONDJI	85
Figure 24 :	Clé d'identification des morphotypes d'igname du groupe SOUSSOU	86
Figure 25 :	Histogramme obtenu avec la variété d'igname Kagourou (tétraploïde)	93
Figure 26 :	Histogramme obtenu avec la variété d'igname Ofègui (hexaploïde)	93
Figure 27 :	Histogramme obtenu avec la variété d'igname Alakissa (octoploïde)	94
Figure 28 :	Histogramme montrant une situation de mixoploïdie chez la variété d'igname Youbè	94
Figure 29 :	Histogramme obtenu en combinant un tétraploïde (Soussouka) et un hexaploïde (Ouwonpèotina)	95
Figure 30 :	Histogramme obtenu en combinant un tétraploïde (Danwari), un hexaploïde (Sogodo) et un octoploïde (Agangan)	95
Figure 31 :	Divers profils observés au sein des ignames cultivées du Bénin pour les sept systèmes enzymatiques étudiés	98
Figure 32 :	Fréquence des profils observés chez les ignames cultivées (complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin pour les différents systèmes enzymatiques analysés	105
Figure 33 :	Classification ascendante hiérarchique (basée sur les données enzymatiques) des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin.	113
Figure 34 :	Résultat de la sonde OPW-17	118
Figure 35 :	Classification ascendante hiérarchique dans le groupe TABANE	119
Figure 36 :	Classification ascendante hiérarchique dans le morphotype Kinkérékou	119

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 : Liste des descripteurs utilisés dans l'analyse morphologique des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin	33
Tableau 2 : Les sondes utilisées pour les analyses RAPD et leurs séquences.	37
Tableau 3 : Répartition des sites prospectés et des échantillons collectés au cours des deux prospections (P1 et P2) selon les régions.	42
Tableau 4 : Noms génériques des ignames tardives et des ignames précoces chez les principaux groupes ethniques producteurs d'ignames au Bénin	45
Tableau 5 : Liste des variétés d'igname introduites au Bénin à partir du Nigeria, du Ghana et du Togo	48
Tableau 6 : Liste des différents morphotypes identifiés au sein des ignames cultivées du complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i> du Bénin	54
Tableau 7 : Structure des groupes variétaux des ignames (<i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin	57
Tableau 8 : Distribution géographique et fréquence des groupes variétaux d'igname (complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) dans les zones de production au Bénin.	67
Tableau 9 : Sexe, floraison et fructification des différents morphotypes d'igname	69
Tableau 10 : Groupes variétaux communs au Bénin et à la Côte d'Ivoire	73

Tableau 11 :	Nombre de chromosomes et niveau de ploïdie de 30 variétés d'ignames (complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin.	90
Tableau 12 :	Niveau de ploïdie de 64 variétés d'ignames (complexe <i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin déterminé par cytométrie en flux.	91
Tableau 13 :	Fréquence des différents phénotypes (profils) observés pour chacun des systèmes enzymatiques étudiés.	104
Tableau 14 :	Les groupes variétaux d'igname du Bénin, leur diversité morphologique et le nombre de génotypes identifiés dans chacun d'eux.	107
Tableau 15 :	Nombre de génotypes identifiés au sein des différents morphotypes d'igname du Bénin	109
Tableau 16 :	Distribution et fréquence des différents phénotypes enzymatiques au sein des groupes variétaux.	110
Tableau 17 :	Structure du groupe TABANÉ	116
Tableau 18 :	Liste des variétés classées dans le groupe TABANE et dans le morphotype Kinkérékou et analysées par RAPD.	116
Tableau 19 :	Comparaison des classifications morphologiques et moléculaires des ignames du groupe TABANE.	117
Tableau 20 :	Répertoire des ignames cultivées (<i>D. cayenensis</i> / <i>D. rotundata</i>) du Bénin	132
Tableau 21 :	Codification des groupes variétaux	138
Tableau 22 :	Codification des morphotypes	139

REMERCIEMENTS

Monsieur Abdourahamane SANGARE et mesdames Jeanne ZOUNDIJHEKPON et Fanja MONDEIL sont à l'origine de cette thèse. Malgré leurs nombreuses sollicitations, ils n'ont ménagé aucun effort pour m'encadrer durant toute la durée des travaux.. Leur érudition, leurs remarques judicieuses, leurs conseils précis m'ont été très précieux. Je me réjouis très sincèrement d'avoir été encadré par de si bons maîtres et je leur exprime ma profonde reconnaissance pour leur constante disponibilité et leur soutien moral.

Je voudrais remercier très sincèrement l'**IITA** (Institut International d'Agriculture Tropicale), la **FIS** (Fondation Internationale pour la Science) et la **DAAD** (German Academic Exchange Service) pour leur soutien financier. Sans eux, cette thèse n'aurait peut être jamais vu le jour.

Mon entrée à L'IITA et l'encadrement technique de cette thèse ont été surtout l'œuvre de Dr H. D. MIGNOUNA. Il a suivi de très près l'évolution des travaux malgré ses nombreuses activités et m'a fait bénéficier à l'IITA de beaucoup plus de facilités qu'il n'en donnait aux autres stagiaires. Ce serait bien peu que de parler ici de gratitude envers un tel encadreur. Seul le Seigneur pourra le lui rendre au centuple.

Monsieur N'Goran AHOUSSOU (Directeur du laboratoire de génétique de l'UFR Biosciences) s'est toujours intéressé à mon travail. Il a aussi relu attentivement la totalité de mon manuscrit malgré ses nombreuses occupations. Son esprit critique, sa minutie, son sens du terme exact ont beaucoup amélioré la présentation de cette thèse. Grâce lui soit rendue pour les remarques pertinentes qu'il m'a faites et pour son soutien moral.

Mes remerciements vont aussi à Messieurs Dossahoua TRAORE et SEVERIN AKE ainsi qu'à tous les autres membres du Département de botanique et de Biologie végétale pour l'affection qu'ils m'ont témoignée durant mon séjour dans le département.

Messieurs Roland DUMONT et Philippe VERNIER (CIRAD - IITA - Bénin) se sont beaucoup intéressés à mon travail. Les nombreuses informations qu'ils m'ont fournies sur les ignames du Nord-Est du Bénin m'ont efficacement aidé. Je les remercie de m'avoir accordé leur amitié et leur confiance.

Je remercie très sincèrement le personnel du service de la formation, de l'unité de biométrie et du service de la communication de l'IITA en particulier Monsieur C. OKAFOR pour les nombreux services qu'ils m'ont rendus durant mon séjour à l'IITA.

J'exprime ma profonde reconnaissance aux professeurs Christian DOSSOU, Nestor SAKITI, Jean-Marie ACODJI et aux autorités de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université Nationale du Bénin, pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ma formation.

Je voudrais très sincèrement remercier Mlle Rose FAGBEMISSI et Messieurs Cyrile TEDJI, Emile FASSOUNDE, Amos ONYSAYA qui avec gentillesse m'ont donné de sérieux coups de main à la paillasse dans les moments où j'étais débordé.

Messieurs Hubert ADOUKONOU, Pascal SESSOU, Tchombé SOSSA, Sam KORE, Eric QUARCOO, Monday ODISHIWO et Tundé ADEOSHUN m'ont beaucoup assisté dans la préparation, la soumission et la correction des différents articles. Je les remercie très sincèrement pour leur complicité et leur soutien moral.

L'entretien de la collection à Cotonou (buttage, plantation, sarclage, récolte) a été l'œuvre de Messieurs Jean-Pierre DAHOUE, Anato KOKOU, Marius SODANHOUN, Pierre HOUNKPONOU, Fabien TONOUKOUIN et Romuald GNINAFON. Sans eux, aucun résultat intéressant ne serait peut être obtenu. Je leur adresse ici ma profonde reconnaissance.

J'exprime aussi ma profonde reconnaissance à Monsieur Vincent MITO-BABA et à Monsieur et Madame ZOHOU pour leurs nombreuses prières.

Mes remerciements vont enfin à tous les paysans du Bénin qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réussite de ce travail.

PREMIERE PARTIE :

INTRODUCTION GENERALE

ET

REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* nourrissent plusieurs dizaines de millions d'hommes dans les régions tropicales et surtout en Afrique. Selon un rapport de la F.A.O. en 1992, les trois premiers pays producteurs sont le Nigeria avec 16 millions de tonnes, la Côte d'Ivoire avec 2,559 millions de tonnes et le Bénin avec 1,206 millions de tonnes. Sa valeur alimentaire repose sur les glucides, les protéines et acides aminés, les vitamines et les sels minéraux des tubercules (DEGRAS 1986). Les ignames contiennent aussi des sapogénines sous forme de diosgénine qui sont utilisées en médecine moderne comme corticostéroïdes et comme contraceptifs (DEGRAS, 1986). Les ignames interviennent également dans l'alimentation du bétail.

Au Bénin, les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* constituent l'aliment de base des populations du Centre et du Nord. Cependant, très peu de programmes de recherches et de développement leur ont été consacrés. Les conséquences de cette négligence sont les nombreuses difficultés auxquelles sont aujourd'hui confrontés les paysans producteurs d'ignames. Parmi celles-ci, on peut citer les attaques parasitaires (nématodes, champignons et virus), la faiblesse des rendements, la mauvaise aptitude à la conservation des tubercules de nombreuses variétés pourtant très recherchées, l'érosion génétique et la faiblesse des échanges variétaux entre les paysans des différentes régions du pays. Apporter une solution à ces problèmes suppose d'abord une meilleure connaissance des variétés déjà existantes et cultivées par les paysans.

Le travail présenté dans ce mémoire est une contribution à la connaissance des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin.

La présente étude a pour objectifs :

- i) De collecter dans les diverses zones de production du Bénin les différentes variétés existantes et recueillir auprès des paysans toutes les informations utiles (caractéristiques culinaires et agronomiques, origine et signification du nom) sur chacune d'elles.
- ii) D'analyser la diversité morphologique existante au sein des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin et constituer, en cas de diversité importante, des groupes variétaux.
- iii) De déterminer, par combinaison du dénombrement chromosomique et de la cytométrie en flux, le niveau de ploïdie de tous les types morphologiques (morphotypes) identifiés au sein du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin.
- iv) D'utiliser les marqueurs enzymatiques (isozymes) et moléculaires (RAPD) pour apprécier la diversité génétique et affiner la classification variétale au sein du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin.
- v) De constituer un répertoire général pour les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin.

Le présent mémoire est subdivisé en quatre parties :

Dans la **première partie** (introduction et revue bibliographique) les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* et le Bilan de leurs caractérisations en Afrique de l'Ouest sont présentés.

La **deuxième partie** est consacrée au matériel utilisé, à la présentation du cadre de l'étude (le Bénin) et aux modes d'acquisition des données. Les méthodes de prospection et de

collecte, d'analyse morphologique, cytologique, enzymatique, moléculaire et statistique utilisées sont exposées.

Les résultats sont présentés dans la **troisième partie** en cinq chapitres :

- 1) Le **premier chapitre** a trait aux prospections et aux missions exploratrices qui ont conduit à la mise en place de la collection étudiée.
- 2) Le **second chapitre** aborde la structure morphologique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin en faisant une large part à la description des groupes variétaux et à celle de la variabilité morphologique rencontrée.
- 3) Le **troisième chapitre** porte sur la détermination du niveau de ploïdie des différents morphotypes identifiés au sein du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin
- 4) Dans le **quatrième chapitre**, les résultats de l'analyse enzymatique sont exposés. La diversité enzymatique au sein de chacun des groupes variétaux ainsi que la classification variétale basée sur les données isozymiques sont présentées.
- 5) Pour compléter les analyses morphologiques et isozymiques, la RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) a été utilisée pour affiner les classifications variétales au sein de certains groupes variétaux. Les résultats obtenus sont présentés dans le **cinquième chapitre**.

La **quatrième partie** renferme la discussion générale, la conclusion générale et les perspectives.

RESUME

Sur la base des descripteurs morphologiques de l'IPGRI, 560 accessions d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* collectées dans différentes zones de production au Bénin sont classées en 90 morphotypes et en 26 groupes variétaux. Pour faciliter l'identification des morphotypes et des groupes variétaux, des clés d'identification et un répertoire général sont construits. La distribution géographique des groupes variétaux, les capacités de floraison et de fructification des morphotypes ainsi que leur adaptabilité à une agriculture mécanisée sont analysées. Des dénombrements chromosomiques et des analyses de cytométrie en flux ont conduit à l'identification de quatre-vingts et un tétraploïdes (4X, 40 chromosomes), cinq hexaploïdes (6X, 60 chromosomes), trois octoploïdes (8X, 80 chromosomes), et un mixoploïde (4X / 8X) au sein des 90 morphotypes. Une combinaison des profils de sept systèmes enzymatiques a permis de mettre en évidence une importante diversité génétique au sein de la collection étudiée et d'identifier 227 différents cultivars et deux classes génétiques différentes. Ces deux classes correspondent à *D. cayenensis* et à *D. rotundata* et indiquent que ces deux formes d'ignames constituent deux entités génétiques différentes au sein du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin. La diversité génétique existante au sein du groupe TABANE et au sein du morphotype Kinkérékou sont examinés par les marqueurs RAPD (randomly amplified polymorphic DNA). Contrairement aux isozymes, les marqueurs RAPD ont mis en évidence une hétérogénéité génétique et permis une restructuration au sein de ces deux structures. Au vu des résultats, la RAPD apparaît chez l'igname très utile pour la détection et l'élimination des duplicata et la constitution de 'core collection' de gestion plus facile.

Mots clés : Analyse morphologique ; complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* ; cytométrie en flux ; groupe variétal ; Igname cultivée ; isozyme ; morphotype ; niveau de ploïdie ; RAPD ; République du Bénin.

ABSTRACT

A better knowledge of traditional cultivars is a prerequisite to overcoming the various constraints of yam production in Benin. Using IPGRI's descriptors, 560 accessions of cultivated yams (*D. cayenensis* / *D. rotundata* complex) collected throughout Benin, are characterised. Ninety morphotypes are identified and further classified into 26 cultivar groups. Practical identification keys and a general directory are constructed to ease the varietal identification. The geographical distribution of cultivar groups is also presented. The flowering and the fruiting capacity of the morphotypes as well as their adaptability (based on tuber morphology) to mechanical harvesting are also discussed. The ploidy levels of the ninety morphotypes are determined by both chromosome counting and flow cytometry. Eighty-one cultivars are tetraploid, five are hexaploid, three are octoploid and one cultivar (Youbè) is found mixoploid with both 4x and 8x ploidy levels. Genetic diversity within the germplasm is also analysed using seven enzyme systems. Polymorphism is observed in all of the enzyme systems and a total of 62 electromorphs of different frequency and variability patterns are recorded. Different combinations of banding patterns of these systems led to identification of 227 different cultivars among the accessions analysed. Cluster analysis produced a most likely division of the cultivars into two groups corresponding to *D. rotundata* and *D. cayenensis* supporting the concept that the two forms of guinea yam represent different genetic entities. Cultivars belonging to TABANE group and to the morphotype Kinkérékou that could not be separated using isozyme markers, are examined using RAPD (randomly amplified polymorphic DNA) markers. All the twelve primers tested were informative and yielded 63 amplified DNA bands from which 47 (75%) were polymorphic. Although no single primer produced polymorphic bands in all cultivars, the great majority of the cultivars are separated with the combinations of polymorphic bands generated by various primers. Putative duplicates and cultivar misclassifications were identified. RAPD analysis was found as a practical tool for the identification of duplicates toward establishment of an accurate core collection of Guinea yams in Benin Republic and in the other countries of the African yam belt.

Key words : Cultivated yam ; *D. cayenensis* / *D. rotundata* complex ; cultivar group ; flow cytometry ; isozyme ; morphological analysis ; morphotype ; ploidy level ; RAPD ; Republic of Benin ;

Les différents résultats obtenus dans cette étude sont valorisés sous la forme d'articles publiés dans diverses revues internationales. Les copies de ces articles (six au total) sont regroupées dans une rebruique “**Publication**” rattachée aux annexes de ce mémoire.

2. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Les diverses espèces d'igname (*Dioscorea* sp.) cultivées en Afrique et dans le monde

L'igname est une plante herbacée à tige volubile, produisant des tubercules. Elle appartient à la classe des monocotylédones, à l'ordre des Dioscoréales, à la famille des Dioscoréacées et au genre *Dioscorea*.

Le genre *Dioscorea* renferme plus de 600 espèces (KNUTH, 1924) qui se distinguent entre autres, par leurs caractéristiques botaniques portant sur l'axe aérien, les feuilles et le tubercule. Les espèces du genre *Dioscorea* sont regroupées en 59 sections dont la plus importante est celle des *Enantiophyllum* qui contient toutes les espèces alimentaires les plus importantes.

Malgré la diversité des espèces, seules dix d'entre elles sont cultivées. Il s'agit de : *D. alata* L. originaire d'Afrique et d'Asie, *D. esculenta* Lour, *D. batatas* Decne ou *D. opposita* Thumb. originaires d'Asie, *D. bulbifera* L., complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*, *D. dumetorum* Kenth originaires d'Afrique, *D. trifida* L. originaire d'Amérique, *D. mummularia* Lam. et *D. pentaphylla* L. originaires d'Asie et d'Océanie (MIEGE, 1952; DEGRAS, 1986).

Parmi ces espèces, seuls *Dioscorea alata* et le complexe *Dioscorea cayenensis* *Dioscorea rotundata* font l'objet d'une culture à grande échelle et présentent une importance économique réelle surtout en Afrique.

2.2. Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *D. rotundata*

2.2.1. Historique et Phylogénie

Lors des premières études effectuées en 1789 par LAMARK puis en 1813 par POIRET, les ignames africaines habituellement non bulbifères et cultivées pour leur tubercule, ont été classées en deux espèces : *Dioscorea cayenensis* (pour les ignames à chair jaune) et *Dioscorea rotundata* (pour les ignames à chair blanche). En se basant sur l'existence de nombreuses formes intermédiaires et l'absence de barrières reproductives entre les deux groupes, certains auteurs (CHEVALIER 1936, BURKILL 1939, DUMONT 1977) considèrent les deux espèces *Dioscorea cayenensis* et *Dioscorea rotundata* comme appartenant à un même groupe. A la conférence de Buéa (Cameroun) en 1978, ces ignames africaines ont été, à l'unanimité des participants, regroupées sous le **complexe *Dioscorea cayenensis- rotundata***. Le terme '**complexe**' est donc ici utilisé dans le sens de '**groupe**'. Pour répondre aux normes de la systématique botanique (une espèce végétale ne pouvant avoir trois noms alignés), l'écriture '**complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata***' semble plus appropriée et sera utilisée dans tout le texte.

Les ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* sont d'origine polyphylétique. Selon MIEGE (1954), DUMONT (1982), HAMON (1987), TERAUCHI *et al.*, (1992), MIGNOUNA *et al.*, (1993), *Dioscorea abyssinica*, *Dioscorea praehensilis*, *Dioscorea burkilliana*, *Dioscorea mangelotiana* et *Dioscorea liebrechtsiana*

auraient contribué pour une part importante au patrimoine génétique du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*.

2.2.2. Biologie

L'igname du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* est une plante grimpante. Sa tige ramifiée, inerme ou épineuse, de section cylindrique est annuelle et s'enroule selon les conditions de culture autour d'un tuteur. Les feuilles sont entières, de formes variées, alternes ou opposées. La partie souterraine de la plante est constituée d'un ou de plusieurs tubercules de formes variées avec une chair souvent comestible de couleur blanche, jaune ou violette. Le poids et la longueur d'un tubercule sont souvent variables. L'appareil racinaire est de deux types : Les racines coronaires quelque-fois épineuses et les racines tuberculaires.

Lorsqu'elles existent, les inflorescences mâles et femelles sont généralement portées par des pieds différents (figure 1). L'igname est donc dioïque. On connaît cependant des variétés ou des clones monoïques. Les inflorescences mâles et femelles sont des épis qui naissent à l'aisselle des feuilles. La fleur mâle est petite, de 1 à 3 mm de diamètre (DEGRAS, 1986; ZOUNDJIHEKPON, 1993). De coloration verdâtre lorsqu'elle est jeune, la fleur mâle devient blanchâtre, jaunâtre ou brunâtre lorsqu'elle arrive à maturité. Les grains de pollen sont petits ($L = 14 \mu\text{m}$, $l = 10 \mu\text{m}$) et peuvent être collants. La fleur femelle est plus grande que la fleur mâle ($L = 1,5 \text{ cm}$). Les fruits sont des capsules trilobées, sèches, déhiscentes comportant deux graines par lobe, soit six graines par fruit. Les graines sont aplaties, ailées et pèsent à peine un centigramme (TOURE *et al.*, 1982).

La multiplication se fait habituellement à partir de fragments de tubercules ou de petits tubercules entiers appelés alors "semenceaux" (figure 2). Lorsqu'un fragment de tubercule est placé dans le sol, au début de la saison des pluies, il germe et laisse apparaître

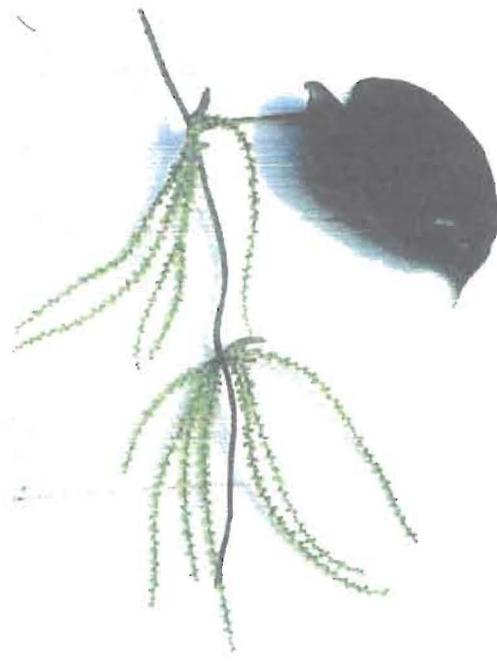
une tige parfois dès la semaine qui suit la plantation. La jeune plante présente d'abord des cataphylles puis des feuilles normales assimilatrices. Trois semaines après la germination, des ramifications apparaissent à l'aisselle des feuilles. La tubérisation commence vers la quatrième semaine après la sortie de la tige (TOURE *et al.*, 1982). L'arrêt de la croissance végétative et le dessèchement du feuillage interviennent entre le huitième et le neuvième mois. Chez les variétés précoces, une première récolte a lieu 5 à 6 mois après la plantation et une deuxième à la fin du cycle (8 à 9 mois après la plantation). Ce sont les tubercules de cette deuxième récolte qui sont généralement utilisés comme semenceaux (figure 2). Chez les variétés tardives, la récolte a lieu une seule fois et 8 à 9 mois après la plantation. Les tubercules récoltés entrent dans une phase de dormance dont la durée est variable selon les variétés et peut aller jusqu'à 3 mois.

La reproduction sexuée, bien que n'étant pas utilisée dans la pratique culturale traditionnelle, existe chez l'igname. Dans les conditions naturelles, la pollinisation est surtout réalisée par les thrips et le taux de fructification, très faible, est de l'ordre de 0 à 27%. L'hybridation artificielle bien que difficile a déjà conduit à de nombreux hybrides (AKORODA, 1983).

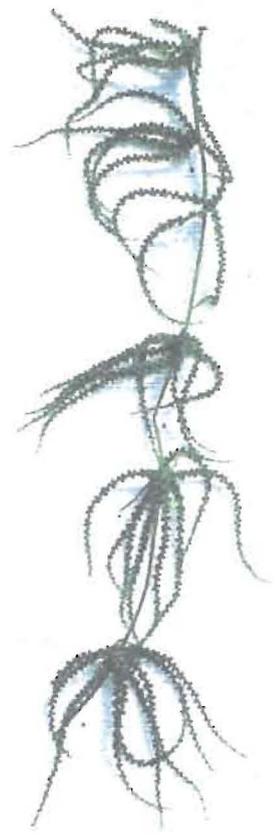
La germination de la graine n'intervient qu'après une période de dormance de près de 3 mois (SADIK et OKEREKE 1975, TOURE *et al.*, 1982). La plantule issue de la graine ne produit pas de cataphylles. Le tubercule obtenu à partir de la reproduction sexuée est généralement petit et très allongé. Ce tubercule de première génération n'est pas commercialisable, mais il peut être utilisé comme semenceau et donner l'année suivante ou après plusieurs cycles de multiplication végétative, une production convenable (TOURE *et al.*, 1982).



A)



B)



C)



D)

Figure 1 : Fleurs mâles (A, B, C) et fleur femelle (D) chez les ignames cultivées (*D. cayenensis*/*D. rotundata*) du Bénin.

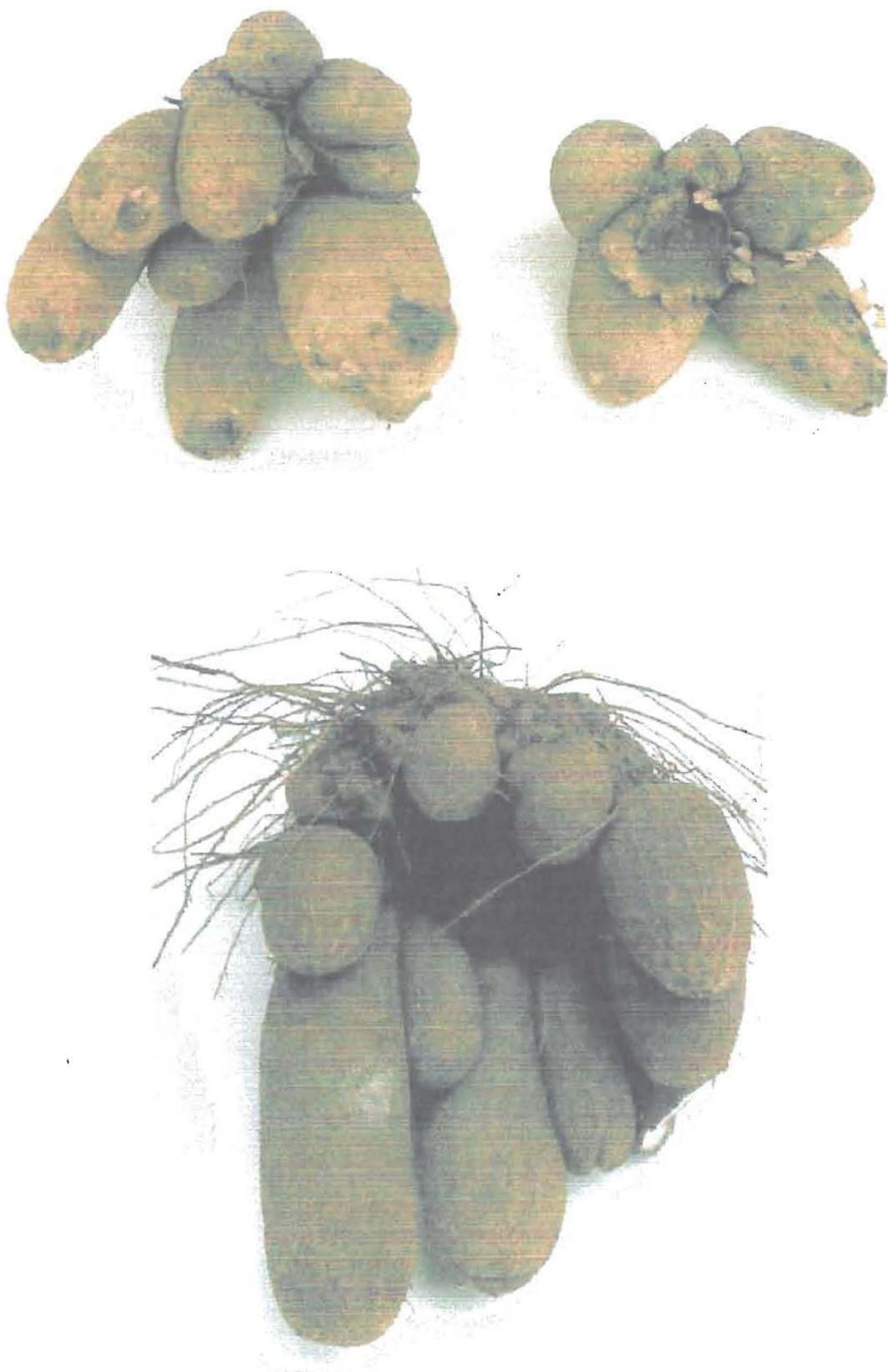


Figure 2 : Semenceaux d'igname (tubercule de deuxième récolte) chez la variété d'igname Kpouna

2.2. 3. Situation dans l'agriculture traditionnelle Béninoise

2.2. 3.1. Les grandes caractéristiques de la production traditionnelle

Avec en moyenne 1206000 tonnes par an (soit 3.84% de la production mondiale), le Bénin se retrouve parmi les cinq premiers pays producteurs d'igname (figure 3) et apparaît en troisième position derrière le Nigeria et la Côte d'Ivoire (FAO, 1997).

Dans l'agriculture béninoise, le complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* couvre plus de 90% des surfaces consacrées à l'igname dans les différentes zones de production (DANSI 2000).

L'igname reste un pilier de l'autonomie vivrière dans ses différentes zones de production. L'exploitation combinée des variétés à deux récoltes avec celles à une récolte garantit la sécurité vivrière sur la plus grande partie de l'année. De 1961 à 1996, il y a eu une augmentation croissante de la production attribuée à l'augmentation des surfaces cultivées puisque les rendements n'ont guère évolué (figure 4).

Dans le centre du Bénin, on voit se développer actuellement une production d'ignames essentiellement basée sur les variétés tardives communément appelées '**Kokoro**' en vue de la production et la commercialisation des cossettes. Ces cossettes se conservent durablement et leur coût de transport vers les marchés urbains est diminué de moitié par rapport à la quantité correspondante de tubercules frais (ATEGBO et al., 1998).

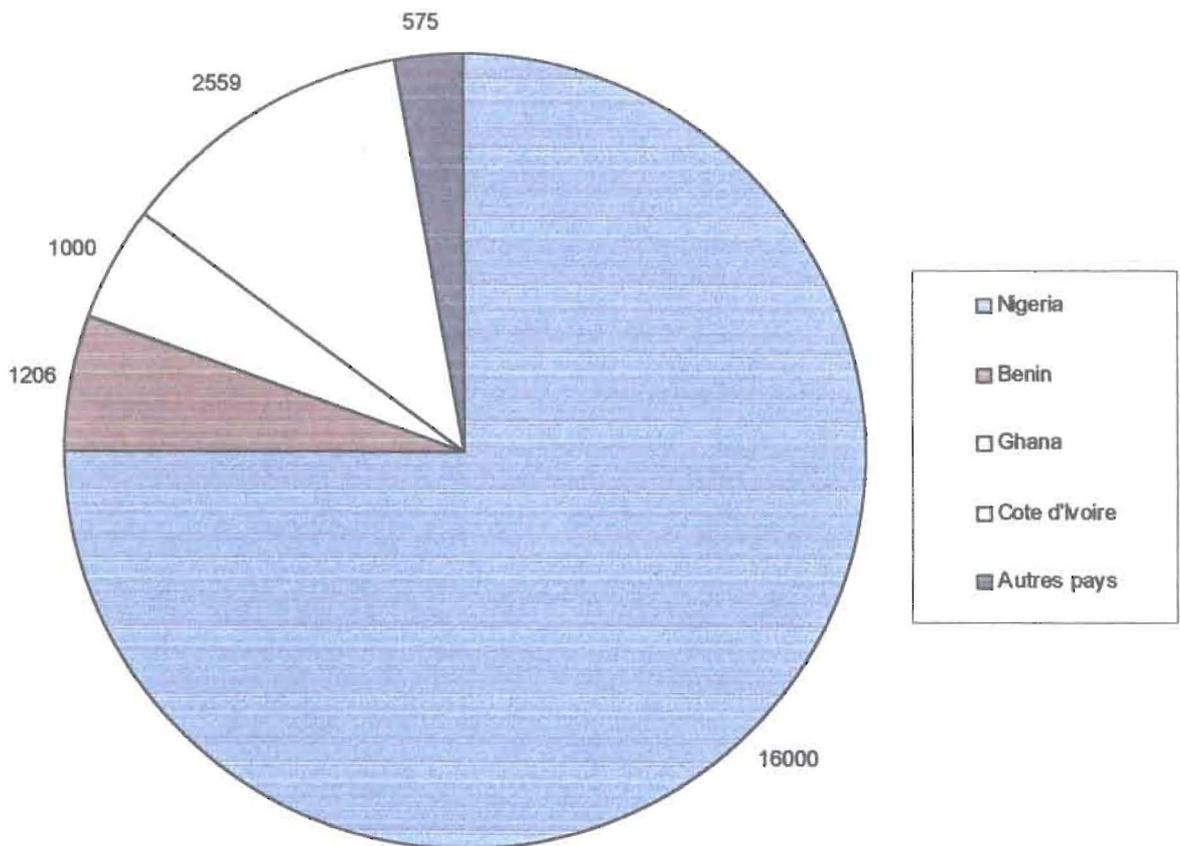


Figure 3: Production annuelle d'ignames (MT) dans quelques pays de l'Afrique de l'Ouest d'après FAO 1997.

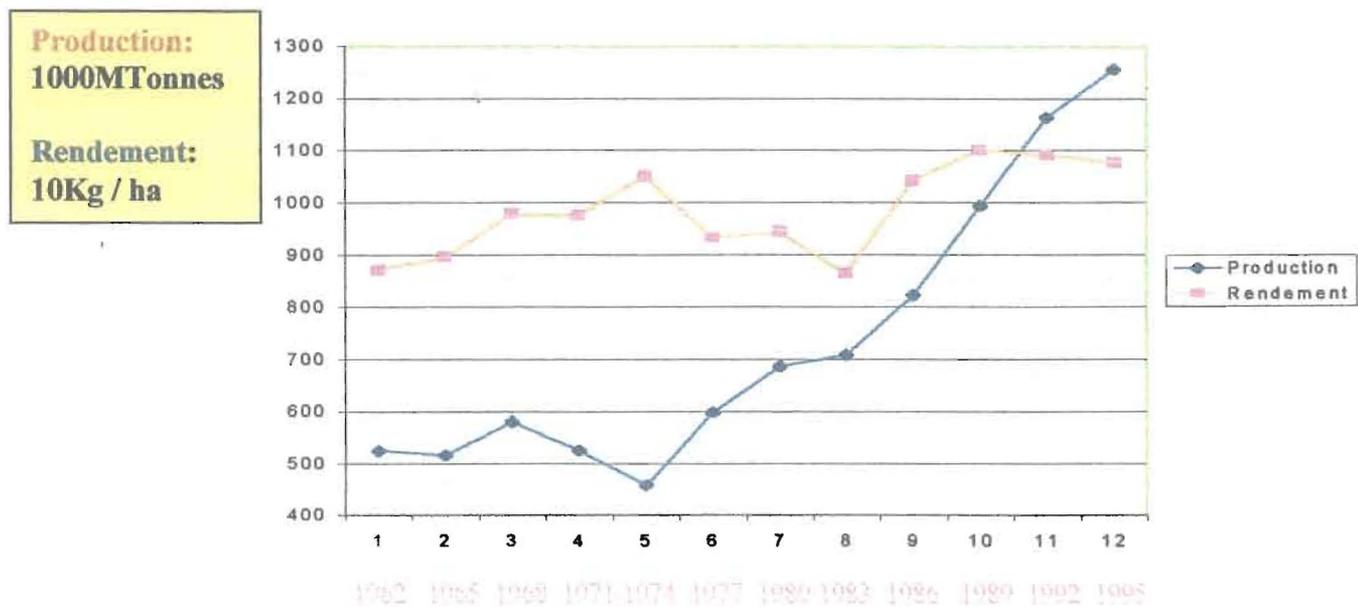


Figure 4: Evolution de la production annuelle et du rendement de l'igname au Bénin de 1962 à 1995 (FAOSTAT Database 1996).

2.2. 3.2. Les systèmes de culture

Au Bénin, l'igname est produite soit en monoculture, soit dans le cadre d'associations polyculturelles. La monoculture de l'igname est traditionnellement multivariétale et polyspécifique. L'éventail du matériel végétal utilisé reste diversifié aussi longtemps que la production se trouve dirigée vers l'autoconsommation. Au nord et particulièrement en milieu Bariba (nord-est), on rencontre parfois plus de huit variétés dans un même champ d'ignames (DANSI 2000). Au centre, l'orientation commerciale de la production accentue la prépondérance de variétés particulières au point de tendre vers la culture monovariétale. Ainsi, dans la sous-préfecture de Djidja (centre du Bénin), la production est essentiellement axée sur la variété **Gnidou** (variété précoce à haut rendement et de culture facile) qui occupe plus de 90% des surfaces totales cultivées en igname. Dans la sous-préfecture de Glazoué (centre du Bénin), c'est par contre la variété **Laboko** très recherchée pour ses qualités culinaires qui est surtout cultivée (plus de 70% de la production).

Dans le système de polyculture, les ignames partagent la surface du champ avec d'autres espèces vivrières pour la plupart à cycle végétatif annuel. Celles-ci sont largement diverses (cucurbitacées, légumineuses alimentaires, céréales, etc.) et leur dimension économique peut être importante. C'est le cas du melon **égussi** (*Citrillus lanatus*) au sud et du **gombo** (*Abelmoschus esculentus*) au nord.

Aussi bien en monoculture qu'en polyculture, les habitudes anciennes maintiennent l'igname en tête d'assolement après la défriche. Néanmoins, l'introduction d'une seconde culture d'igname dans la succession culturale est une opération qui devient de plus en plus fréquente dans certaines régions et est valorisée par des variétés à récolte unique dont notamment celles utilisées pour le commerce des cossettes (DANSI 2000).

2.2. 3. 3. Le problème semencier

Les ignames cultivées sont essentiellement reproduites par voie végétative en partant des tubercules. La fraction semencière est fournie par la seconde récolte chez les variétés précoces et par la récolte unique chez les variétés tardives. Dans ce dernier cas, la disponibilité semencière existe chez les variétés produisant simultanément des tubercules de calibre très différents, les petits servant à la reproduction. Certaines variétés tardives n'ont pas une production semencière individualisée. Il devient alors nécessaire de découper les gros tubercules pour obtenir la semence ce qui constitue une perte pour le commerce et surtout pour des ignames fortement recherchées comme Gnalabo.

À cause du faible coefficient de multiplication de nombreuses variétés, la disponibilité semencière est souvent regardée comme un frein à la production. La valeur monétaire élevée des semences (200 FCFA par semence et donc par butte) pèse lourdement sur le coût de production. Ces deux facteurs conduisent de nombreux paysans à abandonner chaque année une partie des buttes qu'ils ont eux-mêmes faites pour la plantation (figure 5).

2.2. 3. 4. Le tuteurage

Au Bénin, lorsqu'un champ d'igname doit être installé en savane, les arbres, sans être abattus, sont systématiquement tués par usage du feu et serviront de tuteurs naturels pour les ignames. Parfois, 4 à 5 pieds d'ignames s'appuient sur un même tuteur naturel. Lorsque le tuteurage est artificiel, les plantes sont soit soutenues individuellement ou soit partagent un même tuteur. Dans le septentrion, de nombreux paysans règlent le problème de tuteurage en

faisant précéder la culture de l'igname par du sorgho ou du mil (DANSI 2000). Les tiges de ces derniers laissées en place après récolte servent de tuteurs aux ignames (figures 6 et 7). D'autres paysans cultivent l'igname sans tuteurage (figure 8).

2.2. 3. 5. Les problèmes sanitaires

Ce sont surtout des viroses, des dégâts causés par les nématodes, les champignons et les cochenilles qui entraînent les pertes sensibles de rendement (DANSI 2000).

Dans la sous-préfecture de Bassila (Nord-Ouest), un phénomène important semble être spécifique à cette région mais dont la cause reste encore inconnue. Pendant la grande saison pluvieuse et pendant la phase active de tubérisation, les feuilles des ignames (surtout les variétés tardives appelées Kokoro) jaunissent et tombent progressivement sans pour autant entraîner la mort complète des plantes. Celles-ci presque complètement défoliées ne produisent alors qu'un très petit tubercule (DANSI 2000).



Figure 5: Champ montrant des buttes non plantées par manque de semences à Toucountouna (Nord du Bénin).
Le paysan a préféré y mettre du maïs pour ne pas tout perdre.



Figure 6: Champ d'igname avec du maïs utilisé comme tuteur à Djougou (Nord du Bénin)



Figure 7. Aspect (Phase initiale) d'un champ d'ignames avec le maïs comme tuteur à Djougou (Nord du Bénin)



Figure 8: Champ d'ignames non tuteurées au Nord du Bénin

2.3. Le problème de la caractérisation des ressources génétiques des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* - *D. rotundata* en Afrique de l'ouest

2.3.1. Les descriptions morphophysiologiques

MARTIN et SADIK (1977) évaluent le nombre de cultivars présents en Afrique de l'ouest entre 500 et un millier. Au Nigeria, AKORODA (1982) identifie 4 groupes à partir de l'étude de 49 caractères morphologiques et 20 cultivars de *Dioscorea cayenensis*. Toujours au Nigeria, ONYILAGHA et LOWE (1986) en analysant un échantillon de 32 cultivars à l'aide de 40 caractères morphologiques obtiennent une classification à deux classes majeures qu'ils identifient à *D. cayenensis* et à *D. rotundata*. Au sein de la classe correspondant à *D. rotundata*, ONYILAGHA (1986) distingue trois groupes se différenciant essentiellement par la présence /absence de floraison, la taille du tubercule et la taille des feuilles.

En Côte d'Ivoire, l'étude d'une collection comptant près de 800 accessions à l'aide de 24 descripteurs morphophysiologiques a permis un regroupement des cultivars en dix-neuf groupes variétaux (HAMON *et al.*, 1986). Au Togo, KASSAMADA (1992) distingue vingt-cinq groupes variétaux que SENIOU (1993) regroupe en dix grands groupes variétaux.

2.3.2. Les études enzymatiques et moléculaires

Des descripteurs enzymatiques ont été utilisés pour permettre une identification rapide et efficace des différentes variétés cultivées. IKEDIOSI et IGBOANUSI (1983) utilisent la technique de l'électrophorèse des protéines en gel de polyacrylamide pour

identifier neuf cultivars au sein de *D. rotundata*. Dans le même temps, HAMON et TOURE (1982) montrent que l'étude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse en gel d'amidon peut être faite sur l'igname. Quatre déshydrogénases (MDH, ICD, PGD, SKDH) et une isomérase (PGI) ont été utilisés. L'étude de plus de 400 accessions a permis une identification génotypique des 19 cultivars du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* (HAMON et TOURE 1990a). Ces données enzymatiques permettent aussi la séparation en deux classes majeures se distinguant par la présence / absence d'électromorphes lents pour les systèmes ICD, PGD et SDH.

L'étude de cultivars provenant du Cameroun révèle aussi la présence de deux classes dont la séparation peut se faire selon les mêmes critères enzymatiques (DUMONT et al., 1994). SENIOU (1993) a aussi montré l'existence d'un important polymorphisme enzymatique au sein du complexe *Dioscorea cayenensis* / *D. rotundata* du Togo.

A partir de l'analyse de descendance d'hybridations contrôlées, ZOUNDJIHEKPON et al., (1994) ont montré que l'ICD et le PGI sont dimériques avec chacun un locus, que la SKDH et l'EST sont monomériques avec un locus et que la MDH et le PGD sont monomériques avec deux locus chacun.

D'une manière générale, les résultats acquis montrent la pertinence des marqueurs enzymatiques pour la classification et l'identification variétale. Cependant, ces résultats ont été obtenus à partir d'un petit nombre de locus. Ceci reste donc un inconvénient majeur lorsqu'il s'agit d'identifier les redondances dans une collection.

Les marqueurs moléculaires sont d'utilisation très récente chez l'igname. ASEMOTA et al., (1996) en utilisant les marqueurs de type RAPD ont pu différencier les uns des autres les cultivars du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* de la Jamaïque.

2.3.3. Les études cytologiques

Peu d'études cytologiques ont été réalisées sur les ignames africaines (ESSAD, 1984 ; ZOUNDJIHEKPON, 1993). Le genre *Dioscorea* apparaît comme un matériel très difficile pour les études cytologiques à cause de la petite taille des chromosomes ou de leur enchevêtrement (MIEGE, 1954 ; SHARMAN et DE, 1956 ; ESSAD, 1984). Les dénombrements réalisés par MIEGE (1954), SHARMAN et DE (1956), MARTIN et ORTIZ (1963), BAQUAR (1980), ESSAD (1984), indiquent deux nombres chromosomiques de base, $x = 9$ et $x = 10$, avec l'existence de tétraploïdes, hexaploïdes et octoploïdes. Selon ZOUNDJIHEKPON *et al.*, (1990), seul le nombre chromosomique de base $x = 10$ est observé en Côte d'Ivoire avec trois niveaux de ploïdie différents : $4x$, $6x$ et $8x$ et une prédominance des tétraploïdes. Les mêmes résultats ont été obtenus sur des cultivars camerounais (ZOUNDJIHEKPON, 1993).

En Côte d'Ivoire, les cultivars des deux classes enzymatiques définies par HAMON (1987) se différencient également par leur niveau de ploïdie. Ainsi, les espèces annuelles sont tétraploïdes alors que les espèces d'origine pérenne ou semi-pérenne sont hexaploïdes et octoploïdes (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1990 ; ZOUNDJIHEKPON 1993).

Plus récemment, la technique de cytométrie en flux a été appliquée aux ignames. Elle a permis d'évaluer rapidement les niveaux de ploïdie au sein d'une collection maintenue *in vitro* et de confirmer les trois niveaux de ploïdie existants dans le complexe *Dioscorea cayenensis* - *Dioscorea rotundata* (HAMON *et al.*, 1992).

DEUXIEME PARTIE

MATERIELS ET METHODES

1. MATERIEL VEGETAL

1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé est constitué de différentes variétés (560 accessions) d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* collectées dans différentes localités du Bénin et maintenues annuellement sous forme de collection vivante au champ.

Pour la cytométrie en flux, nous avons utilisé des plantes issues de culture in vitro (vitroplants). Celles-ci sont obtenues par culture de nœuds prélevés sur des plantes au champ.

1.2. Localisation géographique

Le matériel biologique utilisé est collecté dans les différentes régions productrices d'igname du Bénin (figures 9 et 10).

Le Bénin (112622 km²) est un pays de l'Afrique de l'ouest. Il est limité au nord par le fleuve Niger, au nord-ouest par le Burkina-Faso, à l'ouest par le Togo, au sud par l'océan Atlantique et à l'est par le Nigeria (figure 11). Il est divisé en six départements et en soixante-sept sous-préfectures (figure 11).

Son relief est peu accidenté et fait partie de la vieille surface d'aplanissement Ouest africaine constituée de roches très anciennes et par endroits par des formations sédimentaires récentes.

Par sa situation en latitude (entre 6 ° 30' et 12 ° 30' de latitude nord), le Bénin appartient au domaine des climats chauds et humides de la zone intertropicale. Les températures sont constamment élevées avec une moyenne annuelle de 25°C pour l'ensemble

du pays. Selon le nombre de passages du front de mousson sur l'ensemble du territoire et l'importance des effets orographiques, on distingue trois nuances climatiques (figure 12) : le **climat subéquatorial** (qui règne du sud jusqu'à la latitude de Savè), le **climat soudanien** (qui couvre surtout le nord-est) et le **climat atacorien** (couvrant le nord-ouest).

Les paysages végétaux du Bénin peuvent être classés en deux catégories :

- Dans le sud, les jachères buissonnantes et arbustives coupées de galeries forestières et de mangroves avec quelques reliques forestières.
- Du centre jusqu'à la hauteur de Kandi, le paysage végétal est une savane arborée dominée par le néré, le karité, le caïlcédrat, le baobab et le kapokier. Cette savane est coupée de réserves et de forêts classées qui sont des formations déciduales et semi-déciduales (Forêts de Toui-Kilibo, d'Agoua, des monts Kouffé, de Bantè-Pira, de l'Ouémé supérieur, des Trois rivières, réserve de la Pendjari et du W du Niger) et des forêts galeries qui se développent le long des cours d'eau.

Le Bénin a un peuplement divers et varié (figure 13). Ainsi :

- **Le Sud** est occupé par les Aja, les Fon, les Maxi, les Gun, les Xueda, les Xwla et les Ayizo qui sont des groupes anciennement installés (ADAM et BOKO, 1993).
- **Le Sud-est et le Centre** sont occupés par les Yorouba venus en vagues successives d'Ifè et d'Oyo (Nigeria actuel) à partir du XII^e siècle (ADAM et BOKO, 1993).
- **Le Nord-est** est peuplé par divers groupes venus à des époques différentes de divers empires africains du Moyen Age. Ce sont les *Dendi* venus du Mali au XVI^e siècle, les *Bariha* (*Bautonou*, pluriel *Batombu*) et les *Boko* venus du nord du Nigeria actuel, bien avant le XV^e siècle (ADAM et BOKO, 1993).

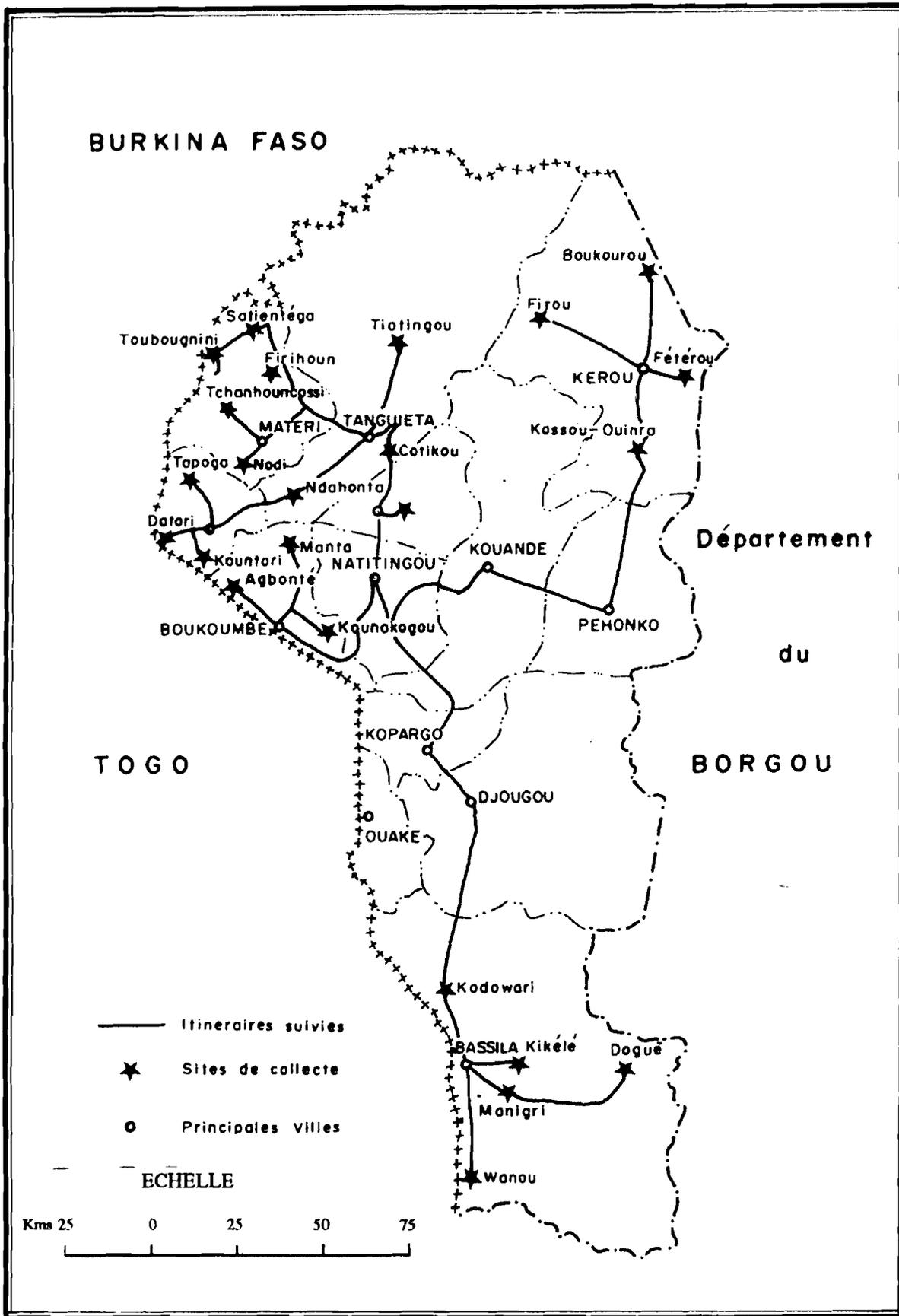


Figure 10 : Itinéraires suivies et points de collecte durant la deuxième prospection

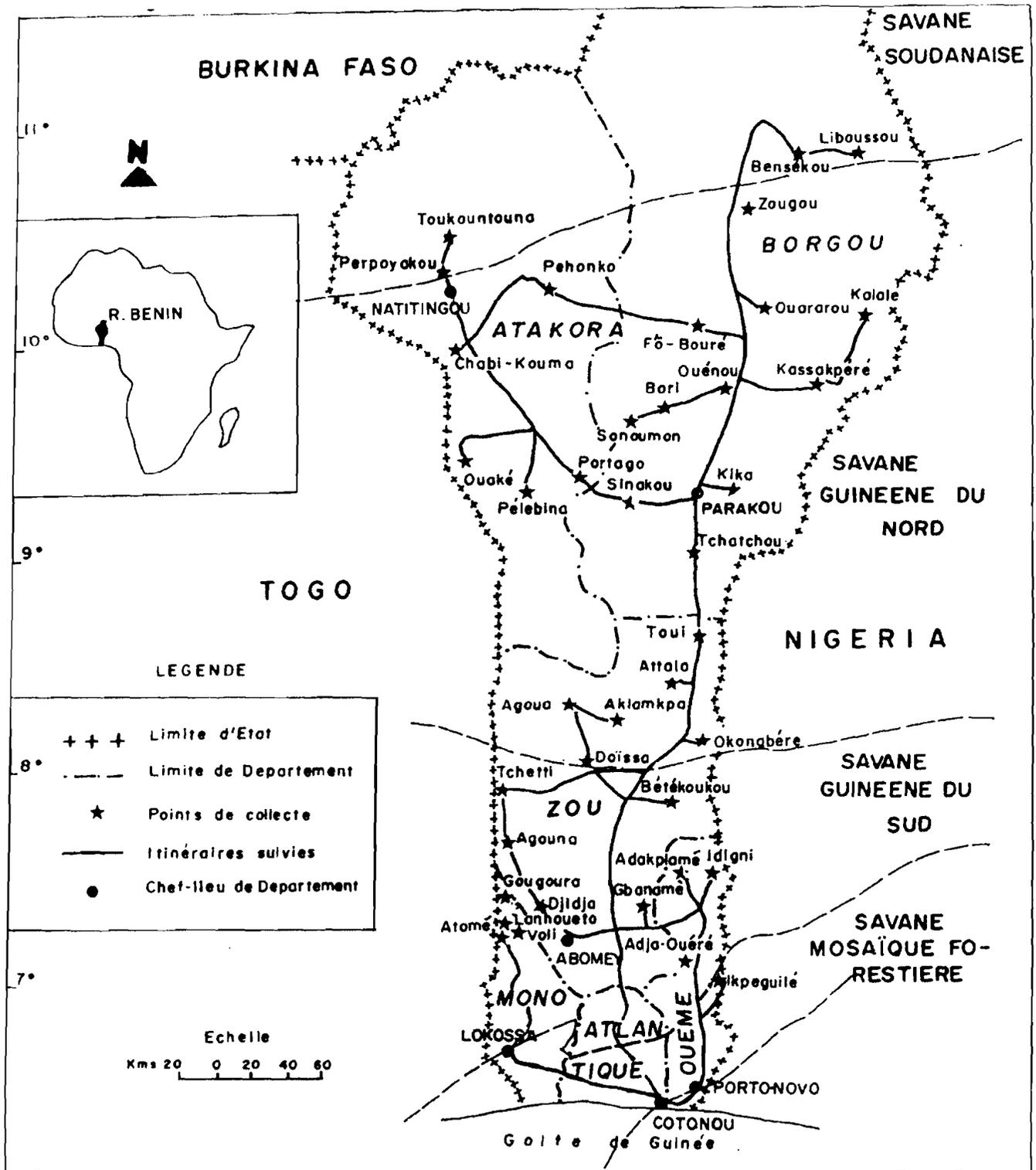


Figure 9 : Itinéraires suivies et points de collecte durant la première prospection

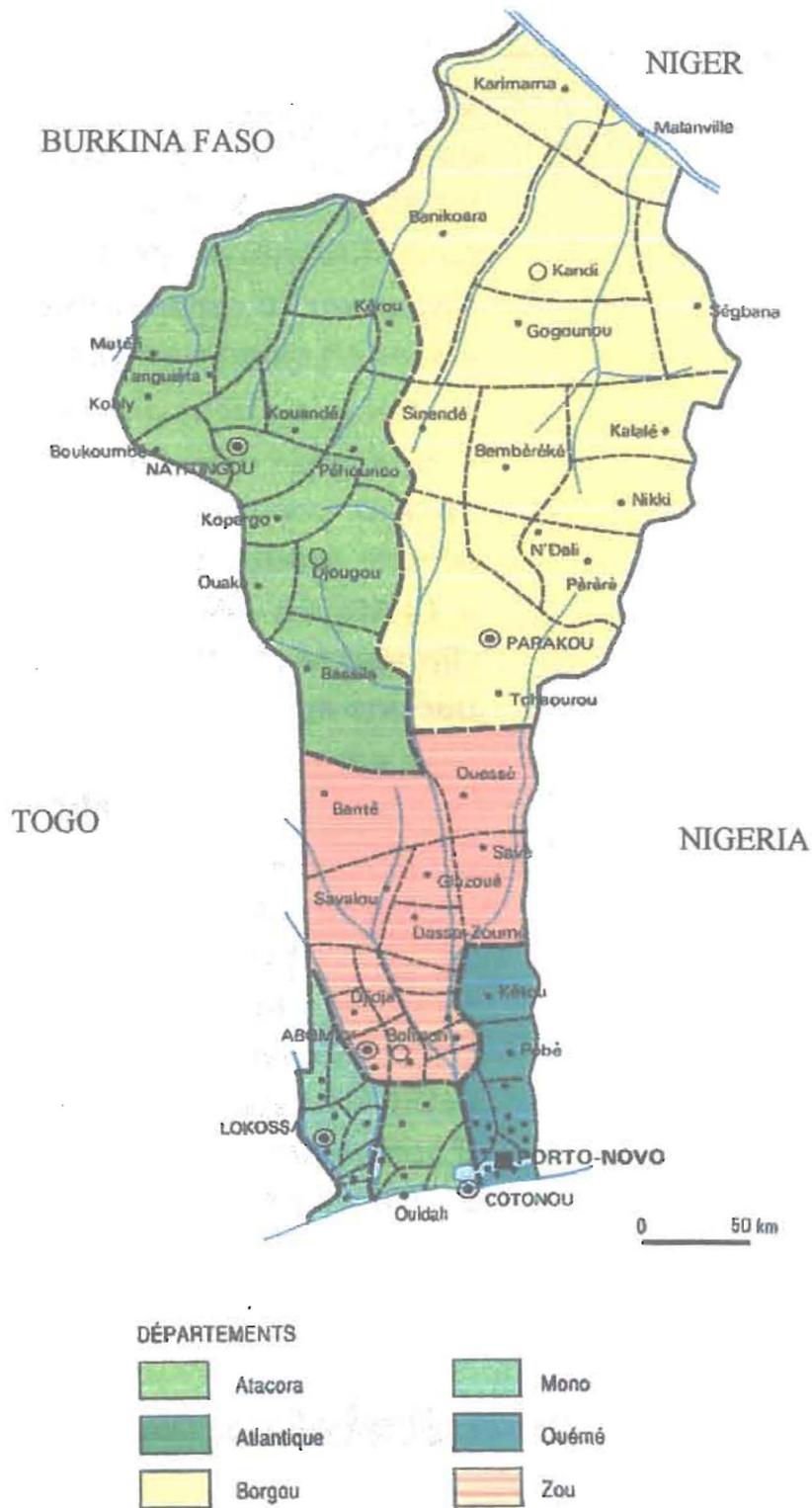


Figure 11: Carte de la République du Bénin montrant les départements et les sous-préfectures d'après Adam et Boko (1993).

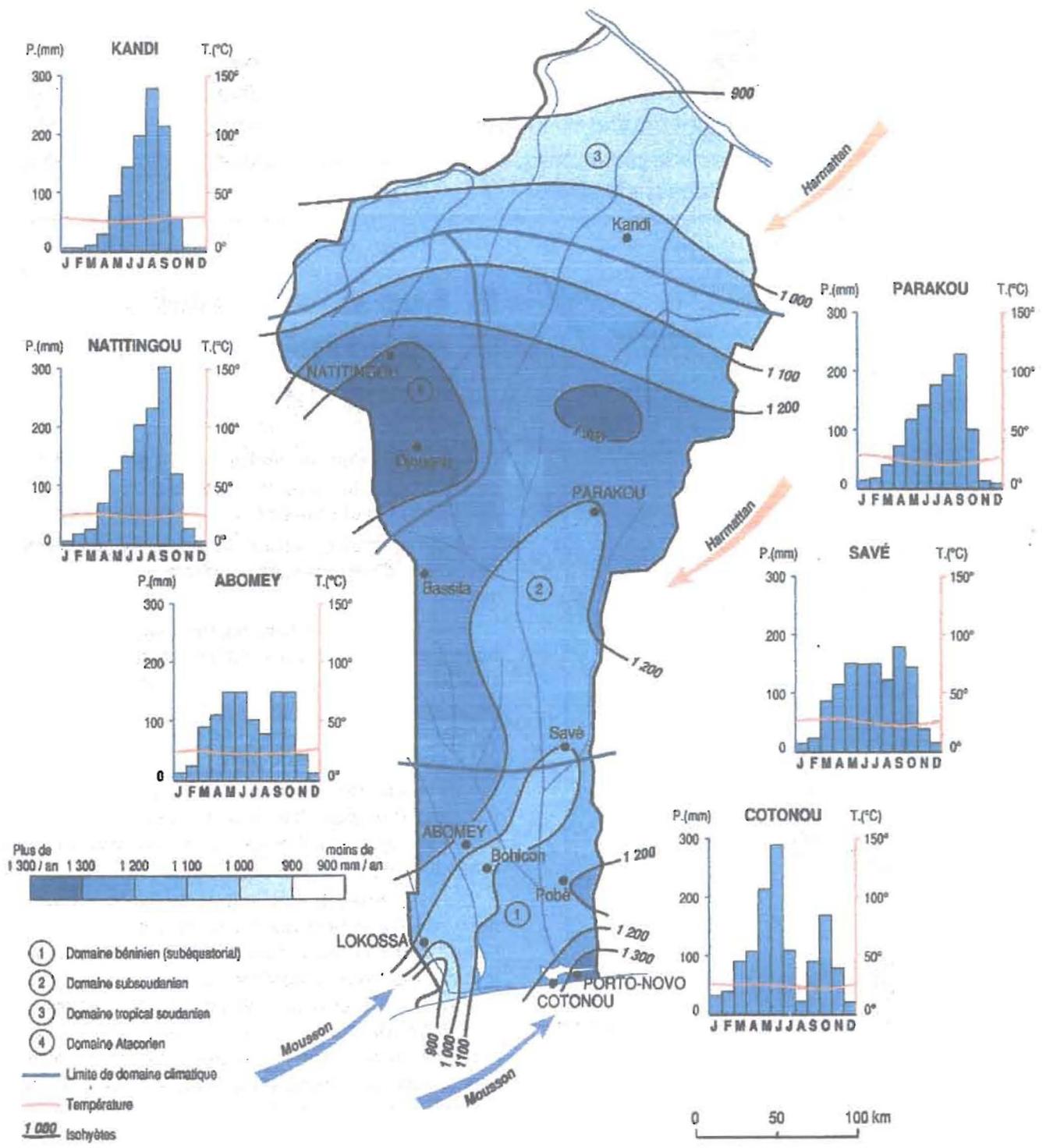


Figure 12: Carte climatique de la République du Bénin selon Adam et Boko (1993)

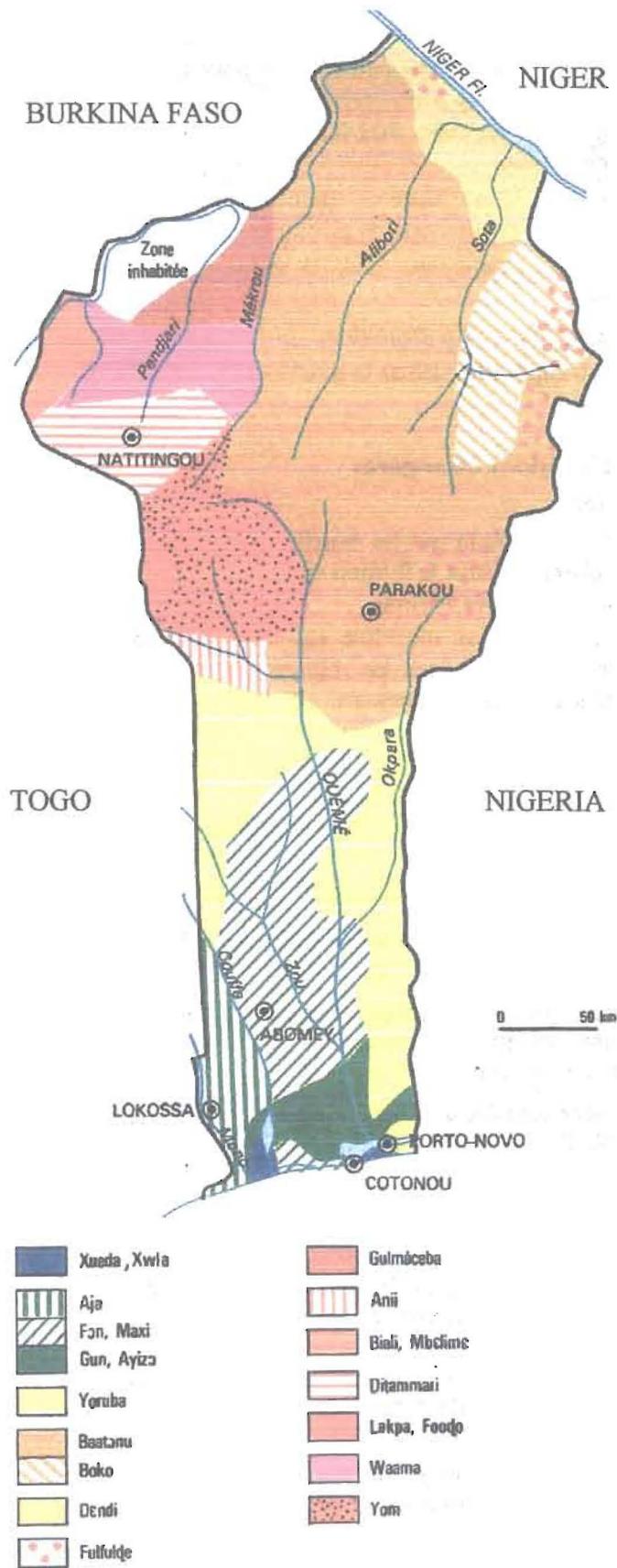


Figure 13: Carte ethnique de la République du Bénin

- Le **Nord-ouest** est occupé d'une part par les *Mbelimè*, les *Biali*, les *yom*, les *Ani*, les *Lokpa* et les *Foodo* (venus du Togo) et d'autre part par les *Gulmaceba*, les *Wama*, et les *Ditammari* venus du Burkina Faso (ADAM et BOKO, 1993).

Les *Fulfulde (Peul)*, éleveurs nomades venus du Niger et du Mali, se sont répandus dans tout le nord du pays (ADAM et BOKO, 1993).

Au Bénin, près de 80% de la population vivent à la campagne et se consacrent à des activités rurales et surtout à l'agriculture. Les principales cultures vivrières sont l'igname, le maïs, le manioc, le haricot, l'arachide, le sorgho, le mil et le fonio. Les zones de culture de l'igname sont surtout le Moyen-Bénin, Borgou (nord-est) et l'Atacora (nord-ouest).

2. METHODES

2.1. Méthodes de culture

Les ignames maintenues en collection vivante au champ sont cultivées sur des buttes. Pour éviter les mélanges de variétés, la distance entre buttes est fixée à 2 m et chaque pied d'igname est soutenu individuellement par un tuteur. La plantation se fait chaque année en février et les tubercules sont récoltés uniquement en décembre.

Pour obtenir les vitroplants, les nœuds prélevés au champ sont, après désinfection à l'alcool (70%) et à l'eau de javel (10%), cultivés sur un milieu MS (MURASHIGE et SKOOG. 1962) additionné de 2% sucrose, 0.05 mg/l kinetine, 20 mg/l cystéine et 0.7% d'agar. Après préparation, le milieu de culture est stérilisé à 121° C pendant 15 minutes et refroidi avant utilisation.

2.2. Méthodes de prospection et de collecte

La première étape de notre étude a consisté en la réalisation de prospections pour collecter les échantillons à analyser.

Une première prospection nous a permis de couvrir quatre départements sur six que sont : le Borgou (nord-est), le Zou (centre), le Mono (sud-ouest) et l'Ouémé (sud-est). Une deuxième prospection nous a permis de couvrir le département de l'Atakora (nord-ouest), plus grand producteur d'ignames et plus riche en groupes ethniques. Le département de l'Atlantique, où il n'y a aucune production d'ignames n'a pas été exploré.

Les villages visités dans les différentes zones prospectées (figures 9 et 10) sont sélectionnés avec l'aide des techniciens des CARDER (Centres d'Action Régionale pour le Développement Rural). Les paramètres utilisés dans le choix des villages sont la production, la diversité ethnique (surtout dans le département de l'atakora) et la distance (l'igname étant une plante à multiplication végétative).

Les prospections sont réalisées en janvier, période de récolte des ignames tardives et des semences (tubercules de deuxième récolte) des ignames précoces. Les collectes sont faites directement dans les champs et deux à trois tubercules sont prélevés par variété. Des discussions avec les paysans (discussion participative ouverte sans remplissage direct de questionnaires selon Christinck *et al.*, 2000) nous ont permis de recueillir sur chacune des variétés collectées des informations sur leur origine (introduction ou domestication), leurs caractéristiques agronomiques et culinaires et leur fréquence dans l'agriculture (variété très répandue, rare ou en voie d'extinction). Les échantillons collectés ont été conservés dans un grenier grillagé à l'IITA (Institut International d'Agriculture tropicale, Cotonou) jusqu'à la plantation.

2.3. Méthodes de caractérisation

2.3.1. Caractérisation morphologique

La grille des descripteurs morphologiques utilisée (tableau 1) s'inspire de celle recommandée par l'IPGRI (1997) et utilisée pour décrire la collection ivoirienne (Hamon *et al.*, 1986).

Chaque pied d'igname est individuellement décrit. L'appareil végétatif aérien est décrit au stade jeune et au stade adulte. La description des tubercules est faite après la récolte en décembre. Pour donner une idée de la grandeur des feuilles de chaque variété, des mesures (longueur et largeur moyennes déterminées sur 20 feuilles) sont faites selon HAMON (1987). Pour chaque plante, le sexe, l'intensité de floraison et de fructification (pour les femelles) sont aussi notés.

2.3.2. Analyses cytologiques

2.3.2.1. Dénombrement chromosomique

La technique utilisée est celle décrite par ZOUNDJIHÉKPON *et al.*, (1990). Les jeunes pointes de racines de 1 à 1,5 cm directement prélevées au champ sont aussitôt plongées dans une solution d'oxyquinoléine à 3 mM et placées à l'obscurité pendant 4 heures en moyenne. Elles sont ensuite rincées puis fixées dans l'éthanol - acétique 3 : 1. Après un lavage à l'eau distillée, une hydrolyse est réalisée avec l'acide chlorhydrique 5N pendant 20 min. Les racines rincées à l'acide chlorhydrique 1 N sont immergées dans le réactif de Schiff et placées à l'obscurité pendant 1 à 2 heures pour colorer les chromosomes. Elles sont lavées à l'eau de robinet pendant 5 min. La zone méristématique est isolée et écrasée entre lame et lamelle dans une goutte d'eau acétique à 45 %. Les préparations sont lutées pour éviter leur dessèchement.

Pour faciliter le dénombrement, les chromosomes sont ramenés, sur la lame, dans un même plan par délamellage des préparations à l'aide de la carboglace et mises en place dans l'éthanol absolu pendant une heure. Après séchage dans une soufflerie, une surcoloration est

Tableau 1 : Liste des descripteurs utilisés dans l'analyse morphologique des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin

Tige	Feuille	Tubercule
Coloration de la jeune tige	Coloration de la jeune feuille	Forme du tubercule
Coloration de la tige adulte	Coloration de la feuille adulte	Présence ou non de corne
Spinescence de la tige	Forme du limbe	Taille relative de la tête
Pruinescence de la tige	Coloration du pétiole	Couleur du tubercule
Couleur des épines	Spinescence du pétiole	Aspects (rugosité, présence ou non de boutons)
Taille des épines	Taille et forme des lobes	Présence ou non de racines tuberculaires
Présence / absence de tache à la base des épines	Orientation des lobes	Spinescence des racines
Rugosité de la tige	Coloration de l'acumen	Coloration de la chair
Longueur relative des entrenoeuds	Etat d'ouverture du limbe	Epaisseur de la peau
Longueur relative des rameaux secondaires	Ondulation du bord du limbe	Taille et digitation

effectuée avec une solution de Giemsa (MERCK) à 1 % pendant 20 min. Après un rinçage de 3 min à l'eau distillée, les lames sont de nouveau séchées. Les observations sont faites au microscope photonique directement, sans lamelle.

2.3.2.2. Analyse par cytométrie en flux

Une jeune feuille (approximativement 100 mg) issue de plante *in vitro* est très finement découpée au froid dans 1 ml de tampon d'extraction **OTTO I** (0,1 M acide citrique contenant 0,5% tween 20, pH 7,5) (Annexe 1). Cette suspension est ensuite filtrée sur une membrane de nylon de fines mailles (45µm) et le filtrat est incubé au bain-marie à 37°C pendant 3mn. A cette suspension de noyaux débarrassée des particules grossiers, sont ajoutés 2ml de tampon de marquage **OTTO II** (0,4M de Na₂HPO₄ et 0,4 % DAPI, pH 7,5) contenant 1µl/ml de mercaptoéthanol (Annexe 2) et l'échantillon est aussitôt passé au cytomètre en flux (**PARTEC PA II**).

L'appareil est calibré avec un témoin tétraploïde (variété Kpouna à 40 chromosomes dénombrés) dont le pic est positionné à la graduation 50 (unité arbitraire ou UA) de l'écran électronique. De ce fait, les pics des hexaploïdes et des octoploïdes sont attendus respectivement aux graduations 75 UA et 100 UA. Ce réglage est gardé constant durant toute l'expérience.

Les teneurs en ADN (en unité arbitraire) sont estimées sur un minimum de 2000 noyaux par échantillon.

2.2.3. Analyse enzymatique

Elle est faite sur gels d'amidon (14%). Le tampon d'extraction utilisé est celui décrit par HAMON (1987) et ZOUNDJIHEKPON et FAHAN (1993) à la différence que le PVP (soluble) est remplacé par le PVPP (insoluble) et le pH ajusté à 7,5.

Les systèmes enzymatiques étudiés sont : Aspartate Aminotransferase (**AAT** ou **GOT** pour Glutamate Oxaloacétate Transaminase), Estérase (**EST**), Glucose-6-phosphate déhydrogenase (**PGD**), Isocitrate déhydrogenase (**IDH** ou **ICD**), Phosphoglucomutase (**PGM**), Phosphoglucoisomerase (**PGI**), Shikimate déhydrogenase (**SKDH**).

Pour la migration, le système de tampon utilisé est le système discontinu **Tris-Histidine/ Tris-Citrate : Tris-Histidine** (0.085M Tris et 0.048 M Histidine, pH 8) pour le gel et **Tris-Citrate** (0.153 M Tris et 0.04 M Acide citrique, pH 8) pour la migration. Ce système de tampons permet une bonne migration aussi bien pour les systèmes déjà décrits chez l'igname que pour les deux nouveaux systèmes enzymatiques que sont la **GOT** et le **PGM**.

Le **Bleu de bromophénol** est utilisé pour visualiser le front de migration. La variété **Alakissa** (équivalent à Yaobadou en Côte d'Ivoire) sert de témoin et est répétée trois fois dans chaque gel. Les migrations ont lieu à 4°C pendant 4h.

Les tampons de révélation utilisés pour le **PGD**, la **SDH**, l'**IDH** et le **PGI** sont ceux décrits par HAMON (1987) et ZOUNDJIHEKPON et FAHAN (1993). L'**EST** est révélée selon une nouvelle technique donnant de meilleurs résultats (annexe 3). Pour **AAT** et **PGM**, les méthodes sont celles décrites par TANKSLEY et ORTON (1983) (annexes 4 et 5). Dans

le cas de AAT, 1% (poids /volume) de PVP (PVP 40) est ajouté à la solution de révélation selon JONGEDIJK *et al.*, (1990) pour améliorer la clarté des gels.

Vingt échantillons et sept systèmes enzymatiques sont analysés par gel. Les autres données techniques sont celles décrites par HAMON (1987) et ZOUNDJIHEKPON et FAHAN (1993).

2.3.4. Analyse RAPD (**R**andomly **A**mplified **P**olymorphic **D**NA).

L'ADN génomique est extrait des feuilles selon la technique de mini préparation en utilisant la procédure standard à base du CTAB (Bromure de Cetyltriméthylammonium) et du phenol / chloroform (WEISING *et al.*, 1995). Les échantillons d'ADN extrait sont dilués à 20 ng / μ l pour les analyses.

Les amplifications (PCR) sont effectuées dans un volume réactionnel total de 25 μ l contenant 50 ng d'ADN, 0.1mM de chaque dTP (dATP, dTTP, dGTP et dCTP), 10mM Tris-HCl (pH 8.3), 1.7mM MgCl₂, 50mM KCl, 0.1 % Triton X-100, 0.4 μ M de sonde (OPERON TECHNOLOGIES INC, ALAMEDA, CA. USA) et deux unités de Taq polymérase (PROMEGA). Le mélange réactionnel est couvert par une goutte d'huile minérale pour éviter l'évaporation.

Les amplifications sont réalisées par une première dénaturation à 94°C pendant 3 min suivi de 45 cycles d'une minute à 94°C, 1 min à 36°C, 2 min à 72°C, et enfin 10 min à 72°C. le thermocycleur utilisé est du type PERKIN-ELMER/CETUS (model 9600).

Les produits d'amplification sont séparés par électrophorèse sur gel d'agarose (1.5%) dans le tampon TAE (Tris-Acétate-EDTA) et les bandes sont visualisées et photographiées sous lumière ultraviolet (UV) après marquage au bromure d'éthidium. Les sondes utilisées

sont présentées dans le tableau 2. La procédure détaillée d'extraction de l'ADN est présentée en annexe 6.

Tableau 2 : Les sondes utilisées pour les analyses RAPD et leurs séquences.

Sondes	Séquences	Sondes	Séquences
OPW-1	5'-CTCAGTGTCC-3'	OPW-14	5'-CTGCTGAGCA-3'
OPW-2	5'-ACCCCGCCAA-3'	OPW-15	5'-ACACCGGAAC-3'
OPW-5	5'-GGCGGATAAG-3'	OPW-16	5'-CAGCCTACCA-3'
OPW-6	5'-AGGCCCGATG-3'	OPW-17	5'-GTCCTGGGTT-3'
OPW-8	5'-GACTGCCTCT-3'	OPW-18	5'-TTCAGGGCAC-3'
OPW-12	5'-TGGGCAGAAG-3'	OPQ-4	5'-AGTGCGCTGA-3'

2.3.5. Méthodes d'analyse des résultats

La Classification Ascendante Hierarchique (CAH) est utilisée pour l'analyse des données et divers dendrogrammes sont obtenus. La CAH permet à la fois de classer des individus et d'analyser les degrés d'affinité entre ceux-ci.

Dans chacun des cas (analyses morphologiques, enzymatiques et RAPD), les dendrogrammes sont construits à partir de tableaux disjonctifs complets (composés de données logiques codées 0 ou 1) avec le logiciel NTSYS-pc (Numerical Taxonomy and Statistical Analysis, ROHLF 1993) et les individus sont classés sur la base de leur coefficient de similarité d'après SNEATH et SOKAL (1973), SWOFFORD et OLSEN (1990).

Pour les études morphologiques, 79 variables sont utilisées pour la CAH. Les variables codés 0 ou 1 (0 pour absence, 1 pour présence) sont les traits morphologiques précédemment cités.

Dans la classification basée sur les isozymes, 55 variables sont utilisées. Les différents profils sont considérés comme les variables et codés 0 ou 1 (0 pour absence, 1 pour présence).

Dans le cas de la RAPD, les variables codées 0 ou 1 (0 pour absence, 1 pour présence) sont les 47 bandes polymorphiques générées par les 12 sondes utilisées.

TROISIEME PARTIE

RESULTATS

CHAPITRE I : PROSPECTION ET COLLECTE DES IGNAMEES CULTIVÉES DU COMPLEXE *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* DU BENIN

1.1. Introduction

La première étape de notre étude a consisté en la réalisation de prospections dans les différentes zones de production d'ignames (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) au Bénin. Ces prospections ont pour objectifs :

- De collecter les variétés cultivées dans chacune des zones de production
- De recueillir auprès des paysans les principales caractéristiques agronomiques (précocité, aptitude à la conservation, nombre de tubercules par butte, qualité des cossettes pour les ignames tardives) et culinaires (surtout qualité du foutou) de chacune des variétés collectées.
- De comprendre la nomenclature paysanne et l'état actuel (érosion génétique) des ressources génétiques des ignames du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* au Bénin.
- De recueillir et analyser les savoir-faire paysans dans l'enrichissement de la diversité génétique existante des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* au Bénin.

Les différents résultats obtenus au cours des prospections effectuées sont présentés au présent chapitre.

1.2. La diversité variétale

Cinq cent cinquante-sept (557) accessions sont collectées dans les 63 villages prospectés (tableau 3). Deux cent un (201) accessions correspondent aux variétés tardives et 356 aux variétés précoces. Certaines ignames sont rencontrées et collectées dans plusieurs villages sous les mêmes appellations. Un regroupement par appellations des accessions collectées conduit, sous réserve de synonymie, à 272 variétés dont 121 tardives et 151 précoces (voir répertoire, tableau 20). Le nombre de variétés d'ignames identifiées par site de collecte varie selon un gradient croissant allant du sud vers le nord du pays. Le nombre de variétés cultivées par paysan varie de 6 à 12 dans le Nord et de 2 à 6 au sud et au centre.

Le choix des variétés semble être aussi fonction de l'ethnie. Les Bariba (au Nord-Est) recherchent surtout les variétés à gros tubercules comme Kpakara et dont le "foutou" est très élastique. Les Peuls (fulfuldé) et les Yom (figure 13) préfèrent généralement les variétés à une récolte et donnant de nombreux petits tubercules que l'on regroupe souvent sous l'appellation de "kokoro"

1.3. Les caractéristiques agronomiques et culinaires des variétés collectées

Les principales caractéristiques agronomiques (précocité, aptitude à la conservation, nombre de tubercules par butte, qualité des cossettes pour les ignames tardives) et culinaires (surtout qualité du foutou) de chacune des variétés collectées sont indiquées dans le répertoire général (tableau 20).

Selon les paysans, l'aptitude à la conservation post-récolte des tubercules est fonction de la précocité de tubérisation et des variétés. Les ignames tardives (à une récolte) se conservent mieux que les ignames précoces (à deux récoltes).

Tableau 3 : Répartition des sites prospectés et des échantillons collectés au cours des deux prospections (P1 et P2) selon les régions.

	Nord-Est			Nord-Ouest			Centre			Sud-Est			Sud-Ouest			TOTAL	
	P1	P2	T	P1	P2	T	P1	P2	T	P1	P2	T	P1	P2	T	P1	P2
Nombre de sites	13	0	13	7	24	31	11	0	11	4	0	4	4	0	4	39	24
Nombre d'échantillons	147	0	147	69	200	269	93	0	93	22	0	22	26	0	26	357	200

N.B. T = total

Ils existent cependant des variétés précoces qui présentent de bonnes aptitudes à la conservation. C'est le cas de Soutra dont le tubercule peut se conserver jusqu'à la récolte des nouvelles ignames s'il est régulièrement égermé.

Les ignames cultivées sont sensibles aux mauvaises herbes et nécessitent ainsi un entretien régulier. Trois variétés sont citées par les paysans comme présentant une tolérance appréciable aux mauvaises herbes. Ce sont : Singou, Tabané et Yakarango.

En dehors des variétés tardives qui présentent selon les paysans une tolérance aux attaques de nématodes, toutes les autres variétés (surtout les précoces) y sont sensibles à des degrés divers.

Pour les paysans, toutes les variétés d'ignames montrent une tolérance aux attaques de virus. Seules deux variétés (Ahimon et Gnalabo) manifestent une sensibilité marquée, exprimée par des déformations foliaires et une chute importante du rendement.

Trois variétés (Djètin, Gbèra et Porchehbim) ont des vertus pharmaceutiques. Djètin est aphrodisiaque alors que Gbèra et Porchehbim sont galactogéniques (stimulent la sécrétion lactée).

1.4. L'état des ressources génétiques des ignames du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* au Bénin

Au Bénin, les paysans reconnaissent l'existence d'une érosion des ressources génétiques des ignames du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*. Le nombre de variétés disparues varient de 2 à 5 selon les villages. Au centre et au sud, les paysans signalent d'importantes régressions pour plusieurs variétés comme Ala n'kodjèwoué, Dodo, Laboko et Gnalabo.

Selon les paysans, deux principales raisons sont à la base de cette situation :

- La première, est due à la reconversion de certains paysans du Centre et du Sud qui ont abandonné la production de l'igname pour le coton, plus rentable. Ceux qui choisissent de produire de l'igname en plus du coton abandonnent les variétés difficiles au profit de celles plus productives et de culture facile comme Gnidou.
- La deuxième raison est la sensibilité aux nématodes de certaines variétés comme Oroutanaï et Dourouba-yessirou qui a incité les paysans à les délaissier. En effet, les

tubercules ne sont plus commercialisables du fait de leur petite taille, de leur aspect recroquevillé mais aussi de leur pourriture sous-épidermique.

1.5. La nomenclature paysanne des ignames du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* au Bénin

Dans toutes les régions du Bénin, les paysans distinguent deux classes au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* : la classe des ignames précoces et la classe des ignames tardives. Chez les Bariba (nord-est) et les Fon (sud et centre), chaque classe d'ignames est identifiée par un nom générique (tableau 4). Chez les autres groupes ethniques (Nago, Berba, Wama, Yom), seule une des deux classes est identifiée par un nom générique (tableau 4).

Dans chacune des deux classes, les paysans distinguent aussi des groupes variétaux par des noms génériques. Chez les Bariba, '**Baniouré**' et '**Soussou**' désignent par exemple des ensembles précis de variétés ayant des traits morphologiques particuliers en ce qui concerne l'appareil végétatif aérien. Dans ces cas, pour distinguer les variétés, un nom spécifique est ajouté au nom générique de groupe. Ainsi dans le groupe Baniouré, les paysans Bariba distinguent Baniouré oloukobi, Baniouré yintégouérou, Baniouré kétékaborou, Baniouré pika, Baniouré souan, Baniouré bagarou et Banioué montoguè. Dans le groupe **Soussou** ils distinguent Soussou ka, Soussou souanbou et Soussou nin.

Tableau 4 : Noms génériques des ignames tardives et des ignames précoces chez les principaux groupes ethniques producteurs d'ignames au Bénin

Ethnies	Localisation	Noms génériques des ignames précoces	Noms génériques des ignames tardives
Bariba	Nord-est	Tamdoué	Yassounou ou Kokorogbanou
Berba	Nord-ouest	Nouwondaa	--
Fon	Sud et centre	Tégnainta	Kokoro
Nago	Sud et centre	--	Kokoro
Wama	Nord-ouest	--	Wonnibou
Yom	Nord-ouest	--	Assina

Lorsqu'une variété n'appartient pas à un groupe variétal, on lui attribue un nom spécifique qui permet son identification parmi les autres variétés. Certains aspects ont retenu notre attention.

- La reconnaissance de variétés par la description de ses feuilles : en Bariba, **Tam-Sam** signifie 'igname arachide' (igname aux feuilles petites comme celles de l'arachide).
- La reconnaissance de variétés par description de leurs précocités de maturation : en Boko, **Baridjo** signifie 'igname très précoce' (variété pouvant être récoltée trois fois si la pluie ne fait pas défaut).
- La reconnaissance par la couleur du tubercule : **Doundounbalè** signifie 'igname noir' en Dendi.

- La reconnaissance par la longueur (**Idolo** signifie tubercule très long en Yom) ou la forme (**Tchirguita** signifie tubercule globuleux en Wama) du tubercule.
- La reconnaissance par la qualité du foutou : en Bariba, **Kpakara** signifie ‘qui soulève l’assiette’ (foutou très tendre et se collant à l’assiette qu’il soulève lors de la prise).

D’autres critères sont utilisés par les paysans dans la dénomination des ignames et apparaissent dans les significations des noms indiquées en annexe 7.

1.5. Méthodes paysannes d’enrichissement de la diversité génétique des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* au Bénin.

En dehors des échanges internes de variétés, les paysans utilisent deux méthodes pour enrichir continuellement la diversité génétique existante des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* - *D. rotundata*. Il s’agit de :

- L’introduction de nouvelles variétés à partir des pays voisins (Ghana, Nigéria, Togo)
- De la domestication des formes sauvages apparentées aux formes cultivées

D’après les paysans, 41 variétés (32 du Nigeria, 03 du Togo et 06 du Ghana) sont introduites au Bénin (tableau 5).

Trois espèces d’igname sont utilisées par les paysans dans le processus de domestication. Ce sont :

- *Dioscorea abyssinica* très répandue dans les savanes du Nord
- *Dioscorea praehensilis* qu’on rencontre surtout dans les forêts et galeries forestières

- *Dioscorea burkilliana* qu'on rencontre dans les forêts

Trois variétés (**Gnidou, Nindouin et Antawororou**) sont de domestication récente. Les deux premières furent domestiquées (il y a 20 ans) à partir de *D. praehensilis* respectivement dans la région de Tchèti (sous-préfecture de Savalou, figure 11) et dans le village Bariba de Makrougourou (Sous-préfecture de Kouandé, figure 11). La troisième a été aussi domestiquée (il y a environ 30 ans) à partir de *D. praehensilis* dans la région de Djidja.

Dans le processus de domestication des ignames, le passage de la forme sauvage à la forme cultivée nécessite un minimum de trois années de multiplication dirigée (inhibition du développement en longueur de tubercule pour favoriser le développement en volume). Le morphotype ainsi obtenu peut être une innovation ou proche d'une composante du matériel végétal existant (figure 14).

Tableau 5 : Liste des variétés d'igname introduites au Bénin à partir du Nigeria, du Ghana et du Togo

Nigeria				Ghana		Togo	
1	Ahimon	18	Kègbè	1	Dissoussoudé	1	Kratchi
2	Anago	19	Kokoro gbangbé	2	Kumassikpéina	2	Mondji
3	Androki	20	Kokouma	3	Kumassinonwonbou	3	Sotoboua
4	Angbawobé	21	Komokpéina	4	Soussourouhoun		
5	Baniakpa	22	Kourokouragouroko	5	Ononihoun		
6	Biwokou	23	Kpanhoura	6	Piédjè		
7	Danwari	24	Kpirou Kpika				
8	Effourou	25	Oboti				
9	Gambarougninon	26	Olodo				
10	Gangni	27	Oroubinsi				
11	Gbaroudé	28	Singou				
12	Gnalabo	29	Tabané				
13	Guiéna	30	Terkokonou				
14	Guirissi	31	Wamagou				
15	Igniègnin	32	Yassou sika				
16	Kagourou						
17	Kée						



A)



B)



C)

Figure 14 : Feuilles (A), tige (B) et tubercule (C) de *D. praehensilis* après une année de domestication au Bénin

CHAPITRE II : ETUDE DE LA DIVERSITÉ MORPHOLOGIQUE DES IGNAMES CULTIVÉES DU COMPLEXE *Dioscorea* *cayenensis* / *Dioscorea rotundata* DU BENIN

2.1. Introduction

Les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* se multiplient par voie végétative. Avec les échanges variétaux fréquents entre paysans, certaines variétés se retrouvent dans différents villages et dans différentes zones ethniques sous diverses appellations. Les transferts variétaux entre deux groupes ethniques différents sont rarement suivis de transfert de noms. Durant les prospections, pour seulement 17 zones ethniques couvertes, 272 noms d'ignames sont enregistrés. Ces 272 noms ne peuvent correspondre à 272 variétés différentes.

Chaque localité semble avoir sa série de noms pour ses différentes variétés d'ignames. Cette multiplicité des noms constitue un obstacle pour une identification des variétés et leur utilisation dans différents programmes de recherche.

La présente étude de la diversité morphologique existante au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin a pour objectifs :

- D'identifier, sur la base des caractéristiques morphologiques, les différents morphotypes existant au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin.
- D'établir les correspondances entre les différents noms attribués à une même variété.
- De constituer (en cas de diversité importante) des groupes variétaux sur la base des ressemblances morphologiques
- De définir des clés d'identification pour les groupes variétaux et pour les morphotypes au sein des groupes variétaux
- D'établir la distribution géographique des groupes variétaux afin de déterminer les groupes qui sont très répandus, ceux qui sont rares et ceux qui sont endémiques de certaines localités.
- D'identifier sur la base de la longueur et de la forme des tubercules les variétés aptes à une récolte mécanisée.

En complément, les ignames du Bénin sont comparées à celles de la Côte d'Ivoire, seul pays où les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* sont morphologiquement bien caractérisées.

2.2. Classification variétale et correspondance entre noms

La comparaison des caractéristiques morphologiques des appareils végétatifs aériens et souterrains des ignames collectées fait apparaître une importante diversité au sein du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin.

Plusieurs individus bien que collectés sous des noms différents sont morphologiquement identiques. Leur regroupement basé sur l'identité morphologique permettent l'identification de 90 morphotypes (variétés) au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin (tableau 6). Il permet aussi d'établir la correspondance entre les différents noms attribués à un même individu selon les ethnies (tableau 6).

Certaines variétés très répandues comme Ahimon, Baniouré, Kinkérékou et Oroutanaï sont collectées sous des appellations très variées (tableau 6). D'autres comme Morokorou et Agogo qui sont aussi très répandues, ne sont par contre connues que sous très peu de noms (tableau 6). Le nombre de noms attribués à une variété donnée varie en fonction du nombre d'ethnies qui la cultivent. Morokorou et Agogo sont essentiellement cultivées par les Bariba (Nord-est) alors que Ahimon, Baniouré, Kinkérékou et Oroutanaï se rencontrent chez plusieurs groupes ethniques. Le tableau 6 montre aussi qu'au sein d'un groupe ethnique donné, une même variété peut avoir plusieurs noms. Dans ce cas, les variations sont fonctions des villages.

Certaines ignames correspondant à des variétés différentes selon les paysans sont classées ensemble du fait de leur identité morphologique. Ceci indique qu'il y a plus de variétés que nous en avons identifié et montre les limites d'utilisation des traits morphologiques dans la classification des ignames.

Pour les paysans, les traits morphologiques ne sont pas les seuls critères utilisés dans l'identification variétale. D'autres paramètres comme les qualités organoleptiques et les caractéristiques agronomiques sont aussi utilisés. Ceci montre la nécessité de recourir aux marqueurs enzymatiques et moléculaires pour affiner cette classification.

2.3. Les groupes variétaux

En se basant sur les ressemblances morphologiques, les 90 morphotypes identifiés sont classés en 26 groupes variétaux (tableau 7). Chaque groupe variétal est désigné par le nom de son morphotype le plus couramment rencontré. La variabilité des différents groupes, les morphotypes classés dans chacun d'eux ainsi que les dimensions moyennes de leurs feuilles et de leurs tubercules sont présentés dans le tableau 7.

Sept groupes variétaux (DIKPIRI, GNIDOU, KPANHOURA, NOUALAYE, TAM-SAM, TERKOKONOU et TOGNIBO) sont entièrement homogènes, onze sont hétérogènes seulement en ce qui concerne l'appareil végétatif souterrain et huit sont entièrement hétérogènes (tableau 7).

En considérant la précocité de maturation des tubercules, 15 groupes variétaux sont entièrement précoces, 8 sont entièrement tardifs et 3 (ALAKISSA, BANIOURÉ et BARIDJO) sont mixtes avec des variétés tardives et des variétés précoces. Dans chacun des groupes mixtes, les deux types (tardives et précoces) de variétés sont morphologiquement identiques en ce qui concerne l'appareil aérien et ne peuvent être classés autrement. Nous classons ces trois groupes parmi les tardifs car les variétés précoces qu'ils contiennent sont conduites dans l'agriculture comme des variétés tardives pour de meilleures qualités culinaires.

Tableau 6 : Liste des différents morphotypes identifiés au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin

Nos	Nom principal	Ethnie	Autres noms
01	Agangan	Ba	
02	Agogo	Ba	
03	Ahimon	Ba	Sabi sagui, (Ba); Atchikakana, Heleabalo, Wetanam, Yoloukpa, (Lo); Akpantajo, Noudosse (Yom); Chambaabou, Taamaniakou, Tronpeti (Nat); Kiwa sawa (Bo); Sotoboua (MF); Abo (Ad), Kakatili (Na); Miniehoun, Nehou, Tiniete (Ber); Eyonounon (Kot)
04	Akpazin	MF	Gbangbe (Na); Aye, Aroukpe (Ba); Assinakpeina (De); Ikpatile (Lo)
05	Alakissa	Na	Ikeni (Na) ; Bonousse (Ba), Kanlin (Adj)
06	Ala n'kojewoue	Na	Oboti, Gbidoko (Na)
07	Androki	Na	
08	Ankpoloman	Lo	
09	Antawororou	Ba	Assi (Ba)
10	Assabone	Mb	
11	Baniakpa	Ba	
12	Banioure bagarou	Ba	Bononwirou (Ba)
13	Banioure montogue	Ba	B. yinteguerou (Ba)
14	Banioure oloukobi	Ba	B. oloukaba, B. souan Wirou worou, Guihi woga (Ba); Outchankouehan, Damoko (Na); Baninje (Peu); Woutamabou (Wam), Kiwa (Bo); Komopeina (Nat); Nouatonhon, Nwotowou (Ber)
15	Baridjo	Bo	Soutra (Nat) ; Ofegui (Na)
16	Boki	Peu	
17	Bonakpo	Ba	
18	Brizi	De	Tounonhe (Lo); Tchinguita, Tchinguibou (Nat); Wissakosso (Bo); Kounkounou (Ba); Esseadjinakou, Okouhou (Na)
19	Danwari	Ba	Kpakara (Ba); Hele abalo, Kotokiliana (Lo); Tronpeti (Nat)
20	Deba	Ba	Nadeba, Gninoubokononkanmion (Ba); Agada (Na); Assinadoha (Yom)
21	Djatouba	Na	Sokoun okpa (De)
22	Djikipiri	Ba	
23	Djiladja	Na	
24	Dikipiri	Ba	Moussougoussou (Ba)
25	Douba yessirou	Ba	Satouma (Ba); Wonkaabou (Wam); Nifawoun (Ber)
26	Doundoua	De	Igangan (Na)

27	Effourou	Na	
28	Feni	Na	
29	Gbera	Ba	
30	Gnalabo	MF	Aguida, Nami (Na)
31	Gnawounkoko	Bo	
32	Gnidou	Na	Agbantehounnonhin (MF); Daguidagui (Na); Doyesserou (Ba); Idjitedetede (Kot)
33	Gnifokpado	MF	
34	Guiena	Bo	
35	Guirissa	Ba	Siwo koumassi (Bo)
36	Hounbonon	MF	
37	Ihdonou	Ba	
38	Issouagatou	Na	
39	Kagourou	Ba	Keke, Kokoro agbessi (MF); Tambiaha (Yom)
40	Kangni	MF	
41	Kee	Ba	Kea (Ba)
42	Kinkerekou	Ba	Assourou, Awaya, Kagourou, Kokorogbara (Ba); Kpajoubakokpo, Omoya, Wohounko (Na); Assinabaro, Kpakagnina, Nounihana, Nugnia, Tchigana, Tawouma (Yom); Ategue, Tchitchekoua, Gaki, chamba (Kot)
43	Kokone	Ba	Kokowoude (MF); Kolekloe (De)
44	Kokouma	Ba	Kpehindje, Kpinhinkpinhin (Na)
45	Kologo	Lo	Gambarougninon (Ba); Gbomina (De); Tchamba (Nat)
46	Kouragouroko	Ba	
47	Kpanhoura	Ba	Djirissa, Guihiwoga, Kpanhan, Tam-bakassou (Ba)
48	Kpirou kpika	Ba	
49	Kponan	Ba	
50	Kratchi	MF	Bakpanatini (Kot)
51	Laboko	MF	
52	Makpawa	Ba	
53	Maretassou	Ba	
54	Monji	MF	Akpawounkoje, Kouye-kouye (Na)
55	Nonforwou	Nat	Dodo (MF); Gaketele (Ani); Gbarawowoun (peu); Gbaroude (Ba); Odoe, Olodo (Na);
56	Nindouin	MF	Ewe (Bo)
57	Morokorou	Ba	Woho (Ba); Anago (Na)
58	Noualaye	Bia	Effoun, Lafoun (Na); Magbanatini (Kot); Tchambaafa, Yassi (Nat); Tchimehoun (Ber); Towoumbou (Wam);
59	Ofegui	Na	
60	Omonya	Ba	
61	Oroutanai	Peu	Adani (Ba); Akpekpe, Fananan, Kablitona, Koudjou, Mafobo, odoi, Omoule (Na); Bebetinga, Peya (Ber); Koumassi nonbou (Wam); Koumassi kpeina (Nat); Tchoutchounga (Bo);
62	Orouyinsingue	Ba	Nondapechi (Nat); Ounonyahoun (Mb)

63	Ossoukpana	Ba	Agoua (Na); Akpantao (Yom); Biwokou, Wirou fanrou, Yaissourou (Ba)
64	Ourtchoua	Ba	Sekizan, Hossangui (Ba) ; Yaokononmon (Nat)
65	Ouwonpeotina	Nat	Wonmaaka (Wam); Tampihoun (De)
66	Piedje	Ber	
67	Porchehbim	Peu	Mareworoukorou (Ba)
68	Singou	Ba	Gonin, Singan (Ba); Nonwonnilibo, Nonwonnibou (Nat)
69	Soagona	Ba	Fakoni (Wam); Sirigui (Ba) *
70	Sobasson	Ba	Dinonyale, Inoutieleyagansori (Mb) ; Nonfonnanan (Nni),
71	Sogodo	MF	
72	Soussouka	Ba	Angbaobe, Koumagou (Ba) ; Dissoussoude (Mb); Taotimanin (nat) ; Sossorasse (yom); Soussouksi, Yessoutia (Ber); Nampro, Wokourou (Wam);
73	Soussounin	Ba	
74	Soussou souanbou	Ba	
75	Tabane	Ba	Kabanoude (MF); Kandi, Komnan, Kpanantantangi (Na)
76	Tam-sam	Ba	Iberegnesse (Ba)
77	Terlounto	Lo	
78	Terkokonou	Ba	Teroukpogorou (Ba)
79	Tognibo	MF	Glazoue (MF)
80	Walassi	Lo	
81	Wamai	Yom	
82	Wolouchahabim	Peu	Ewotolo (Lo); Wajabim (Kot)
83	Wossou	Bo	
84	Yahou	Bo	
85	Yaka	Na	Yakarango (Ba)
86	Yakarango	Ba	Alossola (Lo); Sossohanhan (Yom)
87	Yoble	Na	
88	Yoube	Na	
89	Youeyouedota	MF	
90	Yorou tassou	Ba	

Abréviations: Ad (Adja); Ani (Ani); Ba (Bariba); Ber (Berba); Bia (Biali); Bo (Boko); De (Dendi) ; Kot (Kotokoli); Lo (Lopa); Mb (M'bèlimin ou Nbermin); MF (Mahi et Fon); Na (Nago) ; Nat (Natimba); Nni (Naténi); Peu (Peulh); Yom (Yom); Wam (Wama).

Tableau 7 : Structure des groupes variétaux des ignames (*I. cayenensis* - *rotundata*) du Bénin

Groupes variétaux	NA	NM	Variabilité intragroupe		Noms des morphotypes	Pr	LgF cm	LF cm	LT cm
			Partie aérienne	Tubercule					
AGOGO	29	4	Hétérogène	Hétérogène	Agogo	P	10	6.6	71
					Gnanwounkoko	P	10	6.6	71
					Soagona	P	10	6.6	80
					Wossou	P	10	6.6	78
AHIMON	45	2	Homogène	Hétérogène	Ahimon	P	11	5.5	46
					Feni	P	11	5.5	46
					Kee	P	11	5.5	58
ALAKISSA	12	3	Homogène	Hétérogène	Agangan	P	13	12	73
					Alakissa	T	13	12	51
					Doundoua	P	13	12	72
ANTAWOROROU	10	3	Hétérogène	Hétérogène	Antawororou	P	11	6.5	78
					Djikpiri	P	11	6.3	77
					Maretassou	P	8.5	4.5	34
BADIOURE	38	4	Homogène	Hétérogène	B.bagarou	P	8.3	4.5	72
					B. oloukobi	T	8.3	4.5	65
					B. montoguè	P	8.3	4.5	73
					Walassi	P	8.3	4.5	69
BARIDJO	9	3	Homogène	Hétérogène	Baridjo	P	8.8	6.3	62
					Ofequi	T	8.8	6.3	40
					Ouwonpeotina	T	8.8	6.3	60
DIKPIRI	2	1	Homogène	Homogène	Dikpiri	P	8.2	8.2	68
DOUBA YESSIROU	16	2	Homogène	Hétérogène	Ankpoloman	P	10	6.3	55
					Douba yessirou	P	10	6.3	55
GNALABO	17	3	Hétérogène	Hétérogène	Assabone	T	07	5.5	35
					Gnalabo	T	8.5	7.2	45
					Terlounto	T	10	6.8	32
GNIDOU	36	1	Homogène	Homogène	Gnidou	P	10	7.5	72
KOKOROGBANOU	63	14	Homogène	Hétérogène	Akpazin	T	9.6	7.5	32
					Brizi	T	9.6	7.5	30
					Baniakpa	T	9.6	7.5	39
					Bonakpo	T	9.6	7.5	35
					Deba	T	9.6	7.5	33
					Kinkerekou	T	9.6	7.5	35
					Kpiroukpika	T	9.6	7.5	34
					Kokone	T	9.6	7.5	38
					Kologo	T	9.6	7.5	48
					Omonya	T	9.6	7.5	35
					Ossoukpana	T	9.6	7.5	33
					Youeyouedota	T	9.6	7.5	32
					Singou	T	9.6	7.5	33
					Yakarango	T	9.6	7.5	36

Tableau 7 (suite)

Groupes variétaux	NA	NM	Variabilité intragroupe		Noms des morphotypes	Pr	LgF cm	LF cm	LT cm
			Partie aérienne	Tubercule					
KPANHOURA	10	2	Homogène	Homogène	Kpanhoura	P	13	9.5	67
KPONAN	12	1	Homogène	Hétérogène	Kponan	P	11	8.8	78
					Laboko	P	11	8.8	55
KRATCHI	25	2	Homogène	Hétérogène	Kratchi	T	11	5.2	37
					Kangnin	T	11	5.2	37
MAKPAWA	2	2	Hétérogène	Hétérogène	Makpawa	T	8.3	8.3	49
MONDJI	51	11	Hétérogène	Hétérogène	Sogodo	T	5.5	5.3	53
					Ala n'kojehoue	P	9.7	8.4	69
					Danwari	P	10	7.6	45
					Djiladja	P	9.8	6.8	53
					Effourou	P	8.8	5.4	65
					Gnifokpado	P	9.3	6.9	68
					Monji	P	9.2	6.7	71
					Nindouin	P	9.8	6.5	72
					Oroutanai	P	10	8.8	85
					Piedje	P	9.9	7.2	70
					Yoble	P	9.8	6.8	68
Youbé	P	9.8	6.8	60					
MOROKOROU	29	2	Hétérogène	Hétérogène	Morokorou	P	12	5.8	78
					Kokouma	P	12	5.8	78
NONFORWOU	23	4	Homogène	Hétérogène	Boki	P	11	8.5	78
					Djatouba	P	11	8.5	60
					Nonforwou	P	11	8.5	55
					Yoroutassou	P	11	8.5	63
NOUALAYE	22	1	Homogène	Homogène	Noualaye	P	12	8.4	78
OURTCHOUA	21	3	Hétérogène	Hétérogène	Gouroko	T	8.5	4.9	51
					Ourtchoua	T	6.1	5.2	32
					Sobasson	T	6.5	5.3	33
PORCHEHBIM	11	2	Homogène	Hétérogène	Porchebim	T	10.8	6.7	36
					Wolouchahabim	T	10.8	6.7	69
SOUSSOU	48	11	Hétérogène	Hétérogène	Androki	P	8.6	6.5	71
					Gbera	P	11.5	9.1	70
					Guiena	P	8.8	5.2	68
					Guirissa	P	11.4	5.8	69
					Issou agatou	P	8.2	8.2	69
					Orougninsingue	P	12	6.2	71
					Soussouka	P	8.5	4.9	77
					Soussounin	P	6.8	5.7	72
					Soussou souabou	P	8.5	4.9	78
					Wamai	P	10	5.7	68
					Yahou	P	10	5.4	68

TAM SAM	1	1	Homogène	Homogène	Tam sam	T	4.3	2.5	33
TERKOKONOU	6	1	Homogène	Homogène	Terkokonou	P	10.7	7.5	80
TOGNIBO	6	1	Homogène	Homogène	Tognibo	P	10	9.6	72

Abréviations: NA : Nombre d'accessions ; NM : Nombre de morphotypes ;
Pr : Précocité; P: Précoce ; T : Tardif ; LgF : Longueur moyenne de la feuille ; LF: Largeur moyenne de la feuille ; LT : Longueur moyenne du tubercule ;

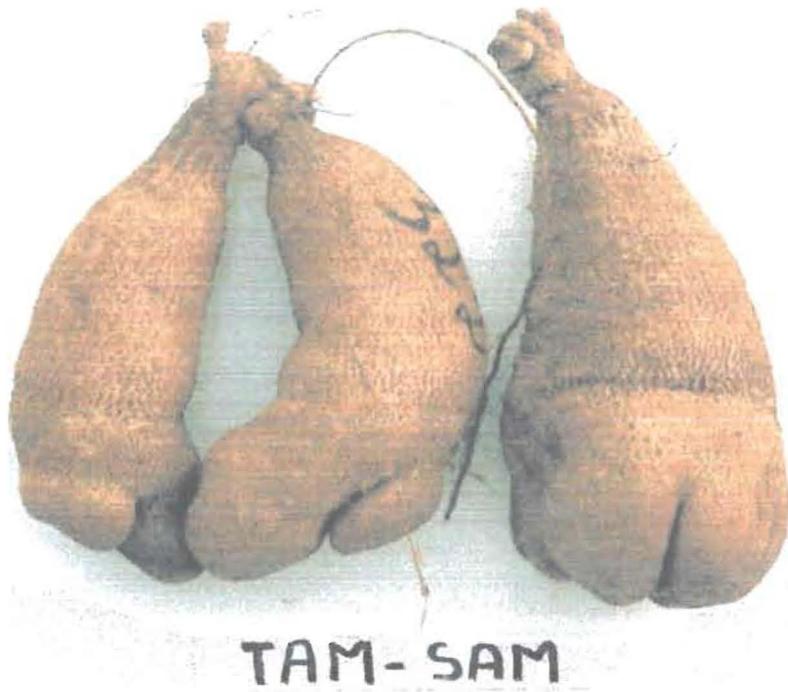
La variété Tam-sam, la seule du groupe TAM-SAM présente des traits morphologiques particuliers. Elle est naine et inerme avec des feuilles et des fleurs très petites (figure 15). Elle développe parfois des branches et des feuilles non-chlorophylliennes indiquant la présence de mutations chloroplastiques. Elle a le même type de tubercule que Tabané (figure 16) et se range en dernière position après celle-ci en ce qui concerne la taille des feuilles. Pour les paysans, Tam-sam est issue de Tabané.

2.4. Classification ascendante hiérarchique

Le dendrogramme construit sur la base des données morphologiques (figure 17) sépare les 560 accessions d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin en deux classes : les ignames à chair jaune ou jaunâtre (représentées par les groupes variétaux ALAKISSA, MAKPAWA et BARIDJO) et les ignames à chair blanches ou à chair blanche tachetée de rouge.



A)



B)

Figure 15 : Feuilles et tubercules de la variété d'igname Tam Sam (Groupe TAM SAM)

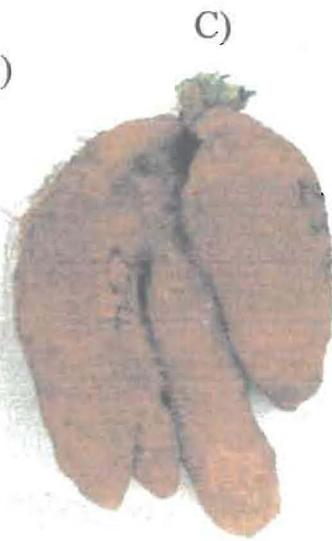


A)



TABANE

B)



HOUNBONON

C)



YAKA

D)

Figure 16 : Variétés d'igname du groupe TABANE: Feuilles (A) et tubercules (B, C, D).

Dans la première classe, les groupes variétaux ALAKISSA (figure 18) et MAKPAWA (figure 19) caractérisés par l'absence de pruite se classent ensemble et s'isolent de BARIDJO.

En considérant les regroupements à 80 % de similarité, six groupes variétaux (BANIOURÉ, BARIDJO, KOKOROGBANOU, NONFORWOU, TABANÉ et TAM-SAM) apparaissent bien isolés et identifiés (figure 17). La variété Marétassou normalement classée dans le groupe ANTAWOROROU se sépare et s'individualise surtout à cause de la taille de ses feuilles et de la morphologie particulière de son tubercule. Les feuilles de Marétassou sont très petites (comparativement à celles des autres variétés classées dans ce groupe) et son tubercule est court, rayé de noir et bosselé (Annexe 8).

A un niveau de similarité plus élevé (95 %), 16 des 20 groupes variétaux restants s'isolent et s'individualisent clairement (figure 17). Les variétés des quatre autres groupes (ANTAWOROROU, GNALABO, MONDJI et SOUSSOU) sont dispersées indiquant une importance variable au sein de ces groupes.

2.5. Distribution géographique et fréquence des groupes variétaux

Le tableau 8 montre la distribution géographique des groupes variétaux et leurs fréquences dans les zones de production. D'après ce tableau, six groupes variétaux (ALAKISSA, KOKOROGBANOU, MONDJI, MOROKOROU, NONFORWOU et SOUSSOU) se rencontrent dans toutes les zones de production d'igname au Bénin. Certains groupes variétaux (AGOGO, AHIMON, BANIOURÉ, DOUBA YESSIROU, KOKOROGBANOU, MOROKOROU, SOUSSOU et TABANÉ) bien qu'aussi présents ailleurs sont surtout localisés dans le Nord-Est où ils sont très fréquents dans l'agriculture.

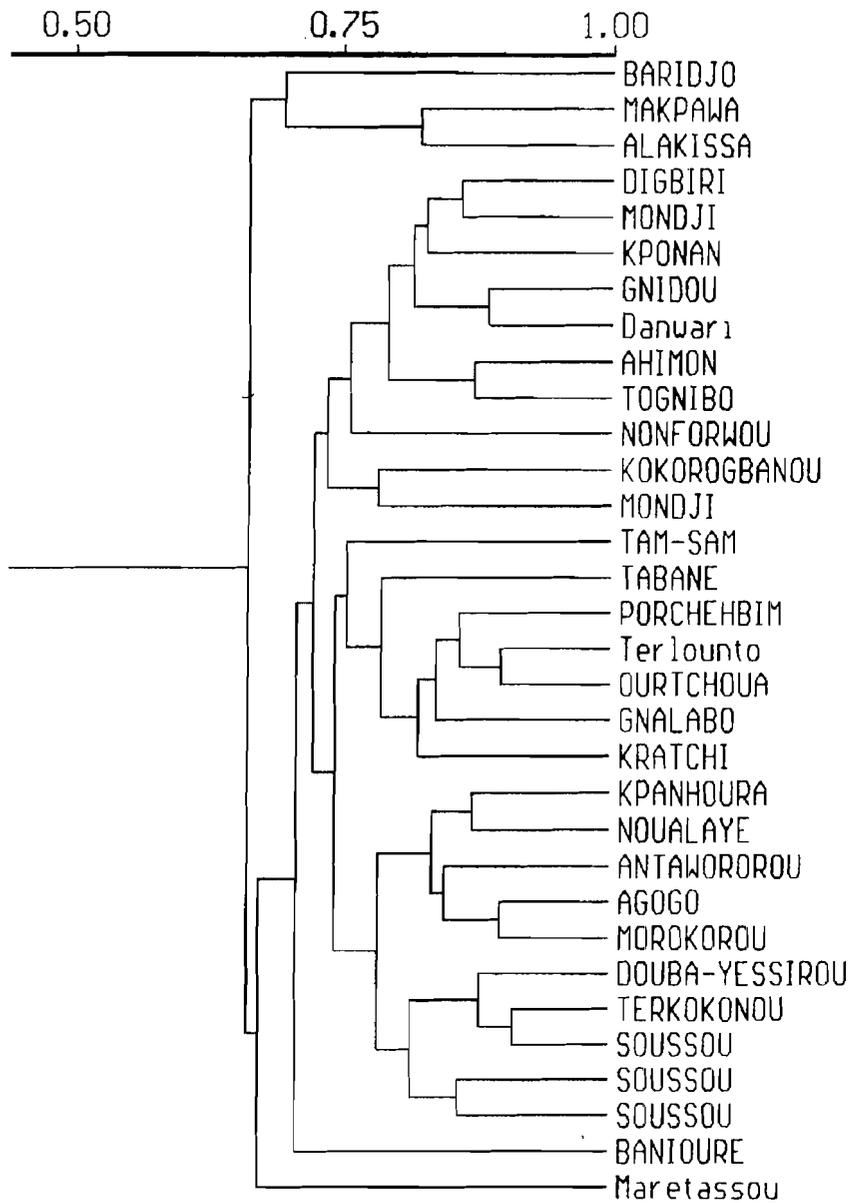
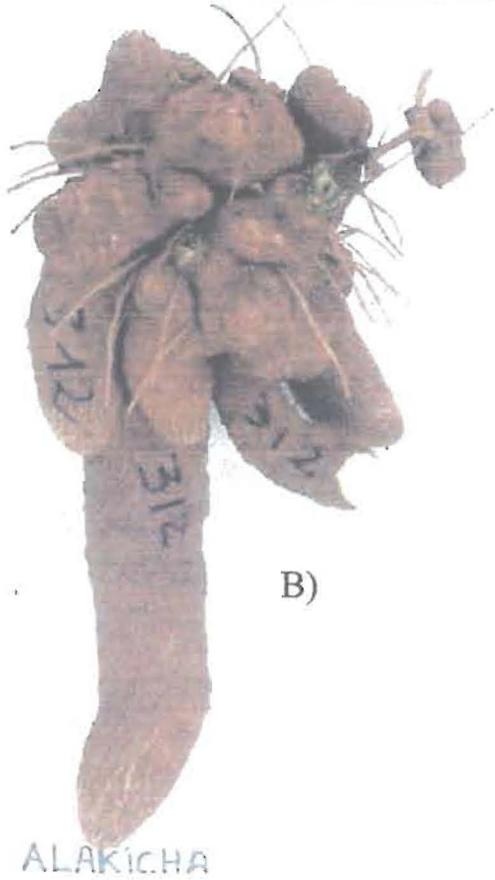


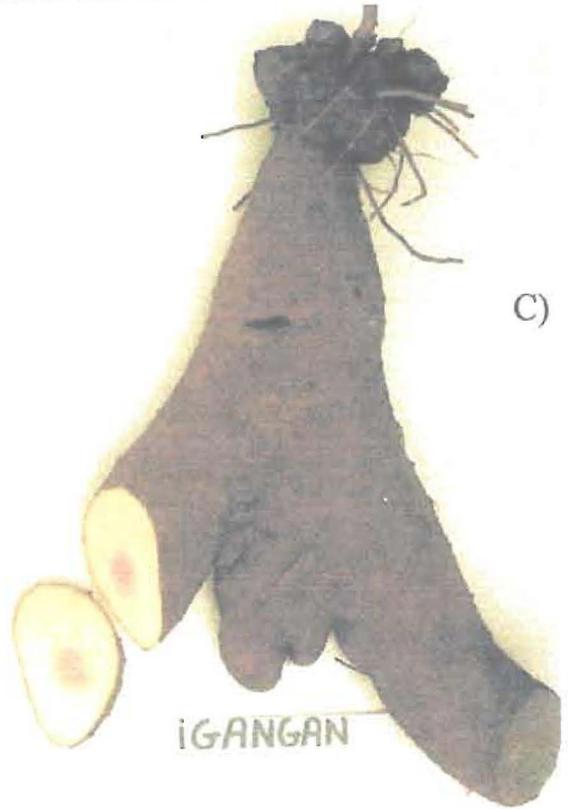
Figure 17: Classification ascendante hiérarchique (basée sur les données morphologiques) des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin.



A



B)



C)

Figure 18 : Igname du groupe ALAKISSA: feuilles (A) et tubercules (B, C)



A)



B)

Figure 19 : Feuilles (A) et tubercule (B) de la variété d'igname Sogodo (Groupe MAKPAWA).

Un groupe variétal (NOUALAYE) est presque exclusivement localisé dans le Nord-Ouest où il est très bien représenté dans l'agriculture. Les groupes GNALABO, GNIDOU, KRATCHI, NONFORWOU et OURTCHOUA sont principalement du centre et se rencontrent aisément dans l'agriculture. Quatre groupes variétaux (ANTAWOROROU, DIKPIRI, KPANHOURA et TERKOKONOU) sont exclusivement du Nord-Est mais leurs fréquences dans l'agriculture sont faibles.

Trois groupes variétaux contiennent des variétés très rares ou en voie de disparition. Ce sont : MAKPAWA, TAM SAM et TOGNIBO.

KPONAN est constitué de deux morphotypes dont l'un (Kponan) est localisé au Nord-Est et l'autre (Laboko) est localisé surtout au centre. Chacun de ces deux types se rencontre aisément dans sa zone de culture.

Dans le groupe ALAKISSA, seul le morphotype Alakissa est courant. Les autres sont très rares ou en voie de disparition. La variété Alakissa est très cultivée dans les zones de Pobè, Sakété et Kétou (Sud-Est) où elle occupe l'essentiel des surfaces consacrées en ignames.

PORCHEHBIM est lié aux groupes ethniques Peulh et Lokpa (Sud du Nord-Ouest, figure 13) et n'est pas aussi fréquent dans l'agriculture.

Les groupes variétaux des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin occupent donc des positions géographiques différentes et leurs fréquences dans l'agriculture varient d'une zone de production à une autre.

Tableau 8 : Distribution géographique et fréquences des groupes variétaux d'igname (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) dans les zones de production au Bénin. ++++ (très fréquent) ; +++ (moyen) ; ++ (faible) ; + (rare)

Nos	Groupe varietal	Nord-Est	Nord-Ouest	Centre	Sud
1	AGOGO	++++	++		
2	AHIMON	++++	++	+	
3	ALAKISSA	+	+	+	+++
4	ANTAWOROROU	++			
5	BANIOURE	++++	++	+	
6	BARIDJO	++	++	++	
7	DIKPIRI	++			
8	DOUBA YESSIROU	++++	++		
9	GNALABO		+	+++	++
10	GNIDOU			++++	++
11	KOKOROGBANOU	++++	+++	+++	++
12	KPANHOURA	++			
13	KPONAN	++++		+++	+
14	KRATCHI			+++	+
15	MAKPAWA	+			+
16	MONDJI	++++	++++	+++	++
17	MOROKOROU	++++	++	++	+
18	NONFORWOU	+	+	++++	++
19	NOUALAYE		++++	+	
20	OURTCHOUA	+	+	++	
21	PORCHEHBIM	+	++	+	
22	SOUSSOU	++++	++++	+	+
23	TABANE	+++	+	++	
24	TAM SAM	+	+		
25	TERKOKONOU	++			
26	TOGNIBO			+	

2.6. Floraison et fructification des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin

Tous les 26 groupes variétaux sont florifères avec 12 mâles, 8 femelles et 6 mixtes comprenant des femelles, des mâles et des monoïques (tableau 9).

Parmi les 90 morphotypes identifiés, 11 (soit 12, 25%) sont non-florifères. Sur les 79 morphotypes florifères, 33 sont femelles, 44 sont mâles et deux (Ahimon et Gnidou) sont complexes avec des clones mâles, femelles ou monoïques (tableau 9).

Parmi les plantes florifères, l'intensité de floraison varie selon les variétés. Les plus faibles intensités de floraison sont observées chez les femelles. Ainsi, les variétés femelles Agogo, Baniouré, Dikpiri, Gnalabo, Gnawoukoko, Issou agatou, Kangni, Kokouma, Kratchi, Morokorou, Moussougoussou, Tognibo et Wossou fleurissent rarement et ne produisent qu'une dizaine de fleurs par plante. Chez les variétés mâles (en dehors de Soussounin), les floraisons sont toujours abondantes (figure 20).

Chez la variété Soussouka, une corrélation semble exister entre le sexe et l'origine géographique. En effet, toutes les accessions collectées au Nord-Ouest sont femelles alors que toutes celles collectées au Nord-Est sont mâles.

Tableau 9 : Sexe, floraison et fructification des différents morphotypes d'igname

Groupe variétal	Morphotype	Pr	Sexe	Floraison	Fructification (cas des femelles)
AGOGO	Agogo	P	F	Faible	Aucune
	Gnanwoukoko	P	F	Faible	Aucune
	Soagona	P	-	-	-
	Wossou	P	F	Faible	Aucune
AHIMON	Ahimon	P	FMO	Intense	Intense
	Feni	P	M	Intense	-
	Kee	P	F	Intense	Intense
ALAKISSA	Agangan	P	M	Intense	-
	Alakissa	T	M	Intense	-
	Doundoua	P	M	Intense	-
ANTAWOROROU	Antawororou	P	-	-	-
	Djikpiri	P	F	Faible	Aucune
	Maretassou	P	-	-	-
BANIOURE	B. bagarou	P	F	Faible	Aucune
	B. oloukobi	T	F	Faible	Aucune
	B. montogue	P	F	Faible	Aucune
	Walassi	P	-	-	-
BARIDJO	Baridjo	P	M	Intense	-
	Ofegui	T	M	Intense	-
	Ouwonpeotina	T	M	Intense	-
DIKPIRI	Dikpiri	P	F	Faible	-
DOUBA	Ankpoloman	P	F	Moyen	Faible
YESSIROU	Douba yessirou	P	F	Moyen	Faible
GNALABO	Assabone	T	M	Moyen	-
	Gnalabo	T	F	Faible	Aucune
	Terlounto	T	-	-	-
GNIDOU	Gnidou	P	FMO	Intense	Intense
KOKOROGBANOU	Akpazin	T	M	Intense	-
	Brizi	T	M	Intense	-
	Baniakpa	T	M	Intense	-
	Bonakpo	T	M	Intense	-
	Deba	T	M	Intense	-
	Kinkerekou	T	M	Intense	-
	Kpiroukpika	T	M	Intense	-
	Kokone	T	M	Intense	-
	Kologo	T	M	Intense	-
	Omonya	T	M	Intense	-
	Ossoukpana	T	M	Intense	-
	Youeyouedota	T	M	Intense	-
	Singou	T	M	Intense	-
	Yakarango	T	M	Intense	-
KPANHOURA	Kpanhoura	P	M	Intense	-

KPONAN	Kponan	P	M	Intense	-
	Laboko	P	M	Intense	-
KRATCHI	Kratchi	T	F	Intense	Aucune
	Kangnin	T	F	Intense	Aucune
MAKPAWA	Makpawa	T	-	-	-
	Sogodo	T	M	-	-
MONDJI	Ala n'kojehoue	P	M	Intense	-
	Danwari	P	F	Intense	Intense
	Djiladja	P	F	Intense	Moyen
	Effourou	P	F	Intense	Moyen
	Gnifokpado	P	F	Moyen	Faible
	Monji	P	F	Moyen	Faible
	Nindouin	P	M	Intense	-
	Oroutanai	P	M	Intense	-
	Piedje	P	F	Moyen	Faible
	Yoble	P	F	Moyen	Faible
	Yoube	P	F	Moyen	Faible
MOROKOROU	Morokorou	P	F	Faible	Aucune
	Kokouma	P	F	Faible	Aucune
NONFORWOU	Boki	P	F	Intense	Faible
	Djatouba	P	F	Intense	Faible
	Nonforwou	P	F	Intense	Faible
	Yoroutassou	P	M	Intense	-
NOUALAYE	Noualaye	P	M	Intense	-
OURTCHOUA	Gouroko	T	M	Moyen	-
	Ourtchoua	T	M	Moyen	-
	Sobasson	T	M	Intense	-
PORCHEHBIM	Porchekbim	T	M	Intense	-
	Wolouchahabim	T	M	Intense	-
SOUSSOU	Androki	P	-	-	-
	Gbera	P	F	Faible	Aucune
	Guiena	P	-	-	-
	Guirissa	P	-	-	-
	Issou agatou	P	F	Faible	Aucune
	Orougninsingue	P	M	Intense	-
	Soussouka	P	MF	Intense	Faible
	Soussounin	P	M	Faible	-
	Soussou souabou	P	F	Moyen	Faible
	Wamai	P	-	-	-
	Yahou	P	M	Intense	-
TABANE	Hounbonon	T	M	Intense	-
	Ihdonou	T	M	Intense	-
	Kagourou	T	M	Intense	-
	Tabane	T	M	Intense	-
	Yaka	T	M	Intense	-
TAM SAM	Tam sam	T	M	Intense	-

TERKOKONOU	Terkokonou	P	M	Intense	-
TOGNIBO	Tognibo	P	F	Faible	Aucune

Abréviations : Pr : Précocité ; P : Précoce; T : Tardif ; F Femelle ; M : Male ; O : Monoïque ;

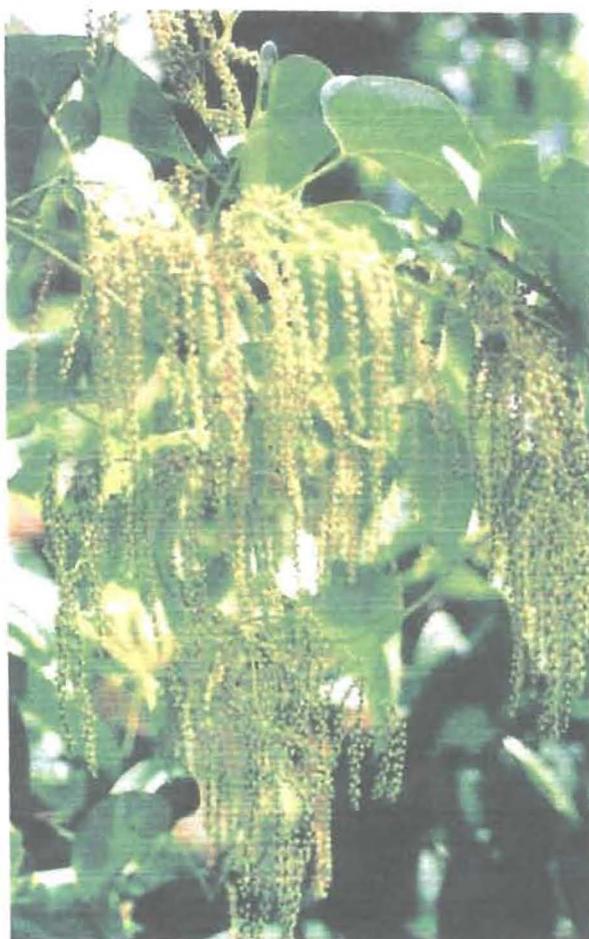


Figure 20 : Floraison intense chez la variété d'igname Sobasson.

Parmi les variétés femelles, seules quelques-unes (Ahimon, Danwari, Gnidou et Kee) fructifient intensément. Les autres fructifient peu ou pas du tout (tableau 9).

2.7. Aptitude à la mécanisation de la récolte

Une variété d'igname n'est apte à une récolte mécanisée que si elle produit des tubercules réguliers (non ramifiés) et courts. AIYELARI et AKORODA (1996) indiquent une longueur maximale de 35 cm.

Les variétés précoces produisent des tubercules longs (tableau 7) et le plus souvent ramifiés pour lesquels aucune mécanisation de la récolte ne peut être envisagée. Les tubercules les plus courts se rencontrent chez les variétés tardives (tableau 7). En tenant compte des variations (parfois de plus de 10 cm) de la longueur des tubercules, seule la variété Brizi qui produit des tubercules globuleux (figure 21) est apte à la mécanisation.

2.8. Comparaison des ignames du Bénin avec celles de la Côte d'Ivoire

Parmi les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* de Côte d'Ivoire, HAMON (1987) a défini 19 groupes variétaux et 32 morphotypes. Au Bénin, nous avons identifié 26 groupes variétaux et 90 morphotypes.

Huit groupes variétaux sont communs au Bénin et à la Côte d'Ivoire (tableau 10). Dix-huit groupes variétaux du Bénin sont absents en Côte d'Ivoire et 11 groupes variétaux de la Côte d'Ivoire sont absents au Bénin. Ces données montrent que les ignames des deux pays sont relativement très différentes.

Tableau 10 : Groupes variétaux communs au Bénin et à la Côte d'Ivoire

Nos	Groupes variétaux du Bénin	Correspondances en Côte d'Ivoire
1	ALAKISSA	YAOBADOU
2	BARIDJO	BANIAKPA
3	GNALABO	KRENGLE
4	KOKOROGBANOU	KROUKROUPA
5	KPOUNAN	KPONAN
6	MAKPAWA	KANGBA
7	MONDJI	SOPERE
8	MOROKOROU	COCOASSIE

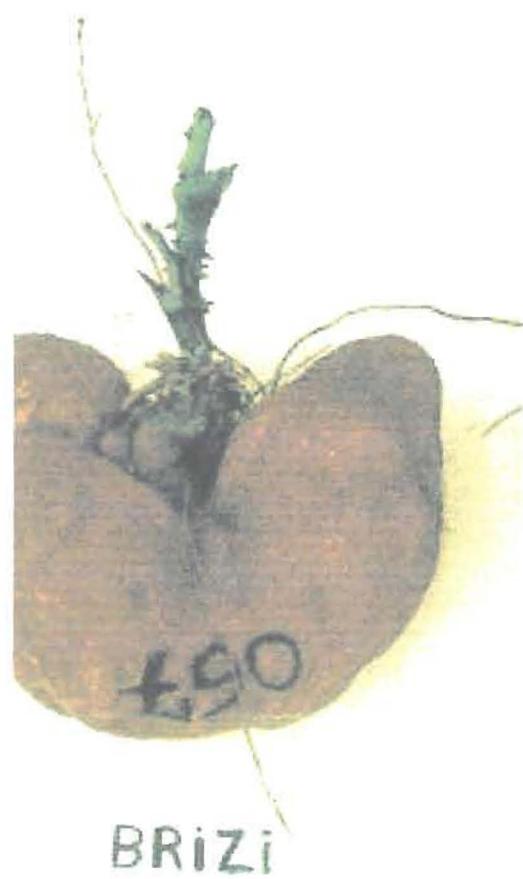


Figure 21 : Tubercule globuleux chez la variété d'igname Brizi.

2.9. Traits morphologiques d'identification des groupes variétaux et des morphotypes d'ignames du Bénin

Pour faciliter l'identification des groupes variétaux, des clés simples d'identification (différentes des clés dichotomiques utilisées en botanique) sont construites. Ainsi, sur la base de quelques données morphologiques et connaissant la précocité d'une variété, il est aisé de désigner son groupe variétal. Pour soutenir ces clés, quelques photos d'ignames sont présentées en annexe 8.

2.9.1. Traits morphologiques d'identification des groupes variétaux des ignames tardives

Tige inerme, plante naine avec des feuilles très petites **TAM-SAM**

Tige épineuse, plante normale

Tige sans pruine

Feuille très large, ouverte et aux lobes écartés **ALAKISSA**

Feuille moyenne, ouverte **MAKPAWA**

Tige couverte de pruine

Tige lisse

Feuille repliée en forme d'entonnoir **GNALABO**

Feuille plus ou moins ouverte et de forme ordinaire

Tache large et épaisse à la base des épines **KRATCHI**

Pas de tache à la base des épines **OURTCHOUA**

Tige rugueuse

Tige entièrement rugueuse **KOKOROGBANOU**

Tige uniquement rugueuse à la base

Tige fasciculée, rameaux verticillés **BANIOURÉ**

Tige normale, rameaux non verticillés

Feuille allongée, bords très ondulés **TABANÉ**

Feuille allongée, bords lisses **PORCHEBIM**

2.9.2. Traits morphologiques d'identification des groupes variétaux des ignames précoces

Jeune tige violette ou rougeâtre

Tige adulte grêle; feuille allongée, vert-foncé, lobes foliaires courbés vers l'extérieur

SOUSSOU

Tige adulte vigoureuse, lobes foliaire courbés vers l'intérieur

Tige lisse, violette ; Epines grosses, violettes ; feuille grande et allongée

ANTAWOROROU

Tige rugueuse avec des stries longitudinales

Feuilles cordiforme, bord lisse ; épines grosses, rougeâtres, coalescentes et très condensées à la base de la tige

TERKOKONOU

Feuille grande, allongée, vert foncé, gaufrée, lobes longs et pointus, bord très ondulé

AGOGO

Jeune tige verte ou vert-pourpre

Tige inerme **KPONAN**

Tige adulte très épineuse

Tige vert violet, rugueuse avec des stries longitudinales ; épines violettes ;
feuille très allongée, lobes longs et pointus

MOROKOROU

Tige adulte lisse

Feuillé vert bleue et ronde **DIKPIRI**

Feuille vert foncé et allongé

Epine sans tache **MONDJI**

Epine avec tache

Epine grosses avec tache large et épaisse à la base ;
bord du limbe très ondulé

GNIDOU

Très grandes feuilles pendantes avec de longs pétioles ;
bord du limbe non ondulé

NOUALAYE

Tige adulte peu épineuse

Tige rugueuse

Tige verte, rameaux verticillés ; feuille verte, épaisse et cordiforme

TOGNIBO

Tige verte ; Feuille épaisse, cordiforme, vert foncé et gaufrée, lobes
très courts

KPANHOURA

Tige tachetée de vert, de bleu et de violet **BARIDJO**

Tige lisse

Epine et tache violettes ; feuille vert foncé, bords ondulés, lobes très courts

DOUBA YESSIROU

Epine et tache vertes ; feuille vert clair, bords lisses, lobes moyens

Feuille cordiforme **AHIMON**

Feuille allongée **NONFORWOU**

2.9.3. Traits morphologiques d'identification des morphotypes d'ignames du

Bénin

Pour tous les groupes variétaux hétérogènes (constitués de plus d'un morphotype) des clés d'identification sont construites et permettent de reconnaître les différents morphotypes. Ces clés sont schématiques pour les trois groupes variétaux les plus polymorphes que sont KOKOROGBANOU, MONDJI, SOUSSOU (figures 22, 23, 24).

Groupe AGOGO

Tige entièrement rugueux et longitudinalement striée *Soagona*

Rugosité seulement sur une partie de la tige

Tubercule avec cavité interne *Agogo*

Tubercule sans cavité interne

Tubercule noirâtre et entièrement poilu *Wossou*

Tubercule sans racines tuberculaires *Gnanwounkoko*

Groupe AHIMON

Tubercule ramifié et de longueur moyenne

Chair blanche *Ahimon*

Chair tachetée de rouge *Fèni*

Tubercule non ramifié, très long, bosselé et à bout pointu *Kee*

Groupe ALAKISSA

Tige verte *Agangan*

Tige vert foncé et marbrée de noir

Tubercule noir en forme d'arc avec un gros corne ligneux portant de nombreux
bougeons latents

Alakissa

Tubercule long, droit et ramifié avec un petit corne et sans bourgeon latent

Doundoua

Groupe ANTAWOROROU

Feuille petite et allongée; tubercule court et bosselé avec des rayures longitudinales noires

Marétassou

Feuille grande et allongée; tubercule uniformément coloré

Tubercule long, noir et bosselé *Antawororou*

Tubercule gris et non bosselé *Djikpiri*

Groupe **BANIOURE**

Tige plate et fasciculée

Tubercule à chair blanche tachetée de rouge et de bleu *Baniouré montoguè*

Tubercule à chair blanche

Tubercule allongé et en forme d'arc *Baniouré Oloukobi*

Tubercule allongé, droit et parfois ramifié *Baniouré Bagarou*

Tige cylindrique **Walassi**

Groupe **BARIDJO**

Racines très épineuse..... *Ofègui*

Racines inermes

Tubercule allongé, ramifié et poilu avec une peau très fine *Baridjo*

Tubercule aplatie, ramifié, lisse, sans racines tuberculaires et portant des ceintures de discontinuité

Ouwonpèotina

Groupe **DOUBA YESSIROU**

Tubercule noir, cylindrique dans sa moitié supérieure, aplatie et digité dans moitié inférieure

Douba Yéssirou

Tubercule gris, très ramifié et boutonneux, avec une peau très fine *Ankpoloman*

Groupe GNALABO

Tige grêle, entrenœuds très courts, cataphylles petites et jaunâtre ; tubercule conique

Gnalabo

Tige vigoureuse ; tubercule cylindrique

Feuille grande, vert foncé avec des lobes arrondis *Terlounto*

Feuille petite, vert clair avec des lobes pointus *Assaboné*

Groupe KPONAN

Tubercule non ramifié à bout pointu *Laboko*

Tubercule ramifié à bout arrondi *Kponan*

Groupe KRATCHI

Tubercule à grosse tête *Kratchi*

Tubercule à petite tête *Gangnin*

Groupe MAKPAWA

Feuillage dense; feuille petite et vert foncé (noirâtre); tubercule jaunâtre, boutonneux, très ramifié et à peau très fine et très lisse

Sogodo

Feuillage clairsemé ; feuille moyenne et vert clair ; tubercule à peau épaisse

Makpawa

Groupe MOROKOROU

Feuille vert foncé, lobes pointus ; tubercule à tête petite *Morokorou*

Feuille vert, pétiole et veines orange ; tubercule à grosse tête *Kokouma*

Groupe **NONFORWOU**

Tubercule portant de nombreuses figures géométriques hexagonales

Tubercule massif et cylindrique dans sa partie supérieure, courbé, aplati et ramifié à la base

Nonforwou

Tubercule régulier, allongé, cylindrique, non ramifié, et à bout pointu

Boki

Tubercule ne portant aucune figure particulière

Racines très épineuses *Djatouba*

Racines inermes *Yorou tassou*

Groupe **OURTCHOUA**

Feuille allongée ; tubercule long *Kouragouroko*

Feuille cordiforme ; tubercule court

Tubercule lisse sans racines tuberculaires *Sobasson*

Tubercule finement strié avec de nombreuses racines tuberculaires
Ourtchoua

Groupe **PORCHEHBIM**

Tubercule petit, régulier, cylindrique et non ramifié *Porchehbim*

Un gros tubercule central portant d'autres tubercules petits, réguliers et cylindriques

Wolouchahabim

Groupe **TABANE**

Tubercule cylindrique et allongé *Kagourou*

Tubercule aplati et boutonneux avec de nombreuses racines tuberculaires *Hounbonon*

Tubercule conique avec une petite tête et une dépression à la base

 Tubercule lisse et gris *Tabané*

 Tubercule finement tacheté de noir et de gris *Ih-donou*

 Tubercule gris finement et longitudinalement rayé de noir *Yaka*

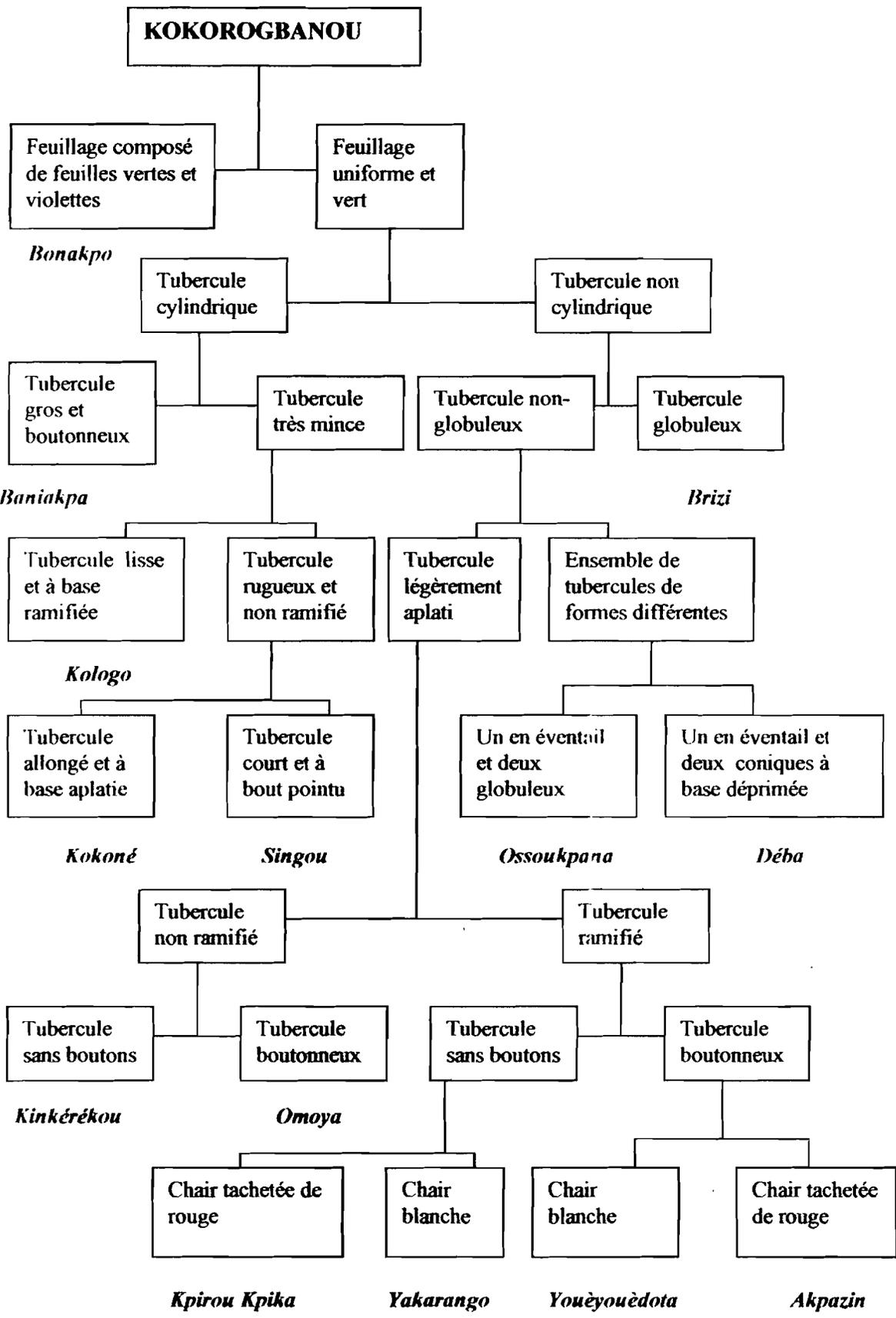


Figure 22 : Caractères d'identification des morphotypes d'igname du groupe KOKOROGBANOU

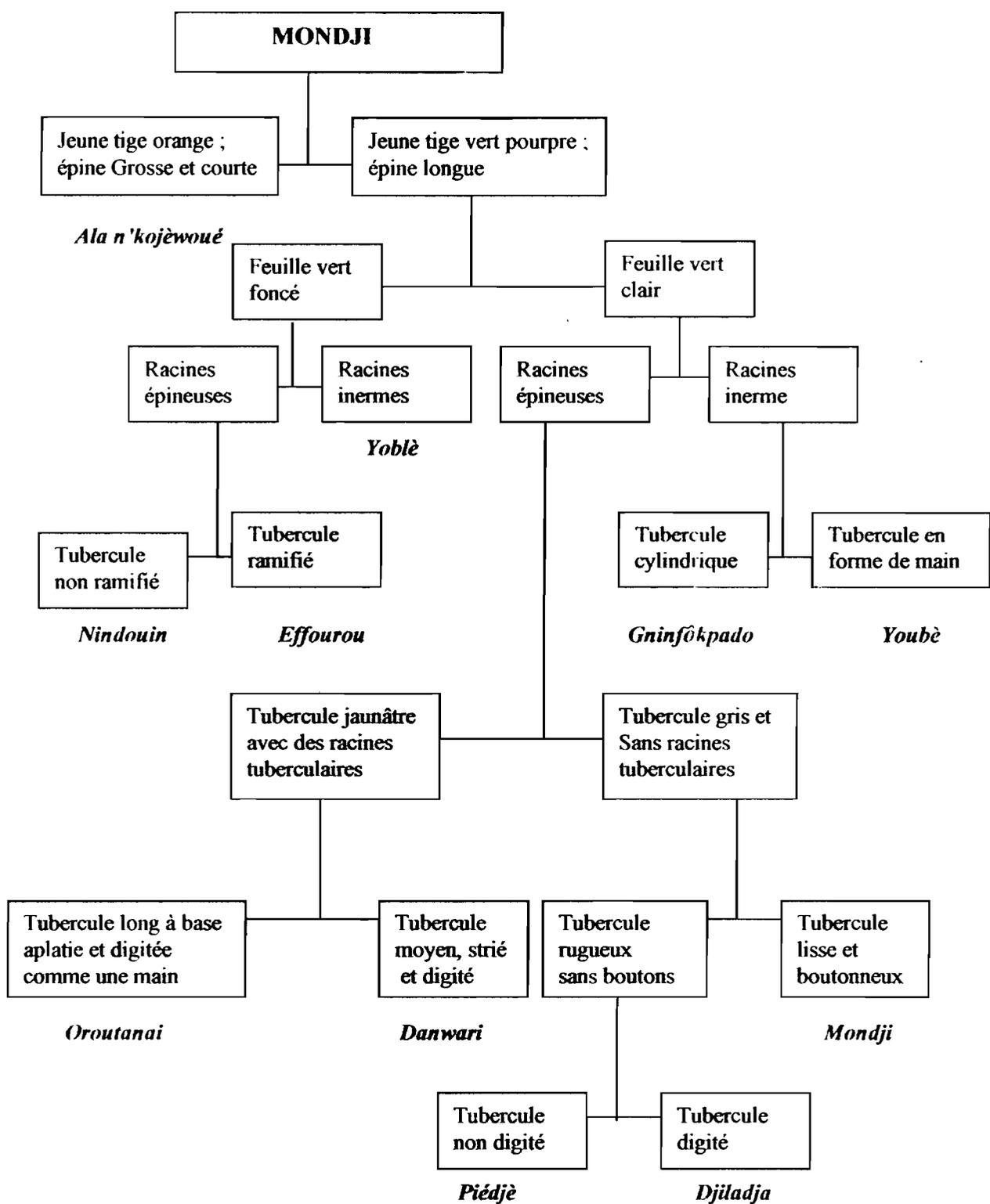


Figure 23 : Caractères d'identification des morphotypes d'igname du groupe **MONDJI**

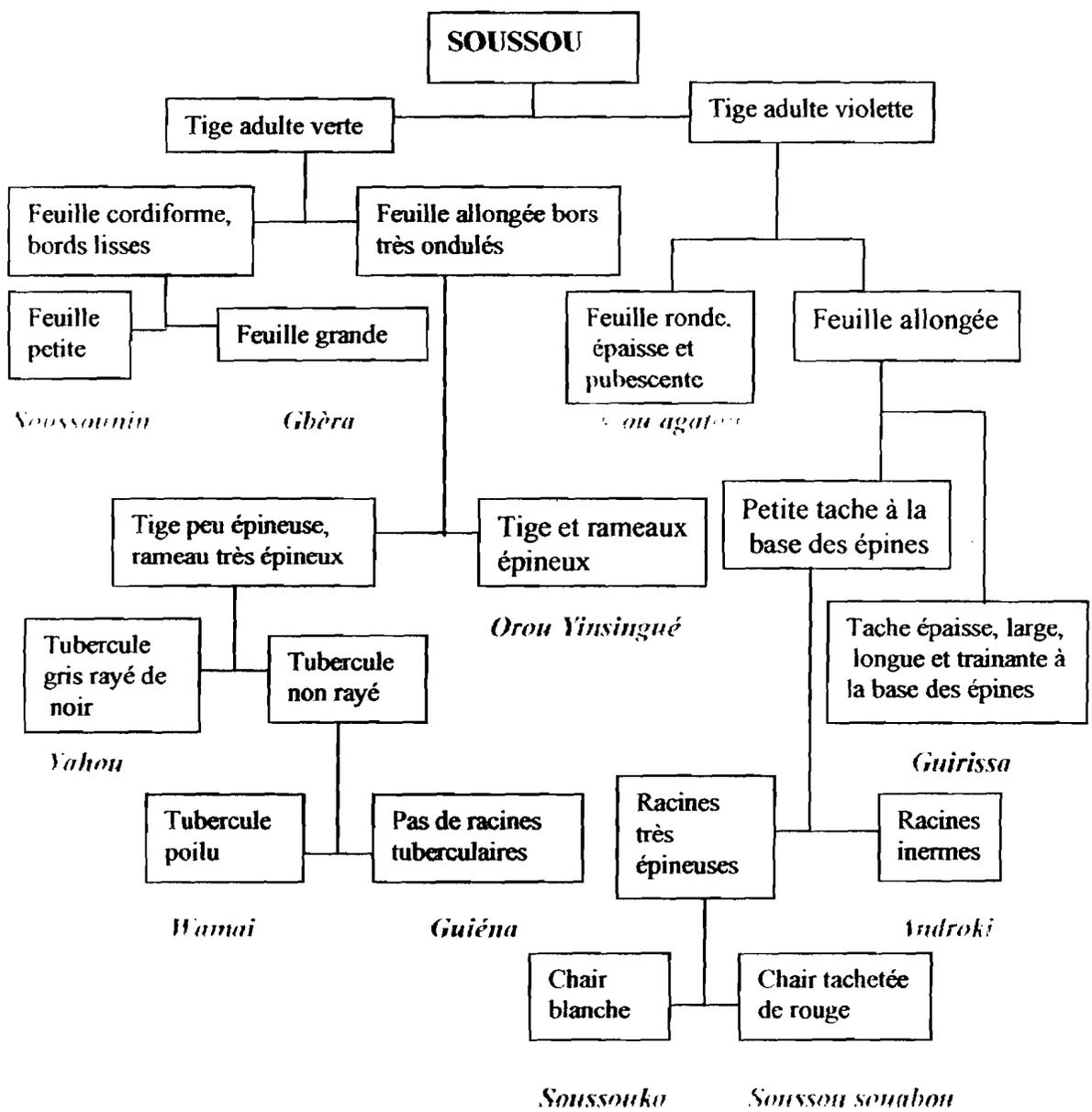


Figure 24 : Caractères d'identification des morphotypes d'igname du groupe SOUSSOU

CHAPITRE III : DÉTERMINATION DU NIVEAU DE PLOÏDIE DES IGNAMES CULTIVÉES DU COMPLEXE *Dioscorea* *cayenensis* / *Dioscorea rotundata* DU BÉNIN

3.1. Introduction

Les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* sont polyploïdes avec trois niveaux de ploïdie (4x, 6x et 8x) et $x = 10$ (MIEGE 1954, BAQUAR 1980 ZOUNDJIHEKPON et *al.*, 1990, HAMON et *al.*, 1992 ; GAMIETTE et *al.*, 1999). Une connaissance du niveau de ploïdie des variétés traditionnelles existantes dans les différents pays de l'Afrique de l'Ouest (zone de culture de ces ignames) est nécessaire (OKWOR 1998). Au Bénin, aucune étude cytologique concrète n'a été consacrée à ce complexe.

Chez les ignames d'une manière générale et surtout chez celles du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*, la détermination du niveau de ploïdie par dénombrement chromosomique est difficile. Les chromosomes sont généralement petits, punctiformes et le plus souvent enchevêtrés (BAQUAR 1980 ; ZOUNDJIHEKPON et *al.*, 1990). Pour contourner les difficultés de dénombrement, HAMON et *al.*, (1992), GAMIETTE et *al.*, (1999) ont utilisé la cytométrie en flux.

La cytométrie en flux est une méthode rapide, simple et efficace d'analyse de niveau de ploïdie. Elle permet de détecter les myxoploïdes et les aneuploïdes (DE LAAT et *al.*, 1987; GALBRAITH et *al.*, 1983; ARUMUGANATHAN et EARLE 1991a, b; MCMURPLY et RAYBURN 1991; DOLEZEL 1997).

L'objectif de la présente étude est la détermination par dénombrement chromosomique et par cytométrie en flux, du niveau de ploïdie des 90 morphotypes d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin.

3.2. Dénombrement chromosomique

Trente des 90 morphotypes sélectionnés de manière à couvrir les 26 groupes variétaux sont analysés par dénombrement chromosomique (tableau 11). La taille et le nombre de chromosomes rendent le dénombrement difficile. Certaines plaques métaphasiques montrent un ou deux chromosomes surnuméraires. Une variété (Agangan) est octoploïde (80 chromosomes), deux (Baridjo et Makpawa) sont hexaploïdes (60 chromosomes) et 27 sont tétraploïdes avec 40 chromosomes (tableau 11). Sur les vingt six groupes variétaux, un (ALAKISSA) est octoploïde, deux (MAKPAWA et BARIDJO) sont hexaploïdes et 23 sont tétraploïdes (tableau 11). Le nombre chromosomique de base observé est $X=10$.

3.3. Cytométrie en flux

Soixante-quatre variétés sont analysées par cytométrie en flux. Quatre de celles-ci sont parmi les 30 précédemment analysés par dénombrement chromosomique et servent de témoin (tableau 12). Les figures 25, 26 et 27 représentent respectivement les pics obtenus pour un tétraploïde, un hexaploïde et un octoploïde. Cinquante-six (56) variétés sont tétraploïdes, 4 sont hexaploïdes et 3 sont octoploïdes (tableau 12). Une variété (Youbè) est mixoploïde avec deux populations de cellules (l'une tétraploïde et l'autre octoploïde) faisant

apparaître deux pics G1 (figure 28). Les teneurs en ADN (en unité arbitraire ou UA) enregistrées varient de 43,7 UA à 52,2 UA pour les tétraploïdes, de 65,4 UA à 76,9 UA pour les hexaploïdes et de 85,5 UA à 100,3 UA pour les octoploïdes. Pour vérifier la précision des résultats, des feuilles d'individus de différents niveaux de ploïdie sont mélangées et des pics séparés sont obtenues (figures 29 et 30). Les coefficients de variation enregistrés varient de 3,4 à 4,7% avec une moyenne de 3,8 %.

Tableau 11 : Nombre de chromosomes et niveau de ploïdie de 30 variétés d'ignames (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin.

Nos	Variétés	Groupes variétaux	Nombre de chromosomes	Interprétation
01	Agangan	ALAKISSA	80	8X
02	Agogo	AGOGO	40	4X
03	Ahimon	AHIMON	40	4X
04	Antawororou	ANTAWOROROU	40	4X
05	Baniouré oloukobi	BANIOURE	40	4X
06	Baridjo	BARIDJO	60	6X
07	Boki	NONFORWOU	40	4X
08	Brizi	KOKOROGBANOU	40	4X
09	Dikpiri	DIKPIRI	40	4X
10	Douba yéssirou	DOUBA YESSIROU	40	4X
11	Gbèra	SOUSSOU	40	4X
12	Gnalabo	GNALABO	40	4X
13	Gnidou	GNIDOU	40	4X
14	Guiéna	SOUSSOU	40	4X
15	Hounbonon	TABANE	40	4X
16	Issou agatou	SOUSSOU	40	4X
17	Kangni	KRATCHI	40	4X
18	Kinkérékou	KOKOROGBANOU	40	4X
19	Kokouma	MOROKOROU	40	4X
20	Kpanhoura	KPANHOURA	40	4X
21	Kponan	KPONAN	40	4X
22	Makpawa	MAKPAWA	60	6X
23	Noualaye	NOUALAYE	40	4X
24	Oroutanai	MONDJI	40	4X
25	Orou yinsingué	SOUSSOU	40	4X
26	Ourtchoua	OURTCHOUA	40	4X
27	Tam-sam	TAM-SAM	40	4X
28	Terkokonou	TERKOKONOU	40	4X
29	Tognibo	TOGNIBO	40	4X
30	Wolouchahabim	PORCHEHBIM	40	4X

Tableau 12 : Niveau de ploïdie de 64 variétés d'ignames (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin déterminé par cytométrie en flux. C.V.: coefficient de variation. Les témoins sont marqués avec astérisque.

Nos	Variétés	Groupes variétaux	Intensité de fluorescence (AU)	CV (%)	Interprétation (Niveau de Ploïdie)
01	Agangan**	ALAKISSA	95,67	3,5	8X
02	Akpazin	KOKOROGBANOU	44,75	3,6	4X
03	Alakissa	ALAKISSA	100,37	3,4	8X
04	Ala n'kojèwoué	MONDJI	49,81	4,7	4X
05	Androki	SOUSSOU	48,52	4,5	4X
06	Ankpoloman	DOUMA YESSIROU	52,29	4,2	4X
07	Assaboné	GNALABO	43,71	4,8	4X
08	Baniakpa	KOKOROGBANOU	50,63	3,4	4X
09	Baniouré bagarou	BANIOURE	51,51	4,7	4X
10	Baniouré	BANIOURE	50,49	4,3	4X
11	Baridjo**	BARIDJO	76,98	4,1	6X
12	Bonakpo	KOKOROGBANOU	52,29	4,5	4X
13	Danwari	MONDJI	50,37	3,7	4X
14	Déba	KOKOROGBANOU	50,02	4,6	4X
15	Djatouba	NONFORWOU	49,99	3,8	4X
16	Djikpiri	ANTAWOROROU	51,67	3,9	4X
17	Djiladja	MONDJI	47,48	4,3	4X
18	Doundoua	ALAKISSA	85,53	4,5	8X
19	Effourou	MONDJI	48,79	3,6	4X
20	Fèni	AHIMON	46,99	3,8	4X
21	Gnawounkoko	AGOGO	52,18	3,9	4X
22	Gnifokpado	MONDJI	50,71	4,6	4X
23	Guirissa	SOUSSOU	51,46	4,8	4X
24	Ihdonou	TABANE	48,98	4,7	4X
25	Kagourou	TABANE	49,69	4,3	4X
26	Kee	AHIMON	51,02	4,5	4X
27	Kokoné	KOKOROGBANOU	50,05	3,9	4X
28	Kologo	KOKOROGBANOU	50,64	3,5	4X
29	Kouragouroko	OURTCHOUA	50,50	3,8	4X

30	Kpirou kpika	KOKOROGBANOU	49,87	3,4	4X
31	Kratchi	KRATCHI	48,75	3,7	4X
32	Laboko	KPOUNA	48,39	3,9	4X
33	Marétassou	GNALABO	51,79	4,4	4X
34	Monji	MONDJI	50,65	4,3	4X
35	Nonforwou	NONFORWOU	49,28	4,1	4X
36	Nindouin	MONDJI	49,56	3,9	4X
37	Morokorou	MOROKOROU	51,19	3,8	4X
38	Ofègui	BARIDJO	75,27	4,8	6X
39	Omoya	KOKOROGBANOU	49,98	4,3	4X
40	Ossoukpana	KOKOROGBANOU	50,41	4,1	4X
41	Ouwonpèotina	BARIDJO	65,45	4,2	6X
42	Piédjè	MONDJI	50,76	4,3	4X
43	Porchèhchim	PORCHEHBIM	48,28	4,7	4X
44	Singou	KOKOROGBANOU	49,47	4,4	4X
45	Soagona	AGOGO	52,03	3,8	4X
46	Sobasson	OURTCHOUA	50,18	3,4	4X
47	Sogodo	MAKPAWA	74,49	3,9	6X
48	Soussouka	SOUSSOU	49,10	4,7	4X
49	Soussounin	SOUSSOU	50,72	4,5	4X
50	Soussou souanbou	SOUSSOU	50,37	3,7	4X
51	Tabané	TABANE	48,59	3,6	4X
52	Tam-Sam**	TAM SAM	49,97	4,2	4X
53	Terlounto	GNALABO	44,47	4,1	4X
54	Tognibo**	TOGNIBO	48,68	3,7	4X
55	Walassi	BANIOURE	49,97	3,5	4X
56	Wamai	SOUSSOU	50,19	3,8	4X
57	Wossou	AGOGO	51,94	4,2	4X
58	Yahou	SOUSSOU	50,14	4,4	4X
59	Yaka	TABANE	49,76	4,1	4X
60	Yakarango	KOKOROGBANOU	50,31	4,3	4X
61	Yoblè	MONDJI	50,67	3,8	4X
62	Youbè	MONDJI	46,80/ 93,83	4,2	4X/8X
63	Youèyouèdota	KOKOROGBANOU	50,39	4,6	4X
64	Yoroutassou	NONFORWOU	52,18	4,7	4X

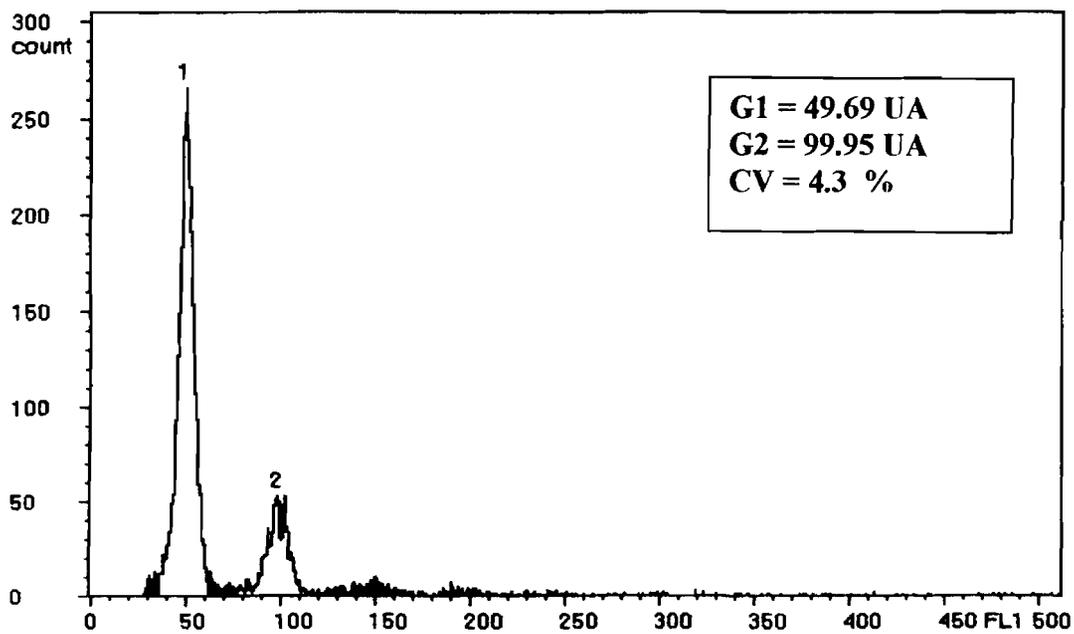


Figure 25 : Histogramme obtenu avec la variété d'igname **Kagourou** (tétraploïde)

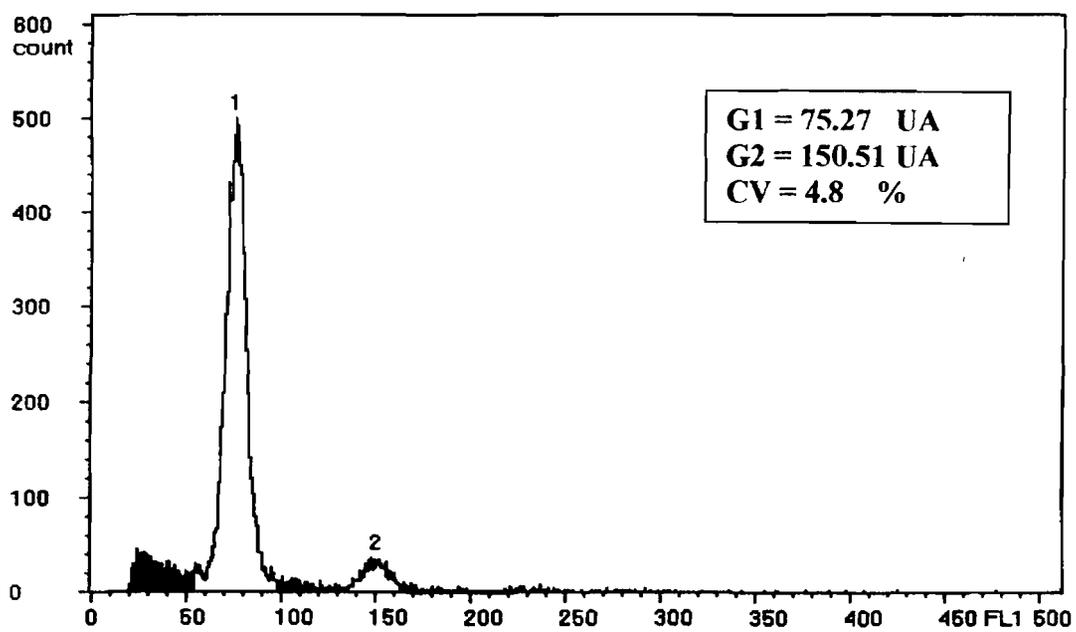


Figure 26 : Histogramme obtenu avec la variété d'igname **Ofègui** (hexaploïde)

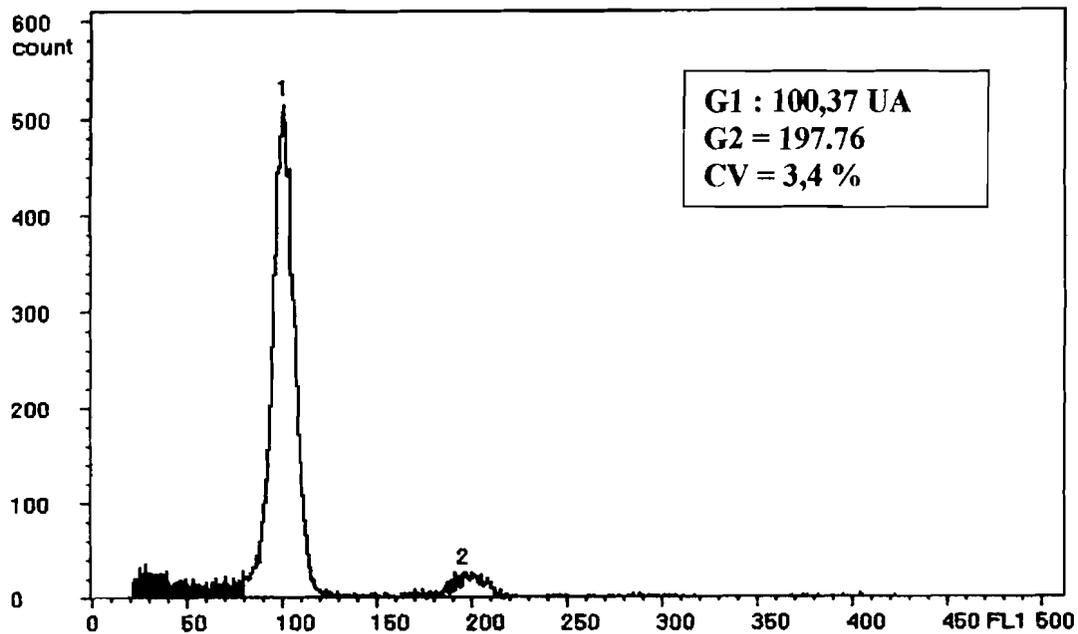


Figure 27 : Histogramme obtenu avec la variété d'igname Alakissa (octoploïde)

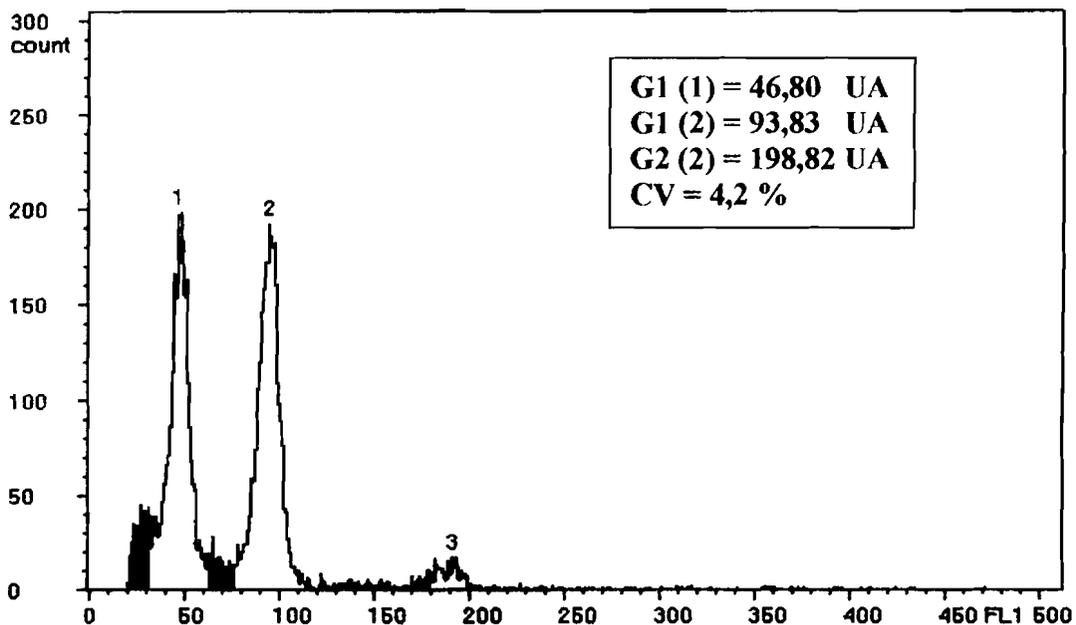


Figure 28 : Histogramme montrant une situation de **mixoploïdie** chez la variété d'igname Youbè.

Les deux grands pics représentent les phases G1 des cellules tétraploïdes d'une part et des cellules octoploïdes d'autre part. Le petit pic correspond à la phase G2 des cellules octoploïdes.

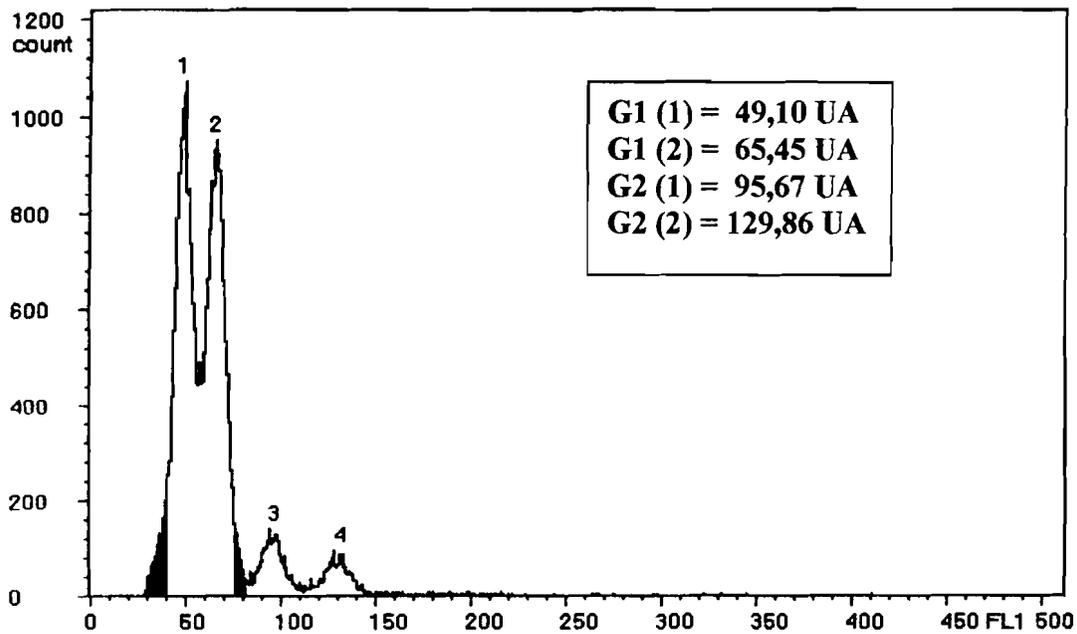


Figure 29 : Histogramme obtenu en combinant un tétraploïde (**Soussouka**) et un hexaploïde (**Ouwonpèotina**).
 Les morceaux de feuilles des deux cultivars ont été ensemble finement découpés. On voit ici nettement les **deux pics G1** (1 et 2) et les **deux pics G2** (3 et 4) des deux cycles cellulaires

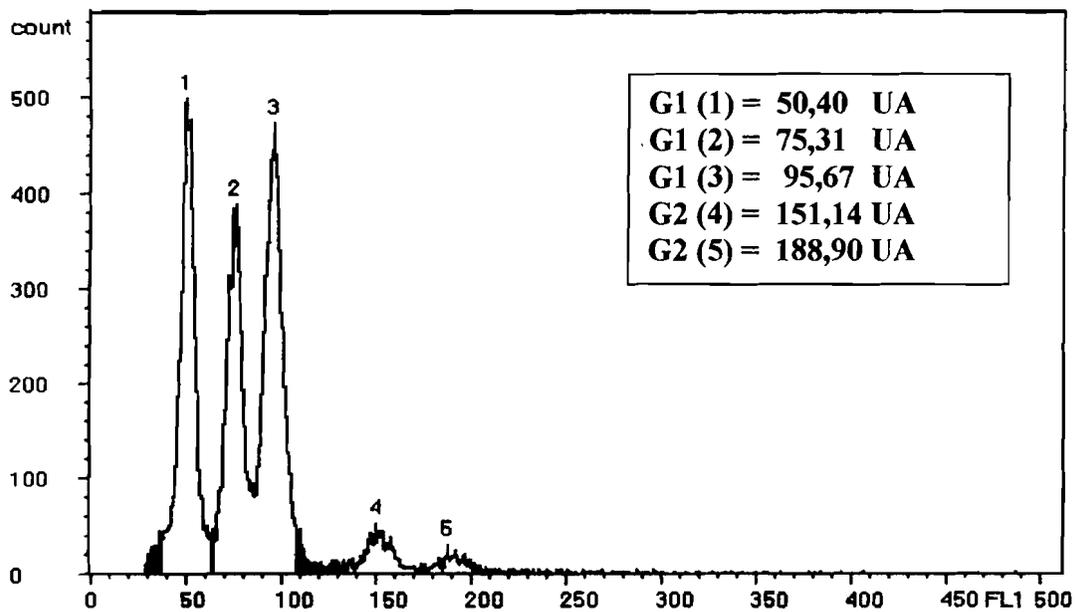


Figure 30 : Histogramme obtenu en combinant un tétraploïde (**Danwari**), un hexaploïde (**Sogodo**) et un octoploïde (**Agangan**).
 Les morceaux de feuilles des trois cultivars ont été ensemble finement découpés. On voit ici nettement les **trois pics G1** (1, 2 et 3) des trois cultivars et seulement les **pics G2** (4 et 5) de l'hexaploïde et de l'octoploïde. Le pic G2 du tétraploïde est caché par le pic G1 de l'hexaploïde.

CHAPITRE IV : ANALYSE DE LA DIVERSITÉ ENZYMATIQUE

4. 1. Introduction

Dans la classification basée sur les caractères morphologiques, des variétés morphologiquement identiques mais ayant des caractéristiques agronomiques et culinaires différentes (selon les paysans) se retrouvent dans les mêmes morphotypes. Ce constat indique que la diversité existante au sein des ignames cultivées (complexe *D. cayenensis* /*D. rotundata*) du Bénin est plus importante que celle révélée par l'analyse morphologique.

Chez les plantes cultivées, les marqueurs isozymiques sont très utilisés dans l'analyse de la diversité génétique et l'identification variétale (TANKSLEY et ORTON, 1983 ; NIELSEN, 1985; WEEDEN et LAMB, 1985 ; ANDERSON *et al.*, 1991 ; MANGANARIS *et al.*, 1994 ; DEGANI *et al.*, 1995). Chez les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* /*D. rotundata*, très peu d'études ont été faites dans ce sens (HAMON et TOURE, 1990 a, b).

La présente étude a pour objectifs :

- i) D'analyser la variabilité des différents systèmes enzymatiques (AAT, EST, ICD, PGD, PGI, PGM, SKDH) au sein des ignames cultivées (complexe *D. cayenensis* /*D. rotundata*) du Bénin.
- ii) D'utiliser la combinaison des profils observés chez les différents systèmes enzymatiques pour évaluer la diversité génétique au sein des groupes variétaux.
- iii) D'identifier les variétés ou les groupes variétaux caractérisés par des profils enzymatiques particuliers.

- iv) D'examiner avec la classification ascendante hiérarchique (CAH) les relations entre les différentes variétés.

4.2. Variabilité des systèmes enzymatiques

La figure 31 montre les différents profils observés pour chaque système enzymatique. Tous les systèmes enzymatiques utilisés sont polymorphes avec une ou deux zones d'activités :

La **SKDH** présente une seule zone d'activités avec 9 phénotypes (profils) dont 3 homozygotes et 6 hétérozygotes (figure 31 a). SKDH est monomérique chez l'igname (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994). Les différents profils observés pour cette enzyme sont en accord avec sa structure monomérique. Le profil **F** est celui d'un individu polyploïde et est observé uniquement chez les variétés hexaploïdes (MAKPAWA) ou octoploïdes (ALAKISSA).

La **PGD** présente deux zones d'activités (**PGD-I**, **PGD-II**) avec des profils variables (figure 31 b). Les profils de **PGD-I** sont à une ou deux bandes. Ceux de **PGD-II** sont à une, deux ou cinq bandes. PGD est monomérique chez l'igname avec deux locus (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994). Les différents profils observés pour cette enzyme sont en accord avec sa structure monomérique. Les profils **C**, **F**, **G** et **I** présentent des effets d'allèles nuls. Le profil **H** est celui d'un polyploïde et est observé chez les cultivars hexaploïdes du groupe BARIDJO.

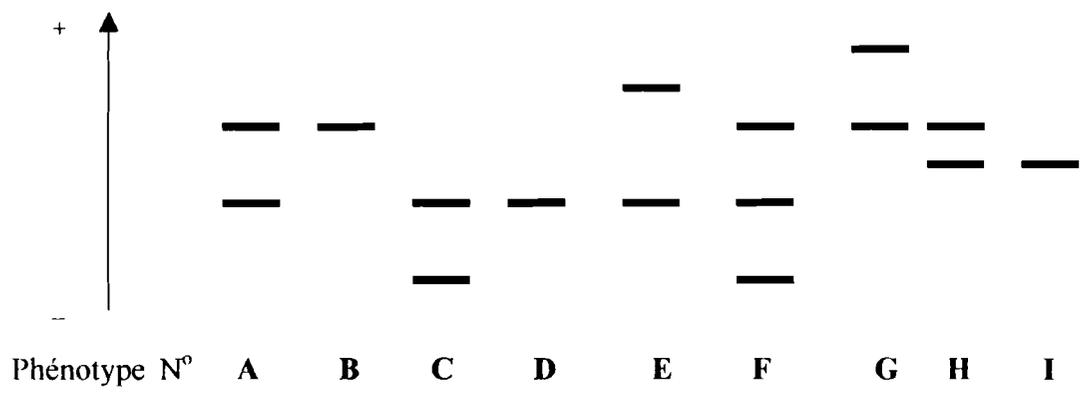


Figure 31 a : Profils de la Shikimate Dehydrogenase (SKDH)

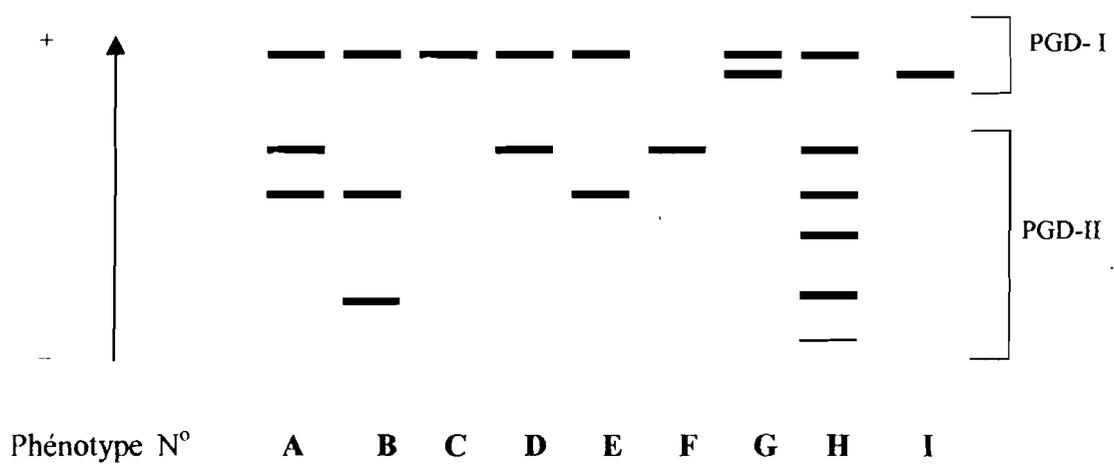


Figure 31 b : Profils de la 6-Phosphogluconate Dehydrogenase (6-PGD)

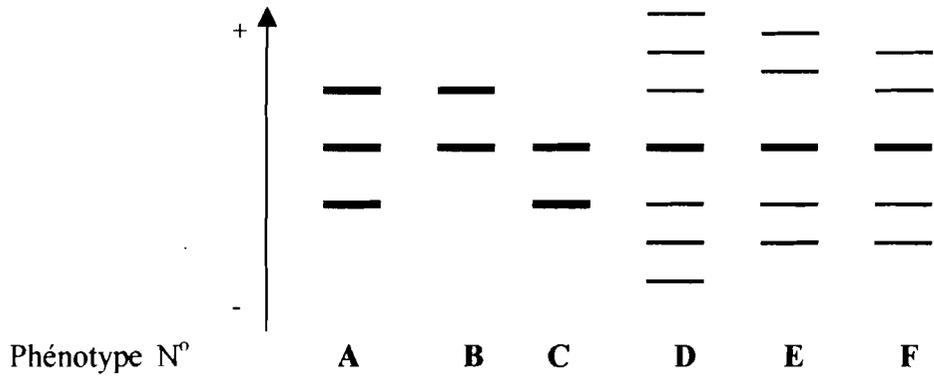


Figure 31 c : Profils de l'Estérase (EST)

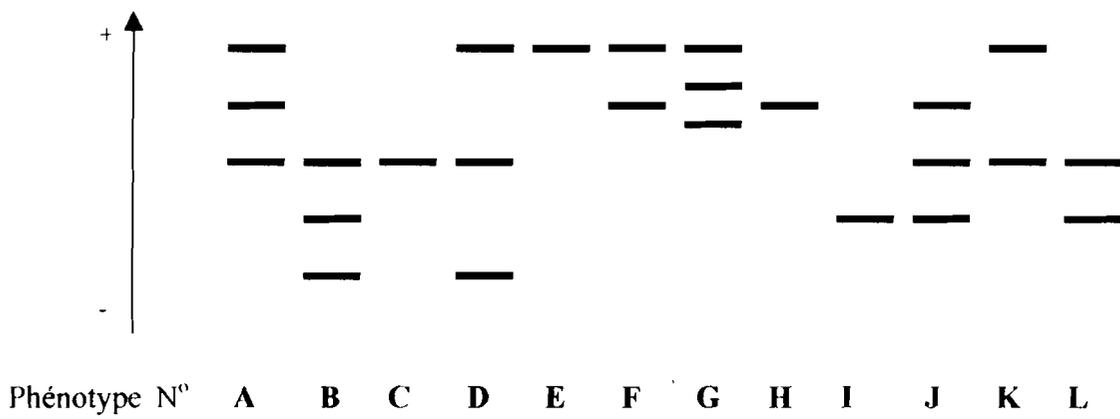


Figure 31 d : Profils de l'Isocitrate Dehydrogenase (IDH)

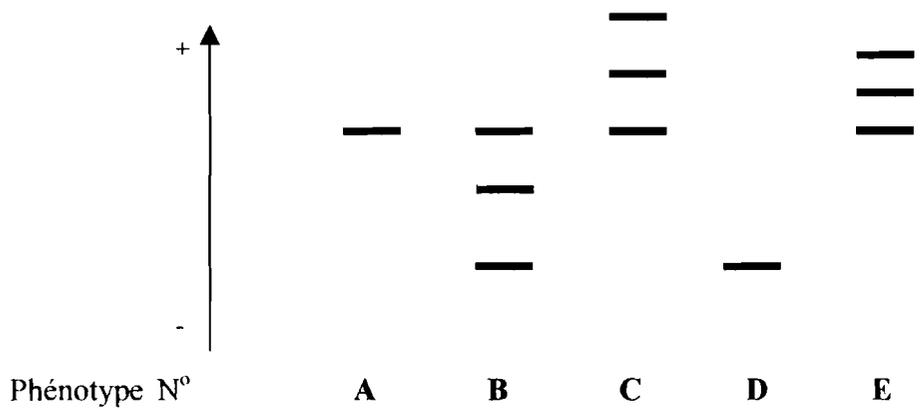


Figure 31 e : Profils du Phosphoglucose Isomerase (PGI)

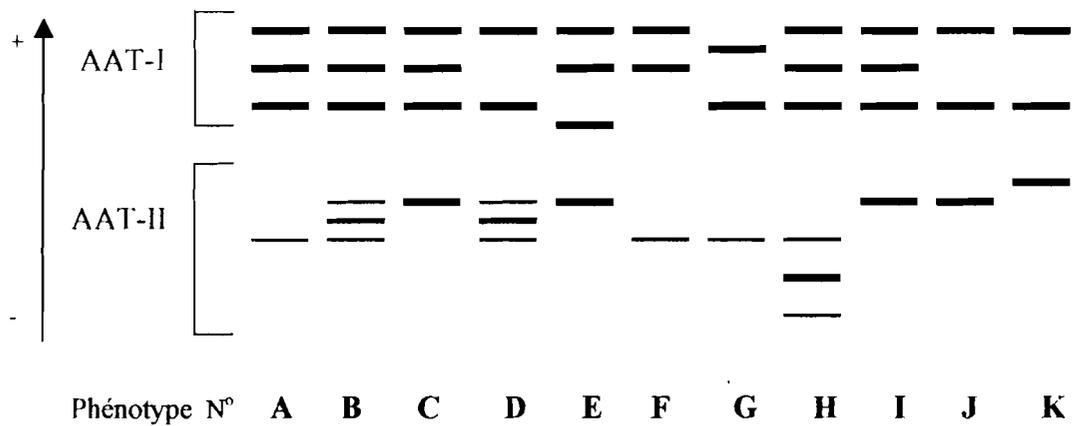


Figure 31 f : Profils de l'Aspartate Aminotransferase (AAT)

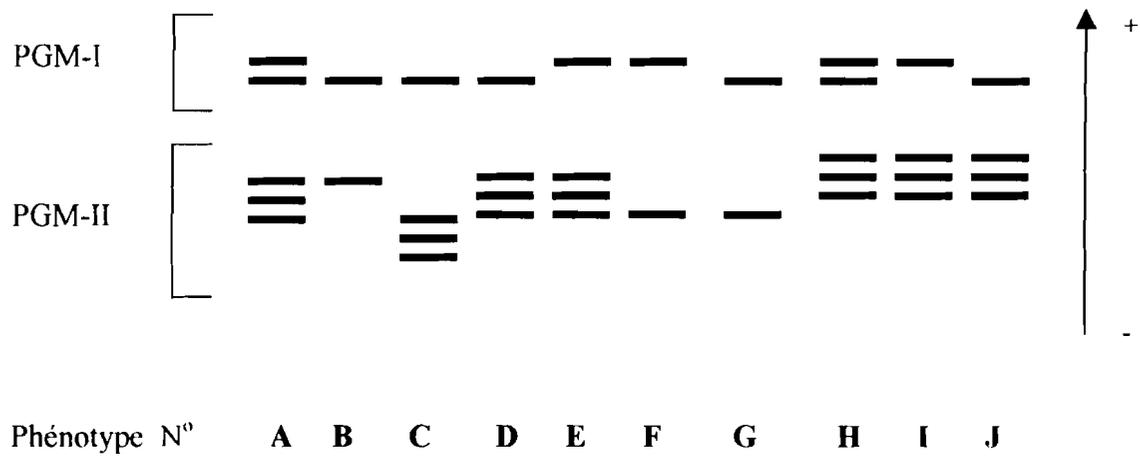


Figure 31 g : Profils de la Phosphoglucomutase (PGM)

Figure 31 : Divers profils observés au sein des ignames cultivées du Bénin pour les sept systèmes enzymatiques étudiés

Six phénotypes (deux homozygotes et quatre hétérozygotes) et une zone d'activités sont observés pour l'**EST** (figure 31 c). Chez l'igname, l'**EST** est monomérique avec une isozyme secondaire (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994). Les profils identifiés chez ce système sont en accord avec sa structure monomérique. Les phénotypes D, E et F sont ceux d'individus polyploïdes et existent uniquement chez ALAKISSA (octoploïde) et MAKPAWA (hexaploïde).

L'**IDH** présente une zone d'activités et 12 profils avec une, deux ou trois bandes (figure 31 d). Comme chez beaucoup d'autres plantes cultivées (KEPHART, 1990; WENDEN et WEEDEN, 1989), IDH est dimérique chez l'igname (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994) et les phénotypes observés sont aussi en accord avec sa structure dimérique. Les profils à deux bandes peuvent s'expliquer par la présence d'un allèle nul.

Une zone d'activités et cinq profils (à une ou trois bandes) sont observés chez le **PGI** (figure 31 e). PGI est dimérique chez l'igname (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1994) et les profils observés s'expliquent aisément lorsqu'on considère une structure dimérique pour cette enzyme.

Les isozymes de l'**AAT** (GOT) apparaissent dans deux différentes zones (AAT-I et AAT-II) du gel (figure 31 f). Chacune de ces zones présente 5 phénotypes. Ceux de la zone de migration rapide (AAT-I) sont à trois ou deux bandes alors que ceux de la zone de migration lente (AAT-II) sont à une ou trois bandes. Les résultats indiquent que chez l'igname, comme chez d'autres plantes (GOTTLIEB, 1982 ; KEPHART, 1990), AAT est dimérique avec deux locus. Des croisements contrôlés sont cependant nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Les résultats obtenus pour le **PGM** mettent aussi en évidence deux locus (PGM-I et PGM-II). Avec PGM-I, les profils sont à une ou deux bandes (figure 31 g) alors qu'avec PGM-II ils sont à une ou trois bandes. Comme chez les plantes d'une manière générale (GOTTLIEB, 1982 ; WENDEN et WEEDEN, 1989 ; KEPHART, 1990), PGM chez l'igname serait monomérique et contrôlé par deux locus. Tous les profils observés s'expliquent aisément sur cette base et si l'on considère que les individus analysés sont tétraploïdes, hexaploïdes ou octoploïdes. Des croisements contrôlés sont cependant nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Les différents profils observés pour chacun des systèmes enzymatiques étudiés sont de fréquences différentes. Le tableau 13 et la figure 32 montrent que selon les systèmes, seuls deux, trois ou quatre des profils observés sont fréquents et les autres sont plus ou moins rares. Des résultats similaires avaient été obtenus sur les ignames de Côte d'Ivoire (HAMON et TOURE 1990).

4.3. Diversité génétique au sein des groupes variétaux

Avec la classification morphologique, deux types de groupes variétaux sont identifiés : les groupes homogènes et les groupes hétérogènes. Les systèmes enzymatiques utilisés permettent de mettre en évidence une importante diversité au sein de nombreux groupes variétaux. Les résultats obtenus permettent de classer les 26 groupes variétaux en quatre catégories :

Tableau 13: Fréquence des différents phénotypes (profils) observés pour chacun des systèmes enzymatiques étudiés.

Pour chaque système et pour chaque phénotype, la valeur indiquée dans le tableau représente le nombre d'accessions. Au total 467 accessions sont analysées.

Phénotypes	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
A	126	268	304	142	402	276	127
B	27	12	07	198	53	07	261
C	245	10	30	31	02	107	68
D	33	87	02	50	04	33	07
E	02	63	102	07	06	28	03
F	02	06	02	10	-----	05	01
G	05	06	05	10	-----	01	-----
H	14	05	01	12	-----	09	-----
I	06	05	01	07	-----	01	-----
J	02	05	03	-----	-----	-----	-----
K	05	-----	05	-----	-----	-----	-----
L	-----	-----	05	-----	-----	-----	-----

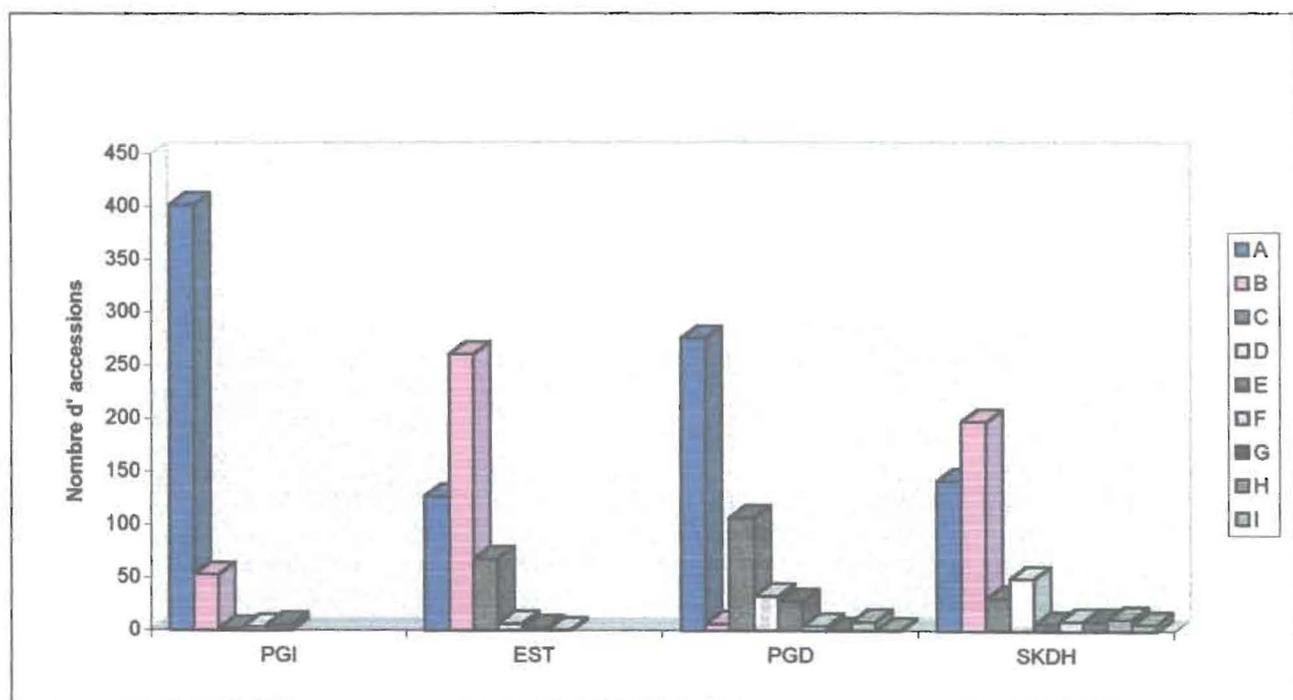


Figure 32-a

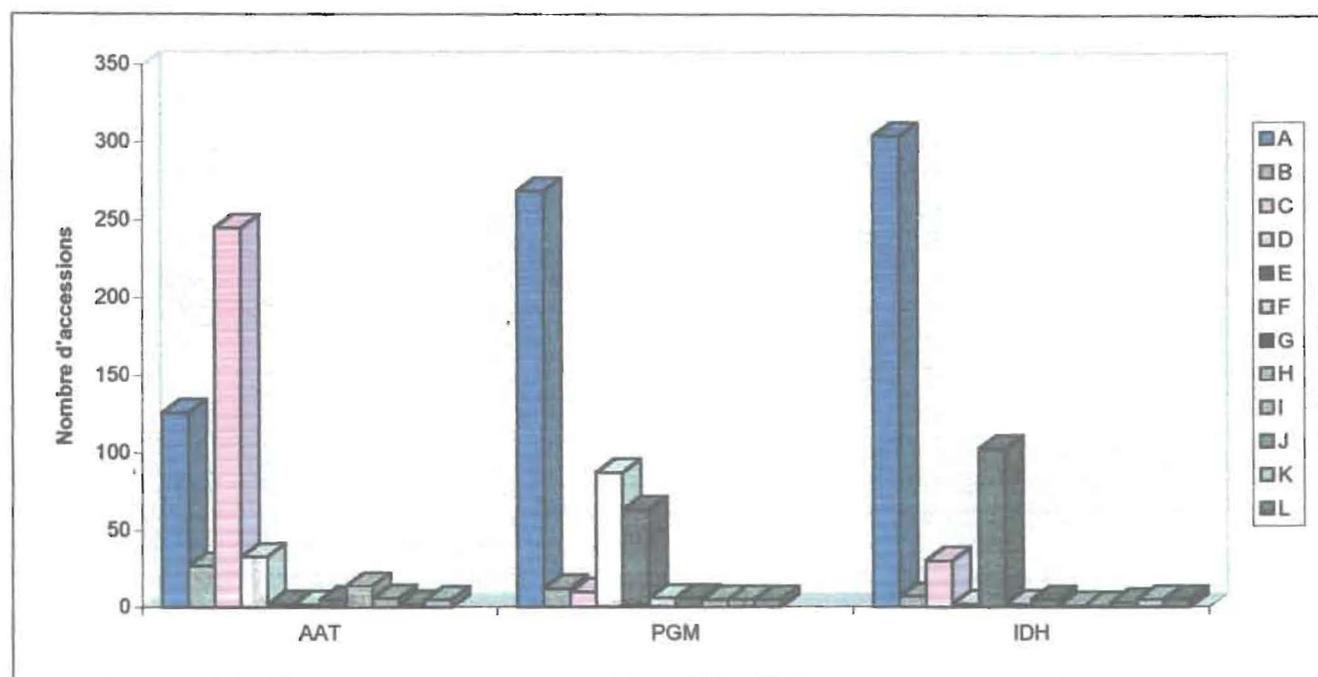


Figure 32-b

Figure 32: Fréquence des profils observés chez les ignames cultivées (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin pour les différents systèmes enzymatiques analysés

- Des groupes variétaux morphologiquement et génétiquement homogènes. Ce sont : DIKPIRI, KPANHOURA, TAM-SAM, TERKOKONOU et TOGNIBO. Un seul génotype est identifié dans chacun de ces groupes variétaux (tableau 14).

- Des groupes variétaux morphologiquement homogènes mais génétiquement hétérogènes (tableau 14). Deux groupes (GNIDOU et NOUALAYE) sont classés dans cette catégorie. Ceux-ci renferment respectivement cinq et sept génotypes. Tous les individus de noms différents (Dagui-dagui, Doyesserou, Gnidou et Idjitedettedeka) classés dans GNIDOU apparaissent génétiquement différents bien que morphologiquement identiques. La variété Gnidou est elle-même constituée de deux génotypes.

- Des groupes variétaux morphologiquement hétérogènes mais génétiquement homogènes (tableau 14). BARIDJO, PORCHEHBIM et TABANE sont les trois groupes variétaux entrant dans cette catégorie et dans lesquels un seul génotype est identifié. Les résultats obtenus indiquent que les différents morphotypes classés dans ces groupes sont génétiquement très proches.

- Des groupes variétaux morphologiquement et génétiquement hétérogènes. Seize groupes variétaux entrent dans cette catégorie (tableau 14). Ce sont : AGOGO, AHIMON, ALAKISSA, ANTAWOROROU, BANOURE, DOUMA YESSIROU, GNALABO, KOKOROGBANOU, KPONAN, KRATCHI, MAKPAWA, MOROKOROU, MONDJI, NONFORWOU, OURTCHOUA et SOUSSOU.

Dans le groupe KOKOROGBANOU, seuls deux génotypes sont identifiés à partir de l'analyse des 25 accessions classées dans le morphotype Kinkerekou alors que pour les paysans, certains individus classés dans ce morphotype, bien que morphologiquement identiques, diffèrent sur les plans agronomique et culinaire.

Tableau 14 : Les groupes variétaux d'igname du Bénin, leur diversité morphologique et le nombre de génotypes identifiés dans chacun d'eux.

Groupes variétaux	NA	NM	Diversité morphologique		NGI
			Partie aérienne	Tubercule	
AGOGO	14	04	hétérogène	hétérogène	08
AHIMON	34	02	homogène	hétérogène	19
ALAKISSA	08	03	homogène	hétérogène	03
ANTAWOROROU	06	03	hétérogène	hétérogène	03
BANIOURE	30	04	homogène	hétérogène	13
BARIDJO	09	03	homogène	hétérogène	01
DIKPIRI	02	01	homogène	homogène	01
DOUBA YESSIROU	10	02	homogène	hétérogène	05
GNALABO	10	03	hétérogène	hétérogène	04
GNIDOU	28	01	homogène	homogène	05
KOKORGBANOU	88	14	homogène	homogène	28
KPANHOURA	06	02	homogène	homogène	01
KPONAN	07	01	homogène	hétérogène	05
KRATCHI	18	02	homogène	hétérogène	08
MAKPAWA	03	02	hétérogène	hétérogène	02
MONDJI	60	11	hétérogène	hétérogène	29
MOROKOROU	23	02	hétérogène	hétérogène	08
NONFORWOU	13	04	homogène	hétérogène	09
NOUALAYE	18	01	homogène	homogène	07
OURTCHOUA	12	03	hétérogène	hétérogène	06
PORCHEHBIM	06	02	homogène	hétérogène	01
SOUSSOU	42	11	hétérogène	hétérogène	24
TABANE	13	05	homogène	hétérogène	01
TAM SAM	01	01	homogène	homogène	01
TERKOKONOU	04	01	homogène	homogène	01
TOGNIBO	02	01	homogène	homogène	01
TOTAL	467	90			194

Abréviations : NA : Nombre d'accessions analysées ; NM : Nombre de morphotypes
 NGI : Nombre de génotypes identifiés

En considérant les résultats obtenus pour chacun des groupes variétaux, l'analyse enzymatique permet de distinguer au total 194 génotypes (tableau 14). Des individus appartenant à des morphotypes ou à des groupes variétaux différents présentent parfois les mêmes génotypes. Pour cette raison, une meilleure évaluation consiste à dénombrer le nombre de génotypes obtenus par morphotype. Cette méthode d'évaluation permet l'identification de 227 différents individus (tableau 15) sur 467 accessions analysées.

4.4. Identification des variétés et des groupes variétaux par leurs phénotypes enzymatiques

Certains profils enzymatiques (en gras dans le tableau 16) caractérisent des groupes variétaux ou ne sont rencontrés que chez ceux-ci. Les bandes lentes pour les systèmes IDH, PGD, SKDH, PGM, EST sont observées uniquement chez les groupes variétaux ALAKISSA et MAKPAWA. Le profil H de PGD caractérise le groupe variétal BARIDJO.

Quelques variétés peuvent être identifiées au sein de leurs groupes par des profils enzymatiques donnés. Ainsi, AAT-C sépare Kokouma de Morokorou au sein de MOROKOROU, Soagona de toutes les autres variétés du groupe AGOGO et Walassi de Baniouré dans le groupe BANIOURE. Dans le groupe NONFORWOU, PGM-E caractérise le morphotype Djatouba.

Dans les autres groupes, certaines variétés se distinguent par leurs formules enzymatiques. Ainsi, dans le groupe GNALABO, les variétés Gnalabo, Assaboné, Agada, Ounonyahoun et Terlounto classées dans trois morphotypes différents se distinguent les unes des autres par leurs formules enzymatiques.

Tableau 15 : Nombre de géotypes identifiés au sein des différents morphotypes d'igname du Bénin

Morphotypes	NA	NG	Morphotypes	NA	NG	Morphotypes	NA	NG
Agangan	03	03	Gnawounkoko	02	01	Oroutanai	21	07
Agogo	05	05	Gnidou	28	05	Orou yinsingué	03	02
Ahimon	32	18	Gnifôkpado	02	01	Ossoukpana	09	06
Akpazin	08	06	Guiéna	01	01	Ourtchoua	04	01
Alakissa	03	01	Guirissa	03	01	Ouwonpèotina	02	01
Ala n'kojèwoué	07	05	Hounbonon	01	01	Piédjè	02	01
Androki	01	01	Ihdonou	01	01	Porchèhchim	03	01
Ankpoloman	02	01	Issou agatou	01	01	Singou	12	06
Antawororou	03	01	Kagourou	04	01	Soagona	04	03
Assaboné	01	01	Kangni	02	02	Sobasson	06	04
Baniakpa	03	01	Kéé	02	01	Sogodo	02	01
Baniouré bagarou	08	05	Kinkérékou	25	02	Soussouka	25	15
Baniouré Montogué	03	01	Kokoné	03	02	Soussounin	01	01
Baniouré oloukobi	18	08	Kokouma	04	03	Soussou souanbou	04	02
Baridjo	04	01	Kologo	04	02	Tabané	04	01
Boki	01	01	Kouragouroko	01	01	Tam-sam	01	01
Bonakpo	02	01	Kpanhoura	06	01	Terlounto	01	01
Brizi	10	01	Kpirou kpika	01	01	Terkokonou	04	01
Danwari	10	04	Kponan	05	05	Tognibo	02	01
Déba	06	03	Kratchi	16	06	Walassi	01	01
Djatouba	04	03	Laboko	02	02	Wamai	01	01
Djikpiri	02	01	Makpawa	01	01	Wolouchahabim	03	01
Djiladja	01	01	Marétassou	01	01	Wossou	03	02
Dikpiri	02	01	Monji	11	08	Yahou	01	01
Douba yéssirou	08	04	Nonforwou	07	04	Yaka	03	01
Doundoua	02	01	Nindouin	03	02	Yakarango	03	03
Effourou	01	01	Morokorou	19	05	Yoblé	01	01
Fêni	01	01	Noualaye	18	08	Youbè	01	01
Gbèra	01	01	Ofègui	03	01	Youèyouèdota	01	01
Gnalabo	08	03	Omoya	01	01	Yorou tassou	01	01

Abréviations: NA : Nombre d'accessions analysées ; NG: Nombre de géotypes identifiés.

Tableau 16 : Distribution et fréquence des différents phénotypes enzymatiques au sein des groupes variétaux d'ignames du Bénin.

Les lettres A à L sont celles indiquées dans la figure 31. Les chiffres entre crochets indiquent le nombre d'accessions.

Groupes variétaux	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
AGOGO	A [10] C [04]	A [09] E [05]	A [14]	A [01] B [13]	A [14]	A [05] C [05] D [02] E [02]	B [14]
AHIMON	A [26] B [01] C [07]	A [12] B [02] D [18] G [02]	A [25] E [04] G [05]	A [05] B [29]	A [34]	A [07] C [05] D [08] E [10] F [04]	A [08] B [26]
ALAKISSA	C [01] H [07]	C [07] D [01]	B [07] F [01]	C [01] F [07]	A [04] C [04]	A [01] B [07]	D [07] E [01]
ANTAWOROROU	C [06]	A [05] D [01]	A [06]	E [06]	A [06]	A [06]	A [02] B [04]
BANIOURE	A [29] C [01]	A [01] D [03] E [20] F [06]	A [30]	C [30]	A [27] D [03]	A [18] D [03] E [08] F [01]	A [09] B [19] C [02]
BARIDJO	D [09]	A [09]	A [09]	A [09]	A [09]	H [09]	A [09]
DIKPIRI	A [02]	D [02]	A [02]	B [02]	B [02]	C [02]	A [02]
DOUBA YESSIROU	A [01] C [05] D [04]	A [06] B [01] D [03]	E [10]	B [07] D [03]	A [08] C [02]	A [10]	A [02] B [08]
GNALABO	A [02] C [08]	A [10]	A [04] C [01] E [05]	A [08] B [01] D [01]	A [10]	D [10]	B [10]
GNIDOU	C [28]	A [27] D [01]	A [01] E [27]	B [02] D [26]	A [28]	A [27] C [01]	B [28]
KOKOROGBANOU	A [13] C [73] H [02]	A [27] D [43] E [18]	A [86] E [02]	B [60] G [09] H [12] I [07]	A [71] B [17]	A [87] C [01]	A [60] C [28]
KPANHOURA	A [06]	E [06]	C [06]	A [06]	E [06]	A [06]	B [06]
KPONAN	A [02] C [01] D [04]	A [07]	A [01] C [05] K [01]	A [07]	A [02] B [05]	C [06] E [01]	A [03] B [01] C [03]

Tableau 16 (suite et fin)

Groupes variétaux	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
KRATCHI	A [02] D [13] H [03]	A [18]	A [17] E [01]	B [17] D [01]	A [18]	C [09] D [07] E [02]	B [14] C [04]
MAKPAWA	F [02] G [01]	C [03]	D [02] F [01]	F [03]	A [03]	A [01] E [02]	E [02] F [01]
MONDJI	A [04] B [02] C [43] D [02] I [02] J [02] K [05]	A [46] D [09] E [05]	A [21] C [05] E [20] H [01] I [01] J [03] K [05] L [04]	A [47] B [05] D [07] G [01]	A [60]	A [43] C [14] E [02] G [01]	A [10] B [50]
MOROKOROU	C [19] I [04]	A [04] D [01] E [03] H [05] I [05] J [05]	A [01] C [03] E [19]	A [19] B [04]	A [23]	C [22] E [01]	B [23]
NONFORWOU	A [01] C [11] D [01]	A [04] D [05] E [04]	A [11] E [02]	A [09] B [01] D [02] E [01]	B [13]	A [04] C [09]	A [03] C [10]
NOUALAYE	B [18]	A [18]	A [17] E [01]	A [01] B [14] D [03]	A [18]	A [12] C [02] D [03] I [101]	C [18]
OURTCHOUA	B [06] C [06]	A [05] B [06] E [01]	A [12]	A [01] B [10] B [01]	A [10] B [02]	A [06] C [06]	A [01] B [08] C [03]
PORCHEHBIM	A [06]	A [06]	A [06]	B [06]	A [06]	A [06]	B [06]
SOUSSOU	A [08] C [28] G [04] H [02]	A [38] B [03] E [01]	A [27] C [08] E [07]	A [29] B [07] D [06]	A [31] B [10] D [01]	A [23] C [19]	A [04] B [38]
IABANE	A [13]	A [13]	A [13]	B [13]	A [13]	A [13]	A [13]
TAM SAM	A [01]	A [01]	A [01]	B [01]	A [01]	A [01]	A [01]
IERKOKONOU	C [04]	G [04]	E [04]	B [04]	A [04]	C [04]	B [04]
TOGNIBO	E [02]	A [02]	C [02]	B [02]	A [02]	C [02]	B [02]

4.5. Classification ascendante hiérarchique et relations entre les différentes variétés

La Classification ascendante hiérarchique (CAH) sépare les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* en deux classes (figure 33). La première est constituée des ignames à chair jaune (ALAKISSA et MAKPAWA) connues sous le nom de *D. cayenensis* et la seconde renferme toutes les ignames à chair blanche connues sous le nom de *Dioscorea rotundata*.

Au sein des ignames à chair blanche, la CAH isole les variétés du groupe BARIDJO de toutes les autres (figure 33). Les variétés du groupe BARIDJO (BANIAKPA en Côte d'Ivoire) sont intermédiaires entre *D. cayenensis* et *D. rotundata* (HAMON et TOURÉ 1990 a). En dehors des trois groupes ALAKISSA, BARIDJO et MAKPAWA et à 80% de similarité, 13 groupes variétaux (AGOGO, ANTAWOROROU, DIKPIRI, GNIDOU, KPANHOURA, KPONAN, KRATCHI, NOUALAYE, PORCHEHBIM, TABANE, TAM SAM, TERKOKONOU et TOGNIBO) se distinguent sur la base de leurs phénotypes enzymatiques. Les variétés des autres groupes sont dispersées.

Les variétés des groupes TAM SAM et TABANE sont identiques (figure 33) et sont donc génétiquement très proches.

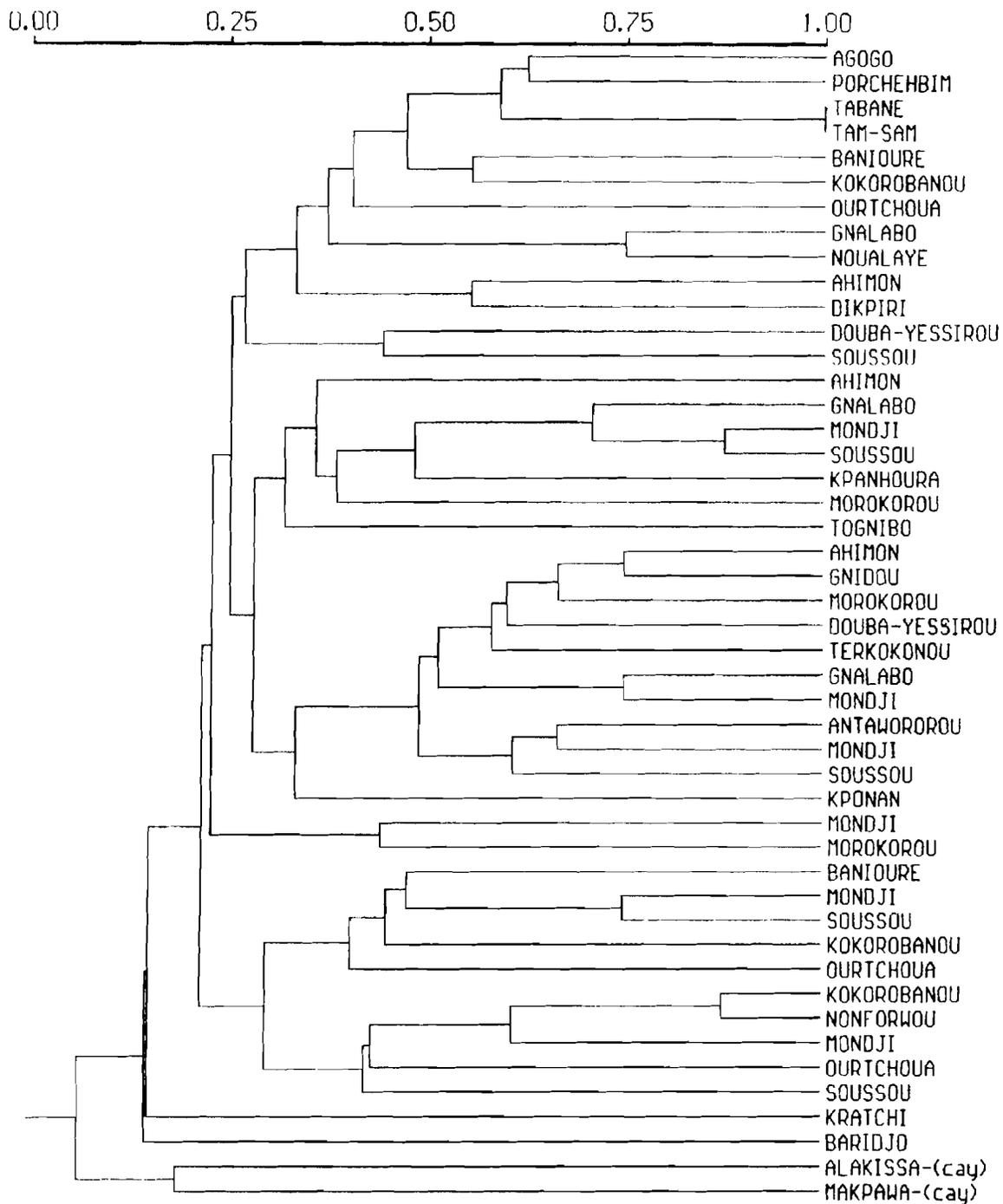


Figure 33: Classification ascendante hiérarchique (basée sur les données enzymatiques) des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* du Bénin.

CHAPITRE V : CLASSIFICATION DES IGNAMEES PAR LES MARQUEURS RAPD (RANDOMLY AMPLIFIED POLYMORPHIC DNA)

5.1. Introduction

Les classifications basées sur les marqueurs enzymatiques au sein du groupe variétal TABANE et du morphotype Kinkérékou (groupe KOKOROGBANOU) ne sont pas satisfaisantes. En effet, aucune différence n'est observée entre les individus classés dans le groupe TABANE et seuls deux génotypes sont identifiés parmi les 25 accessions du morphotypes Kinkérékou.

Le groupe variétal TABANE est constitué de 11 variétés (si l'on considère que chaque nom désigne une variété différente) morphologiquement identiques en ce qui concerne l'appareil végétatif aérien. Sur la base des caractéristiques de leurs tubercules, les 11 variétés sont classées en 5 morphotypes (tableau 17). Pour les paysans, les variétés Komna et Kpanatantangni, Yaka et Yakarango (tableau 17) sont différentes (n'ont pas les mêmes caractéristiques culinaires et agronomiques) et doivent être séparées.

Dix-sept (17) variétés (si l'on considère que chaque nom désigne une variété différente) sont classées dans le morphotype Kinkérékou (tableau 6). Avec l'analyse enzymatique, ces 17 individus sont classés en deux catégories correspondant aux deux formules enzymatiques identifiées (annexe 9). L'une de ces deux catégories est constituée de

Assinabaro, Awaya, Chamba, Gaki, Kagourou, Kinkérékou, Kokorogbara, Kpadjoubakokpo, Omoya, Tawounma et Wohounko. Selon les paysans, ces 11 variétés bien que morphologiquement identiques n'ont pas toutes les mêmes caractéristiques culinaires et agronomiques. Pour les **Nago**, Kpadjoubakokpo, Omoya et Wohounko sont des cultivars bien différents ; chez les Kotokoli, Gaki n'est pas synonyme de Chamba ; chez les Bariba, Awaya, Kagourou et Kinkérékou sont aussi différentes.

Les résultats obtenus indiquent donc que les marqueurs enzymatiques ne sont pas suffisants pour l'identification et la classification variétale dans le morphotype Kinkérékou et dans le groupe variétal TABANE. Pour affiner les classification dans ces deux entités, nous avons fait recours aux marqueurs RAPD (WELSH et MCCLELLAND, 1990; WILLIAMS *et al.*, 1990, ASEMOTA *et al.*, 1996; RAMSER *et al.*, 1996, 1997; LING *et al.*, 1997; AL-ZAHIM *et al.*, 1997).

5.2. Polymorphisme des bandes RAPD

Les douzes sondes utilisées ont généré au total 63 bandes dont 47 sont polymorphiques. Le polymorphisme révélé par chacune des sondes est faible et aucune d'elles ne permet l'identification de toutes les variétés (figure 34). Cependant, la plupart des variétés sont identifiées par la combinaison des résultats de plusieurs sondes.

5.3. Diversité génétique au sein du groupe variétal TABANÉ

La figure 35 montre le dendrogramme obtenu après une classification ascendante hiérarchique des variétés du groupe TABANE. Elle indique que seules les variétés Kandi et Yaka sont génétiquement identiques : Yaka est donc un synonyme de Kandi.

Tableau 17 : Structure du groupe TABANÉ

Morphotypes	Autres noms
Hounbonon	
Ihdonou	
Kagourou-1	Kèkè, Kokoroagbessi
Yaka	Yakarango
Tabane	Kandi, Komna, Kpanatantangni

Tableau 18 : Liste des variétés classées dans le groupe TABANE et dans le morphotype Kinkérékou et analysées par RAPD.

Groupe TABANE	Morphotype Kinkérékou
Hounbonon	Assinabaro
Ihdonou	Awaya
Kagourou ₁	Chamba
Kandi	Gaki
Kèkè	Kagourou ₂
Kokoroagbéssi	Kinkérékou
Komna	Kokorogbara
Kpanatantangni	Kpajoubakokpo
Tabané	Omoya
Yaka	Tawounma
Yakarango	Wohounko

A 85% de similarité, on observe une classification des variétés en quatre sous-groupes (T1, T2, T3 et T4). Cette nouvelle classification est différente de celle obtenue sur la base des marqueurs morphologiques (tableau 19). Des variétés précédemment classés dans le même morphotype se retrouvent maintenant dans des sous-groupes différents.

Tableau 19 : Comparaison des classifications morphologiques et moléculaires des ignames du groupe TABANE.

(Les noms des morphotypes sont écrits en gras).

Classifications morphologiques (morphotypes)	Classifications basées sur la RAPD
1- Hounbonon	1- Hounbonon , Yakarango
2- Ihdonou	2- Kpanantantangni
3- Kagourou , Kèkè, Kokoroagbessi	3- Kagourou-1 Keke, Yaka/Kandi,
4- Yaka , Yakarango	4- Tabané , Komna, Kokoroagbessi, Ihdonou
5- Tabane , Kandi, Komna, Kpanatantangni	

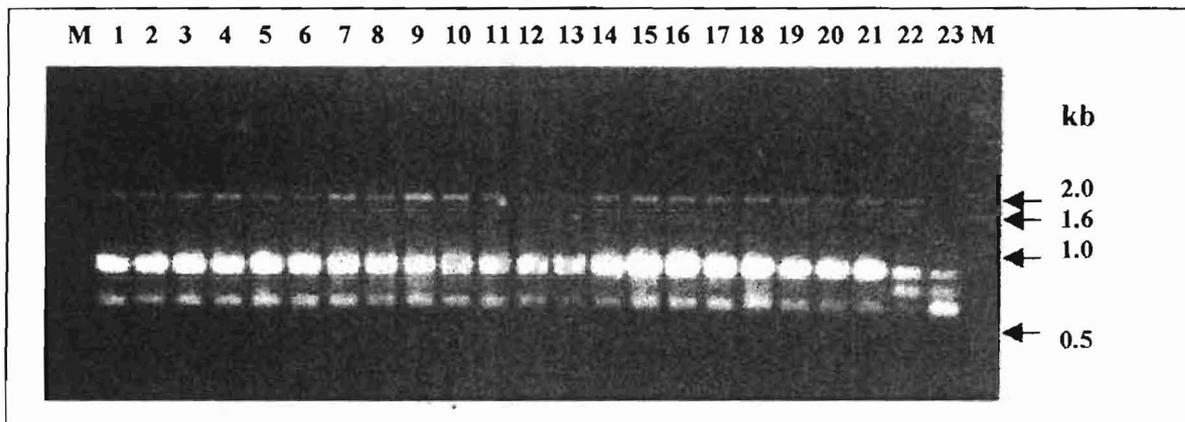


Figure 34 : Résultat de la sonde OPW-17: 1) Yaka ; 2) Yaka (Témoin) ; 3) Kandi ; 4) Kinkerekou ; 5) Awaya ; 6) Kagourou-1 ; 7) Chamba ; 8) Kagourou-2; 9) Keke ; 10) Omonya; 11) Tabane ; 12) Kpajoubakokpo ; 13) Ihdou ; 14) Kokorobanou ; 15) Wohounko , 16) Tawounma ; 17) Kpanantantangni ; 18) Komna ; 19) Kokoroagbessi ; 20) Assinabaro ; 21) Gaki ; 22)Yakarango ; 23) Hounbonon. **M** = marqueur (1kb ladder).

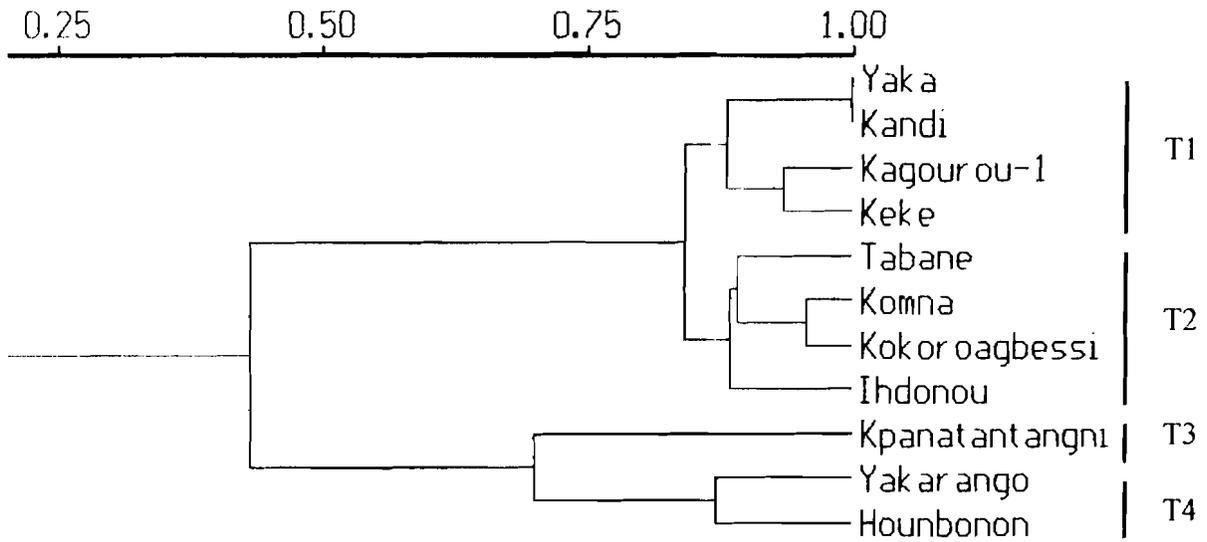


Figure 35: Classification ascendante hiérarchique dans le groupe TABANE

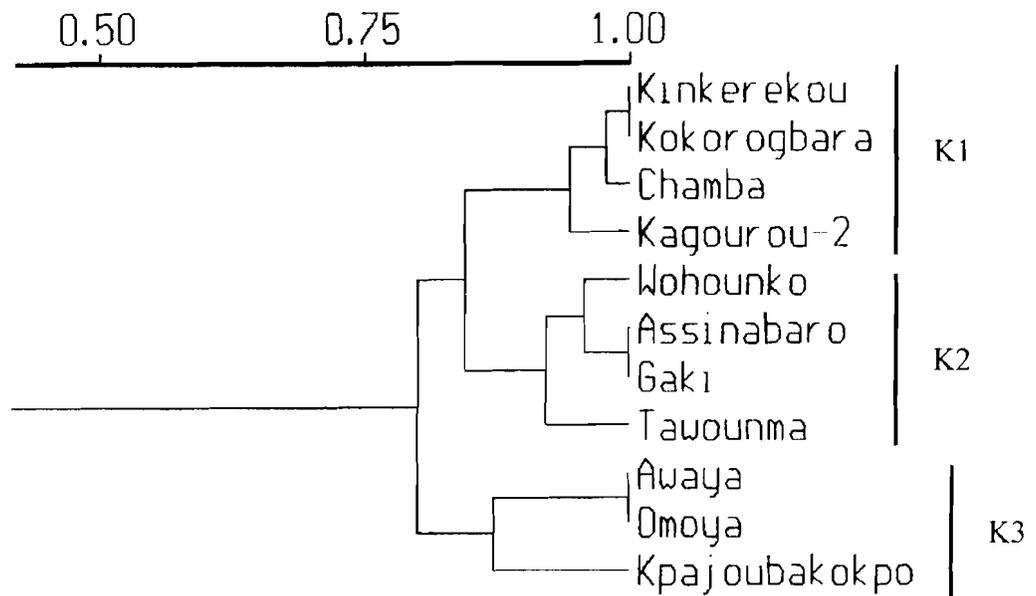


Figure 36: Classification ascendante hiérarchique dans le morphotype Kinkérékou.

5.4. Diversité génétique au sein du morphotype Kinkérékou.

La figure 36 est une classification ascendante hiérarchique des 11 variétés du morphotype Kinkérékou. Cette figure montre que des différences n'apparaissent entre les individus qu'au-delà de 80% de similarité et indique que ceux-ci sont génétiquement très proche. A 85% de similarité, on observe leur regroupement en trois catégories notées K1, K2 et K3. Compte tenu de la proximité génétique entre les individus, nous considérons K1, K2 et K3 comme des variétés et leurs composants comme leurs clones.

La figure 36 montre aussi que certains individus (Kinkérékou et Kokorogbara ; Gaki et Assinabaro ; Awaya et Omoya) sont génétiquement identiques. Kinkérékou, Gaki et Awaya sont donc respectivement synonymes de Kokorogbara, d'Assinabaro et de Omoya.

QUATRIEME PARTIE :
DISCUSSION, CONCLUSION
ET PERSPECTIVES

1. DISCUSSION

Les données de la prospection montrent qu'au Bénin, la diversité variétale augmente selon un gradient allant du sud vers le nord avec le centre et le nord comme les deux zones les plus riches. Deux raisons permettent d'expliquer ce résultat. La première est que les ignames s'adaptent mieux aux conditions pédologiques et climatiques du centre et du nord. La deuxième semble être socioculturelle. En effet, l'igname pilée constitue chez les populations du nord et du centre le principal repas et les paysans doivent produire l'igname en quantité suffisante pour satisfaire les besoins de leur famille. Ainsi, pour étaler la récolte sur une longue période et disposer d'ignames jusqu'au début de la nouvelle saison, les paysans combinent dans leurs champs plusieurs variétés allant des plus précoces au plus tardives et des moins aptes à la conservation à celles pouvant être longtemps conservées et présentant diverses caractéristiques culinaires.

Durant les prospections, pour seulement 17 zones ethniques couvertes, 272 noms d'ignames sont enregistrés. Ce polymorphisme de noms s'explique par le fait qu'entre paysans de groupes ethniques différents et même parfois entre paysans du même ethnique les échanges variétaux sont rarement suivis de transfert de noms. Chaque localité (village) semble avoir sa série de noms pour ses différentes variétés d'ignames et, à une appellation donnée correspond une variété particulière aux caractéristiques agro-morphologiques bien précises. Chacune de ces variétés constitue selon JARVIS et HODGKING (1998), BROWN (2000), JARVIS et *al.*, (2000) l'unité paysanne de diversité (Farmer Unit of Diversity ou **FUD**) à collecter ou à conserver au niveau de chaque village.

La domestication des ignames sauvages a déjà fait l'objet de quelques études (DUMONT et VERNIER 1997, DANSI 2000, DUMONT et VERNIER 2000, MIGNOUNA et DANSI 2001). Ce savoir-faire paysan qui mérite d'être largement soutenu permet un enrichissement de la diversité génétique existante et peut être utilisée à de fins de création variétale à travers des programmes de sélection participative. Une intensification de la domestication des formes sauvages à des fins de création variétale pourrait cependant entraîner la destruction rapide des populations naturelles d'ignames sauvages déjà en régression avec la croissance démographique. Pour ce faire, l'utilisation des graines issues de fécondations libres (domestication via graine) telle que définie par DANSI (2000) mérite d'être étudiée et essayée.

Les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* occupent des positions géographiques différentes. Selon DANSI (2000) il existe une corrélation entre zone de production et types de variétés cultivées. Ces deux observations montrent que pour l'igname, la conservation *in situ* est nécessaire et plus appropriée car elle permettra aux différentes variétés de continuer à s'adapter aux conditions pédologiques et climatiques dans lesquelles elles sont produites. La distribution spatiale indique aussi qu'une conservation *in situ* (à la ferme) de toute la diversité de ces ignames doit concerner toutes les zones de production.

L'étude de la floraison a montré l'existence de 11 morphotypes non-florifères (12,25 %) sur les 90 morphotypes identifiés. Cette proportion de plantes non florifères est relativement faible si l'on considère les difficultés de floraison rapportées par divers auteurs

(AKORODA 1983; DOKOU 1973; SEGNOU *et al.*, 1992; ZOUNDJIHÉKPON 1993) sur les ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*. Bien qu'avec la présente étude, le sexe, l'intensité de floraison et de fructification des ignames béninoises du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* soient connues, une meilleure connaissance de la biologie de reproduction de ces ignames reste nécessaire. Pour ce faire, notre étude doit être complétée par trois autres que sont:

- i) L'évaluation de la fertilité des variétés mâles et comparaison entre leurs taux de fertilité et leurs intensités de floraison.
- ii) L'étude de la compatibilité entre variétés mâles et femelles en vue de la détection d'éventuelles barrières de reproduction pré-zygotiques ou post-zygotiques.
- iii) L'analyse des relations entre niveau de ploïdie, teneur en ADN, capacité de floraison et taux de fertilité des différentes variétés.

La comparaison entre les ignames du Bénin et celles de la Côte d'Ivoire a permis de mettre en évidence l'existence d'une diversité variétale plus importante au Bénin qu'en Côte d'Ivoire. La richesse du Bénin en variétés d'igname pourrait s'expliquer par les introductions diverses à partir du Nigeria (plus grand producteur d'ignames) et les pratiques paysannes de domestications des formes sauvages.

Les difficultés observées dans le dénombrement chromosomique avaient déjà été signalées par MIEGE (1952, 1954) et par BAQUAR (1980) sur les ignames du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata*, et aussi par plusieurs autres auteurs dans des

études caryologiques d'autres espèces du genre *Dioscorea* (SUESSENGUTH 1921, RAMACHANDRAN 1968, ARAKI *et al.*, 1983, ESSAD 1984). MIEGE (1954), BAQUAR (1980) et ZOUNDJIHEKPON *et al.*, (1990) ont également noté la présence de chromosomes surnuméraires qui selon ESSAD (1984) et ZOUNDJIHEKPON (1990) seraient des artefacts difficilement évitables du fait de l'existence de satellites de même taille que les chromosomes.

Comme en Côte d'Ivoire (ZOUNDJIHEKPON *et al.*, 1990), les tétraploïdes sont apparus largement majoritaires. En effet, sur les 90 morphotypes analysés, 82 sont tétraploïdes (soit 91,11 %) et seulement 8 sont hexaploïdes ou octoploïdes. Les résultats obtenus se rapprochent de ceux publiés par ESSAD (1984) pour le genre *Dioscorea*. Cet auteur avait souligné que dans le genre *Dioscorea* d'une façon générale, les tétraploïdes étaient les plus nombreux. En étudiant le complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*, MIÈGE (1954), SHARMA et DE (1956), MARTIN et ORTIZ (1963), BAQUAR (1980) et ESSAD (1984) indiquent deux nombres chromosomiques de base, $x = 9$ et $x = 10$, avec l'existence de tétraploïdes, d'hexaploïdes et d'octoploïdes. ZOUNDJIHÉKPON *et al.*, (1990) et ZOUNDJIHÉKPON (1993) n'ont trouvé que $x = 10$ chez les cultivars ivoiriens et camerounais et nos résultats concordent avec les leurs au Bénin.

En Côte d'Ivoire, MIÈGE (1954) conclut à une correspondance entre le niveau de ploïdie et les zones de répartition géographiques : les variétés tétraploïdes seraient au nord et les hexaploïdes au sud. Cette conclusion s'oppose au constat de ZOUNDJIHÉKPON *et al.*, (1990) qui n'ont trouvé aucune localisation préférentielle des tétraploïdes et des hexaploïdes

en Côte d'Ivoire. Nos résultats au Bénin rejoignent cette dernière constatation. Comme ZOUNDJIHÉKPON *et al.*, (1990) une corrélation est mise en évidence entre le niveau de ploïdie et le cycle biologique de la plante : tous les groupes variétaux supposés dérivés d'espèces annuelles sont tétraploïdes tandis que ceux (MAKPAWA, BARIDJO et ALAKISSA) ayant des affinités avec les espèces pérennes ou semi-pérennes sont hexaploïdes ou octoploïdes.

La taille du génome de Kpouna (déterminée par rapport à *Musa accuminata*) utilisé comme échantillon témoin dans la présente expérience est de **1,30 pg** proche de la valeur **1,24 pg** indiquée par HAMON *et al.*, (1992). DAPI conduisant presque toujours à des tailles de génome plus élevées que la normale (DOLZEL 1997), nos valeurs peuvent être considérées comme identiques.

En ce qui concerne la mixoploïdie, il est pour le moment difficile de conclure que le cultivar Youbè chez qui le phénomène est observé est réellement mixoploïde car les échantillons analysés étaient des vitroplants et l'on sait qu'en culture *in vitro*, les variations somaclonales ne sont pas rares. Des analyses complémentaires (cytométrie en flux sur de jeunes feuilles directement prélevées au champ, observations de plaques métaphasiques) sont nécessaires.

L'identification avec les marqueurs isozymiques de deux cent vingt-sept (227) cultivars différents, parmi 467 analysés est une preuve de l'existence d'une importante diversité génétique au sein des groupes variétaux et des morphotypes des ignames cultivées

du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin. Un nombre de cultivars plus faible que celui identifié ici ne serait pas surprenant si l'on tient compte de la biologie de la plante (plante à multiplication végétative), les échanges variétaux entre paysans et la multiplicité des noms attribués à un même individu. Pour la conservation des ressources génétiques, ces 227 individus peuvent être considérés comme la collection de référence (**minimum d'accessions** représentant le **maximum de diversité génétique**) ou "core collection" (BROWN 1989, NOIROT et al., 1995) des ignames cultivées (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin.

Bien que les sept systèmes enzymatiques utilisés aient conduit à des résultats intéressants, ils ont aussi montré leur insuffisance dans la classification chez l'igname. Ainsi, aucune différence génétique n'a pu être révélée entre les individus classés dans les trois groupes BARIDJO, PORCHEHBIM et TABANE pourtant morphologiquement hétérogènes (Tableau 14). Ce résultat semblable à celui obtenu par MIGNOUNA et al., (2001) montre la nécessité de mettre au point chez l'igname de nouveaux systèmes enzymatiques polymorphiques complémentaires.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) des ignames analysées par les marqueurs isozymiques (figure 33) fait apparaître deux groupes renfermant l'un les ignames à chair jaune (ALAKISSA, MAKPAWA) connues sous le nom de *D. cayenensis* et l'autre les ignames à chair blanche appelées *D. rotundata*. Cette nette subdivision permet de conclure comme RAMSER et al., (1997) que ces deux formes d'ignames constituent deux entités différentes au sein du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*. Les échantillons des

groupes TABANE et TAM SAM sont génétiquement identiques sur la base des sept systèmes utilisés (figure 3). Cette observation supporte les explications des paysans pour qui Tam Sam serait spontanément dérivée de Tabané.

Les marqueurs RAPD ont mis en évidence une hétérogénéité au sein du morphotype Kinkérékou et ont confirmé l'existence de plusieurs variétés mal classées au sein du groupe variétal TABANE. La révision de la classification des ignames au sein du groupe TABANE par les marqueurs RAPD n'est pas surprenante. En effet, les individus de ce groupe ne diffèrent morphologiquement que par la structure de leurs tubercules et chez l'igname, la morphologie du tubercule est parfois influencée par l'environnement (type et qualité du sol). Une classification uniquement basée sur la morphologie du tubercule peut être donc erronée.

La comparaison des résultats obtenus avec les marqueurs RAPD et les indications des paysans sur l'existence de différences entre les ignames classées dans le morphotype Kinkérékou et la mauvaise classification des ignames du groupe TABANE amènent à conclure que ceux-ci ont une bonne connaissance de leur matériel végétal et qu'en terme de collecte, de caractérisation et de conservation, leurs connaissances peuvent être capitalisées par les généticiens.

2. CONCLUSION

Le centre et le nord du Bénin sont plus riches en variétés d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* que le sud. Les diverses informations recueillies sur les variétés collectées permettent une meilleure connaissance de celles-ci et sont utiles pour la construction d'une base de données. Les résultats concrets de domestication cités par les paysans indiquent que ce savoir-faire est utilisable à des fins de création variétale.

L'analyse de la nomenclature paysanne permet de conclure que les critères utilisés dans la dénomination des ignames sont divers et variés et que les notions de classes et de groupes variétaux sont bien connues des paysans.

Une importante diversité morphologique existe au sein des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* du Bénin. Elles se classent en 26 groupes variétaux et en 90 morphotypes ayant des distributions géographiques et des fréquences différentes dans les diverses zones de production. La rareté de nombreux groupes variétaux confirme l'existence de l'érosion des ressources génétiques indiquée par les paysans et montre la nécessité de définir d'urgence une approche pour la conservation durable de la diversité existante.

Peu de variétés sont non-florifères. Plusieurs fleurissent mâles, femelles ou monoïques. Cependant, les intensités de floraison et de fructification (pour les femelles) varient selon les variétés.

Notre étude a pu être poussée jusqu'à l'analyse du niveau de ploïdie des variétés constituant ce complexe. Grâce à la cytométrie en flux et au dénombrement chromosomique nous savons aujourd'hui que ce complexe est aussi polyploïde au Bénin avec des tétraploïdes (91,11 %), des hexaploïdes et des octoploïdes. Le nombre chromosomique de base est $x=10$.

L'étude enzymatique a révélé l'existence d'une importante diversité génétique au sein des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin. Deux cent vingt-sept (227) différents individus sont identifiés. Cependant, certaines variétés différentes selon les paysans mais classées dans les mêmes morphotypes du fait de leurs identités morphologiques n'ont pu être séparées par les isozymes. La mise au point de nouveaux systèmes enzymatiques complémentaires polymorphes est donc nécessaire pour une caractérisation et une classification plus poussées.

Avec les marqueurs RAPD nous avons aussi réussi à séparer des individus génétiquement très proches et affiner les classifications au sein du morphotype Kinkérékou et du groupe variétal TABANÉ. La comparaison des données de la RAPD et les explications des paysans permettent de conclure que ces derniers ont une bonne connaissance de leur matériel végétal et qu'en terme de collecte, de caractérisation et de conservation, leurs connaissances peuvent être capitalisées par les généticiens.

Pour compléter la synthèse des différents noms attribués aux variétés et les diverses clés d'identification construites afin de faciliter l'accès aux ressources génétiques, un répertoire général (tableau 20) contenant les 272 noms identifiés (ordre alphabétique) a été construit. Pour chaque variété sont indiqués la langue dans laquelle le nom vernaculaire est appelé (**Eth**), la précocité (**Pr**), le groupe variétal (**G**), le morphotype (**M**), le sexe, le nombre moyen de tubercules par butte (**NT**), la qualité du foutou (**QF**), la qualité des cossettes (**QC**), l'aptitude à la conservation (**AC**) et un village repère où elle est collectée (figures 9 et 10) et où elle est intensément cultivée. Les groupes variétaux sont codés de G1 à G26 (tableau 21) et les morphotypes de M1 à M90 (tableau 22).

Tableau 20 : Répertoire des ignames cultivées (*D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Référence	Sexe	NT	QF	QC	AC	Village repère
01	Abo	Ad	P	G2M3	M	2	MY	MV	MY	Atomé
02	Adani	Ba	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Sinakou
03	Agada	Na	T	G11M20	M	3	MY	MY	MY	Agoua
04	Agangan	Na	P	G3M1	M	1	MY	MV	MV	Sinakou
05	Agbantéhounnonhin	MF	P	G16M32	F	2	MV	MV	MV	Djidja
06	Agogo	Ba	P	G1M2	F	2	MY	MV	MV	Zougou
07	Agoua	MF	T	G11M63	M	5	B	B	MY	Agoua
08	Aguida	Na	T	G9M30	M	5	B	B	MY	Toui
09	Ahimon	Ba	P	G2M3	M F	2	B	MV	MY	Bensékou
10	Akpaka	Na	P	G2M3	F	2	B	MV	MY	Agoua
11	Akpaoukodjè	MF	P	G16M54	F	2	MY	MV	MV	Djidja
12	Akpanati	Lo	P	G14M50	F	3	B	MV	MV	Biguina
13	Akpantajo	Yom	P	G2M3	M	2	B	MV	MV	Chabi-kouma
14	Akpantawo	Lo	T	G11M63	M	5	B	B	MY	Ouaké
15	Akpazin	Na	T	G11M4	M	5	B	MY	MY	Agoua
16	Akpékpé	Na	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Idigni
17	Alakissa	Na	T	G3M5	M	1	MY	MV	MV	Adjawèrè
18	Ala n'kojèwoné	Na	P	G16M6	M	2	MV	MV	MV	Djidja
19	Alossola ikpétilé	Lo	T	G11M4	M	5	B	B	B	Ouaké
20	Anago	Na	P	G17M57	F	1	B	MV	MV	Dassa
21	Androki	Na	P	G22M4	-	2	MV	MV	MY	Wanou
22	Angbaobé	Ba	P	G22M72	M	4	MY	MV	MV	Bensékou
23	Ankpoloman	Lo	P	G8M8	F	2	B	MV	MV	Ouaké
24	Aroukpè	Na	T	G11M4	M	1	MY	MY	MY	Manigri
25	Atèguè	Ani	T	G11M42	M	8	B	B	B	Kodowari
26	Antawororou	Ba	P	G4M9	-	2	B	MV	B	Macrougourou
27	Assaboné	Mb	T	G9M10	M	5	MY	MY	MY	Kountori
28	Assi	Ba	P	G4M9	-	2	B	MV	B	Liboussou
29	Assina	Ba	T	G11M	M	8	B	B	B	Partago
30	Assinabaro	Den	T	G11M42	M	3	B	MY	B	Partago
31	Assinadoha	Yom	T	G11M20	M	7	B	B	B	Partago
32	Assinapéina	De	T	G11V4	M	3	B	MY	B	Partago
33	Assourou	Ba	T	G11M42	M	6	B	B	B	Zougou
34	Atchikakanan	Lo	P	G2M3	F	3	MY	MY	MY	Biguina
35	Awaya	Ba	T	G11M42	M	8	B	B	B	Sonoumon
36	Ayè	Ba	T	G11M4	M	6	MY	B	MY	Pehonto
37	Bakpanatini	Lo	P	G14M50	F	3	B	MV	MV	Kodowari
38	Baniakpa	Ba	T	G11M41	M	2	B	MY	MY	Macrougourou
39	Banindjè	Ba	T	G5M14	F	5	MY	MY	MV	Kalalé
40	Baniouré bagarou	Ba	T	G5M12	F	2	MY	MV	MV	Sonoumon
41	Baniouré oloukobi	Ba	T	G5M14	F	6	B	B	B	Sonoumon
42	Baniouré montoguè	Ba	T	G5M13	F	2	MY	MV	MV	zougou
43	Baniouré ketekoborou	Ba	T	G5M14	F	6	B	B	B	Sonoumon
44	Baniouré pika	Ba	T	G5M14	F	5	B	B	B	Ouararou

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Référence	Sexe	NT	QF	QC	AC	Village repère
45	Baniouré souan	Ba	T	G5M14	F	3	B	B	B	Macrougourou
46	Baniouré yintéguérou	Ba	T	G5M13	F	2	MY	MV	MV	Ouararou
47	Baridjo	Bo	P	G6M15	M	2	MV	MV	B	Bensékou
48	Bébétinga	Ber	P	G16M61	M	3	MY	MV	MV	Kountori
49	Biwokou	Nat	T	G11M63	M	10	B	B	B	Toukountouna
50	Boki	Peu	P	G18M16	F	3	MY	MV	MV	Kalalé
51	Bonakpo	Ba	T	G11M17	M	2	MY	MV	MV	Ouénou
52	Bonoussé	Ba	T	G3M5	M	1	MY	MV	MV	Sonoumon
53	Brizi	De	T	G11M18	M	2	B	MY	MY	Partago
54	Chamba	Nat	T	G11M45	M	3	B	MV	MV	Toukountouna
55	Chambaafa	Nat	P	G19M58	M	2	B	MV	MV	Toukountouna
56	Chambaabou	Nat	P	G2M3	F	3	MY	MV	MV	Toukountouna
57	Chichékouna	Nni	T	G11M42	M	7	B	B	B	N'dahonta
58	Chigana	Nni	T	G11M42	M	5	MY	MY	MY	N'dahonta
59	Chiméhoun	Ber	P	G19M58	M	3	MY	MV	MV	Satiendega
60	Chinguibou	Nat	T	G11V18	M	2	B	MY	MY	Perpoyakou
61	Chinguita	Nat	T	G11V18	M	2	B	MY	MY	Perpoyakou
62	Chouchounga	Ba	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Bantè
63	Dagui dagui	Na	P	G10M32	F	1	MV	MV	MV	Manigri
64	Damoko	Na	P	G5M14	F	1	MY	MV	MV	Manigri
65	Danwari	Ba	P	G16M19	F	2	B	MY	MY	Zougou
66	Déba	Ba	T	G11M20	M	8	B	B	B	Sonoumon
67	Dikpiri	Ba	P	G7M24	-	3	MY	MV	MV	Ouararou
68	Dinoyalé	Mb	P	G20M70	M	2	MY	MV	MV	Ouorou
69	Dissoussoudé	Mb	P	G22M72	F	2	MY	MV	MV	Kountori
70	Djatouba	Na	P	G18M21	F	3	MY	MV	MV	Kodowari
71	Djilaadja	Na	P	G16M	F	2	MY	MV	MY	Toui
72	Djirissa	Ba	P	G12M47	M	2	MY	MY	MY	Djoléni
73	Djikpiri	Ba	P	G4M22	F	2	MY	MV	MV	Kodowari
74	Dodo	Na	P	G18M55	F	1	MV	MV	MY	Djidja
75	Douba yéssirou	Ba	P	G8M25	F	2	B	MV	MV	Zougou
76	Doundoua	De	T	G3M26	M	1	B	MV	MV	Kalalé
77	Doyéssérou	Ba	P	G10M32	F	2	MY	MV	MV	Toui
78	Effoun	Na	P	G19M58	M	3	MY	MV	MV	Toui
79	Effourou	Na	P	G16M27	F	3	B	MV	MV	Toui
80	Esséadjinakou	Na	T	G11M18	M	2	B	MY	MY	Wanou
81	Ewè	Na	P	G16M56	M	2	MY	MV	MV	Liboussou
82	Ewotolo	Lo	T	G21M82	M	6	B	B	MY	Ouaké
83	Eyonounon	Kot	P	G2M3	F	3	MY	MY	MY	Cotiakou
84	Fakoni	Wam	P	G1M69	-	2	MY	MV	MV	Toukountouna
85	Fanannan	Na	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Tchèti
86	Fèni	Na	P	G14M	F	2	B	MV	MV	Djidja
87	Gambarou gninon	Ba	T	G11M45	M	5	MY	MY	MY	Macrougourou
88	Gbangbé	Na	T	G11M4	M	4	B	MY	MY	Toui
89	Gbarawowoun	Peu	T	G18M55	F	3	MY	MY	MY	Kalalé
90	Gbaroudé	Ba	P	G18M55	F	1	MV	MV	MY	Sonoumon
91	Gbèra	Ba	P	G22M29	F	2	MY	MV	MY	Sonoumon

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Référence	Sexe	NT	QF	QC	AC	Village repère
92	Gbidoko	Na	P	G16M16	M	2	B	MV	MV	Idignin
93	Gbomina	Ba	T	G11M45	M	2	MY	MY	MV	Sonoumon
94	Glazoué	Na	P	G26M79	-	2	MY	MV	MY	Idigni
95	Gnalabo	Na	T	G9M30	F	3	B	MY	MV	Agoua
96	Gnanwoukoko	Bo	P	G1M31	F	2	MY	MV	MV	Liboussou
97	Gnidou	Na	P	G10M32	F-O	2	MV	MV	MY	Djidja
98	Gnifokpado	MF	P	G16M33	F	2	MY	MV	MV	Gougouta
99	Gninoubokokanmion	Ba	T	G11M20	M	8	B	B	B	Pehonto
100	Gonin	Ba	T	G11M68	M	5	MY	MY	MY	Sonoumon
101	Guiéna	Bo	P	G22M34	-	4	B	MY	MY	Liboussou
102	Guihiwoga	Ba	P	G5M14	F	2	B	MV	MV	Fétérou
103	Guirissa	Ba	P	G22M35	-	3	B	MY	B	Bori
104	Hélè abalo	Lo	P	G2M3	F	2	B	MV	MY	Ouaké
105	Hossangui	Ba	T	G20M64	M	3	MY	MY	MY	Sonoumon
106	Hounbonon	MF	T	G23M36	M	4	B	B	B	Agoua
107	Igangan	Na	T	G3M26	M	2	B	MV	MV	Agoua
108	Ihdonou	Ba	T	G23M37	M	4	MY	MY	MY	Sonoumon
109	Idjitédétédéka	Kot	T	G10M32	F	8	MY	B	MY	Kodowari
110	Ikéni	Na	T	G3M5	M	2	B	MV	MV	Bantè
111	Inoutiéle yagasori	Mb	P	G20M70	M	1	MY	MV	MV	Bagapodi
112	Issou agatou	Na	P	G22M38	F	1	MY	MV	MV	Manigri
113	Kabanoude	MF	T	G23M75	M	5	MY	B	B	Gbanamin
114	Kablitona	Na	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Dassa
115	Kagourou	Ba	T	G23M39	M	5	B	B	MY	Kika
116	Kakatili	Na	T	G2M3	F	2	MY	MV	MV	Manigri
117	Kandi	Na	T	G23M75	M	6	MY	B	MY	Manigri
118	Kangnin	Na	T	G14M40	F	3	B	MY	MY	Toui
119	Kanlin	Ad	T	G3M5	M	1	B	MV	MV	Atomè
120	Kée	Ba	P	G2M41	M	2	B	MV	MV	Zougou
121	Kèkè	MF	T	G23M39	M	5	B	B	B	Agoua
122	Kia	Ba	P	G2M41	M	4	MY	MV	MV	Bensekou
123	Kinkérékou	Ba	T	G11M42	M	9	B	B	B	Pehonto
124	Kiwa	Bo	T	G5M14	F	5	MY	MY	MY	Liboussou
125	Kiwa sawa	Bo	P	G2M3	F	2	B	MY	MY	Liboussou
126	Kiwo	Bo	T	G5M14	F	6	MV	B	B	Bensékou
127	Kokoné	Ba	T	G11M43	M	3	MY	MY	MV	Pelebina
128	Kokoroagbéssi	MF	T	G23M39	M	5	B	B	B	Djidja
129	Kokorogbanou	Ba	T	G11M42	M	9	B	B	B	Ouénou
130	Kokowoundé	MF	T	G11M43	M	5	MY	MY	MY	Agoua
131	Kokouma	Ba	P	G17M44	F	2	MY	MV	MV	Zougou
132	Kolékloé	De	T	G11M43	M	4	MY	MY	MV	Partago
133	Kologo	Lo	T	G11M45	M	5	B	B	MY	Ouaké
134	Komna	Na	T	G23M75	M	6	B	B	B	Manigri
135	Komopéina	Nat	T	G5M14	F	4	B	B	MY	Toukountouna
136	Kotokilana	Lo	P	G16M19	F	3	MV	MV	MV	Biguina
137	Koudjou	Na	T	G16M61	F	5	MY	MY	MY	Kikélé
138	Koumagou	Ba	P	G22M72	M	2	MY	MV	MV	Zougou

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Références	Sexe	NT	QF	QC	AC	Village repère
139	Koumassi kpéina	Nat	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Toukountouna
140	Koumassi nonbou	Nat	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Tchatchou
141	Kourokouragouroko	Ba	T	G11M46	M	5	B	B	B	Zougou
142	Kouwounkounou	Ba	T	G11M18	M	2	B	MY	MY	Pehonto
143	Kouyékouyé	MF	P	G16M54	M	2	MY	MV	MY	Djidja
144	Kpadjibakowokpo	Na	T	G11M42	M	8	B	B	B	Manigri
145	Kpakagnina	Ba	T	G11M42	M	8	B	B	B	Partago
146	Kpakara	Ba	P	G16M19	F	3	B	MY	MY	Fô-bouré
147	Kpanantantangni	Na	T	G23M75	M	5	MY	MY	MY	Manigri
148	Kpanhan	Ba	P	G12M47	M	2	B	MV	MV	Kassakpèrè
149	Kpanhoura	Ba	P	G12M47	M	2	B	MV	MV	Kassakpèrè
150	Kpéhindjè	Na	P	G17M44	F	2	MY	MV	MY	Sonoumon
151	Kpinhinkpinhin	Na	P	G17M44	F	2	MY	MV	MY	Idignin
152	Kpiroukpika	Ba	T	G11M48	M	5	MY	MY	MY	Fétérou
153	Kpomoroko	Peu	P	G17M57	F	2	B	MV	MY	Bori
154	Kpona	Ba	P	G13M49	M	2	B	MV	MV	Zougou
155	Kratchi	Na	T	G14M50	F	2	B	MV	MY	Djidja
156	Kyèmèhoun	Ber	T	G19M58	M	5	B	B	B	Toubougnini
157	Laboko	Na	P	G13M51	M	2	B	MV	MV	Dassa
158	Lafoun	Na	P	G19M58	M	2	MY	MV	MV	Wannou
159	Mafobo	Na	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Idigni
160	Magbana	Na	P	G19M52	M	2	MY	MV	MV	Kikélé
161	Magbanati	Kot	P	G19M58	M	1	MY	MV	MV	Kikélé
162	Makpawa	Ba	T	G15M52	M	1	MY	MV	MV	Tchatchou
163	Marétassou	Ba	T	G4M53	-	2	MY	MV	MY	Sonoumon
164	Maréworoukorou	Ba	T	G21M67	M	5	B	B	B	Macrougourou
165	Miniéhoun	Ber	P	G2M3	F	3	MY	MV	MY	Périgou
166	Mondji	Na	P	G16M54	F	2	MY	MV	MV	Aklampa
167	Morokorou	Ba	P	G17M57	F	1	B	MV	MV	Fo-bouré
168	Moussougoussou	Ba	P	G7M24	-	2	MY	MY	MY	Ouararou
169	Nadéba	Ba	T	G11M20	M	8	B	B	B	Toui
170	Nampro	Wam	P	G22M72	M	2	MY	MV	MV	Cotiakou
171	Nèhou	Ber	P	G2M3	F	2	MY	MV	MV	Toubougnini
172	Nindouin	MF	P	G16M65	M	2	MY	MV	MY	Djidja
173	Nifanwoun	Ber	P	G8M25	M	2	MY	MV	MV	Toubougnini
174	Nondapèchi	Nat	P	G22M62	M	2	B	MV	MY	Toukountouna
175	Noudossé	Yom	P	G2M3	M	2	B	MV	MY	Pelebina
176	Nonfonnannan	Nni	T	G20M70	M	4	B	B	B	N'dahonta
177	Nonforwou	Nat	P	G18M55	F	1	MY	MV	MY	Tchatchou
178	Noualaye	Bia	P	G19M58	M	2	B	MV	MV	Satiendéga
179	Nouatonhoun	Ber	P	G5M14	F	2	MY	MV	MY	Chanhoum
180	Nougnia	Bia	T	G11M42	M	1	MV	MV	MV	Sépouga
181	Nounihana	Bia	T	G11M42	M	2	MY	MV	MV	N'dahonta
182	Nonwonnilibo	Nat	P	G11M68	M	2	MY	MV	MV	Perpoyakou
183	Nwotowou	Ber	P	G5M14	F	2	MY	MV	MV	Chanwoun
184	Oboti	Na	P	G16M6	M	3	B	MV	MV	Manigri

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Références	Sexe	NT	QF	QC	AC	Village repère
185	Odoè	Na	P	G18M55	F	1	MV	MV	MY	Agoua
186	Odoi	Na	P	G16M61	M	1	MV	MV	MY	Manigri
187	Ofègui	Na	P	G6M15	M	3	MV	MV	B	Toui
188	Olodo	Na	P	G18M55	F	1	MV	MV	MV	Tchatchou
189	Omoulè	Na	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Ikpeguilé
190	Omoya	Ba	T	G11M60	M	8	B	B	B	Sonoumon
191	Orouyinsingué	Ba	P	G22M62	M	2	B	MY	MY	Sonoumon
192	Oroutanai	Nat	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Pélébina
193	Ossoukpana	Na	T	G11M63	M	3	MY	B	B	Kika
194	Ounonyahoun	Mb	P	G22M62	M	2	MY	MV	MV	Kountori
195	Ourtchoua	Ba	T	G20M64	M	4	B	B	B	Kika
196	Outchankoéhan	Na	P	G5M14	F	2	MY	MV	MV	Kountori
197	Ouwonpèotina	Nat	T	G6M65	M	3	MV	MV	B	Toukountouna
198	Péya	Ber	P	G11M63	M	3	MY	B	B	Perigou
199	Piédjè	Mb	P	G16M66	M	2	MY	MV	MV	Perigou
200	Porchebim	Peu	P	G21M67	M	4	MY	B	B	Ouaké
201	Sabi sagui	Ba	P	G2M3	F	2	B	MY	MY	Zougou
202	Satouma	Ba	P	G8M25	F	2	B	MV	MV	Tchatchou
203	Sékizan	Ba	T	G20M64	M	4	MY	B	B	Bensekou
204	Singan	Ba	T	G11M68	M	5	B	B	MY	Fo-bouré
205	Singou	Ba	T	G11M68	M	8	B	B	MY	Fo-bouré
206	Sinouboho	Ba	P	G16M61	M	1	B	MV	MV	Zougou
207	Sirigui	Ba	P	G1M69	M	2	MY	MY	MV	Zougou
208	Siwo koumassi	Bo	P	G22M35	M	3	B	MY	MY	Liboussou
209	Soagona	Ba	P	G1M69	-	2	MY	MY	MV	Toukountouna
210	Sobasson	Ba	T	G20M70	M	5	B	B	B	Macrougourou
211	Sogodo	MF	T	G15M71	M	8	MV	MV	B	Djidja
212	Sossohanhan	Yom	T	G11M	M	4	B	B	B	Partago
213	Sossorasse	Yom	T	G22M72	M	4	MV	MV	MV	Pelebina
214	Sotoboua	MF	P	G2M3	F	2	B	MV	MY	Agouna
215	Soussouka	Wam	P	G22M72	M	2	B	MV	MV	Toukountouna
216	Soussouksi	Nat	P	G22M72	M	2	B	MV	MV	Sepouga
217	Soussounin	Nat	P	G22M73	M	2	B	MV	MV	Toui
218	Soussou souabou	Ba	P	G22M72	F	2	B	MV	MV	Perpoyakou
219	Soutra	Nat	P	G6M15	M	3	B	MV	B	Chabikouma
220	Taamaniakou	Nat	P	G2M3	F	3	MY	MV	MV	Tchatchou
221	Tabané	Ba	T	G23M75	M	4	MY	B	B	Sonoumon
222	Tambakassou	Ba	T	G12M47	M	4	B	B	B	Sonoumon
223	Tambiaha	De	T	G23M39	M	6	B	B	MY	Partago
224	Tam sam	Ba	T	G24M76	M	3	B	B	B	Sonoumon
225	Tampihoun	De	P	G6M65	M	3	B	MY	MY	Toubougnini
226	Tarasse	De	P	G22M72	M	3	B	MY	B	Partago
227	Taotimanin	Wam	P	G22M72	M	2	MY	MV	MV	Perpoyakou
228	Tawounma	Yom	T	G11M42	M	5	B	B	B	Pélébina
229	Terlounto	Lo	T	G9M77	-	12	B	B	B	Ouaké
230	Terkokonou	Ba	P	G25M78	M	2	B	MV	MV	Bensékou
231	Teroukpogorou	Ba	P	G25M78	M	2	B	MV	MV	Fétérou

Nos	Noms vernaculaires	Eth.	Pr.	Références	Sexe	NT	QF	Cste	Cons	Village repère
232	Tiniété	Ber	P	G2M3	F	2	B	MV	MV	Toubougnini
233	Tinonpèti	Ber	P	G2M3	M	2	B	MV	MV	Cotiakou
234	Tognibo	MF	P	G26M79	-	2	MY	MV	MV	Adaklamé
235	Toukonouwoura	Ba	P	G22M72	M	3	B	MV	MY	Pehonto
236	Tounonhè	Lo	T	G11M18	M	2	MY	MY	MY	Ouaké
237	Towounbou	Wam	P	G19M58	M	2	MY	MV	MY	Cotiakou
238	Wadjabim	Lo	P	G21M67	M	2	B	MV	MV	Ouaké
239	Walassi	Lo	P	G5M80	M	4	MY	B	B	Ouaké
240	Wamai	Yom	T	G22M81	-	4	MY	B	MY	Pelebina
241	Wétanam	Lo	P	G2M3	M	5	B	B	B	Kikélé
242	Wiroufanrou	Ba	P	G11M63	M	10	B	B	B	Fétérou
243	Wirou worou	Ba	T	G5V14	F	2	B	MV	MV	Kabougourou
244	Wissakosso	Bo	T	G11M18	M	4	B	MY	MY	Liboussou
245	Woho	Ba	P	G17M57	F	3	B	MY	MY	Fétérou
246	Wokourou	Wam	P	G22M72	M	1	B	MV	MV	Cotiakou
247	Wolouchahabim	Lo	T	G21M82	M	2	MY	MV	MV	Ouaké
248	Wonkaabou	Wam	P	G8M25	F	6	B	B	B	Perpoyakou
249	Wonmaaka	Wam	T	G6M65	M	2	MY	MV	MV	Firihoun
250	Wonnibou	Wam	T	G11M42	M	3	MV	MV	B	Perpoyakou
255	Worou Wona	Wam	T	G5M14	F	8	MY	MY	MY	Perpoyakou
256	Wossou	Bo	P	G1M83	F	6	B	B	B	Liboussou
257	Wouiréhoun	Mb	P	G2M3	O	2	B	MV	MY	Bagapodi
258	Woutamabou	Wam	T	G5M14	F	4	B	MY	B	Firihoun
259	Wowounko	Na	T	G11M42	M	8	MY	MY	MY	Toui
260	Yahou	Bo	T	G22M84	M	6	B	B	B	Liboussou
261	Yaissourou	Ba	T	G11M63	M	4	B	B	B	Ouararou
262	Yaka	MF	T	G23M85	M	5	B	B	B	Agoua
263	Yakarango	Ba	T	G11M86	M	4	B	B	B	Sonoumon
264	Yaekonomon	Na	P	G20M64	M	3	B	MV	MY	Adjawèrè
265	Yassi	Nat	P	G19M58	M	2	MY	MY	MY	Perpoyakou
266	Yassounou	Ba	T	G11M63	M	4	B	B	B	Fétérou
267	Yéssoutia	Ani	P	G22M72	M	3	MY	MY	MY	Cotiakou
268	Yoblè	Na	P	G16M87	F	3	MY	MY	MY	Agouna
269	Yoloukpa	Lo	P	G2M3	F	3	B	MY	MY	Yoloukpa
270	Yoroutassou	Ba	T	G18M90	M	3	MY	MY	MY	Kika
271	Youbè	Bo	P	G16M88	F	2	MV	MV	MV	Liboussou
272	Youèyouèdota	MF	T	G11M89	M	3	MY	B	B	Gougouta

Abréviations: Ad (Adja) ; Ani (Ani) ; Ba (Bariba) ; Ber (Berba) ; Bia (Biali) ; Bo (Boko) ; De (Dendi) ; Kot (Kotokoli) ; Lo (Lopa) ; Mb (M'bèlimin ou Nbermin) ; MF (Mahi et Fon) ; Na (Nago) ; Nat (Natimba) ; Nni (Naténi) ; Peu (Peulh) ; Yom (Yom) ; Wam (Wama) ; G (Groupe variétal) ; M (Morphotype). Pr (précocité) ; Eth (Ethnie) ; MV (mauvais) ; MY (moyen) ; B (bon) ; M (mâle) ; F (fmelle) ; O (monoïque) ; P (précose) ; T (tardif).

Tableau 21 : Codification des groupes variétaux d'ignames cultivées du Bénin

Nos	Groupes Variétaux	Nos	Groupes Variétaux	Nos	Groupes Variétaux
G1	AGOGO	G10	GNIDOU	G19	NOUALAYE
G2	AHIMON	G11	KOKOROGBANO	G20	OURTCHOUA
G3	ALAKISSA	G12	KPANHOURA	G21	PORCHEHBIM
G4	ANTAWOROROU	G13	KPONAN	G22	SOUSSOU
G5	BANIOURE	G14	KRATCHI	G23	TABANE
G6	BARIDJO	G15	MAKPAWA	G24	TAM SAM
G7	DIKPIRI	G16	MONDJI	G25	TERKOKONOU
G8	DOUBA YESSIROU	G17	MOROKOROU	G26	TOGNIBO
G9	GNALABO	G18	NONFORWOU		

Tableau 22 : Codification des morphotypes d'ignames cultivées du Bénin

Nos	morphotypes	Nos	morphotypes	Nos	morphotypes
M01	Agangan	M31	Gnawounkoko	M61	Oroutanai
M02	Agogo	M32	Gnidou	M62	Orou yinsingué
M03	Ahimon	M33	Gnifôkpado	M63	Ossoukpana
M04	Akpazin	M34	Guiéna	M64	Ourtchoua
M05	Alakissa	M35	Guirissa	M65	Ouwonpèotina
M06	Ala n'kojèwoué	M36	Hounbonon	M66	Piédjè
M07	Androki	M37	Ihdonou	M67	Porchèhchim
M08	Ankpoloman	M38	Issou agatou	M68	Singou
M09	Antawororou	M39	Kagourou	M69	Soagona
M10	Assaboné	M40	Kangni	M70	Sobasson
M11	Baniakpa	M41	Kéé	M71	Sogodo
M12	Baniouré bagarou	M42	Kinkérékou	M72	Soussouka
M13	Baniouré Montogué	M43	Kokoné	M73	Soussounin
M14	Baniouré oloukobi	M44	Kokouma	M74	Soussou souanbou
M15	Baridjo	M45	Kologo	M75	Tabané
M16	Boki	M46	Kouragouroko	M76	Tam-sam
M17	Bonakpo	M47	Kpanhoura	M77	Terlounto
M18	Brizi	M48	Kpirou kpika	M78	Terkokonou
M19	Danwari	M49	Kponan	M79	Tognibo
M20	Déba	M50	Kratchi	M80	Walassi
M21	Djatouba	M51	Laboko	M81	Wamai
M22	Djikpiri	M52	Makpawa	M82	Wolouchahabim
M23	Djiladja	M53	Marétassou	M83	Wossou
M24	Dikipiri	M54	Monji	M84	Yahou
M25	Douba yéssirou	M55	Nonforwou	M85	Yaka
M26	Doundoua	M56	Nindouin	M86	Yakarango
M27	Effourou	M57	Morokorou	M87	Yoblè
M28	Fèni	M58	Noualaye	M88	Youbé
M29	Gbèra	M59	Ofègui	M89	Youèyouèdota
M30	Gnalabo	M60	Omoya	M90	Yorou tassou

3. PERSPECTIVES

Pour une meilleure connaissance de la biologie de reproduction des ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* du Bénin, il sera utile :

- D'évaluer la fertilité des variétés mâles et de comparer leurs taux de fertilité à leurs intensités de floraison.
- D'étudier la compatibilité entre variétés mâles et femelles en vue de la détection d'éventuelles barrières de reproduction pré-zygotiques ou post-zygotiques.
- D'analyser les relations entre niveau de ploïdie, teneur en ADN, capacité de floraison et taux de fertilité des différentes variétés.

Développer des programmes de conservation participative *in situ* nous semble aujourd'hui, à l'instar de ZOUNDJIHEKPON (1993), l'une des priorités en matière de conservation des ressources génétiques des ignames au Bénin. Pour ce faire, de nombreuses études précises (enquêtes en milieu paysan) sont encore nécessaires. Elles permettront entre autres de comprendre les facteurs sociaux, culturels, économiques, abiotiques et biotiques qui ont une influence sur la diversité génétique des ignames, les méthodes paysannes de gestion de cette diversité, les flux semenciers et leur influence sur la diversité, etc.

Les principales espèces sauvages apparentées (*D. abyssinica* et *D. praehensilis*) co-évoluent avec le complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata* via les flux de gènes (MIGNOUNA et DANSI 2001). Un programme de conservation *in situ* doit donc prendre en compte aussi bien les formes sauvages que les formes cultivées. Dans ce cas, des prospections

écogéographiques doivent être effectuées afin de définir le nombre et les sites de réserves génétiques à mettre en place pour une conservation durable.

Une conservation *in situ* de la biodiversité des ignames cultivées ne peut concerner seulement le complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*. Il existe aussi dans l'agriculture béninoise deux autres espèces importantes d'igname que sont *Dioscorea alata* et *Dioscorea dumetorum* dont la diversité reste encore inconnue et mérite d'être étudiée.

Pour enrichir la diversité génétique existante, nous pensons mettre en place (après consultation des paysans) des programmes de sélection participative intégrant le processus de domestication. De nouveaux génotypes pourront donc être créés en collaboration avec les paysans, à partir d'individus issus de pollinisations libres ou orientées.

Pour soutenir le répertoire et pour faciliter les identifications, un catalogue est nécessaire. Sa mise au point a commencé avec le soutien de la FAO, du CIRAD et de l'IITA.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAM S. et BOKO M., 1993. Le Bénin. Les Editions du Flamboyant / EDICEF : 93p.
- AIYELARI F. A. & AKORODA M. O., 1996. Determination of some yam tuber properties relevant to the design of mechanical harvesters. African Journal of Root and Tuber crops, 1(2): 23 – 26.
- AKORODA M. O., 1982. Phenetic similarity among *Dioscorea cayenensis* cultivars as estimated by cluster analysis and minimum spanning tree. Annals of applied Biology 101 : 547-552.
- AKORODA M. O., 1983. Floral biology in relation to hand pollination of white yam. Euphytica 32: 831 - 838.
- AL-ZAHIM M., H.J. NEWBURY, et B.V. FORD-LLOYD 1997. Classification of genetic variation in Garlic (*Allium sativum* L.) revealed by RAPD. HortScience 32(6):1102-1104.
- ANDERSON C.M., W.S.CASTLE, et G.A. MOORE. 1991. Isozymic identification of zygotic seedlings in 'Swingle Citumelo' (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) nursery and field population. J.Amer. Soc. Hort. Sci. 116:322-326
- ARAKI, H., HARADA, T. et YAKUWA, T. 1983. Some characteristics of interspecific hybrids between *Dioscorea japonica* and *Dioscorea opposita*. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 52: 153 - 158
- ARUMUGANATHAN K., et EARLE E.D. (1991a). Nuclear DNA content of some important plant species. Plant Biology Reporter. Volume 9(3): 208-218.
- ARUMUGANATHAN K., et EARLE E.D. (1991b). Estimation of nuclear DNA content of plants by flow cytometry. Plant Biology Reporter. Volume 9(3): 229-241.
- ASEMOTA, H. N., J. RAMSER, C. LOPEZ-PERALTA, K. WEISING et G. KAHL. 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. Euphytica 92: 341-351.
- ATEGBO E., N. BRICAS, J. HOUNHOUIGAN, E. MITCHIKPÈ, K. N'KPENU, G.C. ORKWOR & P. VERNIER 1998. Le développement de la filière 'cossettes d'igname' pour l'approvisionnement des villes au Nigeria, au Bénin et au Togo.
- BAQUAR, S. R., 1980. Chromosome behaviour in Nigerian yams (*Dioscorea*). Genetica 54 : 1-9.
- BROWN A. H. D., 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. Genome 31 : 818-824.

- BROWN A. H. D., 2000. The genetic structure of crop landraces and the challenge to conserve them in situ on farms. Pp. 29-48 in *Genes in the field: On-farm Conservation of Crop diversity* (S. B. BRUSH, Eds). Lewis Publishers, Boca Raton, FL, USA.
- BURKILL, I. H., 1939. Notes on the genus *Dioscorea* in the belgian Congo. *Bull. Jard. Bot. Etat Brux.*, 15 : 345-392.
- CHEVALIER, A., 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris*, 2è série, 8 (6) : 520-551.
- DANSI, A. 2000. Farmers know-how in yam production in the Republic of Benin. Report on a FAO sponsored Project, 150 p.
- DE LAAT, A. M. M., GÖHDE, W., et VOGELZANG, M. J. D. C. (1987). Determination of ploidy level of single plants and plant populations by flow cytometry. *Plant Breed.* 99: 303-307.
- DEGANI C., A. BEILES, R. EL-BATSRI, M. GOREN, et S. GAZIT 1995. Identifying lychee cultivars by isozyme analysis. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 120:307-312
- DEGRAS, L., (1986). L'igname, plante à tubercule tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose et ACCT. Paris, 409 p.
- DOKOU E. V., 1973. Sexuality and reproductive biology in Ghanaian yam *Dioscorea* species cultivars. Third International Symposium on tropical Root Crops, IITA, Ibadan, Nigeria, 7p.
- DOLEZEL J., 1997. Application of flow cytometry for the study of plant genomes. *J. Appl. Genet.*, 38(3): 285-302.
- DUMONT R. et P. VERNIER, 2000. Domestication of yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata*) within the Bariba ethnic group in Benin. *Outlook on Agriculture*, 29 :137-142
- DUMONT R., 1977. Etude morphobotanique des ignames *Dioscorea rotundata* et *D. cayenensis* cultivées au Nord-Bénin. *Agronomie tropicale* XXXII-3: 225-241.
- DUMONT R., et VERNIER P., 1997. La domestication des ignames *D. cayenensis-rotundata* chez l'ethnie Bariba du Benin. Colloque international sur la gestion des ressources génétiques des plantes en Afrique des savanes. Bamako (Mali), 24-28 Fevrier 1997: Les actes du colloque. 348p.
- DUMONT, R., HAMON P. et SEIGNOBOS C., 1994. Les ignames au Cameroun. Montpellier, France, Cirad, Collection Repères, 80p.

- DUMONT, R., 1982. Ignames spontanées et cultivées au Bénin et en Haute Volta. In yams-Ignames. Miège and Lyonga : 31-36.
- DUMONT, R., 1995. Utilisation des ignames (*Dioscorea sp.*) pour la production de cossettes ou de farine destinée au commerce. Situation actuelle et perspectives. CIRAD/IITA : 7 p.
- ESSAD, S., 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea*, à propos du dénombrement des espèces *transversa* Brown, *pilosiuscula* Bert. et *trifida* L. Agronomie 4 : 611-617.
- FAO, 1992. Annuaire Productions, 1991. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture, Rome. Vol. 45, collection FAO, Statistiques. 265.
- FAO, 1997. Annuaire Productions, 1996. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture, Rome. Vol. 86, collection FAO, Statistiques. 238.
- FAO, FAOSTAT, December 1996. Rome, Italy, 68 p.
- GALBRAITH D. W., HARKINS K.R., MADDOX J.M., AYRES N.M., SHARMA D. P., et FIROZABADY E. (1983). Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. *Science* 220: 1049-1051.
- GAMIETTE F., BAKRY F. et ANO G. 1999. Ploidy determination of some yam species (*Dioscorea* spp.) by flow cytometry and conventional chromosomes counting. *Genet. Resour. Crop Evol.* 46: 19-27.
- GOTTLIEB, D. 1982. Conservation and duplication of isozymes in plants. *Science* 216:373-380.
- HAMON P. & TOURE B., 1982. Etude du polymorphisme enzymatique par électrophorèse sur gel d'amidon de quelques populations d'ignames spontanées et cultivées de Côte d'Ivoire. *Annales de l'université de Côte d'Ivoire, série C (sciences)*, tome XVIII : 99-112.
- HAMON P., 1987. Structure, origine génétique des Ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat es-Sciences. Université Paris XI, Centre d'Orsay: 223p.
- HAMON, P. ; DUMONT, R. ; ZOUNDJIHEKPON, J. ; TIO-TOURE, B. et HAMON S., 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Caractères morphologiques. ORSTOM-Editions. 84p.
- HAMON, P. ; HAMON, S. et TOURE, B., 1986. Les ignames du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* de Côte d'Ivoire : inventaire et description des cultivars

traditionnels. Catalogue publié par la Faculté des Sciences et Techniques et l'International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italie : 63 p.

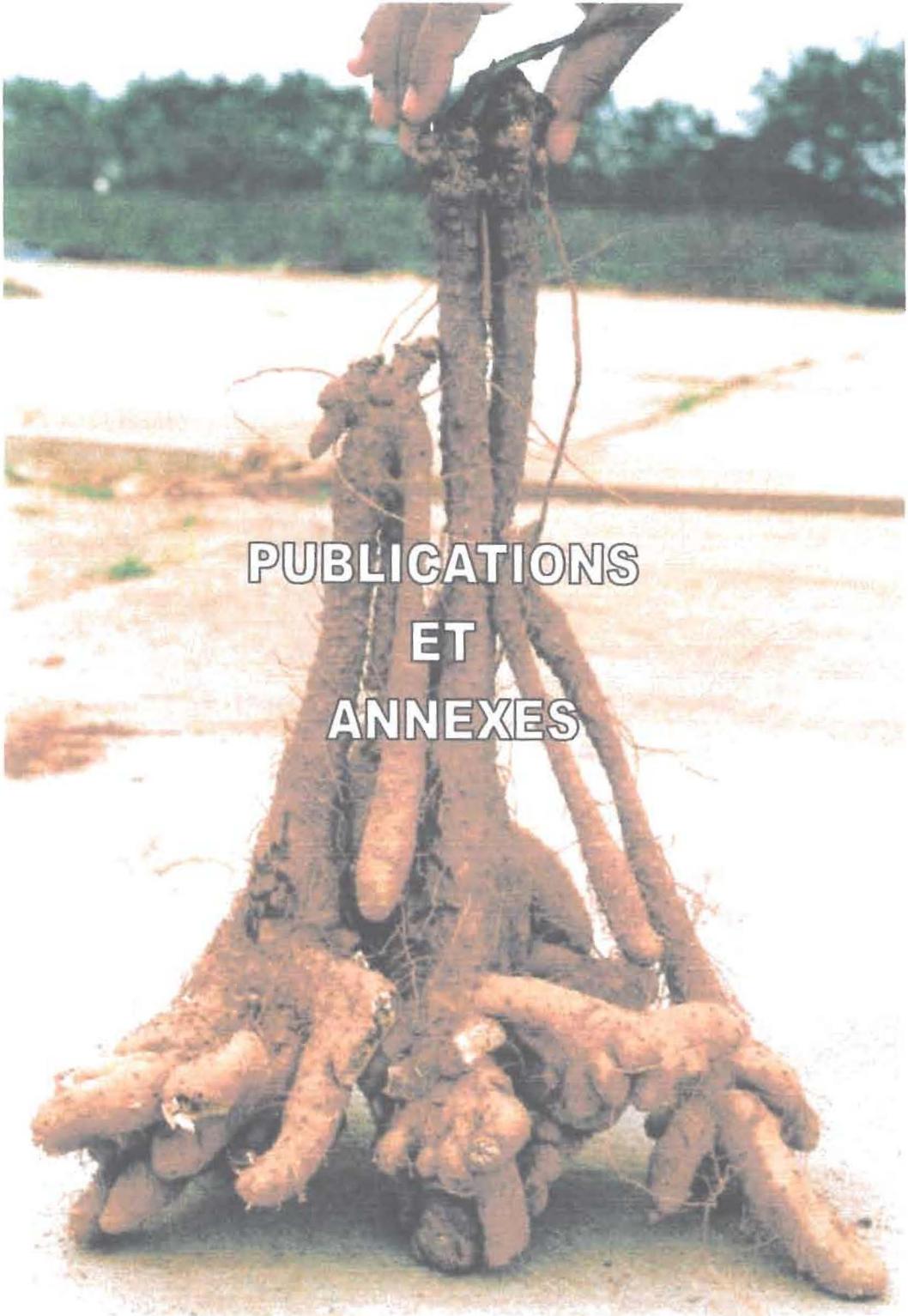
- HAMON P. et B. TOURE, 1990a. Characterisation of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica*, 46: 101-107.
- HAMON P. et TOURE B., 1990. Caractérisation of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis-rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica*, 46 : 101 - 107.
- HAMON, P., et B. TOURE, 1990b. The classification of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis-rotundata* complex) of West Africa. *Euphytica*, 47: 179-187.
- HAMON, P.; BRIZARD, J-P.; ZOUNDJIHEKPON, J.; DUPERRAY, C. et BORGEL, A., 1992. Etude des index d' ADN de huit ignames (*Dioscorea sp.*) par cytométrie en flux. *Can. J. Bot.* .70 : 996-1000.
- IKEDIABI C. O., IGBOANUSI L. C., 1983. Identification of yam (*Dioscorea spp.*) species and cultivars by use of electrophoretic patterns of soluble tuber proteins. *Biotropica* 15 (1) : 65-67.
- IPGRI IITA. 1997. Descripteurs de l'igname (*Dioscorea spp.*). Institut International d'Agriculture tropicale, Ibadan, Nigeria / Institut international des ressources Phytogénétiques, Rome, Italie. 65p.
- JARVIS D. I. & T. HODGKIN, Eds. 1998. Strengthening the scientific basis of *in situ* conservation of agricultural biodiversity on-farm. Options for data collecting and analysis. Proceedings of a workshop to develop tools and procedures for *in situ* conservation on-farm, 25-29 August 1997. IPGRI, Rome.
- JARVIS D., B. STHAPIT & L. SEARS, Eds. 2000. Conserving agricultural biodiversity *in situ* : A scientific basis for sustainable agriculture. IPGRI, Rome, Italy.
- JONGEDIJK, E., J.M.A.S.H. VAN DER WOLK, & L. C. J.M. SUURS. 1990. Analysis of glutamate oxaloacetate transaminase (GOT) isozyme variants in diploid tuberous *Solanum*; Inheritance and linkage relationships to *ds1* (desynapsis), *Y* (tuber flesh colour), *cr* (crumpled) and *yc* (yellow cotyledon). *Euphytica* 45: 155-167
- KASSAMADA, K., 1992. Contribution à la caractérisation morphologique des cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse d'Ingénieur Agronome. Ecole supérieure d'Agronomie du Togo : 111 p.
- KEPHART, S. R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: A comparative analysis of techniques. *Amer. J. Bot.* 77: 693-712.
- KNUTH, R., 1924. Dioscoreaceae. In Engler, *Das Pflanzenreich*, 87 (IV-43) : 1-387.

- LE PECQ J.B., PAOLETTI G. (1967). A fluorescent complex between ethidium bromide and nucleic acids. Physical-chemical characterization. *J. Mol. Biol.* 27: 87-106.
- LING J-T, R. SAUVE et N. GAWEL 1997. Identification of Poinsettia cultivars using RAPD markers. *HortScience* 32(1):122-124.
- MANGANARIS, A. G., F. H. ALSTON, N. F.WEEDEN, H. S. ALDWINCKLE, H. L. GUSTAFSON, et S. K. BROWN. 1994. Isozyme locus Pgm-1 is tightly linked to a gene (V_f) for scab resistance in apple. *J.Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1286-1288
- MARTIN, F.W. et ORTIZ, S., 1963. Chromosome number behaviour in some species of *Dioscorea*. *Cytologia* 28 : 96-101.
- MARTIN, F.W. et SADIK, S., 1977. Tropical yams and their potential. Part. 4. *Dioscorea cayenensis* and *Dioscorea rotundata*. *Agriculture Handbook*, 502 : 36 p.
- MCMURPHY, L. M. et RAYBURN, A. L. (1991). Genome size variation in maize populations selected for cold tolerance. *Plant Breed.* 106 : 190-195.
- MIEGE, J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique Occidentale. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Paris : 266 p.
- MIEGE, J., 1954. Nombre chromosomique et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. *Rev. Cytol. Biol. Végét.* 15 : 312-348.
- MIGNOUNA, H. ; ASIEDOU, R.; CHIKALAKE, V. A. ; THOTTAPILLY, G. et HAHN, S.K., 1993. Etude de la diversité génétique et des relations phylogénétiques dans le genre *Dioscorea* au moyen du PCR-RAPD. Séminaire International sur "l'Afrique face au défi des Biotechnologies Végétales : cas de l'igname". Abidjan du 19 au 23 avril. Programme et résumés : n° 26.
- MIGNOUNA, H., & A. DANSI, 2001. Yam (*Dioscorea sp.*) domestication with the Nago and Fon ethnic groups of Benin Republic. *Gen. Res. Crop. Evol.* (in press)
- MURASHIGE, T. et SKOOG, F. 1962. Revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15 : 473-497.
- NIELSEN, G. 1985. The use of isozymes as probes to identify and label plant varieties and cultivars, p. 1-32. In: M.C.RATTAZZI, J. G. SCANDALIOS & G.S. WHITT (eds.): *Isozymes: Current topics in biological and medical research*. vol.12. ALAN R. LISS, New York
- NOIROT, M., S. HAMON & F. ANTHONY. 1995. The principal component scoring : a new method of constituting a core collection using quantitative data. *Genetic Resour. Crop Evol.* 41: 1-6.

- ONYILAGHA J. C., 1986. Numerical analysis of variation among nigerian *Dioscorea rotundata* accessions. *Euphytica* 35 : 413-419
- ONYILAGHA J. C., LOWE J., 1986. Studies on the relationships of *Dioscorea cayenensis* and *Dioscorea rotundata* cultivars. *Euphytica* 35 : 733-739
- ORKWOR, G. C., R. ASIEDU et I. J. EKANAYAKE, (1998). Food Yams. Advances in Research, IITA and NRCRI, Nigeria, 249p.
- OTTO F. J. (1990). DAPI staining of fixed cells for high-resolution flow cytometry of nuclear DNA. In : Darzynkiewicz Z, Crissman HA (eds) *Method in cell biology*, vol 33. Academic Press, San Diego, pp 105-110.
- RAMACHANDRA K. 1968. Cytological studies in *Dioscorea*. *Cytologia* 33: 401 - 410
- RAMSER, J., C. LOPEZ-PERALTA, R. WETZEL, K. WEISING et G. KAHL, 1996. Genomic variation and relationships in aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) detected by random amplified polymorphic DNA. *Genome* 39: 17-25.
- RAMSER, J., K. WEISING C. LOPEZ-PERALTA, W. TERHALLE, R. TERAUCHI et G. KAHL, 1997. Molecular marker-based taxonomy and phylogeny of Guinea yam (*Dioscorea rotundata*-*Dioscorea cayenensis*). *Genome* 40: 903-915.
- RAYBURN A. L., AUGER A. J., BENZINGER E. A. et HERBURN G. A. 1989. Detection of intraspecific DNA content variation in *Zea mays* L. By flow cytometry. *Journal of Experimental Botany*, 40: 1179-1183
- ROHLE, F. J. 1993. NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter, New York.
- SADIK, S. et OKEREKE, O. U., 1975. Flowering, pollen grain germination, fruiting, seed germination and seedling development of white yams, *Dioscorea rotundata*. *Annals of Botany*, 39 : 597-604.
- SEGNUO A., FATOKUN C, A; AKORODA M. O. et HAHN, S. K; (1992). Studies on the reproductive biology of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Euphytica* 64: 197-203
- SENIOU, D.,1993. Contribution à la caractérisation par électrophorèse enzymatique des cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse d'Ingénieur Agronome. Ecole supérieure d'Agronomie du Togo : 103 p.
- SHARMA, A. K. et DE, D. N.,1956. Polyploidy in *Dioscorea*. *Genetica*, 28 :112-120.
- SNEATH, P.H.A. & SOKAL, R. O. 1973. Numerical taxonomy. Freeman, San Francisco.

- SUENSSENGUTH, K. 1921. Bemerkungen zur meiotischen und somatischen Kernteilungen bei Monocotylen. *Flora N. F.* 14 : 314-328
- SWOFFORD, D.L. & G.J. OLSEN. 1990. Phylogeny reconstruction, p. 411-501. In: D. M. Hillis & C. Moritz (eds.). *Molecular systematics*. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- Tanksley, S.D. et T.J. ORTON 1983. *Isozyme in plant genetics and breeding*. Elsevier, Amsterdam.
- TERAUCHI, R. ; CHIKALAKE, V. A. ; THOTTAPILLY, G. et HAHN, S. K. 1992. Origin and phylogeny of Guinea yam as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. *Theor. App. Genet.*, 83 : 743-751.
- TOURE, B. ; H. RODRIGUEZ et J-F. POULAIN, 1982. L'igname et sa culture en Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan. Série C (Science)*. Tome XVIII : 83-97.
- WEEDEN, N.F. et R.C. LAMB 1985. Identification of apple cultivars by isozyme phenotypes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110:509-515
- WEISING, K., NYBOM, H., WOLFF K. and MEYER, W. 1995. *DNA fingerprinting in plants and fungi*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- WELSH, J. et M. MCCLELLAND. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* 18:7213-7218.
- WENDEL, J. F. et N. F. WEEDEN. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes, p. 5-45. In: D. E. Soltis and P.S. Soltis (eds.). *Isozymes in plant biology*. Dioscorides Press, Portland, Ore.
- WILLIAMS, J.G.K., A.R. KUBELIK, K. J. LIVAK, J. A. RAFALSKI, et S.V. TINGEY. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18:6531-6535.
- ZOUNDJIHEKPON, J. et FAHAN, M., 1993. Techniques d'électrophorèse d'isozymes d'ignames. Document multigraphié. Laboratoire de génétique. Univ. Nat. de Côte d'Ivoire : 31 p.
- ZOUNDJIHEKPON J., S. HAMON, B. TIO-TOURE et P. HAMON, 1994. First controlled progenies checked by isozymic markers in cultivated yams *Dioscorea cayenensis-rotundata*. *Theor. Appl. Genet.* 88: 1011-1016
- ZOUNDJIHEKPON J., 1993. *Biologie de la Reproduction et Génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse de doctorat. d'Etat. Université Nationale de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire. 306p.

ZOUNDJIHEKPON, J. ; ESSAD, S. et TOURE, B.,1990. Dénombrement chromosomique dans dix groupes variétaux du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. *Cytologia* 55 : 115-120.



**PUBLICATIONS
ET
ANNEXES**

PUBLICATIONS

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude sont valorisés sur le plan international sous la forme de six articles scientifiques. Ce sont :

- i) Dansi A., J. Zoundjihékpon, H. D. Mignouna , M. Quin, (1997). Collecte d'ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis* - *rotundata* au Bénin. *Plant Genetic Resources Newsletter* : 112, 81- 85
- ii) Dansi A., H. D. Mignouna , J. Zoundjihékpon, A. Sangare, R. Asiedu, & F.M. Quin (1998). Varietal identification key of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis* - *Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Plant Genetic Resources Newsletter No 116* :18-25
- iii) Dansi A., H. D. Mignouna., J. Zoundjihékpon., A. Sangare, R. Asiedu and F. M. Quin, 1999. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 46: 371-388.
- iv) Dansi A., H. D. Mignouna., J. Zoundjihékpon., A. Sangare, R. Asiedu and N. Ahoussou 2000. Using Isozyme Polymorphism for Identifying and Assessing Genetic Variation in Cultivated Yam (*Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 47: 371-383.

- v) Dansi A., H. D. Mignouna, J. Zoundjihékpon, A. Sangare, N. Ahoussou & R. Asiedu, 2000. Identification of some Benin Republic's Guinea yam (*Dioscorea cayenensis* *Dioscorea rotundata* complex) cultivars using Randomly Amplified Polymorphic DNA. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47: 619-625.
- vi) Dansi A. ; M. Pillay, H. D. Mignouna, O. Daïnou, F. Mondeil & K. Moutairou (2000). Ploidy level of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis* / *D. rotundata* complex) from Benin Republic as determined by chromosome counting and flow cytometry. *African Crop Science Journal*, Vol. 8. N°4, pp. 355-364.

Cette rubrique renferme uniquement les copies de ces six différents articles.

ARTICLE 1

Collecte des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* au Bénin

A. Dansi¹, J. Zoundjihékpon², H.D. Mignouna³ et M. Quin³

¹ Institut International d'Agriculture Tropicale, 08 BP 0932, Cotonou, Bénin. Tel: (229)350553; Fax: (229)350556; Email: IITA-Benin@cgnet.com

² WWF - Fonds Mondial pour la Nature, 08 BP 1776, Abidjan 08, Côte-d'Ivoire

³ Institut International d'Agriculture Tropicale, Oyo Road, PMB 5320, Ibadan, Nigeria

Résumé

L'igname cultivée du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* est une importante plante alimentaire en Afrique de l'Ouest. Cependant, elle a été longtemps négligée par la recherche scientifique et le développement. Or la sélection de nouvelles variétés d'ignames répondant mieux aux préoccupations des paysans ne sera possible que si l'on dispose d'une grande base génétique. Deux prospections réalisées au Bénin dans le but de constituer une collection la plus exhaustive possible pour les caractérisations morphologiques et génétiques ont permis de collecter 557 accessions en 24 jours. Les discussions avec les paysans ont mis en relief une importante érosion génétique liée à des facteurs socio-économiques, phytosanitaires ou pédologiques et à un très faible flux des génotypes existants entre les différentes régions du pays. Vu l'importance de l'érosion génétique, nous préconisons la mise en place d'un plan d'action rapide pour une conservation durable des ressources génétiques.

Introduction

L'igname, du genre *Dioscorea* est une importante plante alimentaire à tubercules dont la multiplication se fait presque exclusivement par voie végétative chez les espèces cultivées. Parmi celles-ci, seules *Dioscorea cayenensis-rotundata* et *Dioscorea alata* font l'objet d'une culture à grande échelle et présentent donc une réelle importance économique surtout en Afrique de l'Ouest et du Centre où elle constitue une part importante de l'alimentation de base des populations. La production annuelle estimée à 22 millions de tonnes pour 2,3 millions d'hectares, représente près de 90 p.c. de la production mondiale (Théberge 1985). Le Bénin apparaît comme le troisième producteur africain, avec 1,206 millions de tonnes (pour 103.320 ha) derrière le Nigeria et la Côte d'Ivoire (FAO 1992; Zoundjihékpon 1993).

Malgré son importance, l'igname a été pendant longtemps et reste encore aujourd'hui négligée par la recherche scientifique et le développement agricole et nombreux sont aujourd'hui les problèmes agronomiques et phytosanitaires que rencontrent les paysans pour la culture de cette plante. Or la sélection de nouvelles variétés d'ignames répondant mieux aux préoccupations des paysans ne sera possible que si l'on dispose d'une grande base génétique. Eastwood et Steele (1978) et Okoli (1991) avaient déjà souligné à l'instar d'autres plantes, le danger que représente l'érosion des ressources génétiques de l'igname. Conscients de l'importance de la conservation des ressources génétiques de l'igname pour la recherche scientifique, certains pays de l'Afrique de l'Ouest comme le Togo et la Côte d'Ivoire, ont déjà réalisé des prospections exhaustives et disposent actuellement de collection nationale (Hamon et Ahoussou 1988; Kassamada 1992).

Au Bénin, seules quelques rares collectes non-exhaustives ont été réalisées dans certaines régions productrices du pays. C'est dans le souci de disposer d'une collection nationale de toutes les ressources génétiques des ignames du Bénin et d'assurer sa conservation durable pour diverses utilisations, que nous avons réalisé deux

prospections portant sur les ignames du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* représentant près de 95% de la production nationale d'ignames.

Les conditions des collectes

Deux collectes ont été réalisées: la première s'est déroulée du 2 au 20 janvier 1996 et la seconde du 16 au 22 janvier 1997. Pendant la première prospection, tous les cinq départements où il existe au moins une production d'ignames ont été visités. Ce sont: le Borgou (Nord-Est), l'Atakora (Nord-Ouest), le Zou (Centre), le Mono (Sud-Ouest) et l'Ouémé (Sud-Est). Le département de l'Atlantique, où il n'y a aucune production d'ignames à cause des conditions pédoclimatiques défavorables à cette plante n'a pas été exploré. L'Atakora, qui est non seulement le département le plus grand producteur d'ignames mais aussi le plus riche en groupes ethniques (figure 1) a été très peu exploré. La deuxième prospection a été donc uniquement consacrée à ce département. Au total, 63 sites ont été prospectés en 24 jours et 557 accessions ont été collectées (tableau 1). Les ignames à chair colorée bien qu'existantes dans tous les départements sont minoritaires car ne représentant que 4.3% des accessions collectées (tableau 2).

L'organisation des paysans en Groupements Villageois (GV) et l'existence dans chaque village des encadreurs du développement rural qui sont des techniciens de l'agriculture directement en contact avec les paysans, ont facilité les contacts et les discussions avec les producteurs. Au moins deux paysans sont contactés par village ce qui permet de collecter le maximum de variétés. Le choix des villages visités par département a été fonction des zones productrices, des ethnies et de la distance: les points de collecte sont en moyenne distants de 25 km. Les limites des départements, les itinéraires suivies et les sites de collecte sont présentés sur les figures 2 et 3. Les collectes ont été faites directement dans les champs qui sont parfois éloignés

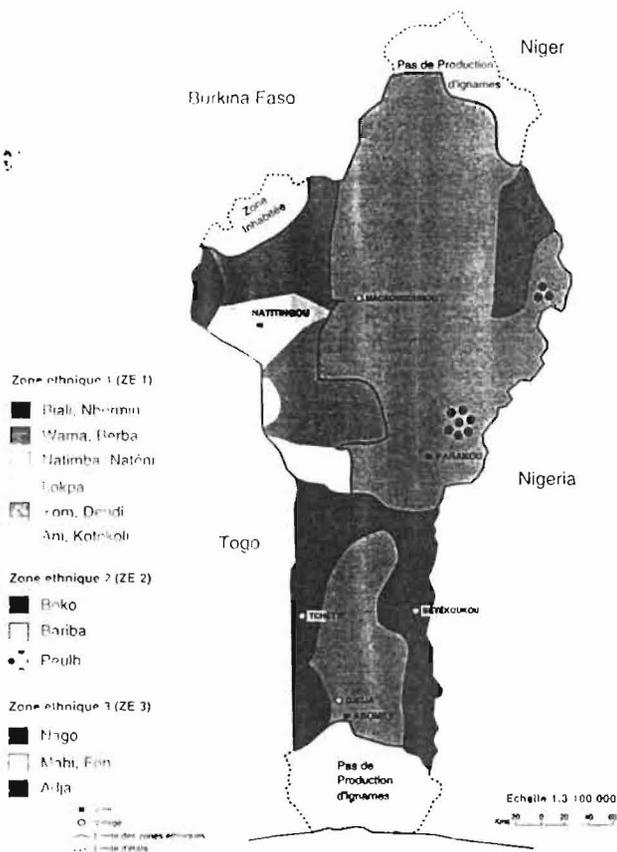


Fig. 1. Zones de production d'ignames et localisation géographique des groupes ethniques (d'après Adam et Boko 1993).

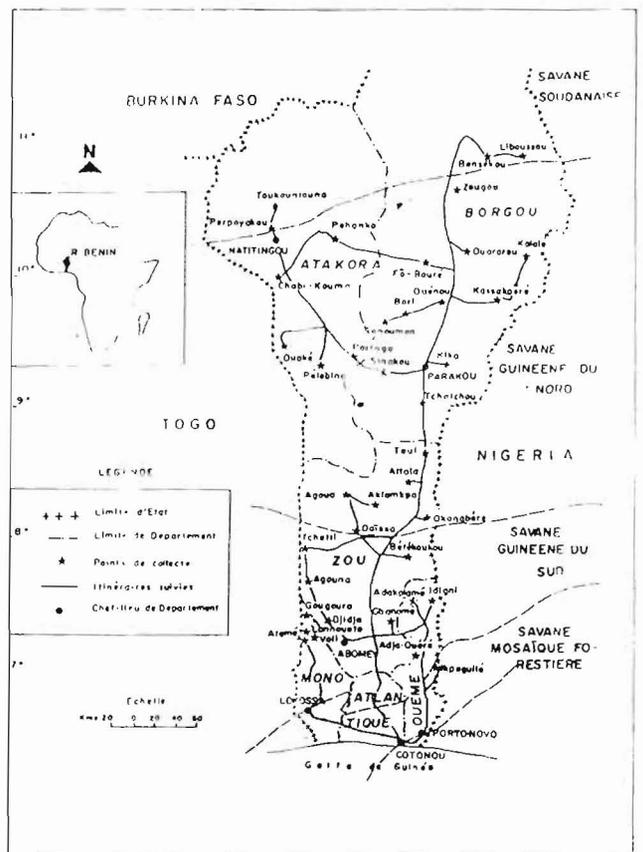


Fig. 2. Itinéraires suivis et points de collecte, République du Bénin, 1^{er} prospection.

Tableau 1. Répartition des sites prospectés et des échantillons collectés au cours des deux prospections (P1 et P2) selon les régions

	Nord-Est		Nord-Ouest		Centre		Sud-Est		Sud-Ouest		Total	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Nr. de sites	13	0	7	24	11	0	4	0	4	0	39	24
Nr. d'échantillons	147	0	69	200	93	0	22	0	26	0	357	200

de 2 à 10 km des villages.

De récentes études d'anthropologie ayant montré que les connaissances traditionnelles des paysans peuvent être capitalisées par les généticiens (IPGRI 1993), des enquêtes couplées avec les prospections ont permis de recueillir toutes les informations utiles sur les variétés collectées. Ces informations ont trait à l'origine (introduction ou domestication), à l'érosion génétique (variété très répandue, rare ou en voie d'extinction), aux caractéristiques agronomiques et

organoleptiques. La liste complète (par ordre alphabétique) des variétés collectées, leur origine, leurs caractéristiques agronomiques et organoleptiques, et leurs fréquences dans les grandes zones ethniques (ZE) où elles ont été collectées (fig. 1) sont disponible de les auteurs.

Les caractéristiques des ignames collectées

La diversité variétale

Le nombre de variétés d'ignames identifiées par site de collecte augmente selon un gradient allant du Sud vers le Nord du pays. La principale raison de cette diversité réside dans les conditions pédoclimatiques plus favorables à la culture de l'igname au Centre et au Nord du Bénin. A cette raison principale, il faut en ajouter d'autres aussi importantes et qui sont socio-culturelles. L'igname pilée constitue au Nord la principale nourriture et les paysans doivent en produire en quantité suffisante pour satisfaire les besoins de leur famille. De ce fait, chaque paysan com-

Tableau 2. Répartition des échantillons collectés par région selon la coloration de la chair

	Blanc	Jaune	Jaune clair	Blanc tacheté de rouge
Nord Est	138	2	5	2
Nord Ouest	263	1	1	4
Centre	88	2	3	0
Sud-Est	19	3	0	0
Sud-Ouest	25	1	0	0
Total	533	9	9	6

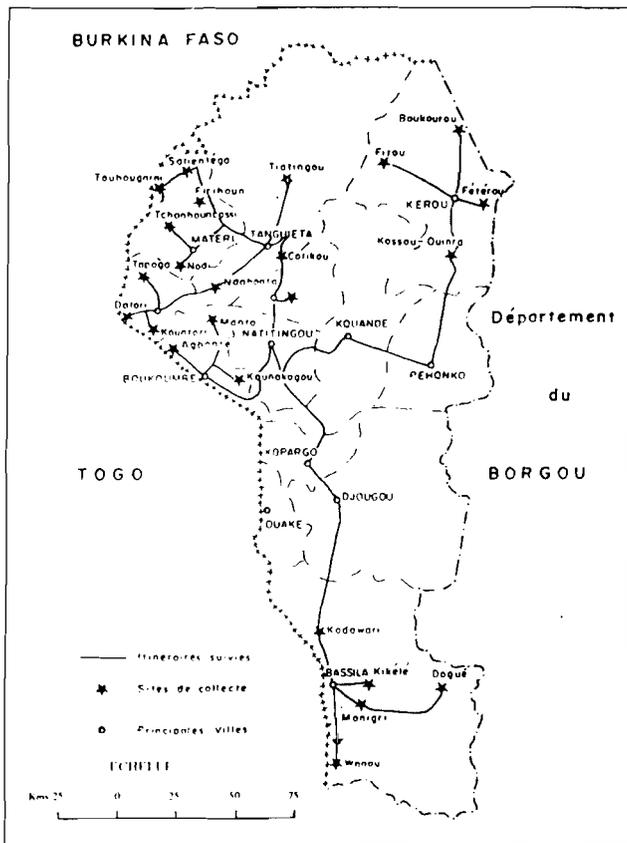


Fig. 3. Itinéraires suivies et points de collecte, Département de l'Atakora, République du Bénin, 2ème prospection.

bine dans son champ d'ignames plusieurs variétés allant des plus précoces au plus tardives et des moins aptes à la conservation à celles pouvant être conservées pendant deux ans et présentant diverses caractéristiques organoleptiques. Ceci permet d'étaler la récolte sur une longue période et de disposer d'ignames jusqu'à la première récolte de la nouvelle saison. Dans le Sud du Bénin, d'autres produits vivriers comme le manioc, le maïs, le haricot etc., prennent une part importante dans l'alimentation. Aussi, pour des raisons financières, les paysans n'accordent beaucoup d'attention qu'à un nombre restreint de variétés à haut rendement et de culture facile comme "gnidou". Le nombre de variétés cultivées par paysan varie de 6 à 12 dans le Nord et de 2 à 6 dans le Sud.

Le choix des variétés semble être aussi fonction de l'ethnie. Par exemple, alors que les Bariba (au Nord) recherchent surtout les variétés à gros tubercules comme "kpakara" et dont le "foutou" est très élastique, les Peulh préfèrent généralement les variétés à une récolte et donnant de nombreux petits tubercules que l'on regroupe souvent sous l'appellation de "kokoro".

L'origine des échantillons

Tous les paysans interrogés sur l'origine des ignames ont expliqué qu'elles ont été toutes domestiquées à partir des formes sauvages existantes dans les savanes et dans les forêts. Seules quelques rares paysans que nous avons

rencontrés ont pu fournir des informations précises sur certaines variétés. Cette situation s'explique par le fait que ces domestications ont été réalisées à des époques très anciennes et qu'elles sont de plus rares de nos jours.

Selon les paysans, trois espèces sauvages ont été à l'origine de toutes les variétés cultivées du complexe *D. cayenensis-rotundata*. Ce sont:

- *Dioscorea abyssinica* qui n'existe que dans les savanes du Nord (Zoundjihékpon et Tio-Touré 1992; Hamon et al. 1995) où elle est très répandue et connue sous le nom de Dika.
 - *Dioscorea praehensilis* qu'on rencontre surtout dans les forêts et galeries forestières du pays et qui est connue sous le nom de Sonkoutanin en Bariba et de Gbago en Fon.
 - *Dioscorea burkilliana* qui est aussi une espèce forestière connue sous le nom de Sôgôdo en Fon.
- Sous réserve de synonymie, 32 variétés ont été citées comme domestiquées à partir de *D. praehensilis* alors que 7 variétés le seraient à partir de *D. abyssinica* et 7 autres à partir de *D. burkilliana*.
- Trois variétés ont été citées par les paysans comme des exemples de domestication très récente. Ce sont:

- Gnidou et Nindouin qui sont deux variétés endémiques du Sud (figure 1 - ZE 3). La première aurait été domestiquée à partir de *D. praehensilis* dans la région de Tchèti par les paysans de l'ethnie Nago-Fê (variante dialectale du Nago) il y a de cela à peine 20 ans. La deuxième qui est relativement plus vieille (environ 30 ans) aurait été aussi domestiquée à partir de *D. praehensilis* dans la région de Djidja. Ces deux variétés sont cependant loin d'être homogènes car des paysans que nous avons rencontrés ont indiqué avoir collecté des ignames sauvages dans la forêt et qui ont donné après quelques années de culture les variétés Gnidou et Nindouin.
- Antaworou qui aurait été domestiquée pratiquement à la même époque que Gnidou à partir de *Dioscorea praehensilis* dans le village Bariba de Makrougourou (figure 1 - ZE2), seul village dans lequel elle est cultivée et où elle est largement répandue.

Quelques variétés auraient été introduites au Bénin dans un passé récent à partir des pays voisins. Ainsi Ahimon et youbè (au Nord) proviendraient du Nigéria, alors que Kratchi, Gnalabo et Hèlè-abalo (au Centre) seraient introduites du Togo. Dans le Nord, on note quelques échanges internes de variétés qui varient selon les villages. Du Nord au Sud, le flux de variétés est très faible et ne concerne que quelques rares variétés du Nord comme Morokorou et Nonforwou qui sont connues respectivement sous le nom de Anago et de Dôdô au Sud (ZE 3).

Les caractéristiques agronomiques et organoleptiques

L'aptitude à la conservation post-récolte des tubercules est fonction de la précocité de tubérisation et des variétés. Ainsi, d'une manière générale, les ignames tardives (à une

récolte) du type "Kokoro" sont les plus aptes à la conservation par rapport aux ignames à deux récoltes. Cependant, certaines variétés à deux récoltes présentent aussi de très bonnes aptitudes à la conservation. Comme exemple, on peut citer la variété Soutra qui peut se conserver jusqu'à la récolte des nouvelles ignames et la variété Ouwoumpèotina qui peut, comme certains "kokoro", se conserver pendant deux ans. Dans tous les cas, la conservation à long terme des tubercules n'est possible que s'ils sont égermés.

Concernant la précocité, il semble exister une gamme variée au sein des variétés collectées. Trois variétés sont souvent citées par les paysans comme les plus précoces pour la tubérisation. Il s'agit de Baridjo, Fakoni et Laboko (Kpouna). La précocité de Baridjo est telle que trois récoltes sont possibles au cours d'un même cycle si la pluviométrie ne fait pas défaut.

Les ignames cultivées, d'une manière générale, sont sensibles aux mauvaises herbes et nécessitent ainsi un entretien régulier. Seules trois d'entre elles ont été citées par les paysans comme présentant une tolérance appréciable aux mauvaises herbes. Ce sont: Singou, Tabandé et Yakara ngo.

Très peu d'informations précises nous ont été fournies sur le comportement des variétés cultivées vis-à-vis des nématodes qui constituent cependant l'une des préoccupations majeures des paysans. En dehors des Kokoro et des Baniouré qui présentent selon les paysans une tolérance acceptable, toutes les autres variétés (surtout les précoces) y sont sensibles à des degrés divers, ce qui entraîne des pertes énormes lors de la conservation.

Les paysans semblent ne pas faire de la mosaïque virale une priorité. En effet, ils indiquent que la plupart des variétés y sont tolérantes et donc que l'infection n'a en général pas une incidence majeure sur le rendement. Cependant, deux variétés ont été signalées comme les plus sensibles. Ce sont Ahimon (au Nord) et Gnalabo (au Sud) chez qui la virose entraîne parfois des déformations foliaires ayant pour conséquence une chute importante du rendement.

Sur le plan organoleptique, il est à remarquer que les paysans disposent déjà de toute la gamme des variétés recherchées. D'autres ont même des vertus pharmaceutiques. Ainsi, la variété appelée Gbèra est galactogène et est utilisée pour l'alimentation des femmes ayant des problèmes d'allaitement. C'est aussi le cas de Djètin qui aurait des vertus aphrodisiaques. Ce que déplore cependant la majorité des paysans est le fait que le plus souvent ce sont des variétés très recherchées sur le plan organoleptique comme Morokorou, Kponan, Oroutanai, Douba yessirou, etc. qui ont les plus mauvaises aptitudes à la conservation et qui sont les plus sensibles aux maladies foliaires et aux nématodes. Il convient donc de les améliorer sur le plan génétique.

L'érosion génétique

Au Bénin, tous les paysans du Nord au Sud reconnaissent l'existence d'une érosion importante des ressources

génétiques de l'igname et en particulier celles du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Les variétés qui ont disparu varient en fonction des villages. En effet, des variétés disparues dans certains villages ont pu être collectées ailleurs. Ainsi, des variétés comme Fèni et Kouyè kouyè, comme bien d'autres supposées depuis fort longtemps complètement disparues, ont été retrouvées chez quelques rares paysans. Au Centre et au Sud (figure 1 - ZE3), les paysans signalent d'importantes régressions pour plusieurs variétés comme Ala, Dôdô, Labôkô, Gnalabô et si l'on n'y prend garde, d'ici quelques années, ces variétés vont disparaître totalement. Le village de Bétékoukou (figure 1 - ZE3) réputé il y a seulement cinq ans grand producteur d'ignames avec plus de douze variétés n'en compte aujourd'hui qu'une seule: Gnidou que d'ailleurs quelques rares paysans s'efforcent de maintenir.

En dehors des quelques cas solidement établis et qui ont été cités plus haut, il serait trop tôt, sans avoir établi au préalable une correspondance complète des différents noms attribués à la même variété, de conclure que telle ou telle variété est endémique d'une zone donnée ou qu'elle se trouve partout. Or, une telle opération suppose d'abord une étude morphologique complète de la collection (étude en cours) puisque les paysans ne connaissent que les noms attribués aux ignames dans leur milieu et que la dénomination varie d'une ethnie à une autre et d'un village à un autre au sein d'un même groupe ethnique. Il est à noter cependant qu'en dehors des 32 variétés bien différentes indiquées (en gras) ci-dessous, toutes les autres variétés (sous réserve de synonymie) sont en situation très critique car en voie d'extinction.

Plusieurs raisons sont à la base de cette alarmante situation:

- La première, est d'ordre financier et s'applique surtout aux paysans du Centre et du Sud. En effet, le développement de la filière coton ces dernières années a entraîné l'abandon de la production de l'igname par de nombreux paysans qui consacrent leur énergie au coton, l'estimant financièrement plus rentable. Ceux qui ont choisi de continuer la culture de l'igname ont aussi abandonné de nombreuses variétés (parce que très difficiles et /ou de rendement faible) pour ne cultiver, le plus souvent, que Gnidou, une variété facile à entretenir et à haut rendement générant ainsi un revenu élevé.
- La seconde est d'ordre qualitatif. En effet, les paysans du Nord dans leur majorité abandonnent actuellement les variétés dont le «foutou» n'est pas très apprécié et ne conserve que celles qui sont de très bonne qualité.
- La dernière explication que les paysans donnent du phénomène semble être liée à l'apparition des nématodes. Ceux-ci entraînent sur les variétés sensibles comme Kponan, Oroutanai, Douba yessirou, etc. une régression du rendement et de la taille des tubercules, l'apparition de larges et nombreuses fissures sur les tubercules qui se recroquevillent et de ce fait n'attirent plus les clients au marché. De plus ils provoquent de nombreuses pourritures sous l'épiderme des tubercules

réduisant largement la disponibilité des semences et par la suite la perte totale de ces variétés.

A tous ces facteurs il faudrait aussi ajouter les non levées liées aux attaques des champignons et un découragement général de la part des paysans du fait de l'inexistence de solutions adéquates pour la restauration de la fertilité des sols et l'absence de vulgarisation des génotypes existants. Conscients du danger que représente cette érosion préoccupante des ressources génétiques des ignames, les paysans se montrent disponibles à collaborer avec les scientifiques pour assurer leur conservation.

Conclusion

Cette prospection nous a permis de collecter en 24 jours 557 échantillons et de disposer d'une base plus ou moins complète de données sur l'origine, les caractéristiques agronomiques et organoleptiques des variétés collectées. Les nombreuses discussions que nous avons eues avec les paysans nous ont permis de noter une importante érosion génétique due à des problèmes socio-économiques, phytosanitaires ou pédologiques et à une absence de diffusion des génotypes existants.

Vu l'existence d'une parfaite organisation des paysans (GV) dans tous les villages et leur disponibilité à collaborer avec les scientifiques, un plan d'action rapide les associant à la gestion *in situ* des ressources génétiques et couplé à une large diffusion des cultivars locaux doit être défini d'urgence afin d'assurer la conservation durable des ressources génétiques des ignames au Bénin.

Remerciements

Nous exprimons toute notre reconnaissance aux Docteurs P. Vernier (CIRAD / IITA Cotonou), M. Bokanga (IITA Ibadan), et O. G. Omitogun (IITA Ibadan) pour la lecture critique du manuscrit. Que grâce soit rendue au Docteur M.

Versteeg, aux Messieurs A. Etèka (IITA Cotonou), R. Dossou (INRAB-Ina), aux responsables du Développement Rural des zones visitées, aux moniteurs ou encadreurs des CARDER (Centre d'Action Régionale pour le Développement Rural) pour les nombreuses aides qu'ils nous ont fournies. Merci à Mr C. Onianwa (IITA Cotonou) pour la cartographie. Aux Messieurs Wale oyewussi, Salifou, Boni, Adjado et à tous les paysans, nous disons merci.

Bibliographie

- Adam, S. et M. Boko. 1993. Le Bénin. Les Editions du Flamboyant. EDICEF.
- Eastwood, R.B. and W.M. Steele. 1978. The conservation of yam germplasm in West Africa. *Plant Foods for Man*. 2:153-158.
- FAO. 1992. *Annuaire Production 1991*. Vol. 45, Collection FAO, Statistiques n° 104, 265 p. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Rome.
- IPGRI. 1993. *Geneflow*. Une publication sur les ressources phylogénétiques de la terre. Institut International des ressources phylogénétiques, Rome.
- Hamon, P. et N. Ahoussou. 1988. Les ignames (*Dioscorea sp*) de Côte d'Ivoire. *Plant Genet. Resour. Newsl.* 72:20-23.
- Hamon, P., R. Dumont, J. Zoundjihékon, B. Tio-touré et S. Hamon. 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Caractères morphologiques. ORSTOM-Editions. 84 p.
- Kassamada, K. 1992. Contribution à la caractérisation morphologique des cultivars du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse d'Ingénieur Agronome, Ecole Supérieure d'Agronomie du Togo.
- Okoli, O.O. 1991. Yam germplasm diversity, uses and prospects for crop improvement in Africa. Pp. 109-117 in *Crop Genetic Resources of Africa*, Vol. 11 (N.Q. Ng, P. Perrino, F. Atteré and H. Zedan, eds.). IITA/IBPGR/UNEP/CNR, Italy (copublication), IITA, Ibadan.
- Théberge, L. 1985. Les principaux ravageurs et maladies d'Afrique. Institut International d'Agriculture Tropicale.
- Zoundjihékon, J.B. and Tio-touré. 1992. Collecting wild yams in West Africa: Benin, Cameroon and Côte d'Ivoire. *FAO /IBPGR Plant Genet. Resour. Newsl.* 90:39-41.
- Zoundjihékon, J. 1993. Biologie de la reproduction et génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse n° 194, Université Nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des Sciences et Techniques, Abidjan.

Summary

Collecting cultivated yams of the Dioscorea cayenensis-rotunda complex in Benin

Yams of the *Dioscorea cayenensis-rotunda* complex are one of the most important West African food plants. In spite of this they have long been neglected in the field of scientific research and development. But the selection of new varieties of yams giving better results to smallholder cultivation will only be possible if a large-scale genebank is available. Two prospecting ventures conducted in Benin with a view to assembling a collection with the most exhaustive morphological and genetic characterizations possible, led to the collection of 557 accessions within 24 days. During discussions with smallholders, considerable light was thrown on serious genetic erosion linked to socioeconomic factors including plant diseases and lack of training among growers, as well as the weak movement of genotypes existing in the various regions of the country. Since genetic erosion has now become so serious, we would urge the organization of a rapid plan of action for the durable conservation of genetic resources.

Resumen

Recolección de ñame cultivado, Dioscorea cayenensis-rotundata en Benin

Aunque el ñame cultivado, *Dioscorea cayenensis-rotundata*, es una importante planta alimentaria en el África occidental, por mucho tiempo no se le ha prestado la atención debida en las actividades de investigación científica y desarrollo. Sin embargo, la selección de nuevas variedades de ñame que se ajusten mejor a las necesidades de los agricultores no será posible si no se dispone de una grande base genética. Dos inventarios realizados en Benin a fin de crear la colección más completa posible para las caracterizaciones morfológicas y genéticas han permitido recoger 557 accesiones en 24 días. Las entrevistas con los agricultores han puesto de relieve una importante erosión genética vinculada a factores socioeconómicos, fitosanitarios o edafológicos y al flujo muy reducido de genotipos existentes entre las diferentes regiones del país. Dada la magnitud de la erosión genética, se preconiza la aplicación de un plan de acción rápido para una conservación duradera de los recursos genéticos.

ARTICLE 2



Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*/*D. rotundata*) complex in Benin Republic

A. Dansi¹, H. D. Mignouna^{2,5,*}, J. Zoundjihékpon³, A. Sangare⁴, R. Asiedu² & F. M. Quin²

¹International Institute of Tropical Agriculture (IITA): 08 BP 0932 Cotonou / Benin; ²International Institute of Tropical Agriculture (IITA): PMB 5320 Ibadan / Nigeria; ³Worldwide fund for Nature (WWF): 08 BP 1776 Abidjan 08 Côte d'Ivoire; ⁴UFR Biosciences, Faculté des Sciences et Techniques: 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire; ⁵Present address: c/o L. W. Lambourn & Co, Carolyn house, 26 Dingwall Road, Cryodon CR 3EE, UK *Author for correspondence: E-mail: H.Mignouna@cnet.com; Fax: 234-2-2412221; Tel: 234-2-2412626

Received 19 May 1998; Accepted in revised form 3 November 1998

Key words: adjacent countries, Benin Republic, cultivar group, *Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex, hybrid origin, identification key, morphological diversity, related wild species, yam

Abstract

A better knowledge of traditional cultivars is a prerequisite to overcoming the various constraints of yam production in Benin. Using IPGRI's descriptors, 560 accessions of cultivated yams (*D. cayenensis* Lam./*D. rotundata* Poir. complex) collected throughout Benin, were characterised. Ninety morphotypes were identified and further classified into 26 cultivar groups based on their morphological similarities. An identification key is proposed for the cultivar groups. The geographical distribution of cultivar groups is also presented and two centres of diversity are identified. A comparative study between the cultivated forms and their wild relatives (*D. abyssinica* Hochst., *D. prachensis* Benth and *D. burkilliana* Miège) has allowed us to establish linkages between the identified morphotypes and wild species and to postulate some hypotheses which will be further tested using isozyme and DNA markers. The flowering and the fruiting capacity of the morphotypes as well as their adaptability (based on tuber morphology) to mechanical harvesting are also discussed. Some collections in Nigeria (IITA, Ibadan) and Togo containing cultivars from many West African countries were inspected to verify the geographical distribution of Beninese cultivars.

Introduction

The genus *Dioscorea* belongs to the monocotyledonous Dioscoreaceae, the most prominent family within the Dioscoreales (Burkill, 1960; Ayensu & Coursey, 1972). More than 600 *Dioscorea* species exist worldwide. Their habitat is mainly in tropical or subtropical areas of Africa, America, Asia, and Polynesia, where some *Dioscorea* species represent economically important tuber crops (Coursey, 1967).

Food yams are grown principally for the carbohydrate they provide. The tubers, which are the only edible part, have a tremendous capacity to store food reserves. Although regarded mainly as a source of car-

bohydrate, some species are nearly as rich in protein as rice or maize (Hahn et al., 1987).

Among the several yams species (*D. alata* L., *D. esculenta* Bork., *D. dumetorum* (Kth.) Pax, *D. bulbifera* L., *D. cayenensis*/*D. rotundata* complex) cultivated in West Africa, the native *D. cayenensis*/*D. rotundata* complex (also referred to as Guinea yam) remains the most important. For example, in Benin, this species complex represents more than 95% of the total production (Dansi et al., 1997). Apart from its nutritional value, Guinea yam also plays a significant role in cultural life in West Africa (Ayensu & Coursey, 1972). However, despite its economic and cultural importance, Guinea yams have been poorly investigated

in several West African countries, including Benin. Consequently, farmers are reporting the disappearance of many cultivars and therefore a significant genetic erosion (Dansi et al., 1997). Many genotypes are reported to be susceptible to pests (nematodes) and diseases. To overcome these constraints, there is a need for a better knowledge of the diversity within the crop.

No sound characterisation or classification of cultivated yam cultivars has been conducted in Benin so far. Surveys carried out in 1996 and 1997 (Dansi et al., 1997) highlighted the existence of a considerable number of vernacular names. About 300 different names have been reported for 63 collection sites distributed over just 10 ethnic groups. Each locality has its own unique set of names for different cultivars with even very different cultivars sometimes referred to by the same name. This linguistic polymorphism constitutes an obstacle to the reliable identification of cultivars and therefore their eventual use for different research programmes.

The objective of the present work was to analyse the morphological organisation of the existing diversity in the germplasm of the *D. cayenensis/D. rotundata* complex in Benin using morphological descriptors in order to:

- Identify the different cultivars existing in the germplasm collection on the basis of morphological and flowering characteristics and to establish the correspondence between the different names assigned to the same cultivar.
- Constitute cultivar groups based on morphological resemblance.
- Define identification keys for the cultivar groups.
- Identify the cultivars which are widespread, those which are rare and also those endemic to a specific zone or locality.
- Conceive some hypotheses on both the origin and evolution of identified cultivars.
- Identify, on the base of tuber shape, the cultivars which can be mechanised in modern agricultural enterprise.

Material and methods

Material

The germplasm studied consisted of 560 accessions of yams belonging to *D. cayenensis/D. rotundata* complex. This was collected in 1996 and 1997 in different localities of Benin, and maintained as field collection

at the International Institute of Tropical Agriculture near Cotonou (Dansi et al., 1997)

Methods

Cultivation

Tuber sets were planted by 15 February every year in a randomised block design with three to six plants per accession, depending on the seed-tuber availability. The distance between two mounds was fixed at 2 m to avoid the mixture of stems. Aerial vegetative parts were monitored between March and August. Tubers were harvested only once in December for both early (two-harvest) and late (one-harvest) maturing cultivars and were described from December to January. Late cultivars usually take 9–10 months to mature, while early cultivars can be already harvested 6 months after planting.

Morphological descriptors

The descriptors used (Table 1) are mostly the ones selected by Hamon (1987) as the most pertinent for the identification and description for the cultivated yams encountered in West Africa and are among those recommended by Martin & Rhodes (1978) and IPGRI/IITA (1997). Because farmers' knowledge can be capitalised by geneticists and breeders (IPGRI, 1993), some additional characters (tuber striping or streaking, presence of specific figures, presence of coloured bands etc.) which are frequently used by farmers for identification were also considered. Quantitative characters were deliberately avoided because of phytosanitary problems leading to differences in the plants' development. However, to give an idea of the leaf and tuber dimension, some average values (based on twenty healthy leaves and on three or more tubers according to their availability) are indicated for each cultivar. The length of the leaf is the one of the main vein, while the width was measured at the widest part of each leaf.

For each plant, the flowering capacity, the sex, the fructification capacity were recorded. General appearance of the plant and the tuber has also been of capital importance for the cultivar's identification.

Multivariate analysis

Each character was scored as a Bernoulli variable (0, 1). If a character was present, it was scored '1', if

Table 1. Morphological descriptors

Stem	Leaf	Tuber
colour of the young stem	colour of the young leaf	presence of corm
colour of the adult stem	colour of the adult leaf	tuber shape
thorniness of the stem	leaf shape	roughness of the tuber surface
colour of the thorns	opening state of the limb	hairiness of the tuber
size of the thorn	undulation of leaf border	thorniness of the roots
spot at the thorn's base	coloured zone on petiole	colour of the tuber skin
roughness of the stem	upward leaf lobes folding	colour of tuber flesh
stem's internode length	downward folding of leaf lobes	thickness of the tuber skin

absent '0'. Using this methodology, 79 morphological variables were created and a binary matrix compiled. This matrix was used to generate a dendrogram based on simple matching coefficient of similarity, using the Unweighted Pair-Group Method with Arithmetic Average (UPGMA) provided by the computer program NTSYS-pc, version 1.8 (Rohlf, 1994).

Results and discussion

Cultivar classification and correspondence between names

Morphological analysis based on aerial and underground organs has shown significant diversity within the cultivated yams of the *D. cayenensis/D. rotundata* complex. As expected, not all the accessions collected do correspond to distinct cultivars. Many of them, although recorded under various names were morphologically identical and therefore clustered together, hence allowing the establishment of the correspondence between the different names (Table 2). In total, 90 morphological types (morphotypes or cultivars) were found within the collection. Some accessions which farmers considered as different, have been sometimes classified together for the simple reason that they were so similar that it was difficult to find a reliable and stable morphological trait to discriminate between them. This means therefore that there are certainly a few more cultivars in the collection than we have identified. This shows, as expected, some limits in the utilisation of morphological characters in yam classification. Farmers experienced in yam germplasm identification recognised that about 5% of the attributes used are others than morphological ones and are mainly concerned with the organoleptic traits and the

flesh odour. All this denotes how important it will be to recourse to isozymic and molecular markers to refine this classification.

Certain cultivars such as 'Banioure', 'Ahimon', 'Kinkerekou' and 'Oroutanai', have been collected under various different names. This can be explained by their high yielding and excellent organoleptic qualities which have made them well appreciated and which have facilitated their spread among different ethnic groups. On the other hand, some cultivars such as 'Morokorou' and 'Agogo', although widely spread, are known under a very limited number of names. This is due to their restricted movement mostly within the same ethnic group such as the Bariba. For other cultivars, it is either the consequence of an on-going genetic erosion or of recent domestication.

Cultivar groups and identification keys

The cultivated yams can be subdivided in two classes: Early maturing (two harvests) class and late (one harvest) maturing class. Using the criteria of morphological resemblance between cultivars, 26 cultivar groups have been constituted. A group is defined as "a very particular cultivar or set of morphologically similar cultivars such that the intragroup variability is lower than the intergroup variability". The major characteristics of each cultivar group are cited below (Table 3). When there are many names, the cultivar groups are named by using the most frequent name or the most simple one. In the text, the groups' names are written in capital letters.

The variability of the different groups, the cultivars classified in each group as well as the average dimensions of their leaf and tuber are listed in Table 4. Five cultivar groups are entirely homogenous, eight

Table 2. List of the different morphotypes identified within the germplasm

Nos	Principal name	Ethnic group	Other names
1	Agangan	Ba	
2	Agogo	Na	
3	Ahinon	Ba	Sabi sagui, (Ba); Atchikakana, Heleabalo, Wetanam, Yoloukpa, (Lo); Akpantajo, Noudosse (Yom); Chambaabou, Taamaniakou, Tronpeti (Nat); Kiwa sawa (Bo); Sotoboua (MF); Abo (Ad), Kakatili (Na); Miniehoun, Nehou, Tiniete (Ber); Eyonounon (Kot)
4	Akpazin	MF	Gibanghe (Na); Aye, Aroukpe (Ba); Assinakpeina (De); Ikpetile (Lo)
5	Alakissa	Na	Ikeni (Na); Bonousse (Ba), Kanlin (Adj)
6	Ala n'kojewoue	Na	Ohoti, Gbidoko (Na)
7	Androki	Na	
8	Ankpoloman	Lo	
9	Antawororou	Ba	Assi (Ba)
10	Assabone	Mb	
11	Baniakpa	Ba	
12	Banioure	Ba	Bononwirou (Ba)
	bagarou		
13	Banioure	Ba	B. yintegrou
	montogue		
14	Banioure	Ba	B. oloukaba, B. souan Wirou worou, Guihi woga (Ba); Outchankouehan, Damoko (Na); Baninje (Peu); Woutamabou (Wam); Kiwa (Bo); Komopeina (Nat); Nouatonhon, Nwotowou (Ber)
	oloukobi		
15	Baridjo	Bo	Soutra (Nat); Ofegui (Na)
16	Boki	Peu	
17	Bonakpo	Ba	
18	Brizi	De	Tounonhe (Lo); Tchinguita, Tchinguibou (Nat); Wissakosso (Bo); Kounkounou (Ba); Esseadjinakou, Okouhou (Na)
19	Danwari	Ba	Kpakara (Ba); Hele abalo, Kotokiliana (Lo); Tronpeti (Nat)
20	Deba	Ba	Nadeba, Gninoubokononkanmion (Ba); Agada (Na); Assinadoha (Yom)
21	Djatouba	Na	Sokoun okpa (De)
22	Djikpiri	Ba	
23	Djiladja	Na	
24	Dikpiri	Ba	Moussougoussou (Ba)
25	Douba yessirou	Ba	Satouma (Ba); Wonkaabou (Wam); Nifawoun (Ber)
26	Doundoua	De	Igangan (Na)
27	Effourou	Na	
28	Feni	Na	
29	Gbera	Ba	
30	Gnalabo	MF	Aguida, Nami (Na)
31	Gnawoukoko	Bo	
32	Gnidou	Na	Agbantehounnonhin (MF); Daguidagui (Na); Doyesserou (Ba); Idjitededekka (Kot)
33	Gnifokpado	MF	
34	Guiena	Bo	
35	Guirissa	Ba	Siwo koumassi (Bo)
36	Hounbonon	MF	
37	Ihdonou	Ba	
38	Issouagatou	Na	

Table 2 (continued)

Nos	Principal name	Ethnic group	Other names
39	Kagourou	Ba	Keke, Kokoro aghessi (MF); Tambiaha (Yom)
40	Kangni	MF	
41	Kee	Ba	Kea
42	Kinkerekou	Ba	Assourou, Awaya, Kagourou, Kokoroghanou (Ba); Kpadjibakowokpo, Wohoungo (Na); Assinabaro (Yom); Kpakagnina, Ategue, Tchitchekoua, Nounihana, Nugnia, Tchigana, Tawouma
43	Kokone	Ba	Kokowoude (MF); Kolekloe (De)
44	Kokouma	Ba	Kpehindje, Kpinhiukpinhiin (Na)
45	Koloyo	Lo	Gambarougninon (Ba); Gbomina (De); Tchamba (Nat)
46	Komagoutoko	Ba	
47	Kpanhoua	Ba	Djirissa, Guihiwoga, Kpanhan, Tam-bakassou (Ba)
48	Kprou kpika	Ba	
49	Kponan	Ba	
50	Kratchi	MF	Bakpanatini (Kot)
51	Laboko	MF	
52	Makpawa	Ba	
53	Maretassou	Ba	
54	Monji	MF	Akpawoungoje, Kouye-kouye (Na)
55	Nonforwou	Nat	Dodo (MF); Gaketele (Ani); Gbarawowoun (peu), Gbaroud (Ba); Odoe, Olodo (Na);
56	Nindouin	MF	Ewe (Bo)
57	Morokorou	Ba	Woho (Ba); Anago (Na)
58	Noulaye	Bia	Effoun, Lafoun (Na); Magbanatini (Kot); Tchambaafa, Yassi (Nat); Tchimehoun (Ber); Towoumbou (Wam);
59	Ofeou	Na	
60	Omoya	Ba	
61	Oroutanai	Peu	Adani (Ba); Akpekpe, Fananan, Kabliona, Koudjou, Mafobo, odoi, Omoule (Na); Bebetinga, Peya (Ber); Koumassi nonbou (Wam); Koumassi kpeina (Nat); Tchoutchounga (Bo);
62	Orouyinsingue	Ba	Nondapechi (Nat); Ounonyahoun (Mb)
63	Ossoukpana	Ba	Agoua (Na); Akpantao (Yom); Biwokou, Wirou fanrou, Yaissourou (Ba)
64	Ourtchoua	Ba	Sekizan, Hossangui (Ba); Yaokononmon (Nat)
65	Ouwonpeotina	Nat	Wonmaaka (Wam); Tampihoun (De)
66	Piedje	Ber	
67	Porchehbin	Peu	Mareworoukorou (Ba)
68	Singou	Ba	Gonin, Singan (Ba); Nonwonnilibo, Nonwonnibou (Nat)
69	Soagona	Ba	Fakoni (Wam); Sirigui (Ba)
70	Sobasson	Ba	Dinonyale, Inoutieleyagansori (Mb); Nonfonnanan (Nni).
71	Sogodo	MF	
72	Soussouka	Ba	Angbaobe, Koumagou (Ba); Dissoussoude (Mb); Taotimanin (nat); Sossorasse (yom); Soussouksi, Yessoutia (Ber); Nampro, Wokourou (Wam);
73	Soussounin	Ba	
74	Soussou souanbou	Ba	
75	Tabane	Ba	Kabanoude (MF); Kandi, Komnan, Kpanantantangi (Na)
76	Tam-sam	Ba	Iberregnesse (Ba)
77	Terlounto	Lo	

Table 2 (continued)

Nos	Principal name	Ethnic group	Other names
78	Terkokonou	Ba	Teroukpogorou (Ba)
79	Tognibo	MF	Glazoue (MF)
80	Walassi	Lo	
81	Wamai	Yom	
82	Wolouchahabim	Peu	Ewotolo (Lo); Wajabim (Kot)
83	Wossou	Bo	
84	Yahou	Bo	
85	Yaka	Na	
86	Yakarango	Ba	Alossola (Lo); Sossohanhan (Yom)
87	Yoble	Na	
88	Yoube	Na	
89	Youyouedota	MF	
90	Yorou tassou	Ba	

Abbreviations: Ad -- Adja; Ani -- Ani; Ba -- Bariba; Ber -- Berba; Bia -- Biali; Bo -- Boko; De -- Dendi; Kot -- Kotokoli; Lo -- Lopa; MB -- M'bèlimin ou Nbermin; MF -- Mahi et Fon; Na -- Nago; Nat -- Natimba; Nni -- Naténi; Peu -- Peullh; Yom -- Yom; Wam -- Wama

are heterogenous only at the tuber level and 13 are heterogenous for both aerial and underground traits.

Three groups (ALAKISSA, BANIOURE and BARIDJO) classed as late maturing yams contain some early-maturing cultivars which cannot be classified otherwise due to the similarity of the aerial part of these different groups and secondly by the fact that they are most often grown as late maturing cultivar (harvested once a year) for better organoleptic qualities. In order to facilitate the identification of the cultivar groups, we have separately constructed a schematic identification key for both classes of late (Figure 1) and early (Figure 2A, B) maturing cultivars. The validity of the identification keys has been tested on most accessions and all the tested individuals have been easily classified.

The only one cultivar classified in the group TAM SAM remains peculiar and very different from the others. It is dwarf, unarmed, with very small leaves and very small male flowers and always with some non-chlorophyllous branches and/or some half-chlorophyllous leaves, clearly indicating that a chloroplast mutation has occurred. This cultivar presents exactly the same tuber characteristics as that of 'Tabane' and it ranks also in last position after 'Tabane' in terms of leaf size. It is likely that Tam Sam has been derived from 'Tabane' due to chloroplast mutation. The fact that these two cultivars have been shown to be genetically close based on molecular analysis of genomic DNA fingerprints using AFLP markers (Mignouna et

al., 1997) corroborates well with our hypothesis on their genetic relatedness based on morphology.

Based upon our cluster analysis (Figure 3), accessions were separated into two major clusters according to the colour of the tuber flesh. Hence, on the one hand, MAKPAWA, ALAKISSA and BARIDJO with yellow or yellowish tuber flesh cluster together. On the other hand, the remaining groups with white or rarely red-spotted flesh constitute another cluster. MAKPAWA and ALAKISSA, the two groups characterised by the absence of waxiness (white powdery exudate) cluster together. Considering the grouping at a similarity level of 0.8 (80%) seven cultivar groups (BANIOURE BARIDJO, KOKOROGBANOU, MONDJI NONFORWOU, TABANE, TAM SAM) appeared well identified and isolated. The cultivar 'Maretassou' previously classified in the ANTAWOROROU group appeared separate due to the small size of its leaves compared to the cultivars clustered in this group. All the other groups were separated into different clusters. At a higher level of the similarity, the sub-division of the group SOUSSOU into three parts show the high level of diversity within this group. The association of the cultivar 'Danwari' with the group GNIDOU is not surprising. In fact, apart from the presence of a large spot at the thorn's base in 'Gnidou', both are similar at the aerial level and are female. The association of Terlounto (GNALABO) with OURTCHOUA is not expected. How can the existence of the groups which are heterogenous only at the tuber level be explained?

Table 3. Major morphological characteristics of the cultivar groups

Cultivar groups	Major morphological characteristics
AGOGO	Young stem reddish, branches green with red and round spot at the base; adult stem thorny with brown thorn and spot. Leaf large, blackish, embossed and elongate with long and pointed lobe. Tuber variable.
AHIMON	Stem smooth, light green and little thorny. Leaf medium-sized, thick, cordiform and light green. Tuber medium-sized, yellowish and finely striate. Roots very thorny.
MAKISSA	Stem green, smooth and very thorny without pruinescence. Leaf very large, thick, round and opened with smooth border. Tuber of variable shape with ligneous corm and yellow flesh. Roots unarmed.
ANLAWOROROU	Stem red purplish, smooth and very thorny. Leaf blackish green with red veins and red spot on the petiole. Tuber long and cylindrical. Roots thorny.
BANIOURF	Stem little thorny and very branched; branches whorled. Leaves small, elongate, green and whorled. Tuber long, medium-sized and more often curved. Roots very thorny.
BARIDJO	Stem very rough, thorny and multicoloured (green, blue and brown spotted). Leaf cordiform, thick, embossed and green blackish with very undulate border. Tuber very branched.
DIKPIRI	Stem smooth, green bluish and thorny. Leaf round, opened and green bluish with smooth border. Tuber cylindrical and sometimes branched. Roots unarmed.
DOUBA YESSIROU	Stem smooth and dark-green with brown thorn and brown spot. Leaf medium-sized, slightly elongate, thick and blackish with very undulate border and round lobe. Tuber irregular and branched. Roots thorny.
GNALABO	Stem smooth, green and thorny. Leaf green with medium-sized and broad lobes curved inward like a funnel. Tuber regular (not branched).
GNIDOU	Stem smooth and very thorny, large and thick spot at the thorn's base. Leaf dark-green with undulate border and long lobe. Tuber regular, long, smooth and cylindrical. Roots thorny.
KOKOROGBANOU	Stem green, thorny and very rough. Leaf large and cordiform with undulate border. Tuber either globular, short, long, regular or branched.
KPANHOURA	Stem rough, green and very little thorny with very thorny branches. Leaf very large, cordiform, thick, embossed and blackish with undulate border and round lobes. Tuber Long and branched. Roots few thorny.
KPONAN	Stem smooth and unarmed. Leaf green and cordiform. Tuber long and cylindrical; Roots unarmed.
KRATCHI	Stem smooth, pale green and very thorny with large, thick and undulate spot at the thorn's base. Leaf pale green and elongate with round lobes and smooth border. Tuber rarely branched. Roots unarmed.
MAKPAWA	Stem smooth, green and very thorny without pruinescence; thorns curved upward. Leaf round and opened with smooth border. Tuber with yellowish flesh and variable shape.
MONDJI	Stem smooth and very thorny; thorn big without spot at the base. Leaf cordiform. Tuber big and long. Roots generally very thorny.
MOROKOROU	Stem very thorny, rough, striated and green purplish; long and brown thorn with brown spot at the base. Leaf green, long and large with long and pointed lobe. Tuber big, smooth and cylindrical. Roots thorny.
NONFORWOU	Stem very smooth, bluish-green and almost unarmed with big, long and light green cataphylls. Leaf elongate, opened and green bluish with smooth border and round lobes. Tuber massif or long with pointed tip.

Table 3. (continued)

Cultivar groups	Major morphological characteristics
NOUALAYE	Stem smooth, green and thorny. Leaf long and large with long and pointed lobe and very long petiole. Tuber long. Roots few thorny.
OURTCHOUA	Stem green, smooth and thorny. Leaf small and dark-green. Tuber of variable shape.
PORCHEHBIM	Stem little smooth, green bluish and thorny. Leaf light-green, medium-sized and elongate with smooth border. Tuber regular and medium-sized. Roots few thorny.
SOUSSOU	Young stem reddish; adult stem rough and very thorny. Leaf dark green with lobe curved outward. Tuber long of variable shapes. Roots most often very thorny.
TABANE	Stem green, rough and thorny. Leaf dark green, small and elongate with undulate border. Tuber short of variable shape.
TAM-SAM	Stem dwarf, green, smooth and unarmed. Leaf very small. Tuber short, conical and depressed at its base.
TERKOKONOU	Young stem reddish; adult stem purplish, very rough, longitudinally striate and very thorny with big, reddish and coalescent thorns spotted at the base. large cataphylls. Leaf thick, green, embossed and cordiform with round lobe. Tuber long and branched. Roots very thorny.
TOGNIBO	Stem green, very rough, thorny and striated with very large foliar cataphylls; thorn large and short with large spot at the base. Branches whorled. Tuber cylindrical. Roots with few thorns.

By comparing the morphology of the tubers for each of the concerned groups, three hypotheses can be ventured.

– *Shape-based selection from an initial clone.* This is relevant to the groups PORCHEHBIM and KOKOROGBANOU (both homogenous for the aerial part) containing some cultivars always producing a set of tubers of a specific and different shape, and others producing uniform tubers of one or another of the associated shapes. It is therefore likely, that during the successive vegetative multiplication from the original type, there has been a fixation of one or the other of the different shapes therefore producing individuals which differ by their tuber. Hence, in the group PORCHEHBIM, cultivar 'Porchehbim' (with regular and medium-sized cylindrical tubers) might be derived from 'Wolouchahabim' (with a big and irregular tuber supporting some regular and medium-sized cylindrical ones) while in KOKOROGBANOU the cultivar 'Brizzi' (globular tubers) seems to be derived from 'Otoukpana' (a fan-shaped tuber associated with one or two globular tubers).

– *Somatic mutation in an initial clone.* It is highly probable, that during successive vegetative multiplications occurring over a very long period, some somatic mutations appeared affecting the general structure (striation, roughness etc.) of the tuber of a given initial clone. This has led to some morphologically different types but with a similar genetic background. Cultivar belonging to the same groups, and which differ from one another only by such characters might be the result of such evolutionary process.

– *Descendants of the same original parent.* Tubers of cultivars belonging to the groups BARJO, TABANE and ALAKISSA (all homogenous for the aerial part) are so different that it is difficult to imagine a process such as shape-based selection or somatic mutation to explain their diversity. These cultivars are surely genetically different but with a very close background and probably have been domesticated among the progeny of the same original parents.

The fact that farmers recognise (without giving a precise example) that some cultivars have appeared spontaneously is in favour of our two former hypotheses. Further studies will be carried out using

Table 4. Structure of the cultivar groups and reproduction biology of the different cultivars

No	Cultivar groups	NA	NC	Intragroup variability		cultivar names	Ea	LL cm	LW cm	TS cm	Reproductive biology		
				aerial part	tuber						sex	flowering	fruit-setting
G 1	AGOGO	29	4	heterogenous	heterogenous	Agogo	P	10	6.6	71	F	poor	none
						Gnanwoukoko	P	10	6.6	71	F	poor	none
						Soagona	P	10	6.6	80	-	-	-
G 2	AHIMON	45	2	homogenous	heterogenous	Wossou	P	10	6.6	78	F	poor	none
						Ahimon	P	11	5.5	46	FMO	profuse	high
						Feni	P	11	5.5	46	M	profuse	-
G 3	ALAKISSA	12	3	homogenous	heterogenous	Kee	P	11	5.5	58	F	profuse	high
						Agangan	P	13	12	73	M	profuse	-
						Alakissa	T	13	12	51	M	profuse	-
G 4	ANTAWOROROU	10	3	heterogenous	heterogenous	Doundoua	P	13	12	72	M	profuse	-
						Antawororou	P	11	6.5	78	-	-	-
						Djikpiri	P	11	6.3	77	F	poor	none
G 5	BANIIOURE	38	4	homogenous	heterogenous	Maretassou	P	8.5	4.5	34	-	-	-
						B.bagarou	P	8.3	4.5	72	F	poor	none
						B. oloukobi	T	8.3	4.5	65	F	poor	none
						B.montogue	P	8.3	4.5	73	F	poor	none
G 6	BARIDJO	9	3	homogenous	heterogenous	Walassi	P	8.3	4.5	69	-	-	-
						Baridjo	P	8.8	6.3	62	M	profuse	-
						Ofegui	T	8.8	6.3	40	M	profuse	-
G 7	DIKPIRI	2	1	homogenous	homogenous	Ouwonpeotina	T	8.8	6.3	60	M	profuse	-
						Dikpiri	P	8.2	8.2	68	F	poor	-
G 8	DOUBA YESSIROU	16	2	homogenous	heterogenous	Ankpoloman	P	10	6.3	55	F	medium	low
						Douba yessirou	P	10	6.3	55	F	medium	low
G 9	GNALABO	17	3	heterogenous	heterogenous	Assabone	T	07	5.5	35	M	medium	-
						Gnalabo	T	8.5	7.2	45	F	poor	none
						Terlounto	T	10	6.8	32	-	-	-
G 10	GNIDOU	36	1	homogenous	homogenous	Gnidou	P	10	7.5	72	FMO	profuse	high
G 11	KOKOROGBANOU	63	14	homogenous	heterogenous	Akpazin	T	9.6	7.5	32	M	profuse	-
						Brizi	T	9.6	7.5	30	M	profuse	-
						Baniakpa	T	9.6	7.5	39	M	profuse	-
						Bonakpo	T	9.6	7.5	35	M	profuse	-
						Deba	T	9.6	7.5	33	M	profuse	-
						Kinkerekou	T	9.6	7.5	35	M	profuse	-
						Kpiroukpika	T	9.6	7.5	34	M	profuse	-
						Kokone	T	9.6	7.5	38	M	profuse	-
						Kologo	T	9.6	7.5	48	M	profuse	-
						Omonya	T	9.6	7.5	35	M	profuse	-
						Ossoukpana	T	9.6	7.5	33	M	profuse	-
G 12	KPANHOURA	10	2	homogenous	homogenous	Youeyouedota	T	9.6	7.5	32	M	profuse	-
						Singou	T	9.6	7.5	33	M	profuse	-
						Yakarango	T	9.6	7.5	36	M	profuse	-
						Kpanhoura	P	13	9.5	67	M	profuse	-
G 13	KPONAN	12	1	homogenous	heterogenous	Kponan	P	11	8.8	78	M	profuse	-
						Laboko	P	11	8.8	55	M	profuse	-
G 14	KRAFCHI	25	2	homogenous	heterogenous	Kratchi	T	11	5.2	37	F	profuse	none
						Kangnin	T	11	5.2	37	F	profuse	none
G 15	MAKPAWA	2	2	heterogenous	heterogenous	Makpawa	T	8.3	8.3	49	-	-	-
						Sogodo	T	5.5	5.3	53	-	-	-

Table 4. (continued)

No	Cultivar groups	NA	NC	Intragroup variability		cultivar names	Ea	LL cm	LW cm	TS cm	Reproductive biology		
				aerial part	tuber						sex	flowering	fruit-setting
G 16	MONDJI	51	11	heterogenous	heterogenous	Ala n'kojchoue	P	9.7	8.4	69	M	profuse	-
						Danwari	P	10	7.6	45	F	profuse	high
						Djiladja	P	9.8	6.8	53	F	profuse	medium
						Effourou	P	8.8	5.4	65	F	profuse	medium
						Gnifokpado	P	9.3	6.9	68	F	medium	low
						Monji	P	9.2	6.7	71	F	medium	low
						Nindouin	P	9.8	6.5	72	M	profuse	-
						Oroutanai	P	10	8.8	85	M	profuse	-
						Piedje	P	9.9	7.2	70	F	medium	low
						Yoble	P	9.8	6.8	68	F	medium	low
G 17	MOROKOROU	29	2	heterogenous	heterogenous	Morokorou	P	12	5.8	78	F	poor	none
						Kokouma	P	12	5.8	78	F	poor	none
G 18	NONFORWOU	23	4	homogenous	heterogenous	Boki	P	11	8.5	78	F	profuse	low
						Djatouba	P	11	8.5	60	F	profuse	low
						Nonforwou	P	11	8.5	55	F	profuse	low
						Yoroutassou	P	11	8.5	63	M	profuse	-
G 19	NOUALAYE	22	1	homogenous	homogenous	Noualaye	P	12	8.4	78	M	profuse	-
G 20	OURTCHOUA	21	3	heterogenous	heterogenous	Gouroko	T	8.5	4.9	51	M	medium	-
						Ourtchoua	T	6.1	5.2	32	M	medium	-
						Sobasson	T	6.5	5.3	33	M	profuse	-
G 21	PORCHEHBIM	11	2	homogenous	heterogenous	Porchekbim	T	10.8	6.7	36	M	profuse	-
						Wolouchahabim	T	10.8	6.7	69	M	profuse	-
G 22	SOUSSOU	48	11	heterogenous	heterogenous	Androki	P	8.6	6.5	71	-	-	-
						Gbera	P	11.5	9.1	70	F	poor	none
						Guiena	P	8.8	5.2	68	-	-	-
						Guirissa	P	11.4	5.8	69	-	-	-
						Issou agatou	P	8.2	8.2	69	F	poor	none
						Orougninsingue	P	12	6.2	71	M	profuse	-
						Soussouka	P	8.5	4.9	77	M	profuse	-
						Soussounin	P	6.8	5.7	72	M	low	-
						Soussou souabou	P	8.5	4.9	78	F	medium	low
						Wamai	P	10	5.7	68	-	-	-
G 23	TABANE	16	5	homogenous	heterogenous	Hounbonon	T	7.1	4.1	33	M	profuse	-
						Ihdonou	T	7.1	4.1	33	M	profuse	-
						Kagourou	T	7.1	4.1	33	M	profuse	-
						Tabane	T	7.1	4.1	33	M	profuse	-
						Yaka	T	7.1	4.1	33	M	profuse	-
G 24	TAM SAM	1	1	homogenous	homogenous	Tam sam	T	4.3	2.5	33	M	profuse	-
G 25	TERKOKONOU	6	1	homogenous	homogenous	Terkokonou	P	10.7	7.5	80	M	profuse	-
G 26	TOGNIBO	6	1	homogenous	homogenous	Tognibo	P	10	9.6	72	F	poor	none

Abbreviations: NA - Number of Accessions; NC - Number of Cultivars; Ea - Earlyness; P - early maturing; T - late maturing; LL - Leaf Length; LW - Leaf Width (average of 20 observations); TS - Tuber Size (average of 3 observations); F - Female; M - Male; O - Monoecious; - no flowering

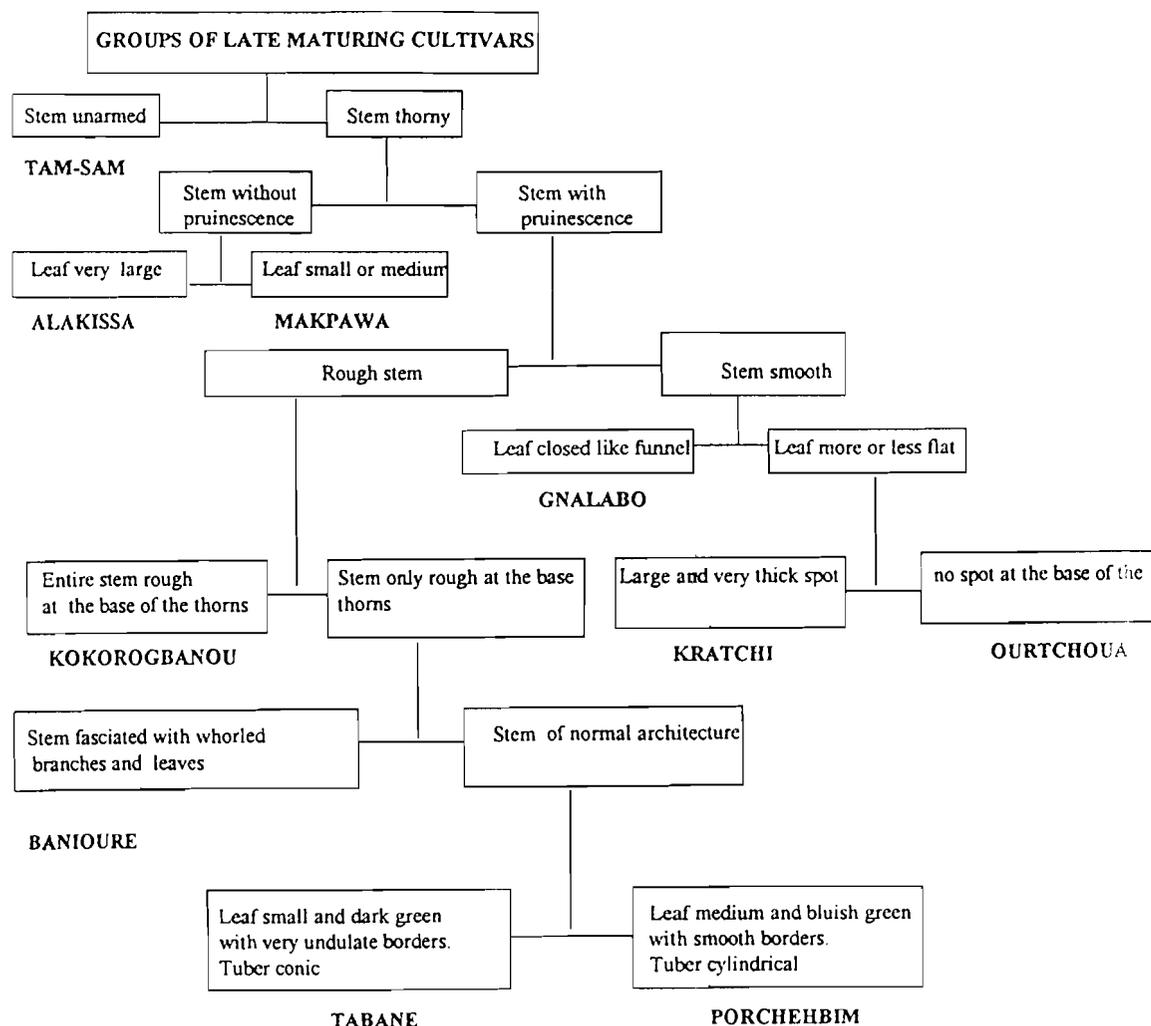


Figure 1. Identification key for late maturing groups.

molecular DNA markers to test the above-mentioned hypotheses.

Relationships between cultivated species and their wild relatives

There is no longer any doubt that all the cultivated forms of the *D. cayenensis*/*D. rotundata* complex are the products of an ancient or more or less recent domestication of the wild species. Farmers are unanimous about this fact and even if it is rare nowadays, this domestication process is still in progress in certain villages (Dumont & Vernier, 1997). Moreover, some isozymic (Hamon, 1987) and molecular (Terauchi et al., 1992) studies have indicated that four major species (*D. abyssinica* Miège, *D. praeheensis* Benth.,

D. burkilliana Miège, *D. mangenotiana* Miège) are likely at the origin of the complex. An exploration carried out by Zoundjitekpon & Tio-Touré (1992) has already allowed to determine the geographical distribution of these species (Hamon et al., 1995). Due to the absence of a collection of wild yams species in Benin, and in order to compare the different cultivars identified in the germplasm with the wild species, we have surveyed different savannahs, forests and gallery forests throughout the country for an *in situ* study of the morphological diversity of the wild related species.

D. mangenotiana has not been encountered during our exploration. This species, whose presence has never been reported in Benin, remains unknown to the farmers and none of the cultivated forms is similar to it.

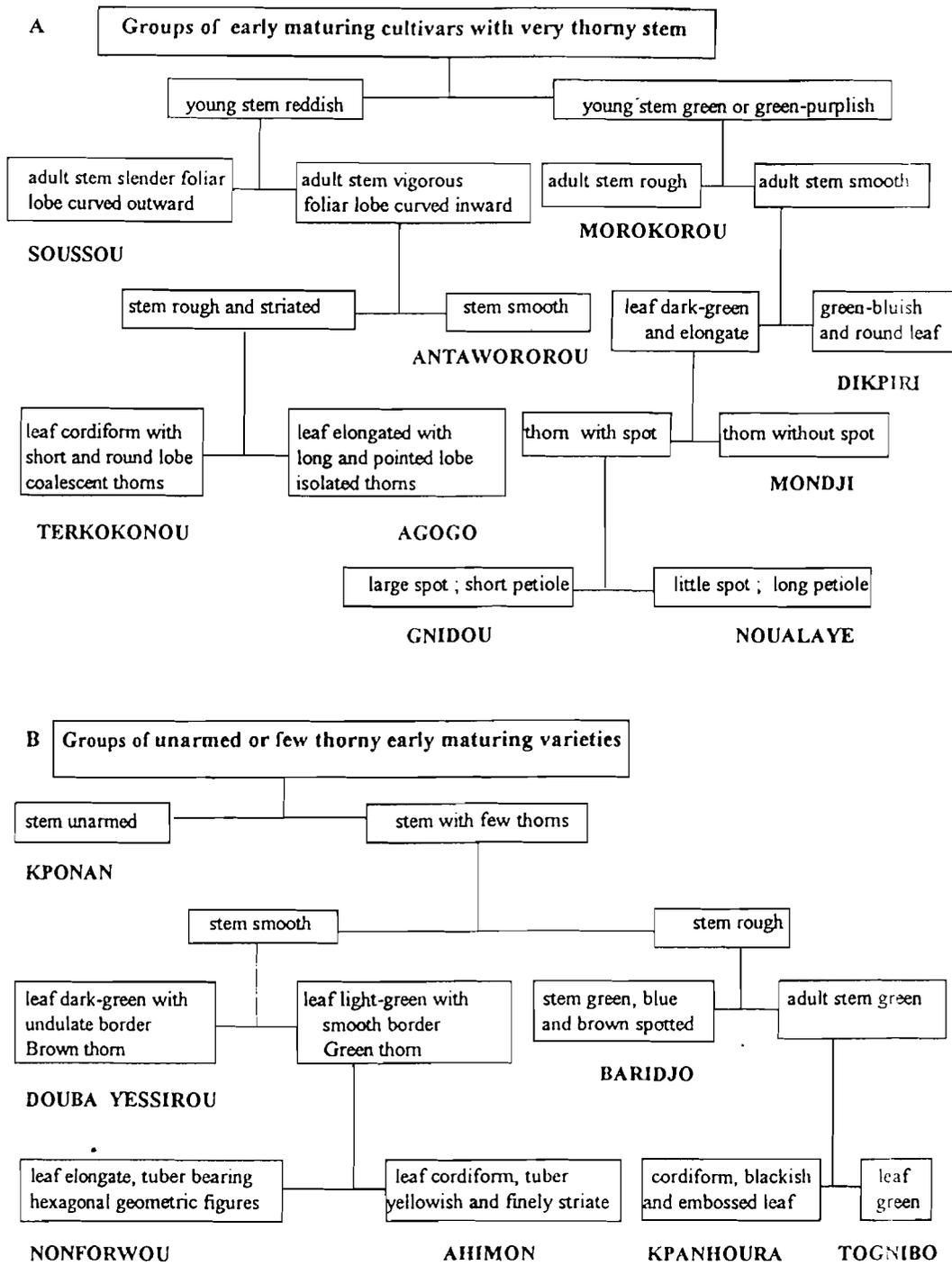


Figure 2. Identification key for early maturing groups.

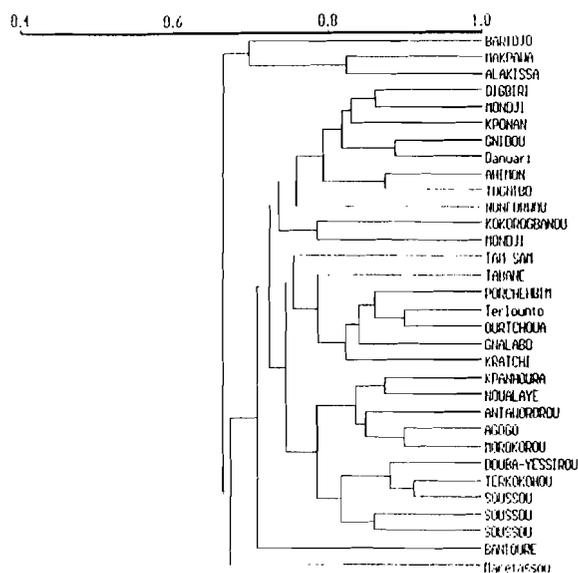


Figure 3. UPGMA dendrogram of yam germplasm based on simple matching coefficient of similarity. The axis on the top refers to similarity level

D. togoensis is widely spread throughout the country. However, although recognised by the farmers as wild yam, it is never harvested (due to its long and fingerlike tuber) for nutritional or domestication purposes. Its contribution to the complex is very hypothetical since none of its characters have been found within the cultivated forms. Moreover, it has always appeared as distinct in all molecular (Hamon, 1987; Terauchi et al., 1992) and cytogenetic (Hamon et al., 1992) analyses carried out so far.

D. burkilliana is very rare and we have not seen it during our survey. However, morphological observations of two individuals from IITA's forest associated to the literature data (Miège, 1952; Burkill, 1960; Hamon et al., 1995) and the information gathered from farmers show that this species is at the origin of cultivars belonging to the groups ALAKISSA and MAKPAWA.

Although morphologically diverse, all the individuals of *D. praehensilis* encountered in the forest remain built on the same model: thick and green blackish leaf with undulated border and long acumen, very thorny root, very thorny stem, male flowers with sweet fragrance. These traits can be also recognised within the cultivated forms in many cultivars ('Oroutanai', 'Nindouin', 'Ala'nkojehoue') or cultivar groups (AGOGO, ANTAWOROROU, DOUBA YESSIROU, GNIDOU, MOROKOROU SOUSSOU, TABANA, TERKOKONOU). It is therefore possible that

these cultivars may be the domestication products of *D. praehensilis*.

Restricted to but widespread in the northern savannahs of the country, *D. abyssinica*, well known to farmers under the name of Dika, is the most diverse species. Various foliar shapes, from the round type to the long one, have been encountered. The thorniness of the stem as well as of the root vary widely from unarmed to very thorny. The morphology of the tuber is also very diverse. However, certain traits remain constant for all the observed individuals: pale or light green foliage, smooth stem, thorn without or with a little spot at the base. Many cultivars classified in the ten cultivar groups AHIMON, BANIIOURE, DIKPIRI, KPNAN, MONDJI, NONFORWOU, OURTCHOUA, PORCHEHBIM and TAM SAM are morphologically very similar to *D. abyssinica* and might have been domesticated from this species.

Three cultivar groups (KOKOROGBAROU, KPNHOURA, KRATCHI) combine the characters of both *D. praehensilis* and *D. abyssinica* and might be interspecific hybrids.

The case of BARIDJO is more peculiar. The leaves and the flowers of the cultivar classified in this group are neither of the 'praehensilis' type, nor of the 'abyssinica' type. Leaves are much more likely to be of the 'burkilliana' type while the stem is typically of the 'praehensilis' type. There is a strong chance that they have been derived from gene flow between *D. praehensilis* and *D. burkilliana*. In fact, although male flowering is prolific, the cultivars of this group have unexpectedly shown a very low fertility when used in controlled crosses trial carried out at IITA (unpublished data). Moreover, the clone 'Ofegui' introduced in Cote d'Ivoire under the name of 'Baniakpa' (although *Baniakpa* is a KOKOROGBAROU) and which had been analysed together with other cultivated and wild species using isozymes markers (Hamon, 1987) appeared to be linked to 'Yaobadou' ('Alakissa' in Benin), 'Kangba', *D. burkilliana* and *D. praehensilis*. These two different results strongly support our hypothesis that this group represented throughout the African 'yam belt' is of hybrid origin.

Geographical distribution of the cultivar groups

Although they also exist in the north-west of the country, the groups AGOGO, AHIMON, BANIIOURE, DOUBA YESSIROU, MOROKOROU and SOUSSOU as well as the cultivar 'Danwari' and 'Oroutanai' of the group MONDJI are mainly found in the north-

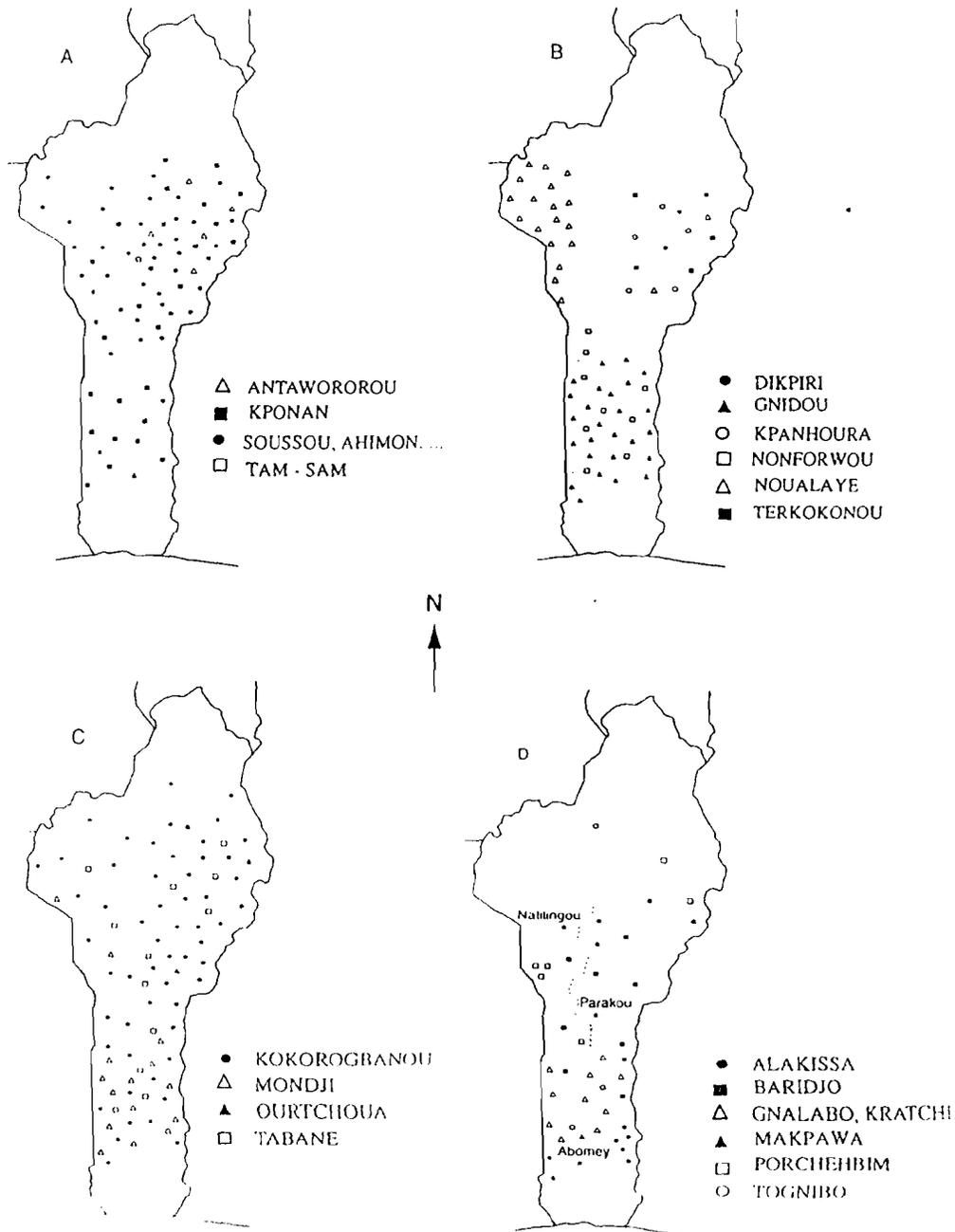


Figure 4. Geographical distribution of the varietal groups.

east (Figure 4A). They have the same distribution zones and are very common in local agriculture. The remaining cultivars of MONDJI are located in the south (Figure 4C) and are getting less and less common. 'Tam sâm' (TAM SAM) and 'Antawororou' (ANTAWOROROU) seem endemic of Sonoumon and

Macrogourou (two villages of Benin) respectively. 'Antawororou' is the product of a recent domestication of *D. praehensilis* (Dansi et al., 1997) and is gradually invading the Bariba (ethnic group) land due to its high yield and its appreciated taste. Tam-sâm' is nothing more than the rest of an endangered genotype.

The other cultivars of ANTAWOROROU have almost disappeared.

KPONAN is composed of two cultivars with distinct distributions: 'Kponan' in the north and 'Laboko' in the south of the country. Although each of them is still easily found in its production zone, both are becoming rarer.

NOUALAYE (Figure 4B) is endemic to the extreme north-west where it is widely spread while DIKPIRI, KPANHOURA and TERKOKONOU, strictly of the Bariba land, are disappearing. GNIDOU and NONFORWOU are mostly located in the south. 'Gnidou', product of a recent domestication of *D. praehensilis* (Dansi et al., 1997), is still spreading due to its high yield. From the NONFORWOU group, only the cultivar 'Nonforwou' is at an acceptable level. The others are disappearing.

KOKOROGBANOU (Figure 4C) is the most widely distributed group due to the adaptability to different environments of many cultivars belonging to it. Some cultivars of this group, sensitive to pests and diseases and environment such as 'Brizzi', 'Kologo' and 'Kokone', are becoming extinct. Presently, an intensive yam production based on some cultivars of this group is being developed in the centre of the country (Bassila zone) for the yam chips trade. MAKPAWA, constituted by two cultivars ('Makpawa' at the north and 'Sogodo' at the south) has almost disappeared. BARIDJO, OURTCHOUA and TABANA contain some isolated cultivars that appear in a critical situation.

The groups ALAKISSA, GNALABO, KRATCHI, and TOGNIBO are mostly located in the south (Figure 4D). All cultivars put together only 'Alakissa', is not threatened. The others are undergoing severe reduction. 'Alakissa' is endemic to the south-east forestry zone (Pobè, Sakété, Kétou) where it has been locally domesticated according to the farmers. PORCHEHBIM is mainly linked to the ethnic group Peulh and it is therefore mostly found in their encampments. However, its production is taking on new dimensions in the ethnic group Lokpa area (South of the North-west) for the yams chips trade.

In summary, the cultivar groups have distinct distributions and extents. With regard to genetic stability, it appears that very few cultivars are in a good situation. A significant genetic erosion is going on. The reasons for such genetic erosion (sensitivity to nematodes, fungi and viruses, intensification of cotton production, no perfect cultivar exchange between farmers, discovery of the high yielding cultivar 'Gnidou' in the south; lack of seed tubers) have already been cited

(Dansi et al., 1997) and a participatory approach for the sustainable conservation of the genetic resources has been proposed in the Benin context (Dansi et al., 1998).

From the juxtaposition of all the different maps (Figure 4), it emerges that:

- almost all the cultivars which are presumed to have been domesticated from *D. abyssinica* are located in the northern part of the country which is the ecological growing zone of this species. In the other hand, the cultivars mainly located in the south are mostly those considered to be related to *D. praehensilis* and *D. burkilliana* or presumed hybrids between these species and *D. abyssinica*. Therefore a correlation between domestication and production zones is apparent.
- there are mainly two diversity zones of the cultivated forms: the north-west and south of the country.

These two observations are important to take into consideration if one proposes to design an *in situ* conservation project for both cultivated forms and their related wild species.

Flowering and fruit-setting

Only one (MAKPAWA) of the 26 cultivar groups is non flower-bearing. Eleven are strictly male, eight are female and six mixed (male, female and monoecious). Among the 90 morphotypes identified in the germplasm, 11 are non flower-bearing, 33 are female, 44 are male and 2 are complex with male, female and monoecious clones (Table 4). The rate of the non-flowering cultivars (12.25%) is relatively low if compared to difficulties reported with flowering by many authors (Akoroda, 1983; Dokou, 1973; Segnou et al., 1992; Zoundjihékpou, 1993) for the cultivars belonging to the *D. cayenensis/D. rotundata* complex. Within the flowering cultivars, the flowering intensity appears a genotypical characteristic and seems to be a function of sex. In fact, the lower flowering rates were observed within the female plants. Hence, cultivars such as 'Agogo', 'Baniouré', 'Dikpiri', 'Gnalabo', 'Gnawoukoko', 'Issou agatou', 'Kangni', 'Kokouma', 'Kratchi', 'Morokorou', 'Moussougoussou', 'Tognibo' and 'Wossou', all females, rarely flower and produce only a limited number of flowers (one to five). Apart from 'Soussounin' which has relatively low flowering, all the male flowering cultivars, whenever they flower, produce flowers in abundance.

An intraclonal variation in sex determination has been observed in the cultivar 'Ahimon', where two individuals derived from the same original tuber have flowered as male and female respectively. Moreover, the flowering in 'Ahimon' and 'Gnidou' seems to be complex. They are either male, female or monoecious with sometimes both male and female flowers arranged on the same inflorescence axis. 'Mondji' and 'Soussou' are bisexual cultivars with male and female clones. In the particular case of 'Soussou', a correlation seems to exist between sex and geographical origin. In fact, all the accessions collected in the North-West region have flowered female whereas those collected from the North-East were all male. Among the 33 females, only those flowering profusely ('Ahimon', 'Danwari', 'Gnidou') have a good fruiting rate and could be used as female genitors in genetic and breeding programmes. The others set either few or no fruits.

The great majority of the male cultivars are late (one harvest) and combine at the same time most favoured agronomic and organoleptic characters, such as good storability, high yield, high number of tubers per mound, good quality of yam chips, good poundability etc. Therefore a better knowledge of their floral biology will be useful since some of them could serve as male genitor in breeding schemes.

In summary, our observations show once again that the flowering and the sex determination in yam is complex and unlikely to be under simple genetic control. They are probably the result of an interaction between genotype and numerous physiological and environmental factors, such as planting date and growth of the plant (Edem, 1975; Dumont, 1977; Trouslot, 1983; Faderin, 1991); light intensity and photoperiod (Bulle-Legrand, 1983); climatic conditions (Dumont, 1977a, Touré & Ahoussou, 1982); the nature of seed tuber (Zoundjihékpon, 1993); nutrition (Dumont, 1977, Faderin, 1991) and the growth hormones (Chailakhyan, 1979; Bulle-Legrand, 1983; Dian, 1989).

For a better knowledge of the reproductive biology of Beninese yams, three research lines should be considered in the near future:

- evaluation of the male cultivars' fertility and comparison between fertility rate and flowering intensity
- study of the cross-compatibility between male and female in order to detect eventual pre-zygotic or post-zygotic reproduction barriers.

- analysis of the relationship between DNA content, ploidy level, flowering capacity and fertility of the different cultivars.

Some growth anomalies that are characteristic of different cultivars

Some characteristic growth anomalies have been observed in certain cultivars and we ignore the reasons:

- tubers of the cultivar 'Agogo' always contain a characteristic internal cavity and which is at the origin of its name.
- at the beginning of the sprouting, tubers of cultivar 'Baniouré' (rarely 'Agogo') always develop a flat stem composed of variable number (two to ten) of merged regular stems (fasciation) which at the height of one meter, separate and grow individually. This leads to a particular architecture (whorled leaves and branches) characteristic of the group BANOURE.
- during our surveys, farmers reported a frequent tuber formation at the stem's nodes (when in contact with the soil) in the cultivars 'Agogo', 'Douma yessirou', 'Gnidou', 'Nonforwou', 'Ourtchoua' and 'Soagona'. We observed a production of callosities at the nodes of certain plants of these cultivars in the collection. Unfortunately, these callosities had not correctly grown for the simple reason that all the plants were staked and the stems were not in contact with the soil.
- seed-tubers of cultivar 'Soagona' planted in February 1996 grew normally and produced tubers as expected, but without degeneration of the original tuber. Both newly formed and the planted tuber were harvested in December 1996. Planted again in February 1997, the original seed-tuber germinated and produced big tubers. This property had been already reported to us by farmers in the south of the country for the cultivars 'Nonforwou' and 'Mondji'.

Tuber shape and aptitude to mechanised harvesting

A yam cultivar can be appropriate for mechanised agriculture only if it produces a regular (non-branched) short tuber. Aiyelari & Akoroda (1996) have indicated a maximum tuber size of 35 cm. The morphological analysis of the tubers and the numerical data of Table 4 show that the early maturing cultivars produce long and often branched tubers for which no mechanisation can be envisaged. In general, the shortest tubers are

encountered with the late maturing cultivars. Taking into account the criteria indicated above and the size variation (sometimes 10 cm or more) of the elongated tubers between years, only two cultivars ('Brizi' and 'Otoutkpana') can be mechanised. The tuber of the cultivar 'Brizi' is globular and can also be easily manually harvested. 'Otoutkpana' very close to 'Brizi', has a globular tuber associated with a short and fan-shaped one. As mechanisation is always done for economic purposes, only high yielding cultivars can be recommended. If one takes into account this aspect, none of the cultivars can be mechanised unless a larger tuber size is tolerated. 'Brizi' and 'Otoutkpana' being low-yielding cultivars.

Situation of Benin yams in comparison to those of some other countries

In order to know whether Benin's yams are restricted to the country or not, using field collections at IITA and in Togo, we have carried out a comparative analysis between Benin's germplasm and that of some other countries. The International Institute of Tropical Agriculture (at Ibadan) has, for its yams research program, a considerable collection of cultivated forms (*D. cayenensis/D. rotundata* complex) composed of accessions of different countries: Nigeria, Togo, Burkina Faso, Ghana, Guinee and Cameroon. Only the germplasm from Cameroon and Guinee is representative. The other countries are poorly represented. Although Togo has lost a great part of its accessions during recent political events, those maintained in the field collection at Lomé (Institut National des Cultures Vivrières, INCV) still remain interesting. From both the results of our observations in these different collections and those published on Ivory Coast germplasm (Hamon, 1987), it emerges that:

- Eight cultivar groups (AGOGO, ANTAWOROROU, BANOURE, DIPIRI, DOUBA YESSIROU, KPANHOURE, OURTCHOUA, TOGNIBO) seem to be restricted to Benin.
- All the cultivar groups from Togo were found in Benin and quite often under the same names. Conversely, not all cultivars from Benin were identified in Togolese germplasm. The eight cultivar groups (cited above) which are found mostly in the north-east of Benin are absent in Togo. This is due to the imperfect transfer of cultivars in the north of Benin (from the north east to the north west) and which will allow their introduction into Togo by the neighbouring ethnic groups.

- Six cultivar groups are present in all areas under investigation. These are: ALAKISSA, BARIDJO, GNALABO, KOKOROGBANOU, KPONAN and MONDJI, corresponding to YAQBADOU, BANIAKPA, KRENGLE, KROUKROUPA, KPONAN and SOPERÉ respectively as described from Côte d'Ivoire (Hamon, 1987).

AHIMON, NONFORWOU and MOROKOROU are also present in Togo as well as in Nigeria. According to the farmers, 'Ahimon' originated from Nigeria and was introduced into Benin by the Bariba ethnic group (north-east).

Conclusions

This study has allowed a complete morphological characterisation of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis/D. rotundata* complex) of Benin. The proposed keys facilitate the identification of the cultivar groups. The established synonymy of the diverse names given to the same cultivar will allow at last a more efficient use of the germplasm. However, many questions still remain, and may be solved with isozyme and/or DNA markers. *Dioscorea cayenensis/D. rotundata* complex being polyploid, the determination of the different cultivars' ploidy level will be necessary allowing a better orientation for crosses in future breeding programmes.

To better respond to the need of the scientific community, an identification key of the cultivars within the cultivar groups as well as a practical directory is being prepared for the cultivated yams (*D. cayenensis/D. rotundata* complex) of Benin.

Acknowledgements

We are very grateful to E. Quarcoo and Dr. R. Voduhè (IPGRI), Dr. P. Vernier (CIRAD/IITA) for critical reading of the manuscript. We would also like to record our thanks to C. Onianwa for his technical assistance during the preparation of the maps. We acknowledge the valuable technical and financial help of the former IITA's Technology Transfer Unit in building the Yam barn and therefore thank Mrs. A. Eteka and A. Kocou. We also thank AUPELF for the grant given to the third author. At last, but not by any means the least, we would like to express our deepest gratitude to F. Tonoukouin and P. Hounkponou (IITA Cotonou) for their assistance during the entire study.

References

- Akoroda, M.O., 1983. Floral biology in relation to hand pollination of white yam. *Euphytica* 32: 831–838.
- Ayensu E.S. & D.G. Coursey, 1972. Guinea yams. The botany, ethnobotany, use and possible future of yams in West Africa. *Econ. Bot.* 26: 301–318.
- Bulle-Legrand, M., 1983. Etude de la floraison de quatre espèces d'ignames en vue d'une amélioration par la voie sexuée. Thèse de Doctorat de troisième cycle. Université de Paris-Sud, Orsay, France, 158 pp.
- Burkill, I.H., 1960. The organography and the evolution of the Dioscoreaceae, the family of the yams. *J. Linnean Soc. (Botany)* 56 (367): 319–412.
- Chailakhyan, M. Kh., 1979. Genetic and hormonal regulation of growth, flowering and sex expression in plants. *Am. J. Bot.* 66: 717–736.
- Coursey, D.G., 1967. Yams. Longmans Green, London. 229 pp.
- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjhekpou & M. Quin, 1998. Approche participative pour une conservation durable des ressources génétiques des ignames au Bénin. *IPGRI Newsletter for Sub-Saharan Africa* 10: 8–9.
- Dansi, A., J. Zoundjhekpou, H.D. Mignouna & M. Quin, 1997. Collecte d'ignames cultivées du Complexe *Dioscorea cayenensis* - *rotundata* au Bénin. *Plant Gen. Res. Newsletter* 112: 81–85.
- Dian, K., 1989. Effets de quelques phytohormones sur trois groupes variétaux d'ignames du complexe *D. cayenensis-rotundata*. *DEA de Biotechnologie et amélioration de production végétale*. Université Nationale de Côte d'Ivoire, Abidjan, Côte d'Ivoire, 46 pp.
- Dokou, E.V., 1973. Sexuality and reproductive biology in Ghanaian yam *Dioscorea* species cultivars. I. Preliminary studies. Third International Symposium on Tropical Root Crops, IITA, Ibadan.
- Dumont, R., 1977. Etude morphobotanique des ignames *Dioscorea rotundata* et *D. cayenensis* cultivées au Nord-Bénin. *Agronomie tropicale* XXXII-3: 225–241.
- Dumont, R. & Ph. Vernier, 1997. La domestication des ignames *D. cayenensis-rotundata* chez l'ethnie Bariba du Bénin. Colloque international sur la gestion des ressources génétiques des plantes en Afrique des savanes. Bamako (Mali), 24–28 Février 1997: Les actes du colloque. 348p.
- Edem, E., 1975. Preliminary investigations into the effect of planting dates and types of setts on the flowering of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) cultivars. In *Degras*, 1986. L'igname, plante à tubercule tropicale. Paris, France, Maisonneuve et Larose et ACCT, 409 pp.
- Eaderin, B., 1991. Le contrôle de la floraison de l'igname *D. cayenensis-rotundata* en vue de l'amélioration génétique. Thèse de Doctorat, Physiologie, Biologie des Organismes et des populations. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 137 pp.
- Hahn, S.K., D.S.O. Osiru, M.O. Akoroda & A. Otoo, 1987. Yam production and its future prospects. *Outlook on Agriculture* 16: 105–110.
- Hamon, P., 1987. Structure, origine génétique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat es-Sciences. Université Paris XI, Centre d'Orsay: 223 pp.
- Hamon, P., J.-P. Brizard, J. Zoundjhekpou, C. Duperay & A. Borgel, 1992. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea* sp.) par cytométrie en flux. *Can. J. Bot.* 70: 996–1000.
- Hamon, P., R. Dumont, J. Zoundjhekpou, B. Tio-Touré & S. Hamon, 1995. Les ignames sauvages d'Afrique de l'Ouest. Caractères Morphologiques. ORSTOM-Editions, Paris, France, 84 pp.
- IPGRI/IITA, 1997. Descripteurs de l'igname (*Dioscorea* spp.). Institut International d'Agriculture tropicale, Ibadan, Nigeria/ Institut international des ressources Phylogénétiques, Rome, Italie. 65 pp.
- IPGRI, 1993. Geneflow. Une publication sur les ressources phylogénétiques de la terre. Eds Institut International des ressources phylogénétiques, Rome, 20 pp.
- Martin, F.W. & A.M. Rhodes, 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. *Tropical Agriculture*. (Trinidad), 55: 193–206.
- Miège, J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique Occidentale. *These de Doctorat es-Sciences*, Paris: 266 pp.
- Mignouna, H.D., N.T.H. Ellis, M.R. Knox, R. Asieda & Q.N. Ng, 1997. Analysis of genetic diversity in Guinea Yams (*Dioscorea* spp) using AFLP Fingerprinting. International Symposium on Tropical Root Crops. Trinidad, 19–24 October 1997, Book of Abstracts p. 72.
- Rohlf, F.J., 1994. NTSYS-pc version 1.8: Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Exeter Software, New York, NY.
- Segnou, A., C.A. Fatokun, M.O. Akoroda & S.K. Hahn, 1992. Studies on the reproductive biology of white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.). *Euphytica* 64: 197–203.
- Terauchi, R., V.A. Chikaleke, G. Thottappilly & S.K. Hahn, 1992. Origin and phylogeny of Guinea yam as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear ribosomal DNA. *Theor. Appl. Gen.* 83: 743–751.
- Touré, B. & N. Ahoussou, 1982. Etude du comportement en collection des ignames (*Dioscorea* sp.) dans deux régions écologiques différentes de la Côte d'Ivoire. In: *Yams/ignames*, edited by J. Miège and S.N. Lyonga: pp. 23–30.
- Trousot, M.-F., 1983. Analyse de la croissance et morphogénèse de l'igname du complexe *D. cayenensis* - *rotundata*. Thèse de doctorat d'Etat. Université de Clermont-Ferrand II 247 pp.
- Zoundjhekpou, J. & B. Tio-Touré, 1992. Collecting wild yams in West Africa: Benin, Cameroon and Côte d'Ivoire. *Plant Gen. Res. Newslett.* 90: 39–41.
- Zoundjhekpou, J., 1993. Biologie de la Reproduction et Génétique des ignames cultivées de l'Afrique de l'Ouest, *Dioscorea cayenensis-rotundata*. Thèse de doctorat d'Etat. Université Nationale de Côte d'Ivoire. Abidjan, Côte d'Ivoire. 306 pp.

ARTICLE 3

Varietal identification key of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic

A. Dansi¹, H.D. Mignouna², J. Zoundjihékpon³, A. Sangaré⁴, R. Asiedu² and F.M. Quin²

¹ International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 08 BP 0932, Cotonou, Benin. Tel: +229-350188; Fax: +229-350556; Email: adansi@syfed.bj.refer.org;

² International Institute of Tropical Agriculture (IITA), PMB 5320, Ibadan, Nigeria

³ World-wide fund for Nature (WWF), 08 BP 1776, Abidjan 08, Côte d'Ivoire

⁴ UFR Biosciences, Faculté des Sciences et Techniques, 22 BP 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Summary

Based upon IBPGR (IPGRI) morphologic descriptors, 560 accessions of Benin Republic's cultivated yams (*Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* complex) were morphologically characterized. Ninety morphotypes were identified and accessions were classified into 26 varietal groups according to their morphological similarities. To ease the varietal identification within each varietal group, a practical identification key was constructed and a general directory of the Benin Republic cultivated yams belonging to the complex *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* (guinea yams) was prepared.

Introduction

Yam belonging to the complex *D. cayenensis* / *D. rotundata* (Guinea yams) is an important tuber crop, mainly in West Africa and has been, until recently, underresearched and even neglected by the development programmes in rural areas. Today, yam (an ancient plant and future crop) is gaining more attention. The little amount of scientific information available on yam genetic resources and the multiplicity of the vernacular names given to the same variety had been the major limiting factors for the intensification of research activities on this crop. For these reasons, in 1996 we carried out germplasm explorations and collecting throughout the Benin Republic and an important collection of 560 accessions was established (Dansi *et al.* 1997). As farmers' traditional knowledge can be used profitably by geneticists and breeders (IPGRI 1993), during the exploration we had fruitful discussions with many farmers, which allowed us to gather useful information on each collected accession.

Based upon yams' descriptors (IBPGR 1980)¹, a complete morphological characterization has been carried out and all the different morphotypes (varieties) existing in the germplasm were identified. In addition, the correspondence between the different names given to the same variety has been established. The different morphotypes have been clustered into 26 varietal groups based on their morphological similarities and an identification key proposed for each group. Moreover, the geographical distribution of the varietal group as well as their affinities with their wild relatives have been reported (Dansi *et al.* 1998).

In spite of these recently conducted studies, it is still quite difficult to identify, knowing the name of a given variety (when this name is not the one chosen for a given morphotype), the varietal group and thereby the morphotype to which it belongs. Also, although the

present yam collection is almost exhaustive, it is clear that not all villages in the country were covered and therefore all the synonyms of a given variety might not have been collected. An intragroup identification key is then required.

In this paper, we present a practical varietal identification key for all the morphological polymorphic groups. A directory of the Benin Republic cultivated yams containing all the different names collected throughout the country is available from the authors on request.

Material and methods

The germplasm studied consisted of 560 accessions of yams belonging to *D. cayenensis* / *D. rotundata* complex, collected in 1996 and 1997 in different localities of Benin Republic, and maintained as field collection at the International Institute of Tropical Agriculture at Cotonou (Dansi *et al.* 1997).

By 15 February of each year, tuber sets were planted in a randomized block design with three to six plants per accession and per block, depending on the availability of tuber seeds for each accession. Aerial vegetative parts were monitored between March and August. Tubers were harvested only once, in December, for both early (two-harvest) and late (one-harvest) maturing varieties and were described from December to January. The distance between two mounds was fixed at 2 m to avoid the mixture of branches.

The descriptors used (Dansi *et al.* 1998) are mostly the ones selected by Hamon (1987) as the most pertinent for the identification and description of the cultivated yams in West Africa and which are among those recommended by Martin and Rhodes (1978) and IBPGR (1980). Some additional characters such as tuber striping or streaking, presence of specific figures on the tuber, etc., which are frequently used by the farmers for varietal identification, were also considered.

¹ The yam descriptors were revised in 1997. See "Descriptors for yam (*Dioscorea* spp.)". 1997. IITA, Ibadan, Nigeria/IPGRI, Rome, Italy. [in English, French, Spanish]

Results and discussions

The different morphotypes identified in the germplasm (90 in total), each with its reference number, are listed in Table 1.

The 26 varietal groups obtained by clustering the identified morphotypes on the basis of their morphological similarities as well as their reference number are indicated in Table 2.

In the directory all the different vernacular names (268 names in total) collected throughout the country for the cultivated yam belonging to *D. cayenensis* / *D. rotundata* complex are presented (a copy is available from the authors). Each individual is represented by the number of its varietal group (G) and the number of the morphotype (M) to which it belongs. Information (as reported by the farmers who have a good knowledge of "their yams") related to the

earliness of the tuber, the number of tubers produced per mound, the post-harvest storage quality, the quality of chips (dried yam) and the quality of the pounded yam are also indicated for each of them.

For the monomorphic varietal groups (printed in bold in Table 2), there is of course no varietal identification key apart from the one constructed for the group (Dansi *et al.* 1998).

For each of the most diverse varietal groups, which are KOKOROGBANOU, MONDJI and SOUSSOU a schematic key (Figs. 1, 2, 3) is proposed. For each of the less polymorphic varietal groups (e.g. containing less than six varieties), an identification key is presented (Table 3). The validity of the identification keys was tested for each varietal group and all the tested individuals were easily identified.

Table 1. Different yam varieties identified in Benin Republic's germplasm and their identification number

No.	Name	No.	Name	No.	Name
M01	Agangan	M31	Gnawounkoko	M61	Oroutanai
M02	Agogo	M32	Gnidou	M62	Orou yinsingué
M03	Ahimon	M33	Gnifôkpado	M63	Ossoukpana
M04	Akpazin	M34	Guiéna	M64	Ourtchoua
M05	Alakissa	M35	Guirissa	M65	Ouwonpèotina
M06	Ala n'kojèwoué	M36	Hounbonon	M66	Piédjè
M07	Androki	M37	Ihdonou	M67	Porchèhchim
M08	Ankpoloman	M38	Issou agalou	M68	Singou
M09	Antawororou	M39	Kagourou	M69	Soagona
M10	Assaboné	M40	Kangni	M70	Sobasson
M11	Baniakpa	M41	Kéé	M71	Sogodo
M12	Baniouré bagarou	M42	Kinkérékou	M72	Soussouka
M13	Baniouré Montogué	M43	Kokoné	M73	Soussounin
M14	Baniouré oloukobi	M44	Kokouma	M74	Soussou souanbou
M15	Baridjo	M45	Kologo	M75	Tabané
M16	Boki	M46	Kouragouroko	M76	Tam-sam
M17	Bouakpa	M47	Kpanhoura	M77	Terlounto
M18	Brizi	M48	Kpirou kpika	M78	Terkokonou
M19	Danwari	M49	Kponan	M79	Tognibo
M20	Déba	M50	Kratchi	M80	Walassi
M21	Djatouba	M51	Laboko	M81	Wamai
M22	Djikpiri	M52	Makpawa	M82	Wolouchahabim
M23	Djiladja	M53	Marétassou	M83	Wossou
M24	Dikpiri	M54	Monji	M84	Yahou
M25	Douba yéssirou	M55	Nonforwou	M85	Yaka
M26	Doundoua	M56	Nindouin	M86	Yakarango
M27	Efourou	M57	Morokorou	M87	Yoblè
M28	Féni	M58	Noualaye	M88	Youbè
M29	Gbèra	M59	Ofégui	M89	Youèyouédota
M30	Gnalabo	M60	Omoya	M90	Yorou lassou

Table 2. Varietal groups identified in the Benin Republic's yam germplasm and their identification number

No.	Varietal group	No.	Varietal group	No.	Varietal group
G1	AGOGO	G10	GNIDOU	G19	NOUALAYE
G2	AHIMON	G11	KOKOROGBANOU	G20	OURTCHOUA
G3	ALAKISSA	G12	KPANHOURA	G21	PORCHEHEBIM
G4	ANTAWOROROU	G13	KPONAN	G22	SOUSSOU
G5	BANIOURE	G14	KRATCHI	G23	TABANE
G6	BARIDJO	G15	MAKPAWA	G24	TAM SAM
G7	DIKPIRI	G16	MONDJI	G25	TERKOKONOU
G8	DOUBA YESSIROU	G17	MOROKOROU	G26	TOGNIBO
G9	GNALABO	G18	NONFORWOU		

KOKOROGBANOU

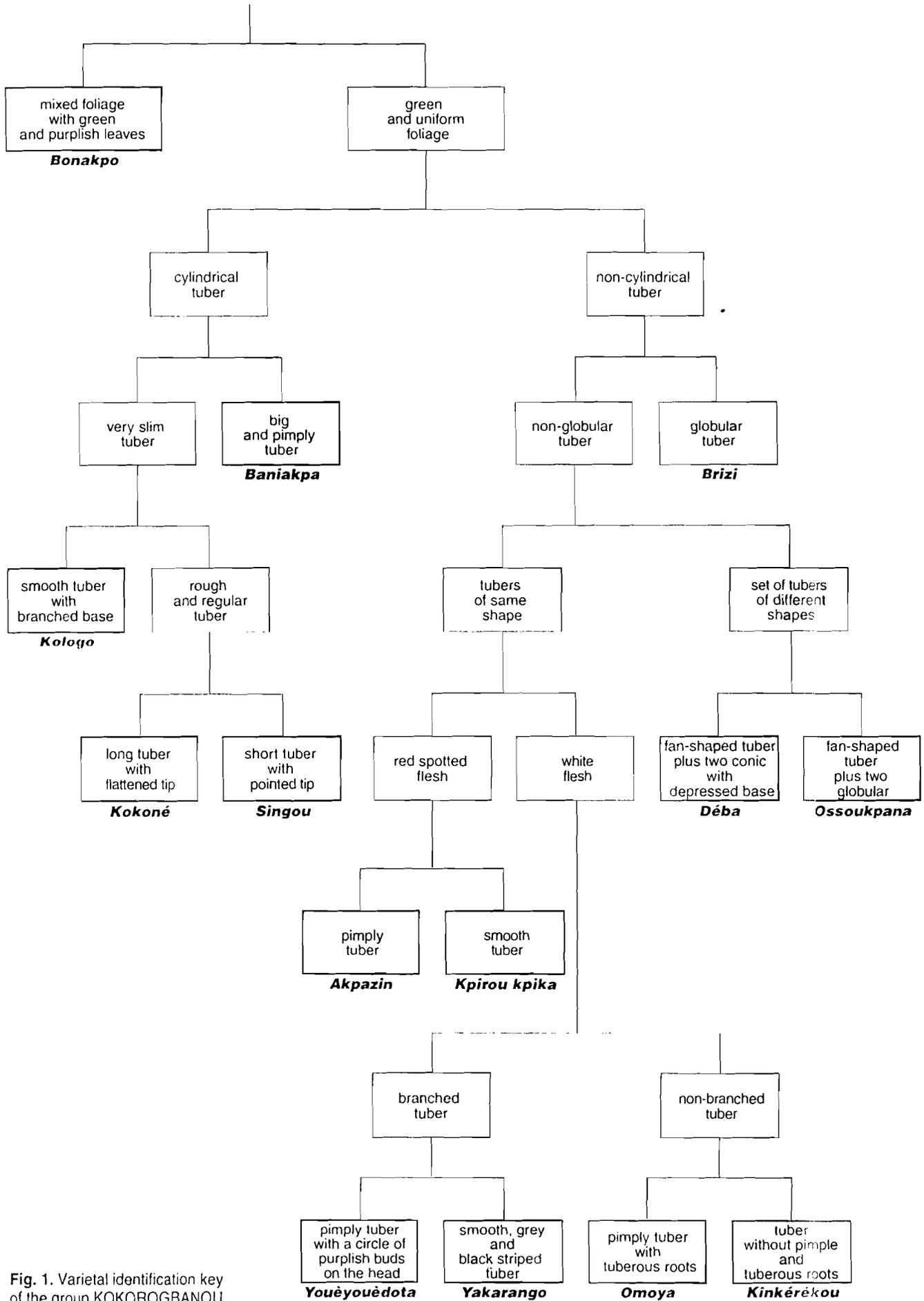


Fig. 1. Varietal identification key of the group KOKOROGBANOU

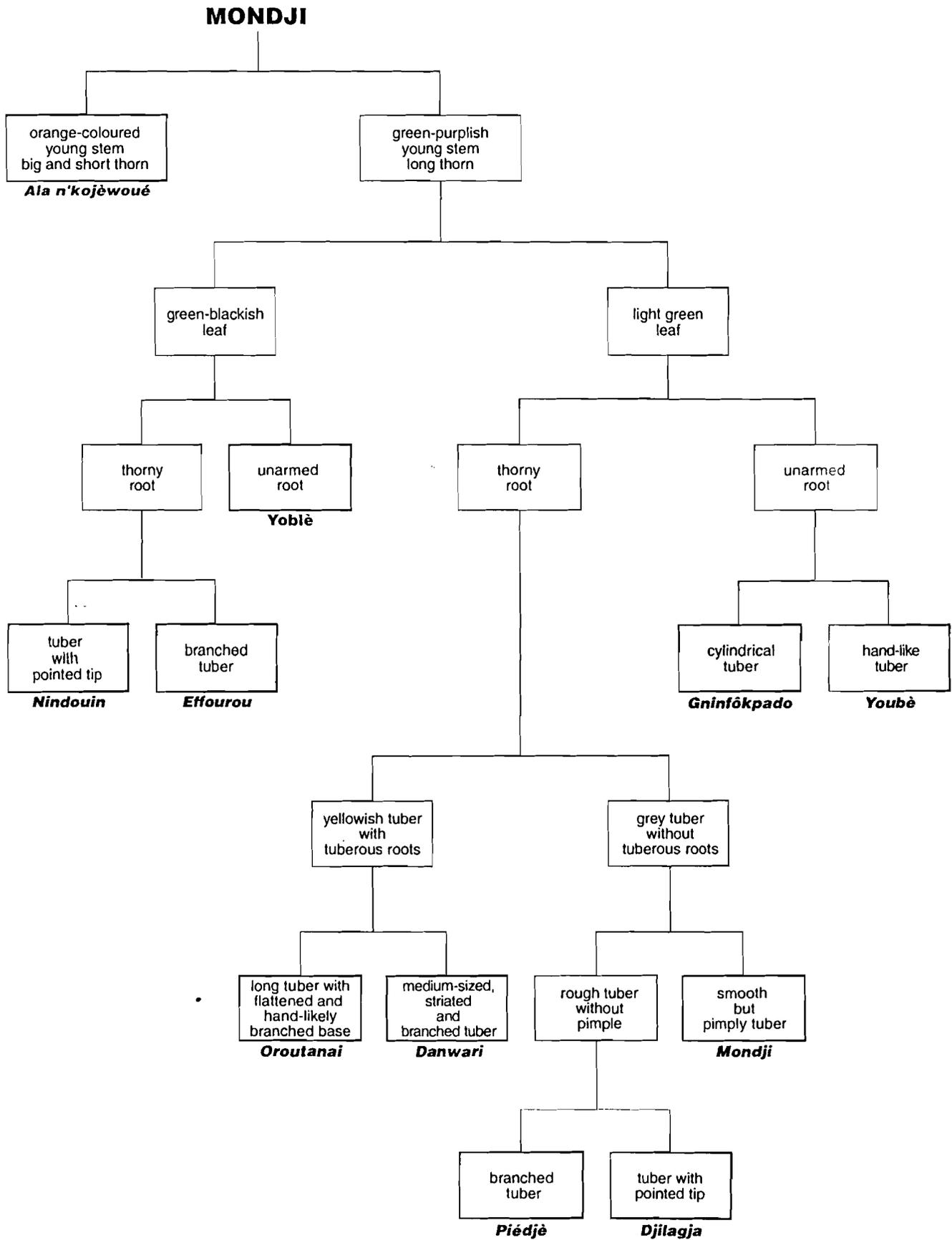


Fig. 2. Varietal identification key of the group MONDJI

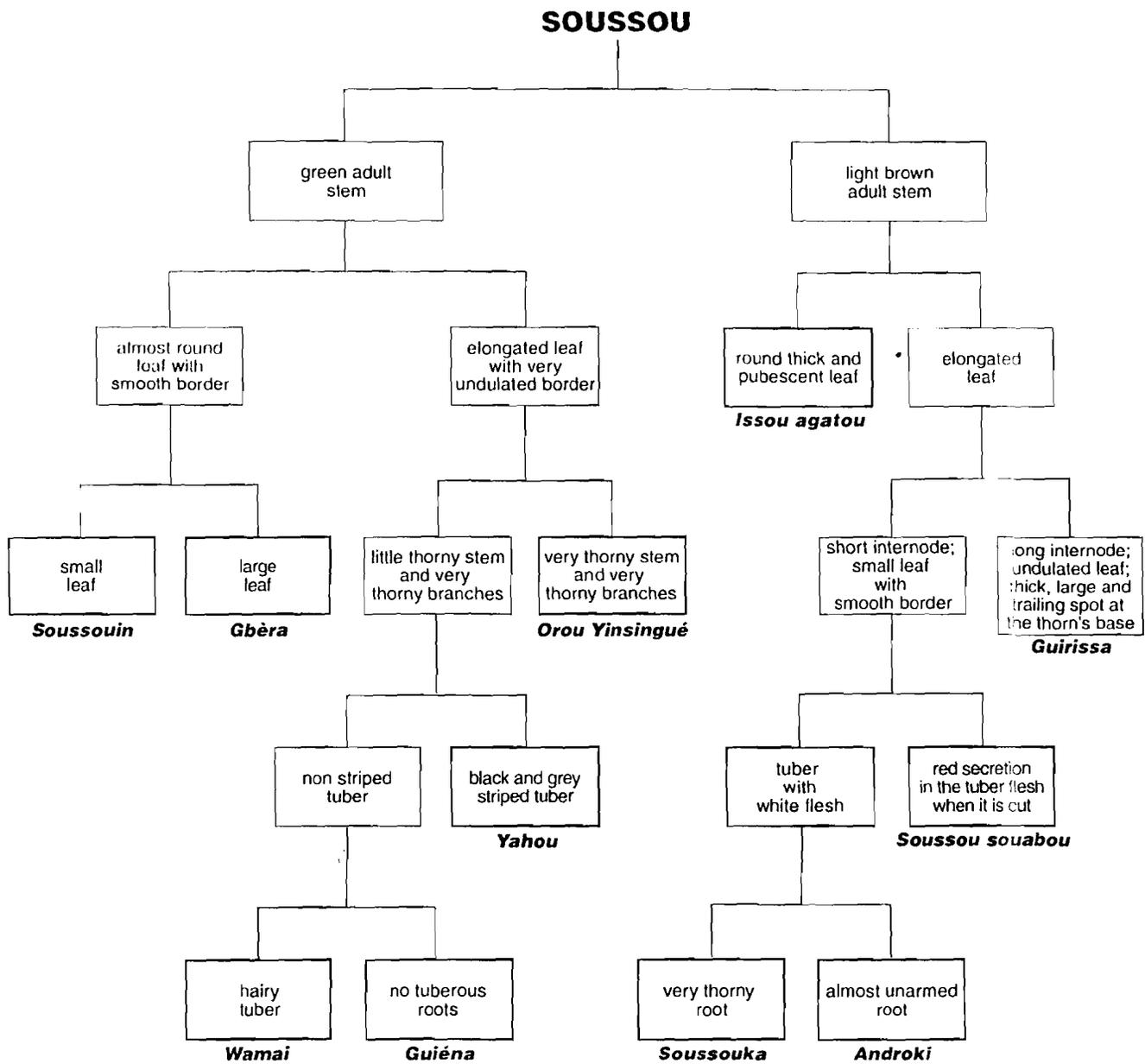


Fig. 3. Varietal identification key of the group SOUSSOU

Table 3. Varietal identification key for the less polymorphic groups

Group AGOGO	
Tuber with internal cavity	Agogo
Tuber without internal cavity	
Entirely-rough and longitudinally striated stem	Sogona
Roughness only at the base of the stem	
Entirely hairy and blackish tuber	Wossou
Tuber without tuberous roots	Gnanwoukoko
Group AHIMON	
Medium sized and branched tuber	
White flesh	Ahimon
Red spotted flesh	Fèni
Long tuber with bumpiness and always pointed tips	Kee
Group ALAKISSA	
Green stem	Agangan
Blackish stem	
Black bowed tuber with big ligneous corm and numerous latent buds	Alakissa
Long and cylindrical tuber branched at its base, little corm without latent buds	Doundoua
Group ANTAWOROROU	
Small leaf, short and longitudinally grey and black striped tuber	Marétassou
Large leaf, long and uniformly coloured tuber	
Black tuber with bumpiness	Antawororou
Grey tuber without bumpiness	Djikpiri
Group BANIOURE	
Flattened stem	
Appearance of red and blue secretions in the tuber flesh when cut	B. Montogué
White tuber flesh	
Long and bowed tuber	B. Oloukobi
Long and cylindrical tuber branched sometimes at its base	B. Bagarou
Regular stem Walassi	
Group BARIDJO	
Very thorny roots	Ofègui
Unarmed roots	
Long and branched tuber with numerous tuberous roots and very thin skin	Baridjo
Flattened, smooth and branched tuber bearing some discontinuity belts	Ouwonpèotina
Group DOUBA YESSIROU	
Black tuber, cylindrical at the top, flattened and branched at the base	Douba Yéssirou
Grey, very pimply and very branched tuber with very thin skin	Ankpoloman
Group GNALABO	
Slender stem, very short internode, small and bright yellow cataphylls, conic tuber	Gnalabo
Vigorous stem, cylindrical tuber	
Large and dark-green leaf with round lobes	Terlounto
Small and pale-green leaf with pointed lobes	Assaboné
Group KPONAN	
Elongated, medium-sized and never branched tuber with blanching and pointed tip	Laboko
Big, elongated and branched tuber with round tip	Kponan
Group KRATCHI	
Tuber with big head	Kratchi
Tuber with small head	Gangnin
Group MAKPAWA	
Dense foliage with small and blackish leaves; branched tuber with white-yellowish flesh	Sogodo
Sparse foliage, medium-sized and light green leaf; branched tuber with yellow flesh	Makpawa
Group MOROKOROU	
Dark green leaf, pointed lobes; tuber of small head	Morokorou
Light green leaf, orange-coloured veins and petiole, round lobes; tuber of big head	Kokouma

Group **NONFORWOU**

Tuber bearing numerous hexagonal geometric figures

Tuber massive and cylindrical at its half top, curved, flattened and branched at the base *Nonforwou*Very thorny roots, long tuber with pointed tip and longitudinal bumpiness. *Boki*

Tuber skin without any particular figures

Very spiny roots, cylindrical and medium-sized tuber *Djatouba*Unarmed roots, elongated and branched tuber. *Yorou tassou*Group **OURTCHOUA**Very little thorny stem, elongated leaf and elongated tuber. *kouragouroko*

Very thorny stem, non-elongated leaf, short tuber

Tuber without tuberous roots *Sobasson*Finely striated tuber with thorny tuberous roots. *Ourtchoua*Group **PORCHEHBIM**Small, cylindrical and never branched tuber *Porchéhbim*A big and cylindrical tuber carrying on its length other small tubers *Wolouchahabim*Group **TABANE**Cylindrical and elongated tuber *Kagourou*Flattened and pimply tuber with numerous tuberous roots. *Hounbonon*

Conic tuber with a small head and deeply depressed base

Rough, longitudinally black and grey striped tuber. *Yaka*Black and grey finely spotted tuber with pimply top *Ih-donou*Smooth and grey uniformly coloured tuber *Tabané*

From the analysis of the different identification keys, it emerges that, contrary to the varietal groups identification for which the morphological characters of the aerial part of the plant (stem and leaves) plays the major role, the identification of the morphotypes or varieties remains mainly based on the morphological characters of the underground part of the plant (tuber and roots).

For about 80% of the farmers we met during the surveys, the strictly late-maturing yams known under the common name of "kokoro" in some countries (Benin, Togo, Nigeria) of the African Yam Belt, appeared the most important and the most preferred for an eventual intensive yam production. According to the discussions we had with them, the reasons for choosing *kokoro* yams are multiple:

- they are not only high-yielding varieties but also the most adapted yams to the different environments (varied soils and climate) and the less susceptible to nematodes and diseases. One could therefore understand their wide distribution throughout the country even in the mountainous zones of the northeast as shown by Dansi *et al.* (1998).
- they give a high quality pounded yam or foutou, the major traditional food of yams in the subregion.
- each plant can produce an important number (3-12) of tubers and moreover, during the planting each tuber can be cut into two or three sets without any negative impact on the germination rate (this is not the case with the other varieties in which cutting the tuber can lead to a high rate of rot) which is about 100%. It appears therefore that with *kokoro* yams, the availability of tuber seed for planting does not constitute a problem for farmers.

- they have the best post-harvest storage ability.
- they produce some small or medium-sized tuber of regular shape (rarely branched) making them the better-adapted varieties for the production of yam chips. Chips of *kokoro* yams give a good quality of "amala" (paste obtained with the chip's powder) and can be stored for long time.

Almost all the *kokoro* yams flower profusely (male) and owing to the above-mentioned traits constitute a useful pool for the genetic improvement of yams.

Conclusion

The present results, supported by previously published results, open an avenue for an intensification of the research activities on yam in Benin Republic and will enhance extension of research to other countries where no sound characterization on yam germplasm has been reported to date. A special computerized database of both cultivated and wild species of Benin Republic is being prepared using the most widely used PCR (Plant Genetic Resources) database management system, MS ACCESS.

Acknowledgements

We would like to thank Eric Quarcoo (IPGRI, Cotonou station) for critical reading of the manuscript. We are also grateful to all the farmers we met for fruitful discussions while collecting the yams. We also express our sincere thanks to Mrs F. Tonoukouin and P. Hounkponou (IITA Cotonou) for their technical assistance throughout the study and AUPELF-UREF for partial support (grant provided to the third author) in this work.

References

- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjihékon and F.M. Quin. 1998. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. Genet. Resour. Crop Evol. (in press).
- Dansi, A., J. Zoundjihékon, H.D. Mignouna and F.M. Quin. 1997. Collecte d'ignames cultivées du Complexe *Dioscorea cayenensis* - *rotundata* au Bénin. Plant Genet. Resour. Newsl. 112:81-85.
- Hamon, P. 1987. Structure, origine génétique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat des-Sciences. Université Paris XI, Centre d'Orsay.
- IBPGR. 1980. Descriptors for yams (*Dioscorea* sp.). IBI GR/79/53, Rome, Italy.
- IPGRI. 1993. Geneflow. Une publication sur les ressources phylogénétiques de la terre. Institut International des Ressources Phylogénétiques, Rome, Italy.
- Martin, F.W. and A.M. Rhodes. 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *Dioscorea rotundata*. Trop. Agric. (Trinidad), 55:193-206.

Résumé

*Clé d'identification variétale des ignames (complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata*) cultivées de la République du Bénin*

En se basant sur les descripteurs morphologiques de l'IBPGR (IPGRI), 560 accessions d'ignames cultivées de la République du Bénin ont été caractérisées morphologiquement. Quarante-vingt-dix morphotypes ont été identifiés et les accessions ont été classifiées en 26 groupes variétaux, en se basant sur leurs similarités morphologiques. Pour faciliter l'identification variétale à l'intérieur de chaque groupe variétal, une clé d'identification pratique a été développée et un répertoire général des ignames cultivées de la République du Bénin appartenant au complexe *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* a été préparé.

Resumen

*Clave de identificación varietal de los ñames cultivados (de la serie *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata*) de la República de Benin*

En base a los descriptores morfológicos del IBPGR (IPGRI) fueron caracterizadas morfológicamente 560 accesiones de ñames cultivados (de la serie *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata*) de la República de Benin. Noventa morfotipos fueron identificados y las accesiones fueron clasificadas en 26 grupos varietales de acuerdo con sus semejanzas morfológicas. A fin de facilitar la identificación varietal dentro de cada grupo varietal, se construyó una clave de identificación práctica y se preparó un directorio general de los ñames cultivados pertenecientes a la serie *Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* (ñames de Guinea).

ARTICLE 4



Using isozyme polymorphism to assess genetic variation within cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) of the Republic of Benin

A. Dansi^{1,5}, H.D. Mignouna², J. Zoundjihékpon³, A. Sangare⁴, R. Asiedu² & N. Ahoussou⁴

¹International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 08 BP 0932 Cotonou, Benin

²International Institute of Tropical Agriculture (IITA), PMB 5320 Ibadan, Nigeria

³Worldwide Fund for Nature (WWF), 08 BP 1776 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

⁴UFR Biosciences, Faculté des Sciences et Techniques, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁵Laboratoire de Génétique, UNB/FAST, BP 526 Cotonou, Bénin

Received 1 July 1999; accepted in revised form 29 September 1999

Key words: core collection, cultivar groups, *Dioscorea cayenensis*, *Dioscorea rotundata*, genetic relatedness, Guinea yam, isozyme markers, morphotype, yam identification

Abstract

Four hundred and sixty-seven accessions of cultivated Guinea yam (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) collected from different localities of Benin Republic were analysed to study isoenzymatic variability in seven enzyme systems: aspartate aminotransferase (AAT), esterase (EST), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH), isocitrate dehydrogenase (IDH), phosphoglucosyltransferase (PGM), phosphoglucosylisomerase (PGI), and shikimate dehydrogenase (SKDH) using starch gel electrophoresis. Polymorphism was observed in all of the enzyme systems and a total of 62 electromorphs of different frequency and variability patterns were recorded. Different combinations of banding patterns of these systems led to identification of 227 different cultivars within the 467 accessions analysed. For an old and vegetatively propagated crop (with a considerable number of vernacular names) such as yam, and for which a high rate of duplication is expected, the 227 cultivars were found to be good enough to be considered as the adequate number of accessions representing the diversity in the germplasm analysed. Cluster analysis (UPGMA) produced a most likely division of the 467 accessions into two groups corresponding to *D. rotundata* Poir. and *D. cayenensis* Lam., supporting the concept that the two forms of guinea yam represent different genetic entities. The different clusters formed within the white yams (*D. rotundata*) did not exactly conform to the known cultivar groups. Additional polymorphic enzymes are needed for an accurate isozyme-based genetic discrimination of most of the cultivar groups.

Introduction

Tropical root and tuber crops occupy a pre-eminent position as food crops, next only to cereals and grain legumes, and they also form the subsidiary staple of over 20% of world population. Among the tropical tuber crops, cultivated guinea yam (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) is one of the most important, especially in the so-called 'yam belt' of West Africa. Because of its important contribution to food security, yam has become an important target for breeding new cultivars with novel or improved

characteristics. However, one of the prerequisites to this important task is better knowledge of the existing traditional cultivars held by farmers.

In order to access the diversity within this species complex (*D. cayenensis*–*D. rotundata*) in Benin Republic, systems of classification and identification based on morphological characters were recently used (Dansi et al., 1998, 1999). Although these methods are effective, they present practical drawbacks due to the effect of environmental fluctuations on expression of some morphological traits. The use of biochemical markers such as isozymes overcomes these prob-

lems since they are little affected by the environment and can easily be detected in a variety of tissues by relatively simple, rapid and inexpensive procedures.

During the last decade, isozymes have been used extensively in many crop breeding programs as genetic markers for identifying cultivars (Torres & Bergh, 1980; Nielsen, 1985; Weeden & Lamb, 1985; Degani et al., 1995), in marker-assisted selection (Manganaris et al., 1994), for confirming hybridity (Anderson et al., 1991) and for performing many other aspects of plant breeding, such as selecting donor and recipient parents and monitoring backcross progeny (Tanksley & Orton, 1983). With yams, only few attempts have been reported up to now (Hamon & Touré, 1990a,b).

The objectives of the present study were to identify polymorphic isozyme banding patterns, to use combinations of these patterns to assess genetic variation within the different yam cultivar groups identified based on morphological traits (Dansi et al., 1999), to distinguish cultivars, and to examine the relationships among yam cultivars.

Materials and methods

Materials

The germplasm studied consisted of 467 accessions of yams belonging to the *D. cayenensis*-*D. rotundata* complex which were collected in 1996 and 1997 from different localities of Benin and maintained as a field collection at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) in Benin Republic (Dansi et al., 1997).

Methods

Starch gels (14%) were prepared with hydrolysed starch (Sigma, USA) in heated gel buffer (0.085 M Tris and 0.048 M Histidine, pH 8), degassed with a tap aspirator, poured into an acrylic gel mould in which electrode strips had been sealed with masking tape. Occasional air bubbles were quickly removed with forceps. Cast gels were allowed to cool for approximately 30 min at room temperature, covered with a plastic film to prevent dehydration and left to set in position overnight at room temperature (25 °C).

Enzymes were extracted by crushing pieces of fresh leaves in a small amount of extraction buffer (Hamon & Touré, 1990a). A small spatula tip of insoluble PVP was added during the homogenisation

to improve zymograms (Kephart, 1990). Filter paper wicks (7 × 6 mm, Whatman no. 3) were dipped into the leaf extracts. The wicks were then removed, lightly blotted and loaded into a transverse cut in the gels. Wicks dipped in bromophenol blue dye solution were also inserted to visualise the migration of the front. A sample with known, distinctive banding pattern was repeated three times across the gel to serve as reference.

The electrophoresis was conducted at 4 °C for 4 h using an electrode buffer of 0.153 M Tris and 0.04 M citric acid (pH 8). After electrophoresis, gels were sliced horizontally and stained for the appropriate enzymes. In order to detect the presence of background staining before routine use of enzyme staining procedures, the staining was carried out with and without substrate for each enzyme system on replicate slabs.

The enzymes assayed were aspartate aminotransferase (AAT; EC 2.6.1.1), esterase (EST; EC 3.1.1.-), glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PDH; EC 1.1.1.49), isocitrate dehydrogenase (IDH; EC 1.1.1.41), phosphoglucomutase (PGM; EC 5.4.2.2), phosphoglucoisomerase (PGI; EC 5.3.1.3), shikimate dehydrogenase (SKDH; EC 1.1.1.25). Gels of PGI, SKDH, ICD and EST were stained according to Hamon & Touré (1990a). For AAT and PGM, methods used are those described by Tanksley & Orton (1983). To improve clarity of the AAT gels, 1% (w/v) soluble polyvinylpyrrolidone (PVP 40) was added to its staining solution according to Jongedijk et al. (1990).

Statistical methods

Each band was treated as a unit character, and the accession was scored for the presence or absence of a band and coded as 1 or 0, respectively. Using this methodology, 55 variables were created and a binary matrix was compiled. Pairwise distances between samples were computed by the NTSYS-pc 1.8 software package (Rohlf, 1993) using the simple matching coefficient of similarity (Gower, 1985). Dendrograms were created by UPGMA cluster analysis (Sneath & Sokal, 1973; Swofford & Olsen, 1990).

Results and discussion

Isozyme systems

Polymorphisms were observed in all the seven systems analysed. The enzyme systems used provided adequate resolution to even allow scoring more than

Table 1. Frequency of the isozyme phenotypes observed among the 467 analysed yam accessions. Numbers in the table represent the total number of accessions for which the corresponding phenotype has been recorded for each of the enzyme systems

Phenotypes	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
A	126	268	304	142	402	276	127
B	27	12	07	198	53	07	261
C	245	10	30	31	02	107	68
D	33	87	02	50	04	33	07
E	02	63	102	07	06	28	03
F	02	06	02	10	-	05	01
G	05	06	05	10	-	01	-
H	14	05	01	12	-	09	-
I	06	05	01	07	-	01	-
J	02	05	03	-	-	-	-
K	05	-	05	-	-	-	-
L	-	-	05	-	-	-	-

one zone of activity for some of them. All observed zymogram patterns are illustrated in Figure 1. The zones of activity were numbered, as well as the bands, according to their proximity to the anodal end.

SKDH activity was detected in a single region of the zymogram and nine phenotypes were revealed, three homozygous and six heterozygous (Fig. 1a). *SKDH* is monomeric in yam (Zoundjhekpou et al., 1994). The banding patterns observed for this enzyme support its monomeric structure. The *F* phenotype is consistent with a polyploid individual and is found with cultivars known as hexaploid (MAKPAWA) or octoploid (ALAKISSA).

In the *PGD* zymogram, two polymorphic zones of activity (*PGD-I*, *PGD-II*) were detected (Figure 1a). The most anodal (*PGD-I*) was resolved as either single bands or double bands. *PGD-II* exhibited three phenotypes of single-, double- or five-banded pattern. *PGD* has been shown to be monomeric in yam (Zoundjhekpou et al., 1994). Effect of a null allele (lack of staining activity) is found in the phenotypes *C*, *F*, *G* and *I*. Phenotype *H* is the one of a polyploid individual and is found with the hexaploid cultivars of the cultivar group BARIDJO.

For *EST*, a single region of activity was found with six phenotypes, two homozygous and four heterozygous (Figure 1a). In yams, *EST* is also monomeric but with one secondary isozyme (Zoundjhekpou et al., 1994). Phenotypes exhibited by this system are consistent with a monomeric enzyme. Phenotypes *D*, *E*

and *F* indicate polyploid individuals, and were found only with ALAKISSA (octoploid) and MAKPAWA (hexaploid).

IDH was resolved as one zone of activity with four single-banded phenotypes, three double-banded phenotypes and five triple-banded phenotypes (Figure 1b). As in many other plant species (Weeden & Weeden, 1989; Kephart, 1990), *IDH* is dimeric in yam (Zoundjhekpou et al., 1994) and phenotypes observed are also consistent with a dimeric structure of the enzyme. Either the allelic dominance effect or the presence of a null allele would explain the three double-banded phenotypes observed.

For *PGI*, a single region of activity was found with five phenotypes, two homozygous and three heterozygous (Figure 1b). *PGI* is also dimeric in yam (Zoundjhekpou et al., 1994) and phenotypes observed are consistent with a dimeric structure of the enzyme.

Two polymorphic zones of activity (*AAT-I* and *AAT-II*) were found in the *AAT* zymogram. *AAT-I* exhibits five phenotypes, three with double bands and the other with three regularly spaced bands. The slower migration zone (*AAT-II*) has five phenotypes: three with a single band and the other with two bands. Based on the zymogram, *AAT* in yam, like in many other plants (Gottlieb, 1982; Kephart, 1990), is likely controlled by two loci. Since no controlled crosses have been made from known parents for evaluating segregating populations, the hypothesis of two loci must, however, be considered preliminary.

In gels stained for *PGM*, two zones of activity were also observed. The fastest migration zone (*PGM-I*) had three phenotypes and was resolved either as a single band or two bands. The lower migration zone (*PGM-II*) was also polymorphic with single-banded and triple-banded patterns. *PGM* in plants is typically controlled by two loci (Gottlieb, 1982; Kephart, 1990) and known to be monomeric (Weeden & Weeden, 1989; Kephart, 1990). Considering that the quaternary structure of enzymes in plant species has remained highly conserved throughout biochemical evolution, especially for the enzymes catalysing steps in primary metabolism (Weeden & Weeden, 1989; Gottlieb, 1982), we can assume that the three-banded patterns observed in *PGM-II* reflect the polyploid nature of yam (tetraploid, hexaploid or octoploid), and that *PGM* conforms to a monomeric system. This, however, needs confirmation by progeny analysis.

As far as the frequency distribution of the different patterns of a given isozyme system within the germplasm is concerned, Table 1 and Figure 2 clearly show

Table 2. The cultivar groups, their morphological diversity and the number of isozyme phenotypes identified within them

Cultivar groups*	NA	NM*	Morphological diversity*		NGI
			Shoot	Tuber	
AGOGO	14	04	Heterogeneous	Heterogeneous	08
AHIMON	34	02	Homogeneous	Heterogeneous	19
ALAKISSA	08	03	Homogeneous	Heterogeneous	03
ANTAWOROROU	06	03	Heterogeneous	Heterogeneous	03
BANIOURE	30	04	Homogeneous	Heterogeneous	13
BARIDJO	09	03	Homogeneous	Heterogeneous	01
DIKPIRI	02	01	Homogeneous	Homogeneous	01
DOUBA YESSIROU	10	02	Homogeneous	Heterogeneous	05
GNALABO	10	03	Heterogeneous	Heterogeneous	04
GNIDOU	28	01	Homogeneous	Homogeneous	05
KOKOROGBANOU	88	14	Homogeneous	Heterogeneous	28
KPLANHOURA	06	02	Homogeneous	Homogeneous	01
KPONAN	07	01	Homogeneous	Heterogeneous	05
KRATCHI	18	02	Homogeneous	Heterogeneous	08
MAKPAWA	03	02	Heterogeneous	Heterogeneous	02
MONDJI	60	11	Heterogeneous	Heterogeneous	29
MOROKOROU	23	02	Heterogeneous	Heterogeneous	08
NONFORWOU	13	04	Homogeneous	Heterogeneous	09
NOUALAYE	18	01	Homogeneous	Homogeneous	07
OURTCHOUA	12	03	Heterogeneous	Heterogeneous	06
PORCHEHBIM	06	02	Homogeneous	Heterogeneous	01
SOUSSOU	42	11	Heterogeneous	Heterogeneous	24
TABANE	13	05	Homogeneous	Heterogeneous	01
TAM SAM	01	01	Homogeneous	Homogeneous	01
TERKOKONOU	04	01	Homogeneous	Homogeneous	01
TOGNIBO	02	01	Homogeneous	Homogeneous	01
Total	467	90			194

Abbreviations: NA, number of accessions analysed; NM, number of morphotypes; NGI, number of genotypes identified; *from Dansi et al., 1999.

that, according to the systems, only two, three or four of the identified patterns are well represented and the others are more or less rare. Similar results were obtained on Guinea yam germplasm in Cote d'Ivoire by Hamon & Touré (1990a).

Genetic diversity within the cultivar groups

During the morphological analysis, the different accessions of the germplasm were classified into 26 cultivar groups, among which some are homogeneous and others heterogeneous. With the systems used, considerable genetic diversity was detected within many of the cultivar groups. The data recorded allows us to classify the 26 cultivar groups into four categories:

Cultivar groups morphologically and genetically homogeneous

There are five groups: DIKPIRI, KPLANHOURA, TAM SAM, TERKOKONOU and TOGNIBO. Only one isozyme phenotype is identified in each of these groups (Table 3). One is therefore tempted to believe that each of them is constituted of a unique cultivar.

Cultivar groups morphologically homogeneous but genetically heterogeneous

Two cultivar groups, GNIDOU and NOUALAYE, are classified in this category. With the markers used, five and seven clones have been respectively detected within GNIDOU and NOUALAYE. With GNIDOU, accessions collected under different names, although morphologically identical, appeared as different clones. Hence, the cultivars Dagui-dagui,

Table 3. Distribution and frequency of the different isozyme phenotypes within the 26 cultivar groups. Capital letters (A-L) refer to the different phenotypes in Figure 1 while numbers in brackets correspond to the number of accessions in which these phenotypes have been detected

Cultivar groups	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
AGOGO	A {10} C {04}	A {09} E {05}	A {14}	A {01} B {13}	A {14}	A {05} C {05} D {02} E {02}	B {14}
AHIMON	A {26} B {01} C {07}	A {12} B {02} D {18} G {02}	A {25} E {04} G {05}	A {05} B {29}	A {34}	A {07} C {05} D {08} E {10} F {04}	A {08} B {26}
ALAKISSA	C {01} H {07}	C {07} D {01}	B {07} F {01}	C {01} F {07}	A {04} C {04}	A {01} B {07}	D {07} E {01}
ANTAWOROROU	C {06}	A {05} D {01}	A {06}	E {06}	A {06}	A {06}	A {02} B {04}
BANIOURE	A {29} C {01}	A {01} D {03} E {20} F {06}	A {30}	C {30}	A {27} D {03}	A {18} D {03} E {08} F {01}	A {09} B {19} C {02}
BARIDJO	D {09}	A {09}	A {09}	A {09}	A {09}	H {09}	A {09}
DIKPIRI	A {02}	D {02}	A {02}	B {02}	B {02}	C {02}	A {02}
DOUBA YESSIROU	A {01} C {05} D {04}	A {06} B {01} D {03}	E {10}	B {07} D {03}	A {08} C {02}	A {10}	A {02} B {08}
GNALABO	A {02} C {08}	A {10}	A {04} C {01} E {05}	A {08} B {01} D {01}	A {10}	D {10}	B {10}
GNIDOU	C {28}	A {27} D {01}	A {01} E {27}	B {02} D {26}	A {28}	A {27} C {01}	B {28}
KOKOROGBANOU	A {13} C {73} H {02}	A {27} D {43} E {18}	A {86} E {02}	B {60} G {09} H {12} I {07}	A {71} B {17}	A {87} C {01}	A {60} C {28}
KPANHOURA	A {06}	E {06}	C {06}	A {06}	E {06}	A {06}	B {06}
KPONAN	A {02} C {01} D {04}	A {07}	A {01} C {05} K {01}	A {07}	A {02} B {05}	C {06} E {01}	A {03} B {01} C {03}
KRATCHI	A {02} D {13} H {03}	A {18}	A {17} E {01}	B {17} D {01}	A {18}	C {09} D {07} E {02}	B {14} C {04}
MAKPAWA	F {02} G {01}	C {03}	D {02} F {01}	F {03}	A {03}	A {01} E {02}	E {02} F {01}
MONDJI	A {04} B {02} C {43} D {02} I {02} J {02} K {05}	A {46} D {09} E {05}	A {21} C {05} E {20} H {01} I {01} J {03} K {05} L {04}	A {47} B {05} D {07} G {01}	A {60}	A {43} C {14} E {02} G {01}	A {10} B {50}

Table 3. Continued

Cultivar groups	AAT	PGM	IDH	SKDH	PGI	PGD	EST
MOROKOROU	C [19] I [04]	A [04] D [01] E [03] H [05] J [05] H [05]	A [01] C [03] E [19]	A [19] B [04]	A [23]	C [22] E [01]	B [23]
NONFORWOU	A [01] C [11] D [01]	A [04] D [05] E [04]	A [11] E [02]	A [09] B [01] D [02] E [01]	B [13]	A [04] C [09]	A [03] C [10]
NOUALAYE	B [18]	A [18]	A [17] E [01]	A [01] B [14] D [03]	A [18]	A [12] C [02] D [03] J [101]	C [18]
OURTCHOUA	B [06] C [06]	A [05] B [06] E [01]	A [12]	A [01] B [10] B [01]	A [10] B [02]	A [06] C [06]	A [01] B [08] C [03]
PORCHEHBIM	A [06]	A [06]	A [06]	B [06]	A [06]	A [06]	B [06]
SOUSSOU	A [08] C [28] G [04] H [02]	A [38] B [03] E [01]	A [27] C [08] E [07]	A [29] B [07] D [06]	A [31] B [10] D [01]	A [23] C [19]	A [04] B [38]
TABANE	A [13]	A [13]	A [13]	B [13]	A [13]	A [13]	A [13]
TAM SAM	A [01]	A [01]	A [01]	B [01]	A [01]	A [01]	A [01]
TERKOKONOU	C [04]	G [04]	E [04]	B [04]	A [04]	C [04]	B [04]
TOGNIBO	E [02]	A [02]	C [02]	B [02]	A [02]	C [02]	B [02]

Doyesserou and Idjitededeka collected from different locations of the country and classified in this group, differ from each other and are different from the cultivar named GNIDOU, constituted itself of two genotypes. For the two groups, the results obtained perfectly support the observations of farmers, who, during the collecting survey, reported to us the existence of several clones within each of these groups. In fact, apart from the morphological traits, farmers also used to distinguish yam cultivars based on their cooking qualities and their agronomic traits (the tuber's time of maturity, storage aptitude, number of tubers per mound, interaction with the soil types, etc.).

Cultivar groups morphologically heterogeneous but genetically homogeneous

BARIDJO, PORCHEHBIM and TABANE are the three cultivar groups falling into this class, and for which only one genotype is identified. The results obtained indicate that the different morphotypes of

each of these groups are very close genetically. Results also support the different hypothesis formulated on the evolution of the groups PORCHEHBIM and TABANE. In fact, based on the morphological observation and the farmers' explanation, it was hypothesised that cultivars considered as different within each of these groups, would be identical and derived one from another by either somatic mutation (case of TABANE) or shape fixation (case of PORCHEHBIM) further to many years of vegetative multiplication (Dansi et al., 1999).

Cultivar groups morphologically and genetically heterogeneous

Sixteen cultivar groups fall into this category (Table 3). These are AGOGO, AHIMON, ALAKISSA, ANTAWOROROU, BANIIOURE, DOUMA, YESSIROU, GNALABO, KOKOROGBANOU, KPONAN, KRATCHI, MAKPAWA, MOROKOROU, MONDJI, NONFORWOU, OURTCHOUA and SOUSSOU.

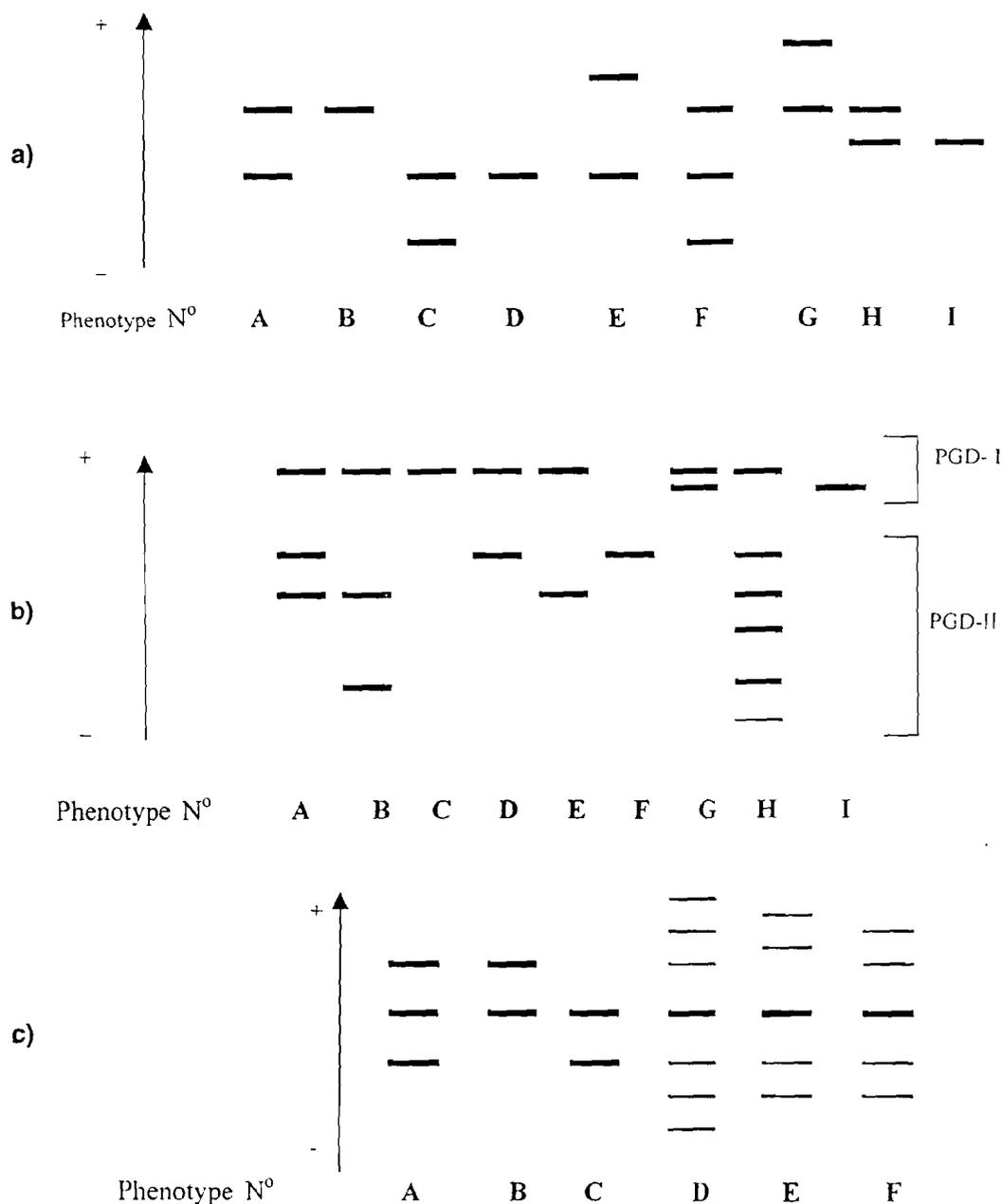


Figure 1a. Diagrammatic representations and designated phenotypes of the different isozyme patterns detected within the germplasm. (a) Shikimate dehydrogenase (SKDH); (b) 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD); (c) esterase (EST).

Groups covering wide geographical zones (printed in bold above) and for which more accessions have also been collected, are likely the most genetically diverse (Table 2). Apart from the cultivar group KOKOROGBANOU, results obtained for all the above-cited cultivar groups, considering the analysis at the morphotype level, are satisfactory and often reflect farmers' indications. In fact, within

KOKOROGBANOU, data recorded for the morphotype Kinkerekou were contrary to farmers' considerations. For farmers, many of the cultivars assigned to this morphotype are very different although morphological similar. Unfortunately, only two genotypes have been detected within the 25 accessions classified in this morphotype. Giving priority to farmers' opinions because of their good knowledge of their yam

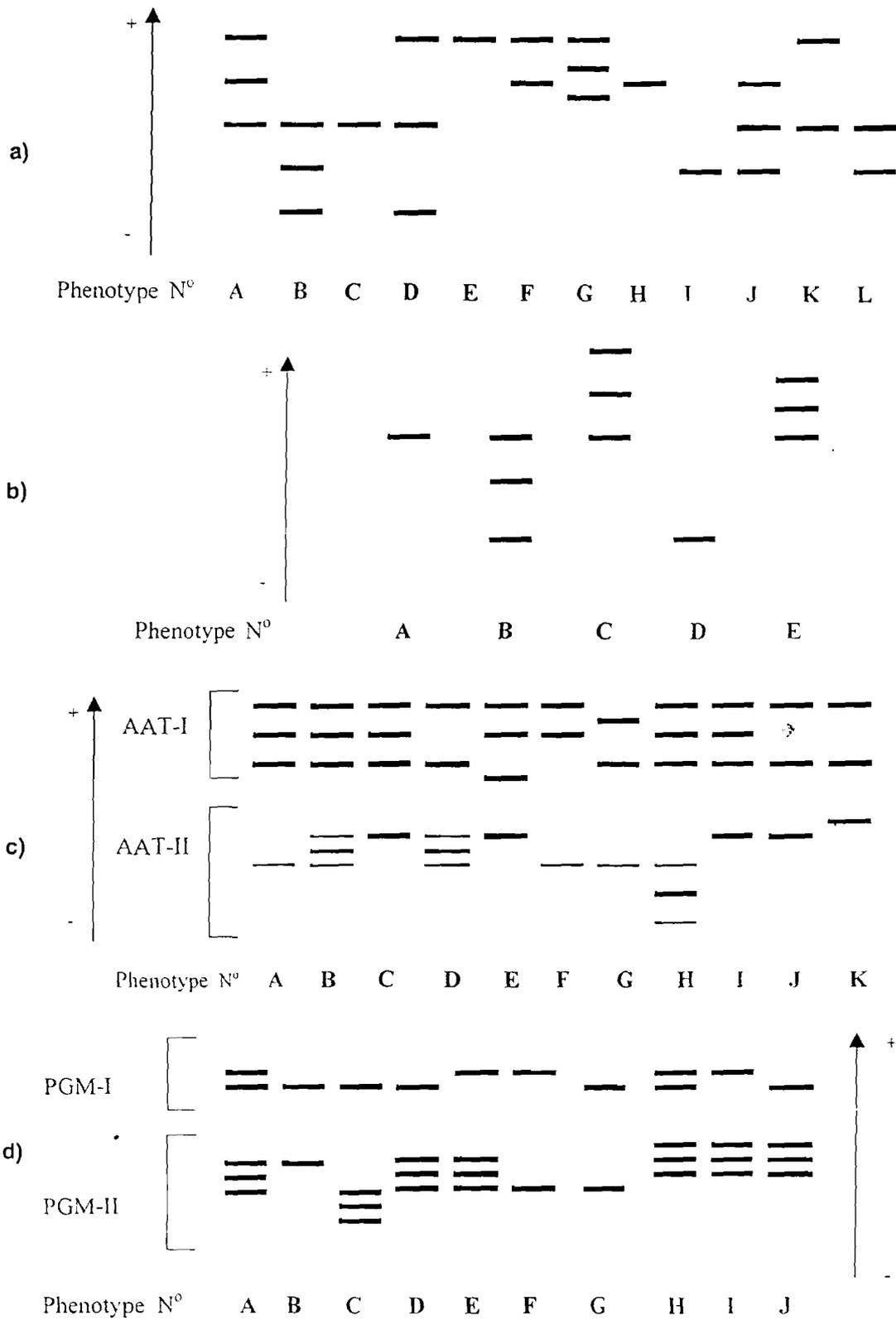


Figure 1b. Diagrammatic representations and designated phenotypes of the different isozyme patterns detected within the germplasm. (a) Isocitrate dehydrogenase (IDH); (b) phosphoglucose isomerase (PGI); (c) aspartate aminotransferase (AAT); (d) phosphoglucomutase (PGM).

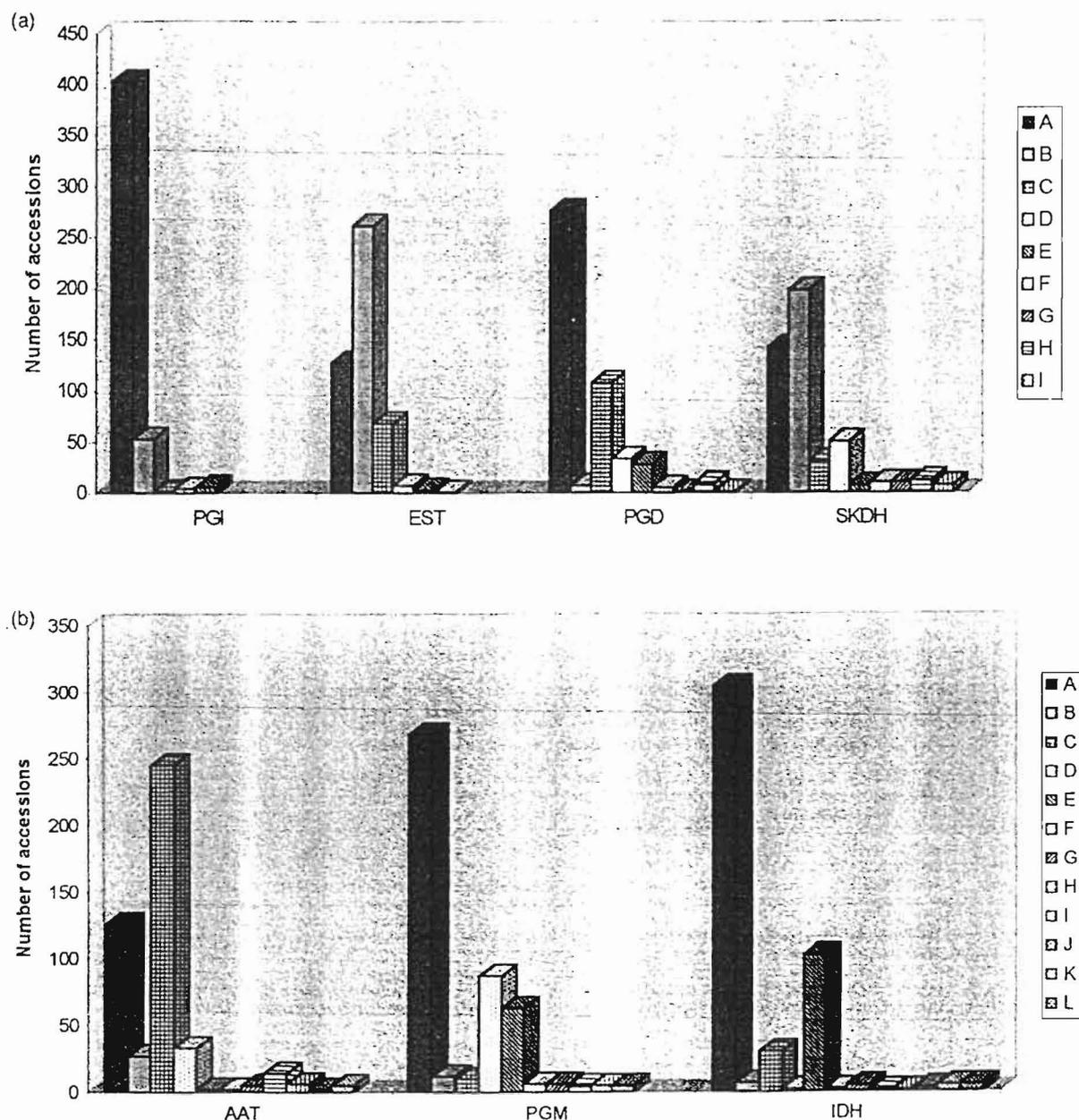


Figure 2 Frequency of the different isozyme systems' phenotypes.

cultivars, it is assumed that the markers used are ineffective in screening the different genotypes within Kinkerekou. The use of molecular (DNA) markers such as RAPD and AFLP would be desirable for the separation of the cultivars of this morphotype.

By comparing morphological and isozymic classification, perfect coincidence between the two was obtained for only two (ANTAWOROROU and MAK-

PAWA) of the above-cited groups. In fact, phenotypes identified in each of these groups exactly correspond to the different morphotypes defined in each of them.

In total, while only 90 morphotypes were constituted based on morphological data, isozyme markers allowed the identification of 194 genotypes considering the data recorded by cultivar groups (Table 2). In the present analysis, some cultivars belonging to

Table 4. Number of clones detected within the different morphotypes

Morphotype	NA	NC	Morphotype	NA	NC	Morphotype	NA	NC
Agangan	03	03	Gnawounkoko	02	01	Oroutanai	21	07
Agogo	05	05	Gnidou	28	05	Orou Yinsingué	03	02
Ahimon	32	18	GnilòKpado	02	01	Ossoukpana	09	06
Akpazin	08	06	GuiéNa	01	01	Ourtchoua	04	01
Alakissa	03	01	Guirissa	03	01	Ouwonpèotina	02	01
Ala N'Kojèwoué	07	05	Hounbonon	01	01	Piédjè	02	01
Androki	01	01	Ihdouou	01	01	Porchèhchim	03	01
Ankpoloman	02	01	Issou Agatou	01	01	Singou	12	06
Antawororou	03	01	Kagourou	04	01	Sogona	04	03
Assaboné	01	01	Kangni	02	02	Sobasson	06	04
Baniakpa	03	01	Kéé	02	01	Sogodo	02	01
Baniouré Bagarou	08	05	Kinkérékou	25	02	Soussouka	25	15
Baniouré Montoguè	03	01	Kokoné	03	02	Soussounin	01	01
Baniouré Oloukobi	18	08	Kokouma	04	03	Soussou Souanbou	04	02
Baridjo	04	01	Kologo	04	02	Tabané	04	01
Boki	01	01	Kouragouroko	01	01	Tam-Sam	01	01
Bonakpo	02	01	Kpanhoura	06	01	Terlounto	01	01
Brizi	10	01	Kpirou Kpika	01	01	Terkokonou	04	01
Danwari	10	04	Kponan	05	05	Tognibo	02	01
DéBa	06	03	Kratchi	16	06	Walassi	01	01
Djatouba	04	03	Laboko	02	02	Wamai	01	01
Djikpiri	02	01	Makpawa	01	01	Wolouchahabim	03	01
Djiladja	01	01	Marétassou	01	01	Wossou	03	02
Dikpiri	02	01	Monji	11	08	Yahou	01	01
Douba Yéssirou	08	04	Nonforwou	07	04	Yaka	03	01
Doundoua	02	01	Nindouin	03	02	Yakarango	03	03
Effourou	01	01	Morokorou	19	05	Yoblè	01	01
Fèni	01	01	Noualaye	18	08	Youbè	01	01
Gbèra	01	01	Ofègui	03	01	Youèyouèdota	01	01
Gnalabo	08	03	Omoya	01	01	Yorou Tassou	01	01

Abbreviations: NA, number of accessions analysed; NC, number of clones detected.

different morphotypes (within or between cultivar groups) have shown the same electrophoretic patterns for all the systems used. For this reason, a better classification of the cultivars should take into account the results of the morphological analysis by counting the number of genotypes detected within each of the 90 morphotypes of the germplasm (Dansi et al., 1998, 1999). This combination of the morphological and isozymic analysis leads to a total of 227 different cultivars out of the 467 accessions analysed (Table 4). In terms of genetic resources conservation, the result obtained is quite satisfactory and these 227 cultivars will help identifying the minimum number of accessions of the germplasm representing the maximum of diversity known as core collection (Brown, 1989; Hintum, 1995; Noirot et al., 1995).

Cultivar and cultivar group identification

Some isozyme patterns (printed in bold in Table 3) characterise some cultivar groups or are found only within them. As reported by Hamon & Touré (1990a) in Côte d'Ivoire's yam germplasm, the IDH, PGD and SKDH isozyme patterns having slower migration bands were found only within the cultivar groups ALAKISSA and MAKPAWA of perennial origin, known as *D. cayenensis*. Alakissa and Makpawa in Benin, respectively, correspond to Yaobadou and Kangba in Côte d'Ivoire. Patterns having slow bands in PGM (PGM-C) were also found only with the same two cultivar groups (Figure 1b; Table 3). Moreover, they all display a complex pattern of five or seven bands for EST that is not found in any of the *D.*

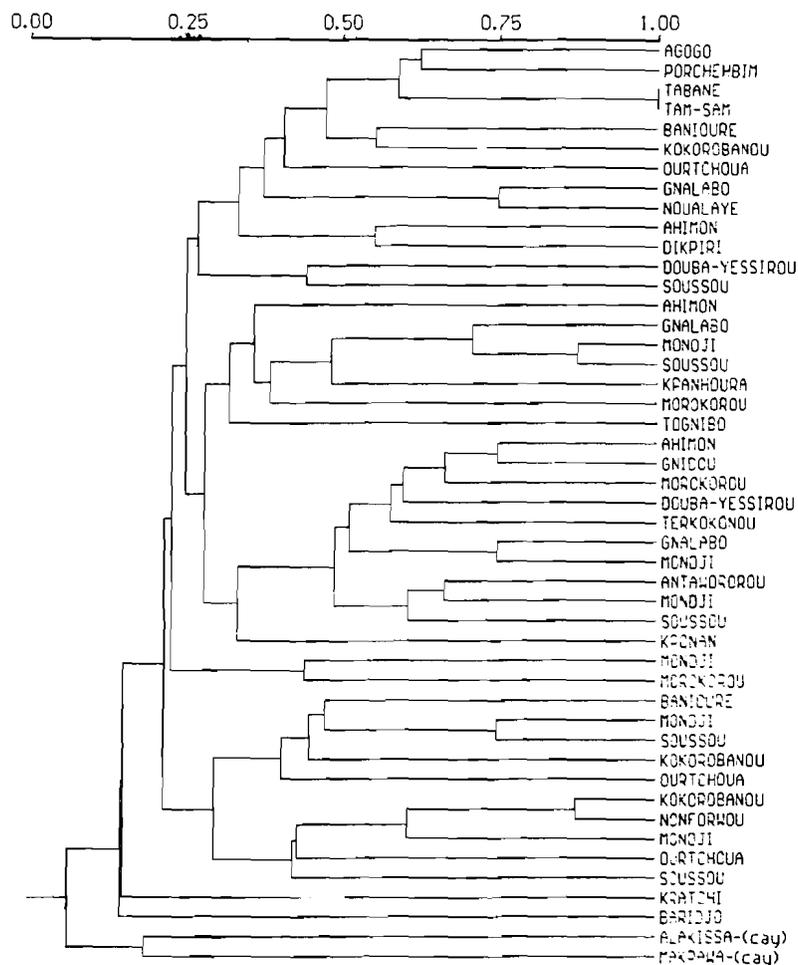


Figure 3. Dendrogram of 467 accessions of Benin Republic's Guinea yam (*D. cayenensis*-*D. rotundata* complex) generated by UPGMA cluster analysis based on isozyme data, using simple matching coefficient of similarity. Only the cultivar groups are shown; 'cay': *D. cayenensis*.

rotundata groups. Hence PGM-C, EST-E and EST-F can be considered as three other markers in separating *D. rotundata* from *D. cayenensis*. It has been shown in Côte d'Ivoire yam germplasm that a specific PGD marker (PGD-H) characterises the cultivar group BANIAKPA considered as a hybrid between *D. rotundata* and *D. cayenensis* (Hamon & Touré, 1990a). The same result is obtained for this cultivar group (represented in almost all the countries of the African yam belt) named BARIJO in Benin.

A few cultivars can be identified within their groups based upon a given isozyme pattern. Hence, AAT-C isolates Kokouma from Morokorou within MOROKOROU, Soagona from all the other cultivars of the group AGOGO, Walassi from all the Banioure in the cultivar group BANIIOURE. Within the group

NONFORWOU, PGM-E characterises the morphotype Djatouba.

The method of *electrophoretic identity or ID* (combination, in a given order, of isozyme phenotypic differences across the enzymatic systems) as defined by Hamon & Touré (1990a) was also used for cultivar identification. For example, there is a given electrophoretic ID for each of the cultivars Gnalabo, Assaboné, Agada, Ounonyahoun and Terlounto classified into three morphotypes within the group GNALABO. The list of all the cultivars analysed as well as their electrophoretic IDs is available on request from the authors.

Relationship among cultivars

The species concept of Guinea yam is rather controversial. Different authors consider Guinea yam to be represented either by one species, two species, or even a species complex (Martin & Rhodes, 1978; Miège, 1982a,b; Onyilagha & Lowe, 1985; Hamon & Touré, 1990a,b; Hamon et al., 1992; Terauchi et al., 1992; Asemota et al., 1996).

In the present study the dendrogram obtained clearly separates the *D. rotundata* (white yam) and the *D. cayenensis* (yellow yam) accessions (Figure 3). This clear partition into two groups is consistent with the concept that the two forms of Guinea yam represent different genetic entities which may be treated as two separate taxa, supporting the view of Onyilagha & Lowe (1985).

Within the class of the white yam (*Dioscorea rotundata*), the cluster analysis isolates the cultivar group Baridjo from the remaining groups (Figure 3). A similar result has been already reported on Côte d'Ivoire's yam germplasm by Hamon & Touré (1990a,b) for that same cultivar group (named BANIAKPA in Cote d'Ivoire) represented in almost all countries of the yam belt and considered (by the same authors) as intermediate between *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*.

Within the 'true *D. rotundata*' and at 80% of similarity, 13 cultivar groups (AGOGO, ANTAWOROROU, DIKPIRI, GNIDOU, KPANHOURA, KPONAN, KRATCHI, NOUALAYE, PORCHEHBIM, TABANE, TAM SAM, TERKOKONOU, TOGNIBO) seem distinct on the basis of isozyme phenotypes. The accessions of the remaining *D. rotundata* groups are distributed to two, three or four of the different clusters formed (Figure 3). Additional polymorphic enzymes are needed for an accurate isozyme-based genetic discrimination of most of the cultivar groups.

The cultivar groups TAM SAM and TABANE (of *D. rotundata*) are identical and cluster together (Figure 3). This result supports our hypothesis on the origin of cultivar Tam Sam considered, based upon morphological data and farmer's comments, as derived from Tabané further to a chloroplastic mutation (Dansi et al., 1999).

Conclusions

Overall, these isozyme studies have allowed the identification of 227 cultivars out of the 467 accessions

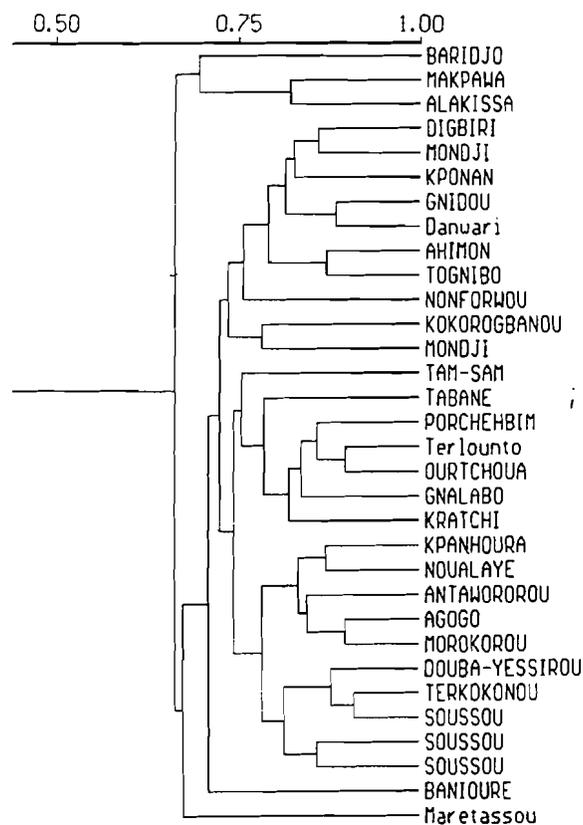


Figure 4. UPGMA dendrogram of Benin Republic's yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) based on morphological data using simple matching coefficient of similarity (Dansi et al., 1999).

analysed. The results are encouraging but they do reveal a need for improved means of discriminating genetic differences among Guinea yam cultivars. In fact, the cultivars of the cultivar group TABANE, although morphologically different, have an identical isozyme genotype and could not be uniquely identified. This result simply manifests a reality that morphological variation in yam may not be well reflected in isozymic variation of the seven enzymes examined here. The dendrogram constructed based on the morphological data (Dansi et al., 1999) is included for direct comparison with that derived from the isozyme data (Figure 4). Additional polymorphic enzymes and DNA markers such as randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) and simple sequence repeat (SSR) are needed to accurately discriminate cultivars in Tabane and to assess more fully genetic variation within the cultivated yams. This will be important in germplasm management and maintenance and in the development of new cultivars.

Acknowledgements

We thank the International Foundation for Science (IFS) and the Gatsby Charitable Foundation (UK) for financial support. The third author (J.Z.) acknowledges support from AUPELF-UREF. We wish to thank J.-L. Noyer (CIRAD Montpellier) and Dr O. Daïnou (National University of Benin) for technical advice. We express our sincere thanks to E. Fassoundé (IITA, Cotonou) for his technical assistance throughout the study and M. Odishiwo (IITA, Ibadan) for helping with the NTSYS computer program. We are also grateful to all the farmers we met for sharing their material and fruitful discussions while collecting and classifying the yams.

References

- Anderson, C.M., W.S. Castle & G.A. Moore. 1991. Isozymic identification of zygotic seedlings in 'Swingle Citumelo' (*Citrus paradisi* × *Poncirus trifoliata*) nursery and field population. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 116: 322–326.
- Asemota, H.N., J. Ramser, C. Lopez-Peralta, K. Weising & G. Kahl. 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. *Euphytica* 92: 341–351.
- Brown, A.H.D., 1989. Core collections: a practical approach to genetic resources management. *Genome* 31: 818–824.
- Dansi, A., J. Zoundjhekpou, H.D. Mignouna & F.M. Quin. 1997. Collecte des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis*–*rotundata* au Bénin. *Plant Genet. Res. Newslett.* 112: 81–85.
- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjhekpou, A. Sangare, R. Asiedu & F.M. Quin, 1998. Varietal identification key of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*–*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Plant Genet. Res. Newslett.* 116: 18–25.
- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjhekpou, A. Sangare, R. Asiedu & F.M. Quin. 1999. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*–*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* 46: 371–388.
- Degani, C., A. Beiles, R. El-Batsri, M. Goren & S. Gazit. 1995. Identifying lychee cultivars by isozyme analysis. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 120: 307–312.
- Gouliab, D., 1982. Conservation and duplication of isozymes in plants. *Science* 216: 373–380.
- Gower, J.C., 1985. Measure of similarity, dissimilarity and distance. In: Kotz, S. & N.L. Johnson (Eds.), *Encyclopedia of Statistical Sciences*, Vol. 5, pp. 297–405. Wiley, New York, NY.
- Hamon, P. & B. Touré, 1990a. Characterisation of traditional yam varieties belonging to the *Dioscorea cayenensis*–*rotundata* complex by their isozymic patterns. *Euphytica* 46: 101–107.
- Hamon, P. & B. Touré, 1990b. The classification of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*–*rotundata* complex) of West Africa. *Euphytica* 47: 179–187.
- Hamon, P., J.P. Brizard, J. Zoundjhekpou, C. Duperray & A. Borgel. 1992. Etude des index d'ADN de huit espèces d'ignames (*Dioscorea spec.*) par cytométrie en flux. *Can. J. Bot.* 70: 996–1000.
- Hintum, Th.J.L. van, 1995. Hierarchical approaches to the analysis of genetic diversity in crop plants. In: Hodgkin, T., A.H.D. Brown, Th.J.L. van Hintum & E.A.V. Morales (Eds.), *Core Collections of Plant Genetic Resources*, pp. 23–34. John Wiley and Sons, UK.
- Jongedijk, E., J.M.A.S.H. Van der Wolk & L.C.J.M. Suurs. 1990. Analysis of glutamate oxaloacetate transaminase (GOT) isozyme variants in diploid tuberous *Solanum*; Inheritance and linkage relationships to *ds1* (desynapsis), *Y* (tuber flesh colour), *cr* (crumpled) and *yc* (yellow cotyledon). *Euphytica* 45: 155–167.
- Kephart, S.R., 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. *Am. J. Bot.* 77: 693–712.
- Manganaris, A.G., F.H. Alston, N.F. Weeden, H.S. Aldwinckle, H.L. Gustafson & S.K. Brown. 1994. Isozyme locus *Pgm-1* is tightly linked to a gene (*V_f*) for scab resistance in apple. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119: 1286–1288.
- Martin, F.W. & A.M. Rhodes. 1978. The relationship of *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata*. *Trop. Agric. (Trinidad)* 55: 193–206.
- Miège, J. 1982a. Notes sur les espèces *Dioscorea cayenensis* Lamk. et *Dioscorea rotundata* Poir. In: J. Miège & S. N. Lyonga (Eds.), *Yams (Ignames)*, pp. 367–375. Oxford University Press, Oxford.
- Miège, J., 1982b. Etude chimiotaxonomique de dix cultivars de Côte d'Ivoire relevant du complexe *Dioscorea cayenensis*–*rotundata*. In: J. Miège & S.N. Lyonga (Eds.), *Yams (Ignames)*, pp. 185–196. Oxford University Press, Oxford.
- Nielsen, G., 1985. The use of isozymes as probes to identify and label plant varieties and cultivars. In: M. C. Rattazzi, J. G. Scandalios & G. S. Whitt (Eds.), *Isozymes: Current Topics in Biological and Medical Research*, Vol. 12, pp. 1–32. Alan R. Liss, New York, NY.
- Noirot, M., S. Hamon & F. Anthony. 1995. The principal component scoring: a new method of constituting a core collection using quantitative data. *Genet. Resour. Crop Evol.* 41: 1–6.
- Onyilagha, J.C. & J. Lowe. 1985. Studies on the relationship of *Dioscorea cayenensis* and *Dioscorea rotundata* cultivars. *Euphytica* 35: 733–739.
- Rohlf, F.J., 1993. *NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System*. Exeter, New York.
- Sneath, P.H.A. & R.O. Sokal. 1973. *Numerical taxonomy*. Freeman, San Francisco, CA.
- Swofford, D.L. & G.J. Olsen., 1990. Phylogeny reconstruction. In: Hillis, D.M. & C. Moritz (Eds.), *Molecular Systematics*, pp. 411–501. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tanksley, S.D. & T.J. Orton. 1983. *Isozyme in Plant Genetics and Breeding*. Elsevier, Amsterdam.
- Terauchi, R., V.A. Chikalake, G. Thottapilly & S.K. Hahn. 1992. Origin and phylogeny of guinea yams as revealed by RFLP analysis of chloroplast DNA and nuclear DNA. *Theor. Appl. Genet.* 83: 747–751.
- Torres, A.M. & B.O. Bergh. 1980. Fruit and leaf isozymes as genetic markers in avocado. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 105: 614–619.
- Weeden, N.F. & R.C. Lamb. 1985. Identification of apple cultivars by isozyme phenotypes. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 110: 509–515.
- Wendel, J.F. & N.F. Weeden. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes. In: Soltis, D.E. & P.S. Soltis (Eds.), *Isozymes in Plant Biology*, pp. 5–45. Dioscorides Press, Portland, OR.
- Zoundjhekpou, J., S. Hamon, B. Tio-Touré & P. Hamon. 1994. First controlled progenies checked by isozymic markers in cultivated yams *Dioscorea cayenensis*–*rotundata*. *Theor. Appl. Genet.* 88: 1011–1016.

ARTICLE 5



Identification of some Benin Republic's Guinea yam (*Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata* complex) cultivars using Randomly Amplified Polymorphic DNA

A. Dansi^{1,2,*}, H.D. Mignouna³, J. Zoundjihékpon⁴, A. Sangare⁵, N. Ahoussou⁵ & R. Asiedu³

¹International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 08 BP 0932 Cotonou, Benin; ²Laboratoire de génétique, UNB/FAST, BP 526 Cotonou, Bénin; ³International Institute of Tropical Agriculture (IITA), PMB 5320 Ibadan, Nigeria; ⁴Worldwide fund for Nature (WWF), 08 BP 1776 Abidjan 08, Côte d'Ivoire; ⁵UFR Biosciences, Faculté des Sciences et Techniques, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire (*Author for correspondence. Fax: 229-350556; E-mail: adansi@usa.net)

Received 28 September 1999; accepted in revised form 28 May 2000

Key words: core collection, cultivar identification, *Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata* complex, Guinea yam, identification of duplicates, RAPD

Abstract

DNA from twenty-three late maturing cultivars of Guinea yams (*D. cayenensis/D. rotundata* complex) from the Benin Republic that could not be separated using isozyme markers, were examined using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers with decamer primers of arbitrary sequence. All the twelve primers tested were informative and yielded 63 amplified DNA bands from which 47 (75%) were polymorphic. Although no single primer produced polymorphic bands in all cultivars, the great majority of the cultivars were separated with the combinations of polymorphic bands generated by various primers. Putative duplicates and cultivar misclassifications were identified. Many morphologically distinct cultivars were close. The dwarf cultivar Tam-Sam considered as derived from Tabane, appeared more distant from the latter than was believed. RAPD analysis was found as a practical tool for the identification of duplicates toward establishment of an accurate core collection of Guinea yams in Benin Republic and in the other countries of the African yam belt.

Introduction

In the context of the growing world population, cereals and pulses may not by themselves meet the food requirements in the future. In many of the developing tropical and subtropical countries, root and tuber crops have already been recognised as secondary staples to tide over food shortages.

Cultivated Guinea yam is one of the most important food crops, especially in the so-called 'yam belt' of West Africa. Because of its contribution to food security, yam has become a target for breeding new varieties with novel or improved characteristics. However, one of the prerequisites to this task is the characterisation of the existing traditional cultivars held by the farmers.

Morphological and isozyme markers have been recently used to characterise and to classify the different

yam cultivars belonging to the species complex *Dioscorea cayenensis / D. rotundata* in Benin Republic (Dansi et al., 1998, 1999, 2000). Although interesting results were obtained by combining both methods, additional clarification and identification is required. In fact, no isozyme markers were found to separate the eleven cultivars (morphologically different) assigned to the cultivar group named TABANE (Dansi et al., 1998, 1999) as they are all electrophoretically identical (Dansi et al., 2000). Moreover, while farmers consider some of the eleven morphologically identical late maturing cultivars classified in the morphotype Kinkerekou (Dansi et al., 1999) as different (based on their cooking qualities and agronomics traits), no isozyme markers were found to separate within them.

It is known that the relatively narrow range of morphological traits and the limited number of poly-

morphic isozyme systems, are not adequate to discriminate all the cultivars of any given species, and that, identifying plant cultivars by molecular fingerprinting procedures is a practical necessity (Smith & Smith, 1992). Among the different types of molecular markers available, RAPD markers (Welsh & McClelland, 1990; Williams et al., 1990) are attractive because of their simplicity, versatility, modest cost, and ability to detect relatively small amounts of genetic variation (Ragot and Hoisington, 1993). RAPD markers have been already used for cultivar identification in a wide range of plant species including yams (Asemota et al., 1996; Sosinski & Douches 1996; Ramser et al., 1996, 1997; Ling et al., 1997; Al-Zahim et al., 1997).

Our primary objective was to use the PCR-based RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) analysis to distinguish some yam cultivars that could not be separated using isozyme markers. In addition, cluster analysis was used to examine the similarities among these cultivars, and to analyse the relatedness between the dwarf cultivar Tam-Sam and those belonging to the cultivar group TABANE.

Materials and methods

Plant material

The twenty-three yam cultivars analysed (Table 1) are part of Benin Republic's Guinea yam germplasm established in 1996 after a collecting survey throughout the country (Dansi et al., 1997) and maintained as a field collection at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA, Cotonou). The twenty-three cultivars are all late maturing and belong to three of the cultivar groups (Table 1) defined within the Benin Republic Guinea yam germplasm (Dansi et al., 1999). For the purpose of the study, tubers of the 23 cultivars were planted in a screenhouse at IITA, Ibadan, Nigeria. (In the text, the cultivar groups' name will be written in capital letter while those of morphotype will be in bold character).

DNA isolation and RAPD analysis

Genomic DNA was isolated from leaf samples using the standard CTAB phenol/chloroform extraction procedures in a mini-prep format (Maniatis et al., 1982; Weising et al., 1995). DNA concentration was measured using an UV spectrophotometer (Beckmann DU-65) at 260 nm. DNA samples were diluted to 20 ng/ μ l for the RAPD analysis.

PCR reactions were performed in a volume of 25 μ l containing 50 ng of DNA, 0.1 mM each of dATP, dTTP, dGTP and dCTP, 10 mM Tris-HCl (pH 8.3), 1.7 mM $MgCl_2$, 50 mM KCl, 0.1% Triton X-100, 0.4 μ mol of single oligonucleotide decamer primer (Operon Technologies Inc. Alameda, CA. USA), and two units of Taq DNA polymerase (Promega). The mixtures were overlaid with one drop of mineral oil. Amplification was performed by first denaturing at 94 °C for 3 min followed by 45 cycles of 1 min at 94 °C, 1 min at 36 °C, 2 min at 72 °C, and ending with 10 min at 72 °C. Amplifications were carried out in an automated thermal cycler (model 9600; Perkin-Elmer/Cetus). Amplified products were size-fractionated by electrophoresis in 1.5% agarose gels in 1X TAE buffer and bands were visualised by ethidium bromide staining and photographed under UV light. The primers used and listed in Table 2 are the best among those selected at IITA for the assessment of genetic diversity within West African Guinea yams.

Data analysis

Positions of unequivocally scorable RAPD bands were transformed into a binary matrix (1 for presence and 0 for the absence of a band at a particular position), and analysed phenetically. Pairwise distances between all samples were computed by NTSYS-pc 1.8 software package (Rohlf, 1993) using Jaccard's coefficient of similarity. Dendrograms were created by UPGMA cluster analysis (Sneath & Sokal, 1973; Swofford & Olsen, 1990).

Results and discussion

The RAPD analysis

The typical yields of DNA were 200 to 300 μ g g^{-1} of leaf tissue. All extracted DNA was of high molecular weight with very little fragmentation, as indicated by gel electrophoresis. The twelve primers generated a total of 63 bands of which 47 were polymorphic. No single primer distinguished more than three cultivars but the majority of the cultivars were separated with the combination of polymorphic bands generated by all the primers. The low polymorphism revealed by each of the primers taken separately (Figure 1) is not surprising since cultivars analysed are closely related.

Table 1. List and agronomic characteristics of the yam cultivars analysed by RAPD. Information on the agronomic characteristics and the cooking qualities were recorded from the farmers (Dansi et al., 1997). Morphological traits are described in Dansi et al., 1998

A.N	Cultivar name	Cultivar group	Morphotype*	HV	NT	SA	RD	RI	DD	RW	TP	PL	WA
072	Assinabaro	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	5	M	L	M	Lg	L	G	N	L
340	Awaya	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	J	6	H	M	M	Lg	L	G	N	L
435	Chamba	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	7	H	M	M	L	L	G	N	L
494	Gaki	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	5	M	L	M	Lg	L	G	N	L
234	Hounbonon	TABANE	Hounbonon	J	5	H	M	H	M	H	G	N	L
357	Ihdonou	TABANE	Ihdonou	D	4	H	L	M	Lg	L	G	N	L
163	Kagourou ₁	TABANE	Kagourou ₁	D	3	H	L	H	S	L	G	N	L
334	Kagourou ₂	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	7	H	L	H	S	L	G	N	L
480	Kandi	TABANE	Tabané	D	3	H	L	H	S	L	G	N	L
239	Kèkè	TABANE	Kagourou	D	3	H	L	H	S	L	G	N	L
075	Kinkerekou	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	7	H	M	M	L	L	G	N	L
523	Kokoroagbessi	TABANE	Kagourou	D	4	H	L	M	Lg	L	G	N	L
091	Kokorogbara	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	7	H	M	M	L	L	G	N	L
478	Komna	TABANE	Tabané	D	4	H	L	M	Lg	L	G	N	L
468	Kpadjoubakokpo	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	J	6	H	M	L	S	L	G	N	L
481	Kpanatantangi	TABANE	Tabané	J	5	L	M	L	M	L	G	Y	H
329	Omoya	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	J	6	H	M	M	Lg	L	G	N	L
327	Tabané	TABANE	Tabané	D	4	H	L	M	Lg	L	G	N	L
322	Tam-Sam	TAM-SAM	Tam-Sam	D	4	H	L	M	Lg	L	G	N	L
051	Tawounma	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	5	M	L	M	Lg	L	M	N	M
192	Wohounko	KOKOROGBANOU	Kinkerekou	D	5	M	L	M	Lg	L	G	N	L
240	Yaka	TABANE	Yaka	D	3	H	L	H	S	L	G	N	L
333	Yakarango	TABANE	Yaka	J	5	H	M	H	M	H	G	N	L

*Morphotype is defined as a cultivar of a particular morphology. Cultivars belonging to the same morphotype are therefore morphologically identical (Dansi et al., 1999). Abbreviations: HP: Harvest period (D: December, J: January); NT: Average number of tubers produced per mound; SA: Storage aptitude; RD: Resistance to drought; TP: Texture of the pounded yam; PL: Presence of lumps in the pounded yam; RI: Resistance of the chips (dried yam) to insects; DRM: Duration of the dormancy; RW: Resistance to weeds; WA: Resistance to excess of water in the soil.; H: High; M: Medium; L: Low; G: Good; Y: Yes, N: No; Lg: Long.

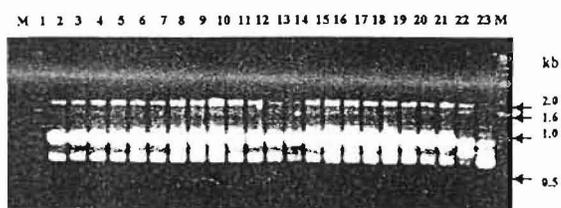


Figure 1. DNA banding pattern produced by OPW-17 in the 23 yam cultivars: (1) Tam-Sam; (2) Yaka; (3) Kandi; (4) Kinkerekou; (5) Awaya; (6) Kagourou-1; (7) Chamba; (8) Kagourou-2; (9) Keke; (10) Omonya; (11) Tabane; (12) Kpajoubakokpo; (13) Ihdonou; (14) Kokorobanou; (15) Wohounko; (16) Tawounma; (17) Kpanatantangi; (18) Komna; (19) Kokoroagbessi; (20) Assinabaro; (21) Gaki; (22)Yakarango; (23) Hounbonon. M = molecular size markers (1 kb ladder).

Diversity within the cultivar group TABANE

TABANE is one of the late maturing and old cultivar groups identified in Benin Republic's cultivated Guinea yam germplasm (Dansi et al., 1998, 1999).

TABANE consists of eleven cultivars (assuming that each yam vernacular name corresponds to a unique cultivar) which are morphologically identical, for shoot characteristics. Based upon their tuber characteristics, the eleven cultivars were classified into five morphotypes (Table 3, Dansi et al., 1999). Taking into account their cooking qualities and their agronomic attributes, farmers considered some of the cultivar associations as incorrect, although recognising that individuals classified in the same morphotype are morphologically similar. Hence, for the farmers Komna and Kpanatantangi versus Yaka and Yakarango (Table 3) are different and should be classified separately. None of the seven isozyme systems used to identify and access genetic diversity among the Benin Republic Guinea yam cultivars was able to separate them (Dansi et al., 2000). Data recorded from the RAPD analysis clearly show that, apart from Kandi and Yaka which are identical, all the cultivars are different. In

Table 3. Morphological and RAPD marker-based classification of the cultivars belonging to the group TABANE

Classification based on morphological traits (Dansi et al., 1999)	New classification based on RAPDs
1 – Hounbonon	1 – Keke, Yaka/Kandi, Kagourou-1
2 – Ihdonou	2 – Kpanantantangni
3 – Keke, Kagourou, Kokoroagbessi	3 – Tabane, Komna, Kokoroagbessi, Ihdonou
4 – Yaka, Yakarango	4 – Hounbonon, Yakarango
5 – Tabane, Kandi, Komna, Kpanatantangni	

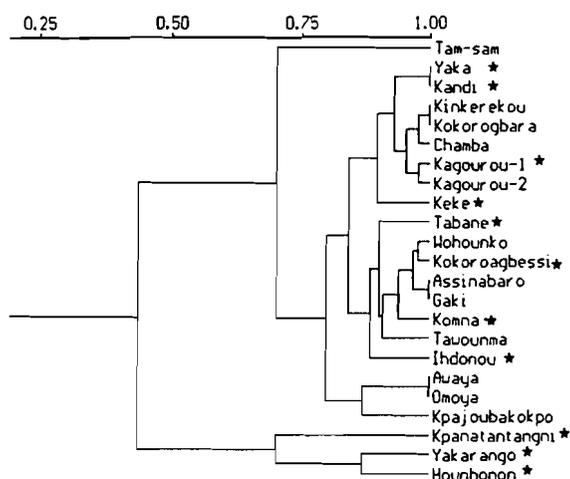


Figure 2. Dendrogram of the analysed twenty three Guinea yam cultivars constructed by UPGMA cluster analysis based on 47 RAPD markers. Individuals marked with star belong to group TABANE and the others (apart from Tam-Sam) belong to morphotype Kinkerekou.

close to it (Dansi et al., 1999). According to some farmers, Tam-Sam may have been spontaneously derived from Tabane during the ancient period. Considering that even single mutation can cause a significant morphological difference that might obscure an otherwise close relationship between cultivars, it has been hypothesised, based on morphological data, that Tam-Sam could have been derived from Tabane by a chloroplastic mutation (Dansi et al., 1999). If it is the case, then Tam-Sam is expected to be very close to Tabane. When included together with Tabane in a UPGMA cluster analysis, Tam-Sam appeared as a quite distinct cultivar, although related to Tabane (Figure 1). If the information collected from the farmers is correct, then the modification of Tabane's genome as the origin of Tam-Sam must be much deeper than assumed.

Relationship among all the analysed cultivars

No clear separation between the cultivars of the morphotype Kinkerekou and those belonging to the cultivar group TABANE was observed in the UPGMA cluster analysis (Figure 1) performed to examine the relationships among the 23 cultivars (all white and late maturing yams) involved in this study. Nevertheless, two clusters of TABANE (Kpanatantangni; Yakarango and Hounbonon) and one cluster of Kinkerekou (Awaya/Omonya and Kpajoubakokpo) remain separated. Surprisingly, the remaining two clusters of TABANE as well as the other two of Kinkerekou were merged into two new separate clusters, each exactly representing the combination of two clusters: one from TABANE and the other from Kinkerekou. The cultivars (all domesticated in their production zone) belonging to each of these novel clusters are more likely progeny of the same original parents with regard to their close genetic relationship. The dwarf Tam-Sam still appeared as a distinct cultivar. More interestingly, the two forms of Kagourou (Kagourou-1 and Kagourou-2) previously classified (based on their morphological traits) in two different cultivar groups (TABANE and KOKOROBANOU), cluster together and are almost identical. One therefore understands why, although morphologically different, farmers do consider them as two different forms of a single cultivar.

In total, the results obtained in this study show that farmers have a good knowledge of their yam cultivars and in terms of classification, identification and use, their knowledge would be valuable to geneticists and breeders. They also support the views of Asemota et al. (1996), Ramser et al. (1997) according to which, the technique may be practically applied for yam cultivar identification and can serve as an instrument to identify cultivar misclassification, help understand

Table 2. Sequences of the primers used for RAPD analysis

Primer	Sequence	Primer	Sequence
OPW-1	5'-CTCAGTGTCC-3'	OPW-14	5'-CTGCTGAGCA-3'
OPW-2	5'-ACCCCGCCAA-3'	OPW-15	5'-ACACCGGAAC-3'
OPW-5	5'-GGCGGATAAG-3'	OPW-16	5'-CAGCCTACCA-3'
OPW-6	5'-AGGCCCGATG-3'	OPW-17	5'-GTCCTGGGTT-3'
OPW-8	5'-GACTGCCTCT-3'	OPW-18	5'-TTCAGGGCAC-3'
OPW-12	5'-TGGGCAGAAG-3'	OPQ-4	5'-AGTGCCTGA-3'

the dendrogram constructed by the UPGMA cluster analysis the eleven cultivars are partitioned into four clusters at the similarity level of 85% (Figure 1). A new classification is then obtained with the separation of some cultivars previously classified together, and the association of some cultivars that were belonging to different morphotypes (Table 3). Taking into account the information collected from the farmers on the cooking quality and the agronomic characteristics of these cultivars (Table 1), the present classification appeared as the one that better corresponds to the reality. In fact, contrary to the morphological classification, all the cultivars clustering together have the same agronomic and organoleptic characteristics. In a vegetatively propagated crop with frequent intraclonal variation of the tuber's traits such as yam, when classification is based only on the tuber traits (the eleven cultivars having identical shoot), errors cannot be avoided. It is therefore not surprising that putative cultivar misclassification is detected by RAPD markers.

Diversity within the morphotype Kinkerekou

The eleven cultivars assigned to the morphotype **Kinkerekou** have existed for a long period and are widely spread in the north of Benin (Dansi et al., 1999). In general, they are all high yielding cultivars, able to produce four to eight tubers per mound. They are easy to multiply and highly demanded in the production and in the trading of yam chips (dry tuber pieces). Although morphologically identical, many of the cultivars classified in the morphotype **Kinkerekou** seem to be different according to the farmers who distinguish them based on their agronomic traits and their cooking qualities. It is therefore evident that a classification based only on morphological traits is inadequate. Their separation using isozyme markers was not possible, as they have all shown the same patterns

for all the seven enzyme systems used. In the dendrogram constructed based on the RAPD data (Figure 1); the separation of the 11 cultivars started only after the similarity level of 80% hence indicating that they are all very close. At the similarity level of 85%, the 11 cultivars were classified into tree different clusters: Thus, Chamba, Kagourou-2, Kinkerekou and Kokorogbara cluster together; Tawounma is associated to Wohounko, Assinabaro and Gaki while Awaya, Onionya and Kpajoubakokpo also cluster together. With regard to the close relationship between the individuals clustering together, each one of the three clusters can be considered as corresponding to a given cultivar and the individuals within the cluster as its different clones. Interestingly, it appeared as expected that some cultivars are genetically identical. Hence, Kinkerekou is a synonym of Kokorogbara, Assinabaro is another name of the clone Gaki and Awaya is thought to be a deformation (which is frequent in yam) of the name Omoya. The analysis of the agronomic data gathered on each of the 11 cultivars (Table 1) during the collecting survey (Dansi et al., 1997) corroborates the present classification based on the RAPD markers.

Relationship between Tam-Sam and Tabane

Tam-Sam is a special cultivar among the late maturing cultivars of Guinea yam of Benin Republic. Its presence in other countries of the African yam belt has never been reported. It is dwarf, unarmed (without thorns) with very small leaves of almost the size of the leaves of groundnut plant (Tam-Sam in *Bariba* language means "Yam groundnut"). The morphology of the shoot of Tam-Sam is unusual and could be mistaken as other plants than yam. Tam-Sam sometime develops leaves with non-chlorophyllous parts and more rarely some entirely non-chlorophyllous branches. It produced some tubers morphologically similar to those of Tabane, the cultivar which is most

the relationships between cultivars and assist in the identification of putative duplicates towards the establishment of an accurate **core collection**, as shown by Novy et al. (1994); Virk et al. (1995).

In yam, cultivar identification via molecular marker-based analyses will be very useful because genetic variation is fixed within a line. Clonal propagation combined with polyploidy and a highly heterozygous genetic state (yam being allogamous) will result in a large number of phenotypic classes for fingerprinting. However, the low polymorphism individually revealed by the different primers lead suggest that in yam, when aiming to separate putative duplicates (e.g. cultivars already morphologically identical and with the same isozymic identity), AFLP and SSR which reveals very high levels of polymorphism may be better. Both methods are already perfected on Guinea yam at IITA for accurate classification of the traditional cultivars (Mignouna et al., 1998).

Conclusion

The results obtained in the present study have clearly shown the heterogeneity of the morphotype Kinkerekou and confirmed the existence of different cultivars misclassified within the cultivar group TABANE. Farmers are then right and in yam classification we recommend that their knowledge be capitalised by geneticists and breeders. Additional studies are still needed to clarify the origin of the dwarf Tam-Sam considered as derived from cultivar Tabane.

Acknowledgements

We thank the International Foundation for Science (IFS) for financial support. The third author (Professor J. Zoundjihékon) acknowledges support from AUPELF-UREF. We express our sincere thanks to Mr A. Onansanya and T. Adeosun (IITA Ibadan) for their technical assistance throughout the study and M. Odishiwo (IITA Ibadan) for help with the NTSYS computer program. We are particularly indebted to the editor and anonymous reviewers of this journal for their suggestions and constructive criticisms. We are also grateful to all the farmers we met for fruitful discussions while collecting and classifying the yams.

References

- Al-Zahim, M., H.J. Newbury & B.V. Ford-Lloyd, 1997. Classification of genetic variation in Garlic (*Allium sativum* L.) revealed by RAPD. *HortScience* 32(6): 1102–1104.
- Asemota, H.N., J. Ramser, C. Lopez-Peralta, K. Weising & G. Kahl 1996. Genetic variation and cultivar identification of Jamaican yam germplasm by random amplified polymorphic DNA analysis. *Euphytica* 92: 341–351.
- Dansi, A., J. Zoundjihékon, H.D. Mignouna & F.M. Quin, 1997. Collecte d'ignames cultivées du Complexe *Dioscorea cayenensis* – *rotundata* au Bénin. *Plant Genet. Res. Newslett.* 112: 81–85.
- Dansi, A., H.D. Mignouna, J. Zoundjihékon., A. Sangare, R. Asiedu & F.M. Quin, 1998. Varietal identification key of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Plant Genet. Res. Newsl.* 116: 18–25.
- Dansi, A., H.D. Mignouna., J. Zoundjihékon., A. Sangare, R. Asiedu & F.M. Quin, 1999. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* 46: 371–388.
- Dansi, A., H.D. Mignouna., J. Zoundjihékon., A. Sangare, R. Asiedu & N. Ahoussou 2000. Using Isozyme Polymorphism for Identifying and Assessing Genetic Variation in Cultivated Yam (*Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.* (in press).
- Ling, J-T, R. Sauve & N. Gawel 1997. Identification of Poinsettia cultivars using RAPD markers. *HortScience* 32(1): 122–124.
- Maniatis, T., E.F. Fritsch & J. Sambrook, 1982. Molecular cloning: A laboratory manual. Cold Spring Harbor, N. Y.
- Mignouna, H.D., N.T.H. Ellis, M.R. Knox, R. Asiedu & Q. N. Ng, 1998. Analysis of genetic diversity in Guinea yams (*Dioscorea* spp), using AFLP fingerprinting. *Trop. Agric. (Trinidad)* Vol 75 N°2: 224–229.
- Novy, R.G., C. Kobak, J. Goffreda & N. Vorsa, 1994. RAPDs identify varietal misclassification and regional divergence in crawberry (*Vaccinium macrocarpon*). *Theor. Appl. Genet.* 88: 1004–1010.
- Ragot, M. & Hoisington D.A. 1993. Molecular markers for plant breeding: comparisons of RFLP and RAPD genotyping costs. *Theor. Appl. Genet.* 86: 975–984.
- Ramser, J., C. Lopez-Peralta, R. Wetzel, K. Weising & G. Kahl, 1996. Genomic variation and relationships in aerial yam (*Dioscorea bulbifera* L.) detected by random amplified polymorphic DNA. *Genome* 39: 17–25.
- Ramser, J., K. Weising, C. Lopez-Peralta, W. Terhalle, R. Terauchi & G. Kahl, 1997. Molecular marker-based taxonomy and phylogeny of Guinea yam (*Dioscorea rotundata*-*Dioscorea cayenensis*). *Genome* 40: 903–915.
- Rohlf, F. J. 1993. NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter, New York.
- Smith, J.S.C. & O.S. Smith, 1992. Fingerprinting crop varieties. *Adv. Agron.* 47: 85–140.
- Sneath, P.H.A. & R.O. Sokal, 1973. Numerical taxonomy. Freeman, San Francisco.
- Sosinski, B. & D.S. Douches, 1996. Using polymerase chain reaction-based DNA amplification to fingerprint North American potato cultivars. *HortScience* 31(1): 130–133.
- Swofford, D.L. & G.J. Olsen, 1990. Phylogenetic reconstruction. In: *Molecular Systematics*. Edited by D. M. Hillis & C. Moritz. Sinauer Associates, Sunderland. pp. 411–501.
- Virk, P.S., H.J.N. Newbury, M.T. Jackson & B.V. Ford-Lloyd, 1995. The identification of duplicate accessions within a rice

- germplasm collection using RAPD analysis. *Theor. Appl. Genet.* 90: 1049–1055.
- Weising, K., H. Nybom, K. Wolff & W. Meyer, 1995. DNA fingerprinting in plants and fungi. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Welsh, J. & M. McClelland, 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* 18: 7213–7218.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski & S.V. Tingey, 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531–6535.

ARTICLE 6

PLOIDY LEVEL OF THE CULTIVATED YAMS (*DIOSCOREA CAYENENSIS/D. ROTUNDATA* COMPLEX) FROM BENIN REPUBLIC AS DETERMINED BY CHROMOSOME COUNTING AND FLOW CYTOMETRY

A. DANSI^{1,2}, M. PILLAY³, H.D. MIGNOUNA³, O. DAÏNOU¹, F. MONDEIL⁴ and K. MOUTAÏROU⁵

¹Laboratoire de Génétique, UNB/FAST, BP 526 Cotonou, Bénin

²International Institute of Tropical Agriculture (IITA), 08 BP 0932, Cotonou, Bénin

³International Institute of Tropical Agriculture (IITA), PMB 5320 Ibadan, Nigeria

⁴UFR Biosciences, Faculté des Sciences et Techniques: 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

⁵Département de Biochimie et Biologie cellulaire, UNB/FAST, BP 526 Cotonou, Bénin

(Received 17 July, 2000; accepted 20 October, 2000)

ABSTRACT

The ploidy levels of ninety Guinea yam (*Dioscorea cayenensis/D. rotundata* complex) cultivars identified within Benin were determined by both chromosome counting from root tip cells and flow cytometry. Three different ploidy levels (4x, 6x, 8x) were detected among the samples. Eighty cultivars were tetraploid, five were hexaploid, three were octoploid and two cultivars, 'Tam-Sam' and 'Youbé' were mixoploid with both 4x and 8x ploidy levels. Chromosome counts were in agreement with data from flow cytometry that provides an easier assay for ploidy analysis. Flow cytometry was found to be a reliable tool for rapid determination of ploidy level in yam.

Key Words: Chromosome, Benin Republic, *Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata* complex, flow cytometry, mixoploid, ploidy, yam

RÉSUMÉ

Les niveaux de ploïdie de 90 variétés d'ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis/D. rotundata* du Bénin sont déterminés par dénombrement chromosomique et par cytométrie en flux. Trois différents niveaux de ploïdie (4x, 6x, 8x) sont mis en évidence. Quatre-vingt variétés sont tétraploïdes, cinq sont hexaploïdes, trois sont octoploïdes et deux (Tam-Sam et Youbé) sont mixoploïdes avec des cellules tétraploïdes (4x) et octoploïdes (8x). La cytométrie en flux a donné des résultats qui corroborent ceux du dénombrement chromosomique et apparaît, chez l'igname, comme une méthode rapide et efficace pour la détermination du niveau de ploïdie.

Mots Clés: Chromosome, République du Bénin, complexe *Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata*, cytométrie en flux, mixoploïde, ploïdie, igname

INTRODUCTION

Tropical root and tuber crops occupy a pre-eminent position as food crops, next only to cereals and grain legumes, and they also form the subsidiary staple of over 20% of world population (Okwor,

1998). Among the tropical tuber crops, Guinea yam (*Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata* complex) is one of the most important, especially in the so-called 'yam belt' of West Africa (Orkwo *et al.*, 1998).

In spite of its economic importance, Guinea

yam has not received the attention that it deserves with regard to its quantitative and qualitative improvement. Consequently, many genotypes are reported to be susceptible to pests and diseases (Degras, 1986; Dansi *et al.*, 1997, Orkwor *et al.*, 1998). For developing new elite genotypes for ecological adaptation and resistance to pests and diseases, plant breeders will need access to a wide range of diversity. Therefore, better knowledge of the existing traditional cultivars held by farmers is a pre-requisite.

In order to assess the diversity within this species complex (*D. cayenensis* /*D. rotundata*) in the Republic of Benin, systems of classification and identification based on morphological, isozymic and RAPD markers were recently used (Dansi *et al.*, 1998, 1999, 2000a, b).

D. cayenensis /*D. rotundata* complex being polyploid, the knowledge of the ploidy level of the cultivars identified within this germplasm is important. Determining ploidy levels in yam by counting chromosomes is tedious, difficult and time consuming. Yam chromosomes are small, generally dot-like and most often clumped together complicating the counting (Baquar 1980; Zoundjihékpon *et al.*, 1990). To overcome these difficulties, flow cytometry has been recently used to determine ploidy levels in yams (Hamon *et al.*, 1992; Gamiette *et al.*, 1999). In ploidy analysis, flow cytometry assay has some important advantages over conventional chromosomes counting. The method is non-destructive (one sample can be prepared from a few milligrams of leaf tissue), exceptionally rapid, sensitive and convenient, does not require dividing cells, and can detect both mixoploidy and aneuploidy (Galbraith *et al.*, 1983; De Laat *et al.*, 1987; Arumuganathan and Earle, 1991a, b; McMurphy and Rayburn, 1991; Dolezel, 1997).

The objective of this study was to determine the ploidy level of the different cultivars identified within the *D. cayenensis* /*D. rotundata* complex of Benin Republic using both chromosome counting and flow cytometry.

MATERIAL AND METHODS

Plant materials. The material consisted of 90 yam cultivars of the *D. cayenensis* /*D. rotundata* complex of Benin Republic (Tables 1 and 2).

These cultivars represent the ninety morphotypes identified within the Guinea yam germplasm collected in 1996 and 1997 in different localities of Benin (Dansi *et al.*, 1997; 1998; 1999). They are maintained as a field collection at the International Institute of Tropical Agriculture near Cotonou.

Of the ninety cultivars selected, 26 were analysed by chromosome counting (Table 1), 60 by flow cytometry (Table 2) and 4 by both chromosome counting and flow cytometry (Table 2). The 30 cultivars analysed by chromosome counting (Table 1) were selected in such a way that the 26 cultivar groups identified within the Benin Republic' Guinea yam germplasm were represented.

For the purpose of the analysis, plants were cultured *in vitro* (nodal cutting culture) on the basal MS medium (Murashige and Skoog, 1962), supplemented with 2% sucrose, 0.05 mg/l kinetin, 20 mg/l cysteine and 0.7% agar, pH= 5.6 at 25°/ 22° C day/night. The media were sterilised at 121° C for 15 minutes and cooled before use. Lighting was provided by cool white fluorescent lamps (18 h photoperiod and 4000 lux light intensity).

Chromosome counting. Slides were prepared by the technique outlined by Zoundjihékpon *et al.*, (1990). The root tips were obtained soon after sunrise (before 7 a. m.) from plants grown in sawdust in a greenhouse. Roots were pre-treated in a 2mM 8-hydroxyquinoline solution for about 6 h on filter paper in a petri dish to accumulate metaphase cells. The roots were fixed in acetic – alcohol (1/3) for 48 h, followed by hydrolysis in 5N HCl for 45 min and 1N HCl for 10 min. Root tips were stained in Feulgen reagent in darkness for at least 2 h and slides were prepared by squashing in 45 % acetic acid. Prepared slides were stored at -20°C. After removing the cover slip, the slides were soaked in absolute ethanol for 1 h, air-dried for 15 min, stained in a Giemsa solution in phosphate buffer, pH=6.7, rinsed in distilled water for 2 min and dried again before mounting. The chromosomes were counted in 3-5 cells per slide and in 5-10 root tips per cultivar using a light microscope at magnification of 1000x.

Preparation of nuclei for flow cytometry. A procedure modified from Otto *et al.* (1981) and

Otto (1990) was used to prepare and stain the cell nuclei. To release nuclei, young and healthy plant leaves were cut into pieces in a glass petri dish. Following addition of 1 ml of ice-cold extraction buffer (0.1M citric acid containing 0.5% Tween 20), the leaf pieces were finely chopped with a sharp razor blade. The homogenate was filtered through a 45 µm nylon gauze filter to remove cell debris. Two ml of staining buffer containing 0.4 M sodium hydrogen phosphate and 4 µg/ml DAPI (4'-6-diamidino-2-phenylin 1ole) was added to the suspension of nuclei and samples were analysed immediately.

Flow cytometry. Flow cytometry measurements were performed with Partec Ploidy Analyser (Partec GmbH, Germany) equipped with a 100W high-pressure mercury lamp. Instrument gain was adjusted so that the G1 peak of nuclei isolated from a control tetraploid plant (cultivar Kponan with a chromosome number of 40) was set at channel 50. This calibration was checked periodically to minimise variation due to runs and kept constant during the analysis of samples prepared from plants of unknown ploidy. Peaks representing G1 nuclei were then expected at channels 75 and 100 for hexaploid and octoploid ploidy levels respectively. Two measurements were made for each isolation and at least 2000 nuclei were examined each time. To estimate ploidy level, the position of the G1 peak on the histogram obtained for each of the individuals was compared to that of the cultivar 'Kponan'. A software package (Partec) was used for the calculation of CV-values.

RESULTS

Chromosome counts. Among the thirty cultivars investigated, two (Baridjo and Makpawa) were hexaploid and showed 60 chromosomes, one (Agangan) was octoploid with 80 chromosomes and the others were tetraploid with 40 chromosomes (Table 1). In cultivar 'Makpawa', some cells showed 62 and 63 chromosomes within the same root tips while counts of about 65 were observed infrequently. One or two extra chromosomes were also observed in some cells of the tetraploid cultivars 'Antawororou', 'Djikpiri', 'Guïena' and 'Issou agatou'.

In all the cultivars analysed, chromosomes were small with some appearing dot-like and others rod-shaped without any visible centromere region. In most of the cells, chromosomes appeared clumped together hence complicating counting.

Flow cytometry. After DAPI staining, isolated nuclei irradiated with UV radiation from young leaf tissue emitted fluorescence which was measured by the flow cytometer. For each sample, analysis of the relative fluorescence intensity of the isolated nuclei yielded a histogram showing a dominant peak corresponding to nuclei in the G1 phase of the cell cycle and a minor peak corresponding to G2 nuclei. The amount of debris in the samples was negligible. The dominant G1 peaks made ploidy estimation easy.

Three ploidy levels, tetraploid (4X), hexaploid (6X) and octoploid (8X) were observed among the sixty-four cultivars analysed (Table 2). Fifty-three cultivars were tetraploid (Fig. 1a), five were hexaploid (Fig. 1b) and three were octoploid (Fig. 1c). Two cultivars Youbè and Tam-Sam were mixoploid (Fig. 1d). The relative nuclear DNA content in arbitrary units (AU), expressed as channel numbers varied from 43,7 AU to 52,2 AU for the tetraploids, from 65,4 AU to 76,9 AU for the hexaploids and from 85,5 AU to 100,3 AU for the octoploids (Table 2). The coefficient of variation (CV), determined as the quotient of standard deviation of the peak and the mean peak position (channel number), was 3.4 to 4.7% (mean = 3.8) for the G1 peaks of plant nuclei (Table 2). The small CVs reflected narrowness of the peaks and indicated good reliability of measurements. Clear separation of peaks was even obtained when a sample was prepared from a mixture of leaves from tetraploid, hexaploid and octoploid individuals (Fig. 1e).

DISCUSSION

Dioscorea is one of the most difficult genera for cytotoxic and cytogenetic studies (Essad, 1984). Many authors already reported the difficulties encountered in chromosome counting in cultivars of *D. cayenensis*/*D. rotundata* complex (Miège 1952, 1954; Baquar, 1980; Zoundjihékon *et al.*, 1990) and even other *Dioscorea* species (Suessenguth, 1921; Ramachandran, 1968;

Baquar, 1980; Araki *et al.*, 1983; Essad, 1984, Gamiette *et al.*, 1999). In yam, the presence of extra chromosomes in the cells of some individuals as observed in this study is not rare and has been already reported by Miège (1954), Baquar (1980), Zoundjihékpon *et al.*, (1990) and Gamiette *et al.* (1999). The extra chromosomes are reported to be B chromosomes or satellites which in yam are sometimes as large as the chromosomes themselves (Essad, 1984).

Off the 90 cultivars analysed (Tables 1 and 2), eighty were tetraploid, three were octoploid, five were hexaploid and two were mixoploid. When considering the cultivar groups, twenty-three out of the twenty-six investigated appeared tetraploid while one (Alakissa) was octoploid and two (Baridjo and Makpawa) were hexaploid. As found in Côte d'Ivoire (Zoundjihékpon *et al.*, 1990; Hamon *et al.*, 1992) and Cameroon (Dansi *et al.*,

2000c), the tetraploids form the largest group in Benin Republic (Fig. 2). This is in agreement with the findings of Essad (1984) which indicated that tetraploid individuals are the most frequent in the *Dioscorea* species.

The diverse chromosome counts reported by Miège (1954), Sharma and De (1956), Martin and Ortiz (1963), Baquar (1980) and Essad (1984) in the *D. cayenensis* / *D. rotundata* complex, indicated the existence of two chromosome base numbers, $X=9$ and $X=10$. Only the chromosome base number $X=10$ was observed in the Benin Guinea yam cultivars. Similar results have already been reported for yams in Côte d'Ivoire and Cameroon (Zoundjihékpon *et al.*, 1990).

DAPI is an AT base pair binding fluorescent dye, and is not suitable for DNA content estimation in plants (Michaelson *et al.*, 1991; Dolezel *et al.*, 1992; Godelle *et al.*, 1993; Dolezel *et al.*, 1998).

TABLE 1. Results of chromosomes counts and ploidy level of 30 Guinea yam (*Dioscorea cayenensis* / *D. rotundata* complex) cultivars of Benin Republic

Cultivars	Cultivar groups	Chromosome number	Interpretation (Ploidy level)
Agangan	ALAKISSA	80	8X
Agogo	AGOGO	40	4X
Ahimon	AHIMON	40	4X
Antawororou	ANTAWOROROU	40	4X
Banioure oloukobi	BANIOURE	40	4X
Baridjo	BARIDJO	60	6X
Boki	NONFORWOU	40	4X
Brizi	KOKOROGBANOU	40	4X
Dikpiri	DIKPIRI	40	4X
Douba yéssirou	DOUBA YESSIROU	40	4X
Gbèra	SOUSSOU	40	4X
Gnalabo	GNALABO	40	4X
Gridou	GNIDOU	40	4X
Guiéna	SOUSSOU	40	4X
Hounboron	TABANE	40	4X
Iberegense	TAM-SAM	40	4X
Issou agatou	SOUSSOU	40	4X
Kangni	KRATCHI	40	4X
Kinkerekôu	KOKOROGBANOU	40	4X
Kokourma	MOROKOROU	40	4X
Kpanhoura	KPANHOURA	40	4X
Kponan	KPONAN	40	4X
Makpawa	MAKPAWA	60	6X
Noualaye	NOUALAYE	40	4X
Oroutanai	MONDJI	40	4X
Orou yinsingué	SOUSSOU	40	4X
Ourtchoua	OURTCHOUA	40	4X
Terkokonou	TERKOKONOU	40	4X
Tognibo	TOGNIBO	40	4X
Wolouchahabim	PORCHEHBIM	40	4X

TABLE 2. Ploidy level of 64 Guinea yam (*Disocorea cayenensis* / *D. rotundata* complex) cultivars of Benin Republic as revealed by flow cytometry

Cultivars	Cultivar group	DNA amount (AU)	CV (%)	Interpretation (Ploidy level)
Agangan**	ALAKISSA	95,67	3,5	8X
Akpazin	KOKOROGBANOU	44,75	3,6	4X
Akissa	ALAKISSA	100,37	3,4	8X
Ala n'kojèwoué	MONDJI	49,81	4,7	4X
Androki	SOUSSOU	48,52	4,5	4X
Ankpoloman	DOUMA YESSIROU	52,29	4,2	4X
Assaboné	GNALABO	43,71	4,8	4X
Baniakpa	KOKOROGBANOU	50,63	3,4	4X
Baniouré bagarou	BANIOURE	51,51	4,7	4X
Baniouré Montogué	BANIOURE	50,49	4,3	4X
Baridjo**	BARIDJO	76,98	4,1	6X
Bonakpo	KOKOROGBANOU	52,29	4,5	4X
Danwari	MONDJI	50,37	3,7	4X
Déba	KOKOROGBANOU	50,02	4,6	4X
Djatouba	NONFORWOU	49,99	3,8	4X
Djikpiri	ANTAWOROROU	51,67	3,9	4X
Djiladja	MONDJI	47,48	4,3	4X
Doundoua	ALAKISSA	85,53	4,5	8X
Effourou	MONDJI	48,79	3,6	4X
Fêni	AHIMON	46,99	3,8	4X
Gnawouunkoko	AGOGO	52,18	3,9	4X
Gnifokpado	MONDJI	50,71	4,6	4X
Guirissa	SOUSSOU	51,46	4,8	4X
Ihdonou	TABANE	48,98	4,7	4X
Kagourou	TABANE	49,69	4,3	4X
Kee	AHIMON	51,02	4,5	4X
Kokoné	KOKOROGBANOU	50,05	3,9	4X
Kologo	KOKOROGBANOU	50,64	3,5	4X
Kouragouroko	OURTCHOUA	50,50	3,8	4X
Kpirou kpika	KOKOROGBANOU	49,87	3,4	4X
Kratchi	KRATCHI	48,75	3,7	4X
Laboko	KPOUNA	48,39	3,9	4X
Marétassou	GNALABO	51,79	4,4	4X
Monji	MONDJI	50,65	4,3	4X
Nonforwou	NONFORWOU	49,28	4,1	4X
Nindouin	MONDJI	49,56	3,9	4X
Morokorou	MOROKOROU	51,19	3,8	4X
Ofègui	BARIDJO	75,27	4,8	6X
Omoya	KOKOROGBANOU	49,98	4,3	4X
Ossoukpana	KOKOROGBANOU	50,41	4,1	4X
Ouwonpèotina	BARIDJO	65,45	4,2	6X
Piédjè	MONDJI	50,76	4,3	4X
Porchèhchim	PORCHEHBIM	48,28	4,7	4X
Singou	KOKOROGBANOU	49,47	4,4	4X
Soagona	AGOGO	52,03	3,8	4X
Sobasson	OURTCHOUA	50,18	3,4	4X
Sogodo	MAKPAWA	74,49	3,9	6X
Soussouka	SOUSSOU	49,10	4,7	4X
Soussounin	SOUSSOU	50,72	4,5	4X
Soussou souanbou	SOUSSOU	50,37	3,7	4X
Tabané	TABANE	48,59	3,6	4X
Tam-Sam**	TAM SAM	49,97 / 99,93	4,2	4X/8X
Terfounto	GNALABO	44,47	4,1	4X
Tognibo**	TOGNIBO	48,68	3,7	4X
Walassi	BANIOURE	49,97	3,5	4X

TABLE 2. Contd.

Cultivars	Cultivar group	DNA amount (AU)	CV (%)	Interpretation (Ploidy level)
Wamai	SOUSSOU	50,19	3,8	4X
Wossou	AGOGO	51,94	4,2	4X
Yahou	SOUSSOU	50,14	4,4	4X
Yaka	TABANE	49,76	4,1	4X
Yakarango	KOKOROGBANOU	50,31	4,3	4X
Yoblè	MONDJI	50,67	3,8	4X
Youbè	MONDJI	46,80 / 93,83	4,2	4X/8X
Youèyouèdota	KOKOROGBANOU	50,39	4,6	4X
Yoroutassou	NONFORWOU	52,18	4,7	4X

C.V.: coefficient of variation. Cultivars analysed with the two methods are marked with asterisk

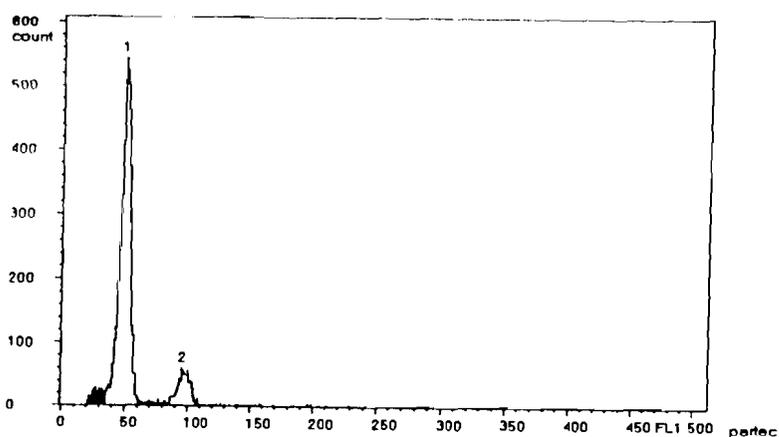


Figure 1a. Histogram of a tetraploid (cultivar Androki).

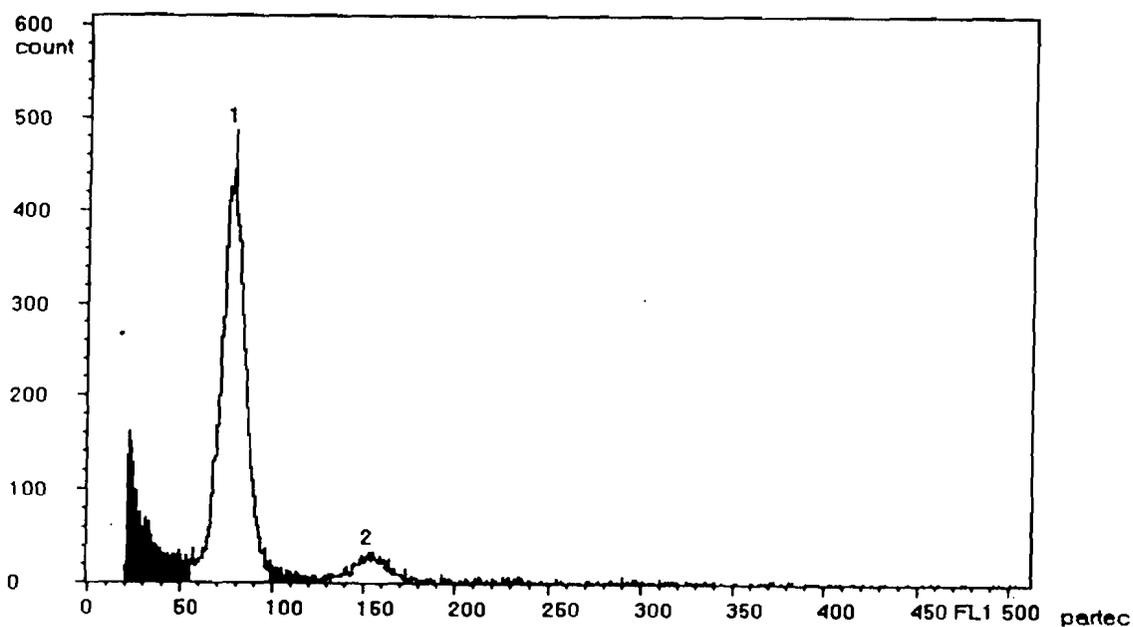


Figure 1b. Histogram of a hexaploid (cultivar Baridjo).

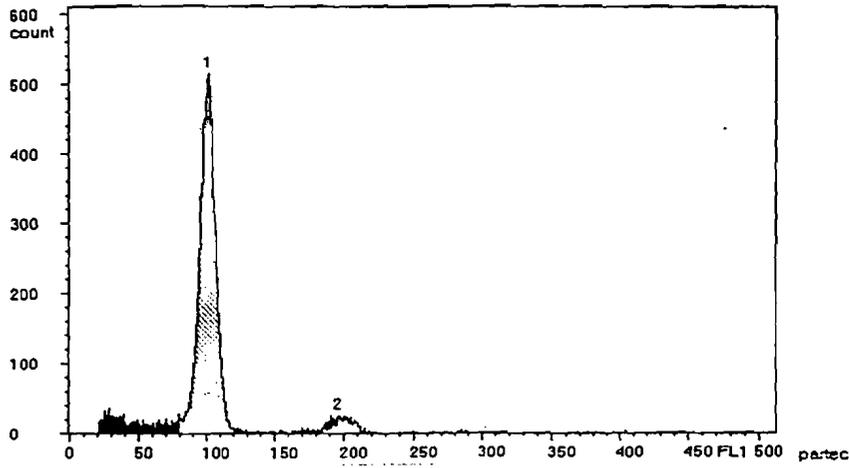


Figure 1c. Histogram of an octoploid (cultivar Alakissa).

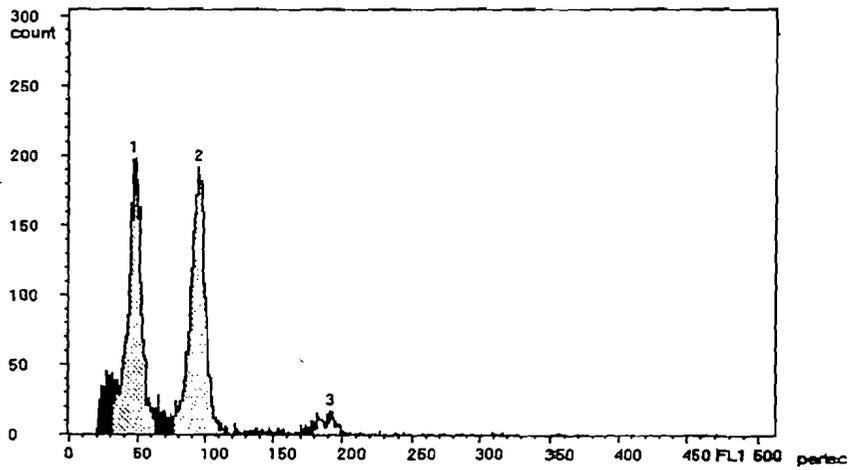


Figure 1d. Histogram of a mixoploid (cultivar Youbè).

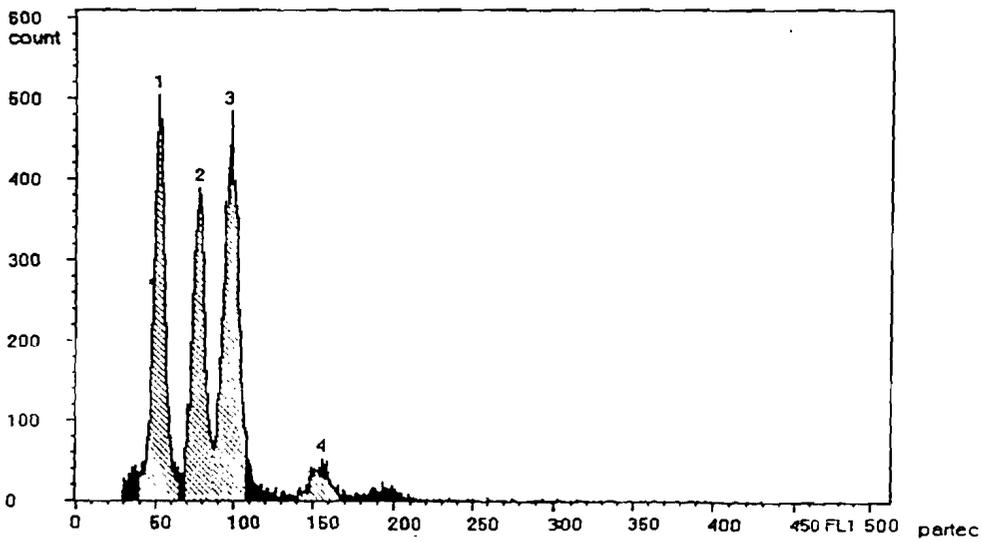


Figure 1e. Histogram obtained with a heterogeneous sample containing nuclei of tetraploid (cultivar Yakarango), hexaploid (cultivar Ofègui) and octoploid (cultivar Alakissa). The G2 peak of the tetraploid is masked by the G1 peak of the octoploid cultivar.

The Partec ploidy analyser used in this study only had filters for DAPI, so it was not possible to analyse the nuclear DNA content variation (in absolute units) within the yams of Benin. However, variations in the relative fluorescence intensity (Channel number) recorded in each of the classes of ploidy level may be an indication of a probable variation in the nuclear DNA content (in absolute unit) in the samples. Such intraspecific variation of nuclear DNA content are frequent in plants and have been already reported in many plants such as maize (Laurie and Bennett, 1985; Rayburn *et al.*, 1989; Biradar and Rayburn, 1993), rice (Martinez *et al.*, 1994), and soybean (Hammatt *et al.*, 1991). Analysis of the nuclear DNA content variation in the Benin yams may be important because it could be correlated with the flowering capacity and some agronomic traits of the plants as shown in potato by Valkonen *et al.* (1994).

In this study, no correlation was found between ploidy level and geographic origin of the yam cultivars in the Republic of Benin. This is contrary to the study of Miège (1954) who described local geographic centres of origin for the tetraploids, the hexaploids and the octoploids in Côte d'Ivoire.

Some authors (Chevalier, 1936, 1946; Burkill, 1960; Miège, 1968) treat *D. cayenensis* and *D. rotundata* as distinct species while others (Hamon, 1987; Ramser *et al.*, 1997; Dansi *et al.*, 1999, 2000a) consider the two as different compartments of the same species. In the present study, a correlation was found between subspecies or compartments and ploidy levels. Hence, all the cultivars ('Agangan', 'Alakissa', 'Baridjo', 'Doundoua', 'Makpawa', 'Ofegui', 'Ouwonpeotina', 'Sogodo') belonging to the subspecies *D. cayenensis* are either hexaploids or octoploids while those of *D. rotundata* are all tetraploids.

Because the plant material used in the flow cytometry analysis were cultured *in vitro*, chromosome counts are needed to confirm the mixoploid status of the two cultivars 'Youbè' and 'Tam-Sam' in which two populations (4X and 8X) of cells were detected. In fact, such results may be the consequence of endomitosis that has occurred in some cells during the growth *in vitro*. The presence of 40 chromosomes, in all the cells investigated in the cultivar 'Ibergnense' that is morphologically identical to 'Tam-Sam' supports the above point of view.

This investigation is the first report of cytogenetic work on the cultivated yams belonging to *D. cayenensis/D. rotundata* of Benin Republic. It is an important prebreeding examination of the cultivars which will direct the yam breeding programme both towards the choice of initial material and towards the breeding methods that will supply the modern cultivars.

CONCLUSION

Guinea yams (*D. cayenensis/D. rotundata* complex) in the Republic of Benin, like in Côte d'Ivoire, Nigeria and Cameroon, are also polyploid with tetraploid, hexaploid and octoploid individuals. Among these, tetraploids individuals are the most frequent. In yam breeding programme, an accurate knowledge of the ploidy level of the cultivars is required. Because of the difficulties in chromosome counting previously highlighted, the use of flow cytometry which gave result in agreement of chromosome counts offers the most suitable tool for this purpose.

The ninety different cultivars for which ploidy levels were determined will be evaluated, multiplied and used for either breeding or other genetic investigations. This will help create new elite genotypes for improved yam productivity in Benin and other parts of West Africa.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the International Foundation for Science (IFS) for financial support. The technical assistance of Tunday Adeosun and Monday Odishiwo (IITA, Ibadan) throughout the study is acknowledged. We are also grateful to all the farmers we met for sharing their material and fruitful discussions while collecting and classifying the yams.

REFERENCES

- Araki, H., Harada, T. and Yakuwa, T. 1983. Some characteristics of interspecific hybrids between *Dioscorea japonica* and *Dioscorea opposita*. *Japanese Journal of Horticultural Sciences* 52:153 - 158
- Arumuganathan, K. and Earle, E.D. 1991a. Nuclear DNA content of some important plant species. *Plant Biology Reporter* 9:208-218.

- Arumuganathan, K. and Earle, E.D. 1991b. Estimation of nuclear DNA content of plants by flow cytometry. *Plant Biology Reporter* 9:229-241.
- Baquar, S. R. 1980. Chromosome behaviour in Nigerian yams (*Dioscorea*). *Genetica* 54:1-9.
- Biradar, D. and Rayburn, A. L. 1993. Intraplant nuclear DNA content variation in diploid nuclei of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany* 44:1039-1044.
- Burkill, I.H. 1960. The organography and the evolution of the Dioscoreaceae, the family of the yams. *Journal of Linnean Society (Botany)* 56:319-412.
- Chevalier, A. 1936. Contribution à l'étude de quelques espèces africaines du genre *Dioscorea*. *Bulletin du Musé National d'Histoire Naturelle Paris, 2è série* 8:520-551.
- Chevalier, A. 1946. Nouvelles recherches sur les ignames cultivées. *Revue Internationale de Botanique appliquée à l'Agriculture Tropicale* 26:279-280.
- Dansi A., Zoundjihékpon, J., Mignouna, H. D. and Quin, F. M. 1997. Collecte d'ignames cultivées du Complexe *Dioscorea cayenensis* - *rotundata* au Bénin. *Plant Genetic Resources Newsletter* 112:81 - 85.
- Dansi A., Mignouna, H. D., Zoundjihékpon, J., Sangare, A., Asiedu, R. and Quin, F. M. 1998. Varietal identification key of the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Plant Genetic Resources Newsletter* 116:18-25.
- Dansi, A., Mignouna, H. D., Zoundjihékpon, J., Sangare, A., Asiedu, R. and Quin, F. M. 1999. Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution* 46:371-388.
- Dansi A., Mignouna, H. D., Zoundjihékpon, J., Sangare, A., Asiedu, R. and Ahoussou, N. 2000a. Using isozyme polymorphism for identifying and assessing genetic variation in cultivated yam (*Dioscorea cayenensis* / *Dioscorea rotundata* complex) of Benin Republic. *Genetic Resources and Crop Evolution* (in press).
- Dansi, A., Mignouna, H. D., Zoundjihékpon, J., Sangare, A., Ahoussou, N. and Asiedu, R. 2000b. Identification of some Benin Republic's Guinea yam (*Dioscorea cayenensis*/*Dioscorea rotundata* complex) cultivars using Randomly Amplified Polymorphic DNA. *Genetic Resources and Crop Evolution* (in press).
- Dansi, A., Mignouna, H. D., Pillay, M. and Zok, S. 2000c. Ploidy variation in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*Dioscorea rotundata* complex) from Cameroon as determined by Flow cytometry. *Euphytica* (in press)
- Degras, L. 1986. L'igname, Plante à Tubercule Tropicale. Maisonneuve et Larose et ACCT. 409 pp.
- De Laat, A. M. M., Göhde, M.W. and Vogelzang, M. J. D. C. 1987. Determination of ploidy level of single plants and plant populations by flow cytometry. *Plant Breeding* 99: 303-307.
- Dolezel, J., Sgorbati, S. and Lucretti, S. 1992. Comparison of three DNA fluorochromes for flow cytometric estimation of nuclear DNA content in plants. *Physiologia Plantarum* 85: 625-631
- Dolezel, J. 1997. Application of flow cytometry for the study of plant genomes. *Journal of Applied Genetics* 38:285-302.
- Dolezel, J., Greilhuber, J., Lucretti, S., Meister M. A., Lysak, M. A., Nardi, L. and Obermayer, R. 1998. Plant genome size estimation by flow cytometry: Inter-laboratory comparison. *Annals of Applied Botany (Supplement A)* 82:17-26
- Essad, S. 1984. Variation géographique des nombres chromosomiques de base et polyploïdie dans le genre *Dioscorea*, à propos du dénombrement des espèces *transversa* Brown, *pilosiuscula* Bert. et *trifida* L. *Agronomie* 4:611-617.
- Galbraith, D.W., Harkins, K.R., Maddox, J.M., Ayres, N.M., Sharma, D. P. and Firozabady, E. 1983. Rapid flow cytometric analysis of the cell cycle in intact plant tissues. *Science* 220:1049-1051.
- Gamiette, F., Bakry, F. and Ano, G. 1999. Ploidy determination of some yam species (*Dioscorea* spp.) by flow cytometry and conventional chromosomes counting. *Genet. Resour. Crop Evolution* 46:19-27.

- Godelle, B., Cartier, D., Marie, D., Brown, S.C. and Siljak-yakovlev, S. 1993. Heterochromatin study demonstrating the non-linearity of fluorometry useful for calculating genomic base composition. *Cytometry* 14: 618-626
- Hammatt, N., Blackhall, N. W. and Davey, M. R. 1991. Variation in the DNA content of glycine species: *Journal of Experimental Botany* 42: 659-665.
- Hamon, P., Brizard, J-P., Zoundjihékon, J., Duperray, C. and Borgel, A. 1992. Etude des index d' ADN de huit ignames (*Dioscorea sp.*) par cytométrie en flux. *Canadian Journal of Botany* 70:996-1000.
- Hamon, P. 1987. Structure, origine génétique des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata* et domestication des ignames en Afrique de l'Ouest. Thèse de Doctorat es-Sciences. Université Paris XI, Centre d'Orsay: 223 pp.
- Laurie, D. A. and Bennett, M. D. 1985. Nuclear DNA content in the genera *Zea* and *Sorghum*. Intra-generic, interspecific and intraspecific variation. *Heredity* 55: 307-313.
- Martin, F.W. and Ortiz, S. 1963. Chromosome number behaviour in some species of *Dioscorea*. *Cytologia* 28: 96-101.
- Martinez, P. C., Arumuganathan, K., Kikuchi, H. and Earle, E. D. 1994. Nuclear DNA content of ten rice species as determined by flow cytometry. *Japanese Journal of Genetics* 69:513-523.
- McMurphy, L. M. and Rayburn, A. L. 1991. Genome size variation in maize populations selected for cold tolerance. *Plant Breeding* 106: 190-195.
- Michaelson, M.J., Price, H. J., Ellison, J.R. and Johnston, J.S. 1991. Comparison of plant DNA contents determined by feulgen densitometry and laser flow cytometry. *American Journal of Botany* 78: 183-188.
- Miège, J., 1952. Contribution à l'étude systématique des *Dioscorea* d'Afrique Occidentale. Thèse de Doctorat ès-Sciences, Paris: 266 pp.
- Miège, J. 1954. Nombre chromosomique et répartition géographique de quelques plantes tropicales et équatoriales. *Revue de Cytogénétique et de Biologie Végétale* 15:312-348
- Miège, J. 1968. Dioscoreaceae. In: Hepper, F.N. (ed). *Flora of West Tropical Africa. J. Hutchinson & J. M. Dalziel* 3:144-154.
- Murashige, T. and Skoog, F. 1962. Revised medium for rapid growth and bio-assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15:473-497.
- Orkwor, G. C., Asiedu, R. and I. J. Ekanayake, 1998. *Food Yams. Advances in Research*. IITA and NRCRI, Nigeria, 249 pp.
- Otto, F. J., Oldiges, H., Göhde, W. and Jain, V. K. 1981. Flow cytometric measurement of nuclear DNA variations as a potential *in vivo* mutagenicity test. *Cytometry* 2: 189-191.
- Otto, F. J. 1990. DAPI staining of fixed cells for high-resolution flow cytometry of nuclear DNA. In: *Method in cell biology, vol 33*. Darzynkiewicz, Z. and Crissman, H.A. (Eds.), pp. 105-110. Academic Press, San Diego.
- Ramachandra, K. 1968. Cytological studies in *Dioscorea*. *Cytologia* 33:401-410.
- Ramser, J., Weising, K., Lopez-Peralta, C., Terhalle, W., Terauchi, R. and Kahl, G. 1997. Molecular marker-based taxonomy and phylogeny of Guinea yam (*Dioscorea rotundata-Dioscorea cayenensis*). *Genome* 40:903-915.
- Rayburn, A. L., Auger, A. J., Benzinger, E. A. and Herburn, G. A. 1989. Detection of intraspecific DNA content variation in *Zea mays* L. by flow cytometry. *Journal of Experimental Botany* 40:1179-1183.
- Sharma, A. K. and Dè, D. N. 1956. Polyploidy in *Dioscorea*. *Genetica* 28:112-120.
- Suenssenguth, K. 1921. Bemerkungen zur meiotischen und somatischen Kernteilungen bei Monocotylen. *Flora N. F.* 14:314-328
- Valkonen J. P. T., Watanabe K. N. and Pehu, E. 1994. Analysis of correlation between nuclear DNA content, chromosome number and flowering capacity of asymmetric somatic hybrids of diploid *Solanum brevidens* and (di) haploid *S. tuberosum*. *Japanese Journal of Genetics* 69:525-536
- Zoundjihékon, J., Essad, S. and Touré, B. 1990. Dénombrement chromosomique dans dix groupes variétaux du complexe *Dioscorea cayenensis-rotundata*. *Cytologia* 55:115-120.

ANNEXES

Annexe 1 : Composition et préparation du Tampon d'extraction (Otto I) pour la cytométrie en flux (OTTO et *al.*, 1981; OTTO 1990)

Dissoudre dans 400ml d'eau distillée déminéralisée (les concentrations finales sont données entre parenthèses):

- 10,5 g d'acide citrique monohydraté (0,1M)
- 2,5 ml de Tween 20 (0,5%)
- Filtrer le mélange pour éliminer les petites particules
- Ajuster le volume à 500 ml avec de l'eau distillée déminéralisée

Conserver à 4°C

Annexe 2 : Composition et préparation du Tampon de coloration contenant le fluorochrome DAPI (OTTO II) pour la cytométrie en flux (OTTO et *al.*, 1981; OTTO 1990)

Dissoudre dans 400 ml d'eau distillée déminéralisée (les concentrations finales sont données entre parenthèses):

- 28,4g de phosphate de sodium anhydre Na_2HPO_4 (0,4M)
- Filtrer le mélange pour éliminer les petits particules
- Ajouter 2mg de DAPI (4,6'-diamidino-2-phenylindole), concentration finale (4µg/ml)
- Ajuster le volume à 500 ml avec de l'eau distillée déminéralisée

Conserver à l'obscurité à 4°C

Annexe 3 : Révélation de l'Estérase (EST)

La révélation de cette enzyme s'effectue en trois temps:

1) Pré-incubation 15 mn dans:

- Tampon Phosphate 50 ml

2) Jeter le tampon, **ne pas rincer** et ajouter

- Alpha-Naphtyl Acétate / Acétone 15 ml
- Tampon phosphate QSP 50 ml

Incubation 15 mn à l'obscurité à 40°C

Pendant cette deuxième incubation, dissoudre à l'abri de la lumière le colorant :

- Fast blue RR (50mg, déjà pesé, papier aluminium)
- Eau distillée 25 ml

2) Jeter la deuxième solution d'incubation, **ne pas rincer** puis ajouter le colorant.

Agiter, contrôler

La coloration a lieu immédiatement (environ 2 mn)

Arrêt à l'acide acétique 10%

Annexe 4 : Révélation de la Glutamate Oxaloacétate Transaminase (AAT ou GOT)

1) Mettre en solution:

- Acide aspartique 200 mg)
- Acide alpha-kétoglutarique 100 mg) déjà pesés
- EDTA 50 mg) bécher
- PVP (P.M. = 10000) 200 mg)

- Tampon Tris HCL 20 ml
- Eau distillée QSP 50 ml

2) Mélanger 5 mn puis ajouter

- Fast Blue BB 80 mg) déjà pesés
- Pyridoxal 5 Phosphate 8 mg) papier alu.

Incuber à l'obscurité à 40 °C

Arrêt à l'acide acétique 10% (pas indispensable)

Annexe 5: Révélation du Phosphoglucomutase (PGM)

- Glucose 1 phosphate 100 mg
- Tampon Tris HCL 20 ml
- MgCl₂ 1 ml
- NADP 1 ml
- G6PDH diluée 50 µl (=25 Unités)
- MTT 1 ml
- PMS 1 ml
- Eau distillée QSP 50 ml

Incuber à l'obscurité à 40 °C

Arrêt à l'acide acétique 10%

Annexe 6 : Technique d'extraction de l'ADN

1. Dans un tube eppendorf, mettre 10 à 50 mg de feuille d'igname et ajouter de l'azote liquide. Réduire en fine poudre le matériel végétal ainsi congelé avec un petit pilon.
2. Ajouter 500 µl de tampon CTAB (2% CTAB dans 100 mM Tris-HCL pH 8.0, 1.4 M NaCl, 20 mM EDTA), 50 µl de tampon Sarkosyl (10% N-Lauryl Sarcosine, 10 mM Tris-HCl pH 8.0, 20 mM EDTA) et 10 µl de 2-Mercaptoéthanol.
3. Mélanger au vortex et incuber le tout dans un bain-marie pendant 1 h à 60 °C en agitant périodiquement.

4. Ajouter un volume égal de Chloroforme : Alcool Isoamyl (24:1, v /v) et mélanger en retournant plusieurs fois le tube. Centrifuger pendant 3 min à la température ambiante à 14000g.
5. Transférer le surnageant dans un nouveau tube eppendorf et répéter l'extraction au Chloroforme : Alcool Isoamyl.
6. Transférer le surnageant dans un nouveau tube eppendorf et ajouter un volume égal d'isopropanol froid (- 20°C) et 50 µl de 5 M Na acétate pour précipiter les acides nucléiques (ADN et ARN). Mélanger en retournant plusieurs fois et laisser sur de la glace pendant 15min.
7. Centrifuger pendant 3 min pour collecter les acides nucléiques. Verser le surnageant et retourner le tube sur du papier wattman pendant quelques minutes.
8. Dissoudre le culot obtenu dans 180 µl de tampon 0.1 M T. E. (100 mM Tris-HCl pH 8.0, 20 mM EDTA). La dissolution peut être facilitée par incubation au bain-marie à 60°C.
9. Ajouter 1 ml d'éthanol froid (- 20 °C). Mélanger en retournant plusieurs fois et laisser sur de la glace pendant 15min.
10. Centrifuger pendant 5 min pour collecter les acides nucléiques. Verser le surnageant (éthanol) et laver brièvement le culot avec de l'éthanol froid à 70% en retournant doucement le tube. Centrifuger pendant 3 min et sécher le culot.
11. Dissoudre le culot dans 10 – 50 µl d'eau distillée (ou dans 0.1 M T. E.) à 60°C au bain-marie et en présence d'ARNase (pour éliminer l'ARN).

12. Déterminer la concentration de l'ADN extrait pour les dilutions éventuelles et le garder à -20°C.

Annexe 7 : Signification des noms de quelques variétés d'igname du Bénin

Noms	Ethnies	Significations
Agada bangai	Nago	Tubercules longs comme les pieds d'un Haoussa. "Bangai " en Nago signifie "Haoussa".
Agbantèhounnonhin	Fon	Quel poids un véhicule peut -il supporter ?
Agoua	Nago	Igname originaire du village Agoua.
Ala n'kodjéwoué	Nago	'Ce ne sont pas les feuilles qu'on va manger'. Variété à port dépouillé donnant l'impression d'être très peu productive, ce qui n'est pas le cas.
Allassola ékpétilé	Lokpa	"Ekpétilé = noir" ; Tubercule noir.
Angbawobè	Bariba	'Récolte et va te laver'. Tubercule très long s'enfonçant profondément dans le sol et qu'on ne peut déterrer sans se salir complètement.
Ankplomán	Lokpa	'Prête-moi quelques tubercules et je te rembourserai des que j'aurai récolté les miens'. Variété extrêmement précoce.
Assinapeilla	Yom	'Assina = tardif peilla = blanc' Variété tardive à chair blanche.
Babétei	Yom	'Mauvais pour l'igname pilée'.
Baniouré	Bariba	En Bariba, Boni est le nom donné à l'enfant qui vient en quatrième position dans une famille. Variété obtenue après quatre années domestication.
Baniouré Kètèkaborou	Bariba	Baniouré à tubercule courbé comme les cornes du buffle.
Baniouré montoguè	Bariba	Baniouré dont la chair est tachetée de rouge
Baridjo	Boko	Qui tubérise vite.
Bébétinga	Bialli	Tubercules très longs.
Biwokou	Natimba	Entouré de ses petits
Danwari	Nago	A l'origine "inan wai", qui veut dire maman vient voir. Pilé si tendre que lors de la préparation, la boule se colle au pilon et se soulève avec celui-ci.
Digbiri	Nago	Tubercules gros comme un tronc d'arbre.

Djètin	Nago	'Bâton sucré' ; igname douce et aphrodisiaque car stimulant l'activité sexuelle chez l'homme.
Dodo	Fon	Tubercule massif ressemblant aux racines d'un grand arbre.
Doundounbalè	Dendi	Igname noir
Effoun	Nago	'Effoun = Blanc' igname à chair très blanche
Essèadjinakou	Nago	'Essè = pied adjinakou = éléphant' ; Tubercules plus ou moins globuleux rappellent les pattes d'un éléphant.
Ewè	Boko	Se casse très vite lors de la récolte
Gambarougninon	Bariba	'Gambarou = Haoussa, Gnion = jeter' Igname qui a été jetée par un Haoussa.
Gnidou	Nago	A l'origine 'Gninou' qui signifie 'laisser'. Igname de mauvaises qualités culinaires
Gnifokpado	Fon	Gnin = bœuf, Afokpado = empreinte du pied. Bout du tubercule portant des dépressions rappelant les empreintes d'un pied de bœuf.
Guirissa	Bariba	'Igname de cérémonie'. Les tubercules de cette variété sont utilisés lors des cérémonies d'offrandes aux mannes des ancêtres au début des récoltes d'ignames.
Hè-abalo	Lokpa	'Igname garçon'. Ce nom lui a été donné à cause de la vigueur de sa tige.
Hounbonon	Fon	'Chef féticheur'. Variété donnant toujours un tubercule central entouré d'autres petits comme un chef féticheur et ses adettes.
Ibérégninsé	Bariba	'Tes ennemis se moquent de toi'. Igname naine et chétive donnant l'impression d'une plante malade.
Idolo	Yom	Tubercules très longs.
Kiwa-Sawa	Boko	Tête de phacochère
Kiwo	Boko	'Le chef du village'. Ce nom vient du fait que cette variété se conserve très longtemps ; lorsque toutes les autres ignames vont finir, c'est elle qui sauvera les enfants de la faim.
Kokoro gbambé	Nago	Igname tardive originaire de Gbambé (un village du Nigéria).
Kokoro owo	Nago	Ce nom traduit le fait que les tubercules de cette variété se présentent sous forme de grappe.
Kologo	Lokpa	Igname farineuse.
Kounkounnou	Bariba	Tubercule rond comme une tête d'homme.

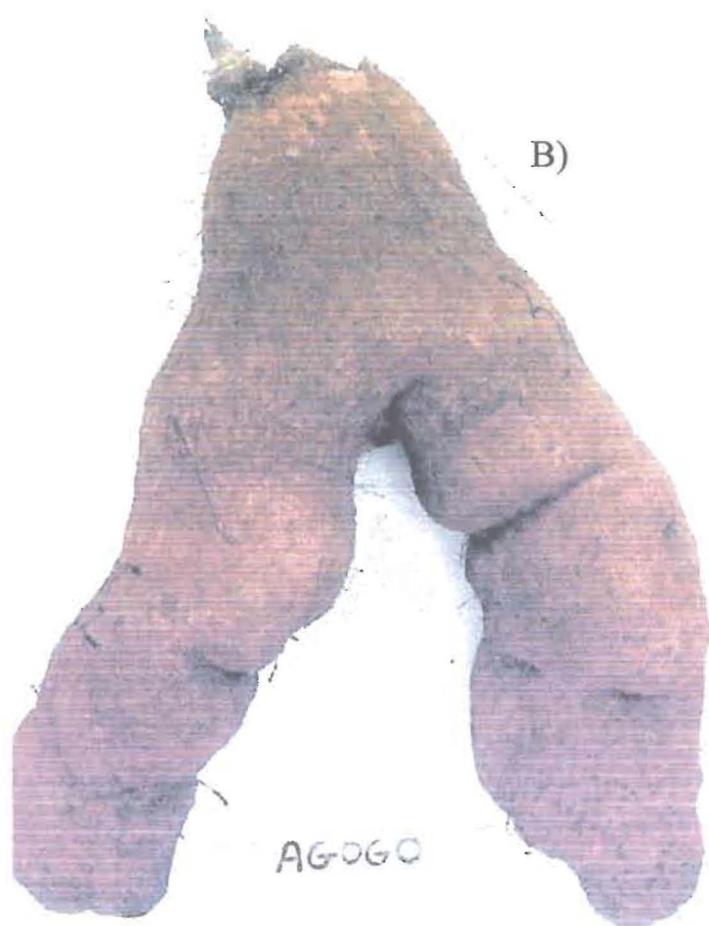
Kourakourogouroko	Bariba	'La femme qui ne vieillit jamais'. Variété très ancienne mais toujours de bonne qualité culinaire.
Kpadjibakokpo	Nago	' Qui nécessite beaucoup de désherbage'; Variété très sensible aux mauvaises herbes.
Kpakara	Bariba	'Qui soulève le bol'. Foutou très tendre et se collant aux assiettes.
Mafobo	Nago	'Ne doit pas être laissé à un fainéant'. Variété qui nécessite beaucoup d'entretien. Seul un paysan travailleur et propre peut la cultiver.
Morokorou	Bariba	'Igname pilée tendre'.
Nadéba	Bariba	'Je suis rassasié'. Variété à haut rendement très recherchée par les commerçants et qui donc enrichit vite les paysans.
Noualaye	Bialli	'Igname Garçon'. Variété à tige vigoureuse et à gros tubercule.
Noukpame	Yom	'A piler à chaud'
Oboti	Tcha	La peau s'enlève très facilement après la cuisson.
Odoè	Tcha	'Igname que l'écureuil ne mange pas'.
Ofègui	Nago	Igname qui aime les tuteurs.
Ossoukpanan	Tcha	Igname à tubercules courts.
Ouwonpèotina	Natimba	Peut être planté entre deux buttes
Porchehbim	Yom	'Seins de la femme' ; variété galactogénique très recherchée par les femmes nourrices et les femmes enceintes.
Sekizan	Bariba	Amère en saison des pluies
Sinouboho	Bariba	Intestin d'éléphant
Soussou	Bariba	'Soussou = Guêpe' Igname qui provoque des démangeaisons lorsqu'en la portant sur la tête, on est tapé par la pluie.
Tam - Sam	Bariba	Igname ressemblant à l'arachide
Tartimanin	Wama	Igname bosselée, épineuse.
Tchirguita	Wama	'Tchiguita =globe' A rapport à la forme ronde des tubercules.
Tounonhilè	Lokpa	Tubercule gros comme les pieds d'éléphant.
Wamagou	Yom	'Wamou = Singe' Singe qui boîte, ce nom est lié au fait que les singes adorent cette variété.
Warman	Yom	Qui se montre, se distingue facilement.
Wissa kosso	Boko	Genou du roi

Wokourou	Bariba	"Wokorou = 50 F en Bariba", ce nom veut dire igname achetée à 50 F.
Wosso	Bariba	Qui donne de gros tubercules.
Wotanam	Lokpa	"Tanan" = quand va -t-il finir de s'allonger ? igname dont la tige s'allonge tellement que le paysan se demande quand est-ce que sa croissance va s'arrêter.
Yakarango	Bariba	Qui tue les herbes en produisant de grandes feuilles.
Yassi	Bariba	Difficile à déterrer.
Yassou bagarou	Bariba	'Yassou = Igname tardive, Bagarou = qui grossit'. Igname tardive qui grossit.
Yassou yassinou	Bariba	Igname tardive qui s'allonge et grossit.
Yassoussika	Bariba	'Sika = jumeaux' ; variété tardive à nombreux tubercules par butte.

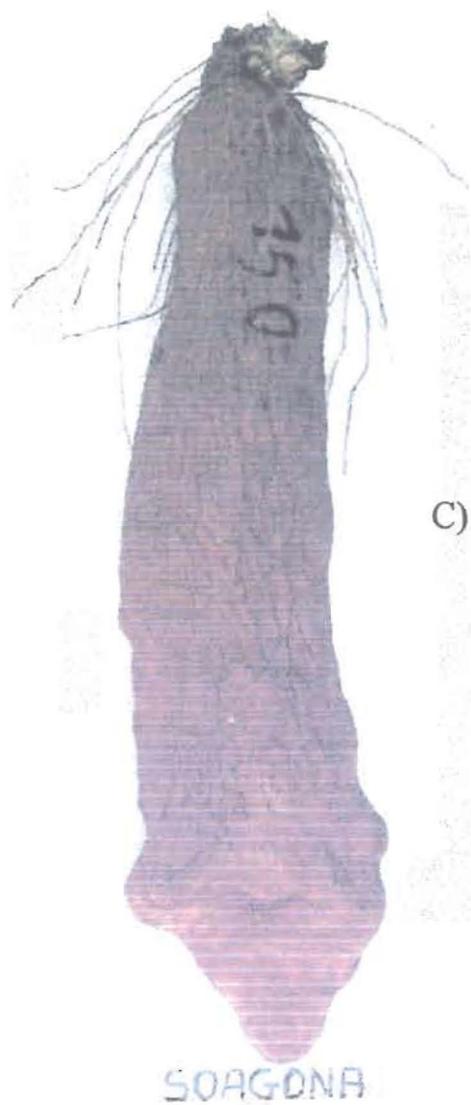
Annexe 8 : Photos de feuilles, de tiges et de tubercules de quelques groupes variétaux d'igname cultivée (complexe *D. cayenensis* / *D. rotundata*) du Bénin



B)



B)



C)

Igname du groupe AGOGO : feuilles (A) et tubercules (B, C)



A



B)



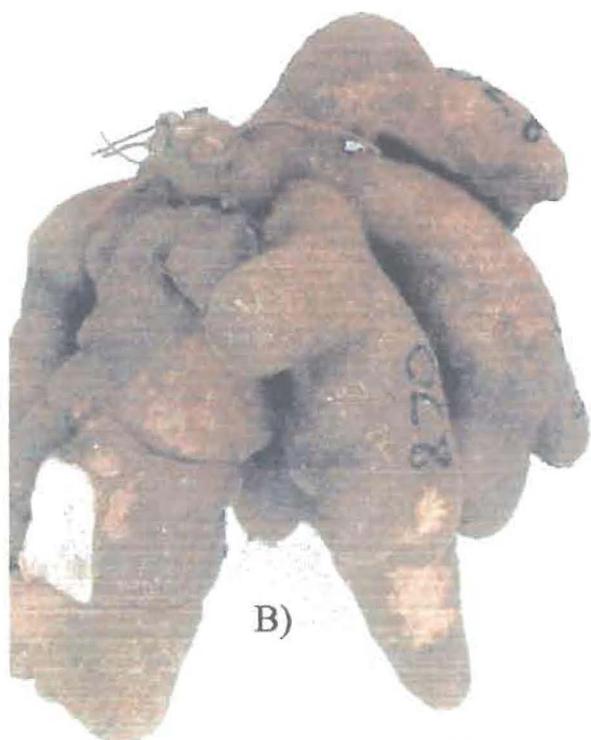
C)

MARE-TASSOU

Igname du groupe ANTAWOROROU : feuilles (A) et tubercules (B, C)



A)



B)

OUWONPEOTINA



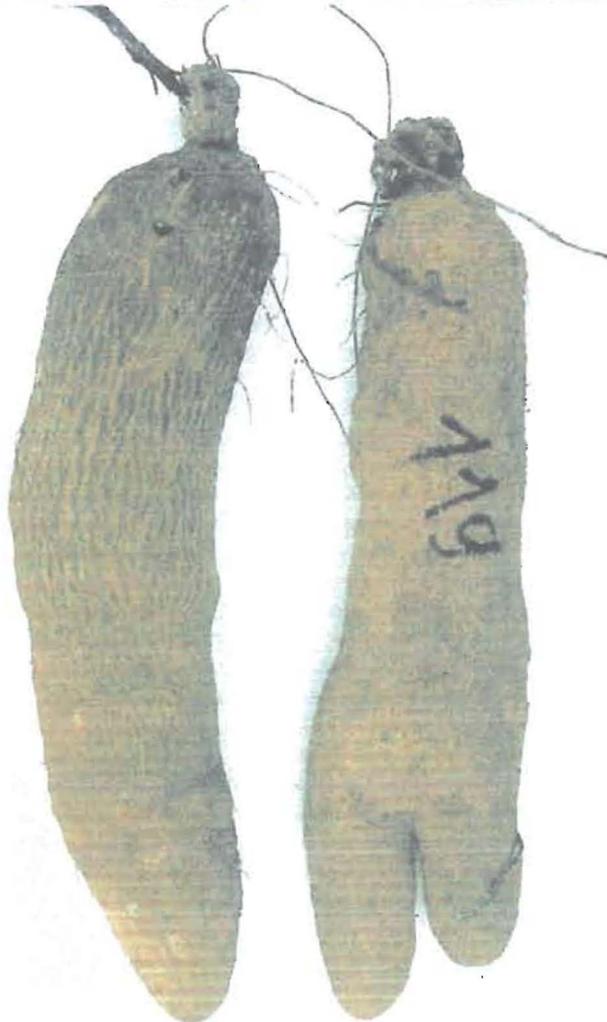
C)

BARIDJO

Igname du groupe BARIDJO : feuilles (A) et tubercules (B, C)



A)



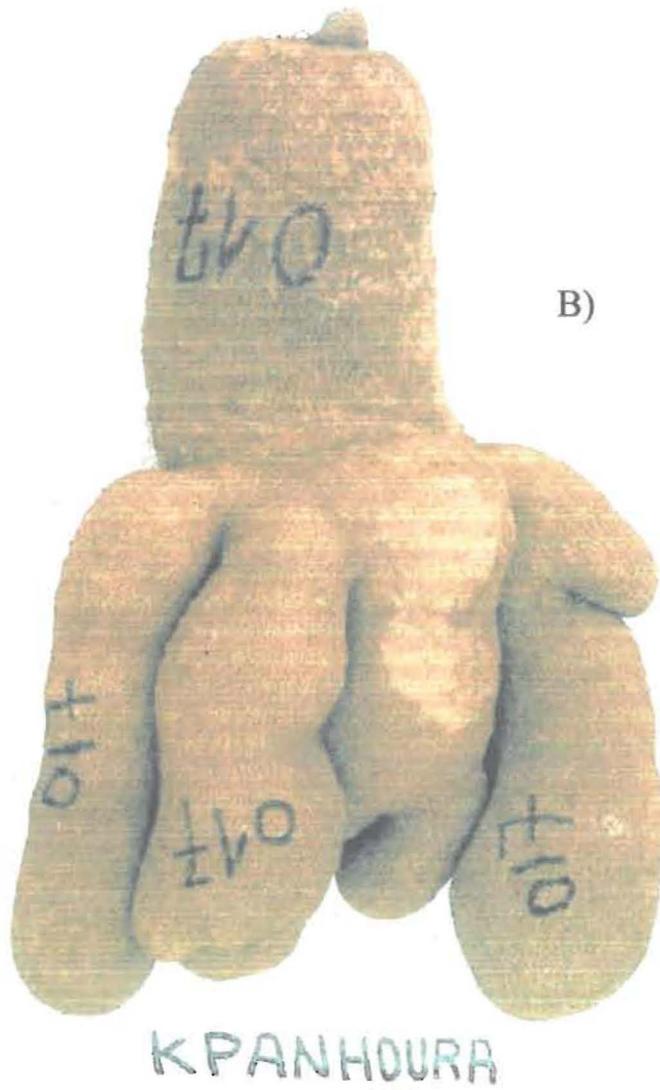
B)

DikPiri

Igname du groupe DIKPIRI : feuilles (A) et tubercule (B)



A)



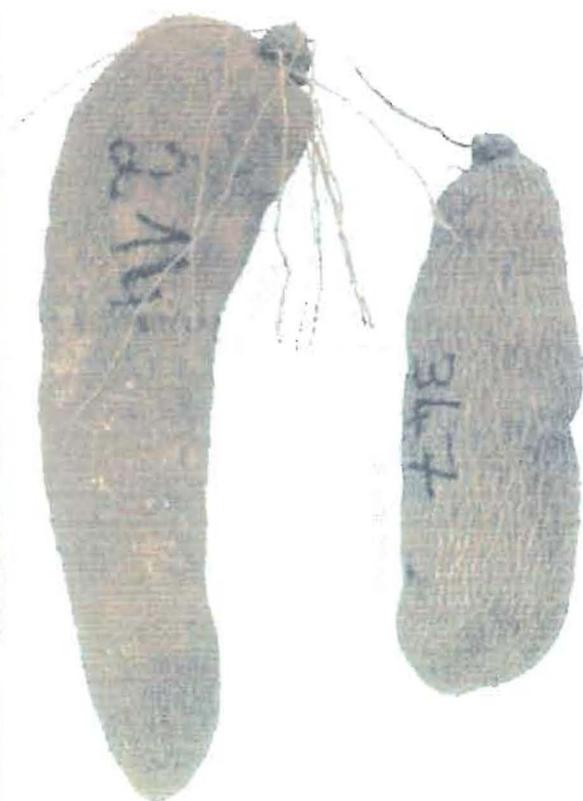
B)

KPANHOURA

Igname du groupe KPANHOURA : feuilles (A) et tubercule (B)



A)



KRATCHI

GANGNI

B)

C)

Igname du groupe KRATCHI : feuilles (A) et tubercules (B, C)



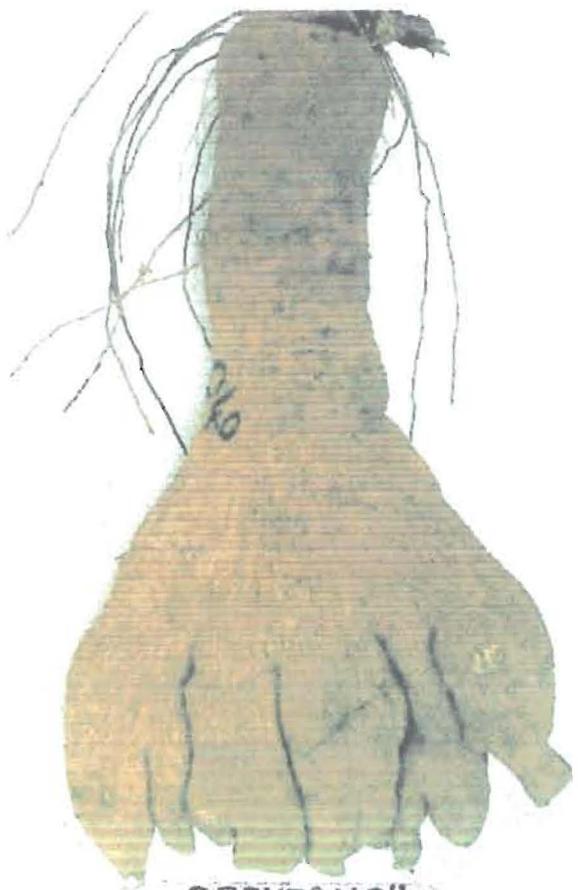
YOUBE

A)



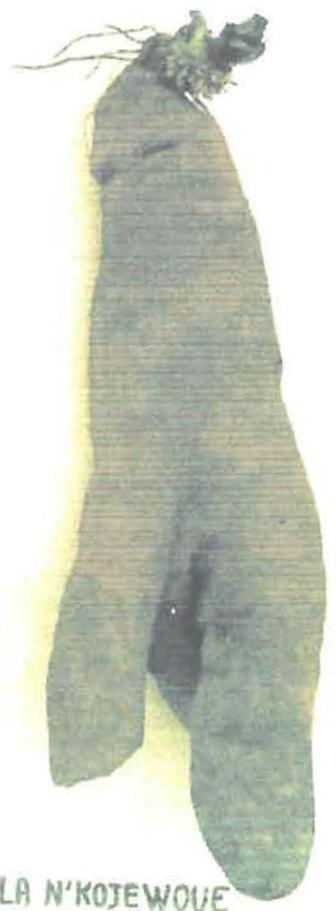
DANWARI

B)



OROUTANAI

C)



ALA N'KOJEWOUÉ

D)

Quelques formes tuberculaires chez les variétés d'igname du groupe MONDJI

A (Youbè), B(Danwari), C (Oroutanai), D (Ala n 'kojewoué)



A)



B)



C)

Igname du groupe MOROKOROU : feuilles (A, B) et tubercule (C)



A)



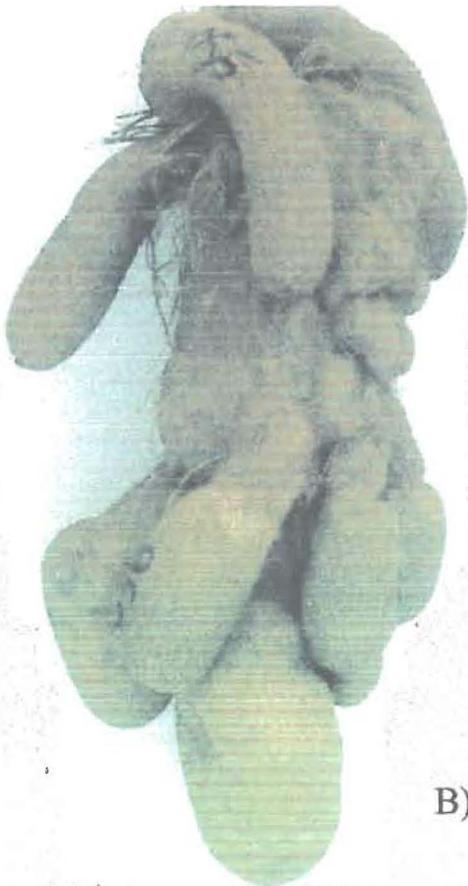
B)

ORODO

Igname du groupe NONFORWOU : feuilles (A) et tubercule (B)

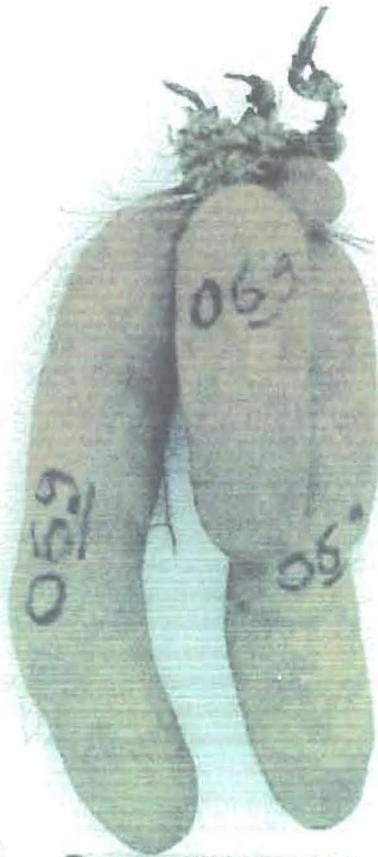


A)



B)

WOLOUCHAHABIM



C)

PORCHEHBIM

Igname du Groupe PORCHEHBIM : feuilles (A) et tubercules (B, C)



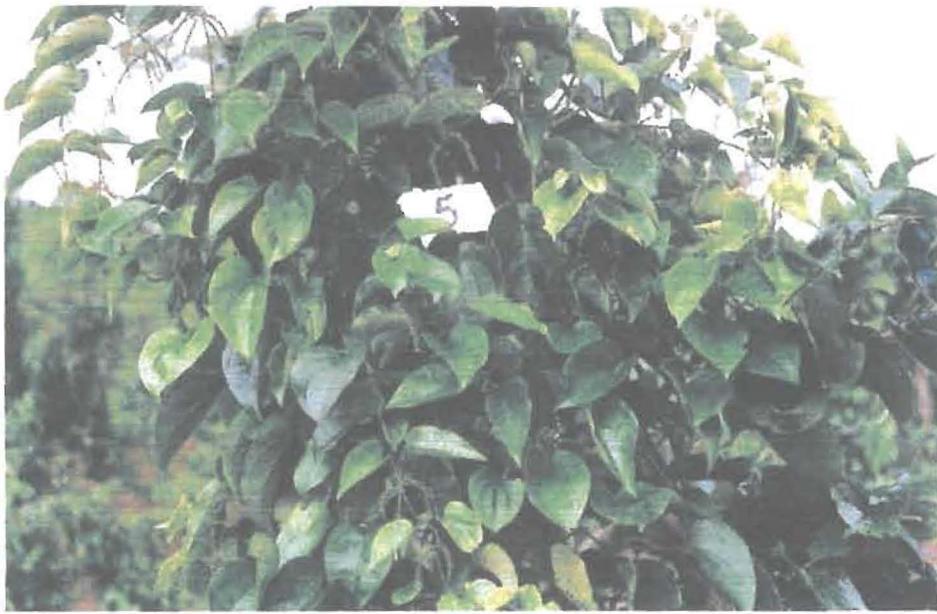
A)



B)

SOUSSOUKA

Igname du groupe SOUSSOU : feuilles (A) et tubercule (B) de SOUSSOUKA



A)



C)



B)

TERKOKONOU

Igname du groupe TERKOKONOU : feuilles (A), tige (B) et tubercule (C)



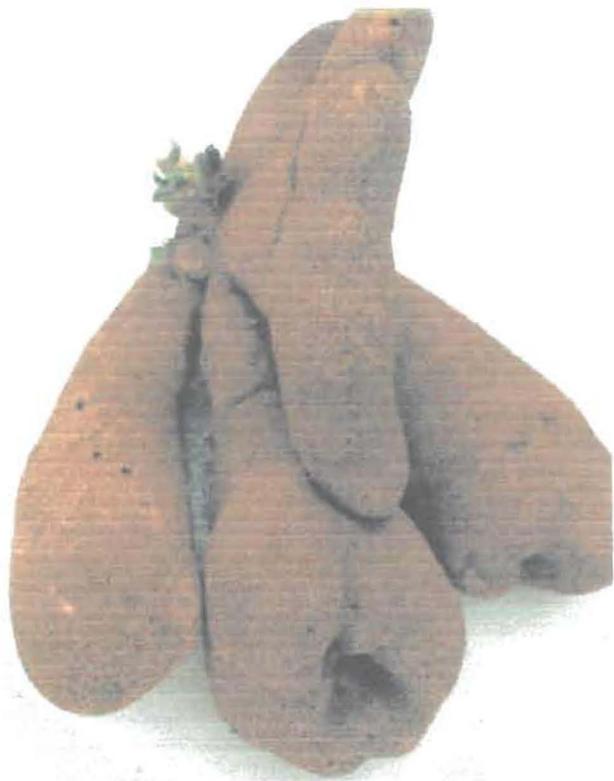
A)



B)

TOGNIBO

Igname du groupe TOGNIBO : feuilles (A) et tubercule (B)



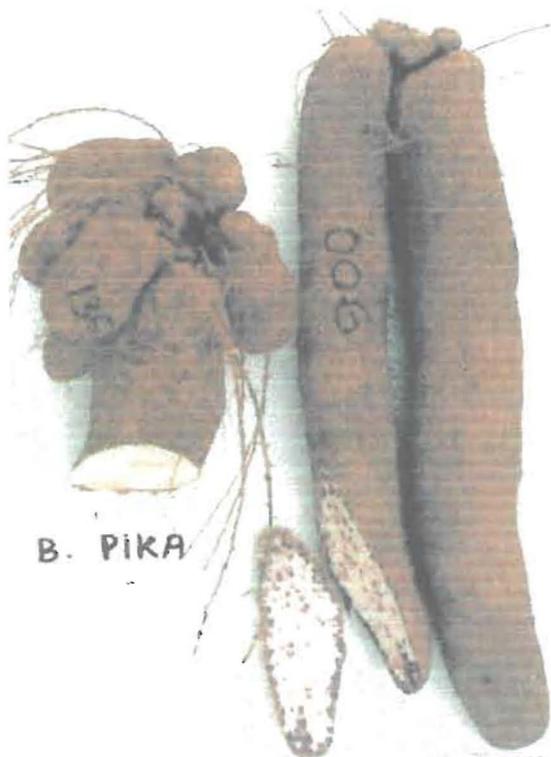
DEBA

A)



TERLUUNTO

B)



B. PIKA

B. YINTEGUEROU



OURTCHOVA

Quelques formes tuberculaires chez les variétés d'igname tardives du Bénin

Annexe 9 : Formules enzymatiques des ignames cultivées du complexe *Dioscorea cayenensis/Dioscorea rotundata* du Bénin. Les chiffre 1, 2, 3..... sont les numéros de profils et correspondent respectivement aux numéros A, B, C..... de la figure 31. L'ordre des systèmes est **PGI, IDH, GOT, EST, PGD, PGM et SKDH.**

Variétés	Formules enzymatiques
Agogo	1112112 ; 1112412 ; 1112312 ; 1112152 ; 1112411
Abo	111442
Adani	1532711
Agada	2131152
Agangan	1635143
Agoua	1111117
Aguida	1132411
Ahimon	1112442 ; 1111442 ; 1712571 ; 1112111 ; 1132512 ; 1112612 ; 1112142
Akpantajo	1532512
Akpantao	1133117
Akpawounkojè	1.10.11.1351
Akpazin	1131152
Akpékpé	1522117
Alakissa	2284236
Alassola	1133117 ; 1131142
Alassola Ikpétilé	1131158
Anago	1532381
Androki	1172312
Angbaobé	1.12.32111
Angbaobé	1532311
Ankpoloman	3542112
Antawororou	1132114
Aroukpè	2531318 ; 1511152
Assaboné	1312411
Assaboné	1131157
Assi	1132114
Assina	2131152
Assinabaro	1131142
Assinadoha	2131152
Assinanpéina	2131158
Assourou	2131152
Atchékankana	1112511
Atèguè	2131152
Awaya	1131142

Ayè	1131152
Baniakpa	2133112
Banindjè	1112153
Baniouré	1112443
Baniouré bagarou	1112153 ; 1111153
Baniouré ketekoborou	1112153
Banioure kobi	1112153 ; 1111163
Baniouré montoguè	1112153
Baniouré oloukaba	1111163
Baniouré pika	1111163
Banioure souan	1112143
Baniouré yintéguérou	1112153
Baridjo	1141811
Bébétinga	1532111 ; 1.12.32111
Biwokou	1182112
Boki	2141311
Bonakpo	1131157
Bononwirou	1112153
Brizi	1113142
Chamba	1131142
Chambaabou	1112342
Chanwounbaafa	1123112
Daguidagui	1532314
Damoko	4111563
Danwari	1532112 ; 1132114 ; 1132112
Déba	2133142
Dikpiri	2111342
Dinonyalé	1122112
Dissousoudé	1532114
Djatouba	2132154 ; 2131151
Djikpiri	1131114
Djiladja	13.10.2351
Djirissa	5312151
Dodo	2532115 ; 2112341
Douba yessirou	1541112 ; 1532142
Doundoua	1284236
Doyessorou	1532112
Effoun	1123112
Effourou	13.10.2141
Essè Adjinakou	1113142
éwè	1.11.11.2111
Ewotolo	1112112
Eyonounon	1711512
Fakoni	1133152
Fannanan	1532111

Gakétélé	2131311
Gaki	1131142
Gambarou gninon	1133118
Gangni	1112512 ; 1112412
Gbangbé	1131158
Gbaroudé	2132341
Gbèra	2112312
Gbidoko	1.11.32311
Gbomina	2131152
Glazoué	1352312
Gnalabo	1532411
Gnalabo	1132411
Gnanwounkoko	1112312
Gnidou	1532114 ; 1132114
Gnifokpado	1312111
Gninoubokokamion	1131142
Gonin	2131159
Gouroko	1131322
Guiena	2312111
Guihi woga	4112563
Guirissa	1312114
Hèlè abalo	1132511
Hèlè abalo	1112442 ; 1111142
Hossangui	1132322
Hounbonon	1111112
Idjitededeka	1532144
Igangan	1284236
Ihdonou	1111112
Ikeni	2284236
Inoutiéle yagansori	1122114
Issou agatou	1512311
Kablitona	1532111
Kagourou-1	1111112
Kagourou-2	1131142
Kandi	1111112
Kee	1532322
Keke	1111112
Kia	1532322
Kinkékérékou	1131142
Kiwa	1112553
Kiwa sawa	1132372
Kiwo	1112553
Kojèwoué	1532111 ; 1.11.32311 ; 1532311
Kokoné	1133118
Kokoro	1131112 ; 1131142 ;

Kokoroagbessi	1111112
Kokorogbanou	1131142
Kokorogbara	1131142
Kokouma	1392352
Kokowoundé	1133118
Kolékloé	1131118
Kologo	1131148 ; 1133118
Komna	1111112
Komopéina	1111563
Kotokiliana	1132111
Koudjou	1532111
Koumagou	2132111
Koumassi Kpéina	1132111
Koumassinonbou	1532111
Kouwoukounou	1113142
Kouyè Kouyè	1392154
Kpajoubakokpo	1131142
Kpakagnina	1131142
Kpakagnina	2131152
Kpakpara	1132111
Kpanantantandji	1111112
Kpanhan	5312151
Kpanhoura	5312151
Kpehindjè	1392551
kpinhinkpinhin	1132412
kpinhinkpinhin	1192342
Kpirou kpika	1131142
Kponan	2132511 ; 2311311 ; 2.12.41311 ; 2343311 ; 1343311 ;
Kratchi	1142312 ; 1142514 ; 1542312 ; 1142412 ; 1143412
Laboko	2311311 ; 1343311
Laffoun	1123111
Mafobo	1532111
Makpanatini	1183412
Makpawa	1676136
Marétassou	1132144
Mareworoukorou	1112112
Minièhoun	1712542
Mintinga	1132311
Monji	1131151 ; 1.11.32311 ; 1131311 ; 1.10.11.1351 ; 1.11.31141 ; 1531141 ; 1831541
Monwoniligbo	2131142 ; 2131149
Morokorou	15323.10.1 ; 1532381 ; 1532391 ;

	1532311
Moussougoussou	2111342
N° gikpélagan	1131142
Nadéba	2133142
Nampro	1132311
Nanmin	1532411
Nehou	1112511
Nifawoun	1532114
Nindouin	15.11.2114
Nondapèchi	1312111
Nonfonnannan	2122151
Nonforwou	2132341
Nonnihanan	2131152
Noualaye	1123112
Noualaye	1123912
Noualaye	1122112
Nouatohon	4113553
Noudossé	1112442
Nowonnibou	2131149
Nugnia	2131152
Nwotowou	1112553
Oboti	1.10.42342 ; 1142342
Odoè	1132111
Odoè	2132341
Ofègui	1141811
Ogangan	1284236
Okouhou	1113142
Olodo	2132341
Omoulè	1122511
Omoya	1131142
Omonya	2111152
Orou yinsingué	1132111
Oroutanai	1132111
Ossoukpana	1131152 ; 1113112
Ounièhoun	1112642
Ounonyahoun	1132114
Ouréahoun	1111642
Ourtchoua	1132322
Outchankoehan	1113553
Ouwonpeotina	1141811
Paya	1532111
Péja	1.12.32111
Piédjè	1112311
Portchehbim	1112112
Sabi sagui	1111142

Satouma	1512124
Sekizan	1132322
Singan	1131112
Singou	1131112
Sinouboho	1132311
Sirigui	1132552
Siwo koumassi	1312114
Soagona	1132152 ; 1132552
Sobasson	1123112
Sogodo	1465536
Sokoun okpa	2532352
Sossohanhan	1181117
Sossorasse	1532111
Sotoboua	1111442
Soussou	1132111 ; 1132311
Soussou souabou	2132111 ; 1132311
Soussouka	1132121 ; 2131311 ; 4132111 ; 1132311 ; 1132312
Soussouksi	1132311
Soussounin	1371112
Soutra	1141811
Tabane	1111112
Tam sam	1111112
Tamaniakou	1112642
Tambakassou	5312151
Tampihoun	1141811
Tanwounbiaha	1131114
Taotimanin	1132311
Taotoumani	1711512
Tawounma	1131142
Tchamba	1531141
Tchamba	1123112
Tchichékouna	1131142
Tchiganan	2131152
Tchimehoun	1123112
Tchinguibou	1113142
Tchinguita	1113142
Tchouchounga	1532111
Terkokonou	1532372
Terlounto	1112414
Teroukpogorou	1532372
Tiniété	1712112
Tinonpeti	2312121
Tirguita	1113142
Tognibo	1352312

Toukonouwoura	2131111 ; 2281151
Tounonhè	1113142
Towounbou	1123112
Tronpèdi	1132111
Tronpèti	1112442
Wadjabim	1112112
walassi	1132653
Wamai	1572311
Wetanam	1522312
Wirou fanrou	1131117
Wissa Kosso	1113142
Woho	1532381 ; 1532311 ; 1532391
Wohounko	1131142
Wokourou	1372111
Wolouchahabim	1112112
Wonmaka	1141811
Wonnibou	1133119
Wossou	1112312 ; 1112112
Wourou wona	1112443
Woutamabou	1112513
Yahou	2132322
Yaissourou	1131117
Yaka	1111112
Yakarango	1131147
Yakarango	1111112
Yaokononmon	1132322
Yassi	1122414
Yassi	1522414
Yessoutia	1382111
Yoblè	1991541
Yoloukpa	1132512
Yorou tassou	2132311
Youbè	1132511
Youéyouédota	1131158

RESUME

Sur la base des descripteurs morphologiques de l'IPGRI, 560 accessions d'ignames cultivées du complexe *D. cayenensis* - *rotundata* collectées dans différentes zones de production au Bénin sont classées en 90 morphotypes et en 26 groupes variétaux. Pour faciliter l'identification des morphotypes et des groupes variétaux, des clés d'identification et un répertoire général sont construits. La distribution géographique des groupes variétaux, les capacités de floraison et de fructification des morphotypes ainsi que leur adaptabilité à une agriculture mécanisée sont analysées. Des dénombrements chromosomiques et des analyses de cytométrie en flux ont conduit à l'identification de quatre-vingts et un (81) tétraploïdes (4X, 40 chromosomes), cinq (5) hexaploïdes (6X, 60 chromosomes), trois (3) octoploïdes (8X, 80 chromosomes), et un (1) mixoploïde (4X / 8X) au sein des 90 morphotypes. Une combinaison des profils de sept systèmes enzymatiques a permis de mettre en évidence une importante diversité génétique au sein de la collection étudiée et d'identifier 227 différents cultivars et deux classes génétiques différentes. Ces deux classes correspondent à *D. cayenensis* et à *D. rotundata* et indiquent que ces deux formes d'ignames constituent deux entités génétiques différentes au sein du complexe *D. cayenensis* - *rotundata* du Bénin. La diversité génétique existante au sein du groupe TABANE et au sein du morphotype Kinkérékou sont examinés par les marqueurs RAPD (randomly amplified polymorphic DNA). Contrairement aux isozymes, les marqueurs RAPD ont mis en évidence une hétérogénéité génétique et permis une restructuration au sein de ces deux structures. Au vu des résultats, la RAPD apparaît chez l'igname très utile pour la détection et l'élimination des duplicata et la constitution de 'core collection' de gestion plus facile.

Mots clés : Analyse morphologique ; complexe *D. cayenensis* - *rotundata* ; cytométrie en flux ; groupe variétal ; Iigname cultivée ; isozyme ; morphotype ; niveau de ploïdie ; RAPD ; République du Bénin.