

SYSTEMES DE CULTURES ASSOCIEES A BASE D'IGNAME ET GESTION DES PLANTES ADVENTICES

Revue bibliographique commentée.

Denis CORNET

Travail réalisé dans le cadre du cours
d'« Analyse et amélioration des cultures
associées en régions tropicales », dispensé
par Monsieur le professeur J.P. Baudoin
(responsable de l'Unité de Phytotechnie
tropicale et Horticulture), en vue de
l'obtention du diplôme d'étude
approfondie préalable au doctorat.

TABLE DES MATIERES :

1. Introduction	3
2. Culture associée et gestion des plantes adventices	4
3. Ecologie des ignames et cultures associées	5
4. Importance et diversité des cultures associées à base d'igname	7
4.1. La culture « pure » d'ignames	8
4.2. La culture en relais	9
4.3. La culture intercalaire	10
4.4. La culture en mélange	11
4.5. La culture complantée	12
4.6. Le cas particulier du tuteurage	13
5. Les recherches en cours	14
5.1. Objectif et dispositif de recherche	14
5.2. Le tuteurage vivant de l'igname	16
5.3. La culture en relais	17
5.4. Le cas particulier des systèmes de semis sur couverture végétale	18
5.5. La culture intercalaire	18
6. Amélioration et sélection de variétés adaptées aux associations culturales à base d'ignames	20
6.1. Pour la composante associée	20
6.2. Pour les ignames	21
6.2.1. Facilité à lever la dormance et sensibilité à la photopériode	21
6.2.2. Vigueur de croissance des jeunes plantes	21
6.2.3. Système racinaire	21
6.2.4. Indice de surface foliaire et durée de vie foliaire	22
6.2.5. Résistance aux maladies et ravageurs	22
7. Conclusions et perspectives	23
8. Bibliographie	24
9. Annexe	29

1.

INTRODUCTION

Les ignames (genre des *Dioscorea*) se répartissent en plus de 600 espèces et présentent une grande diversité d'adaptation écologique [KNUTH 1924]. La majorité des espèces se rencontre dans les zones intertropicales de tous les continents. Des espèces d'altitude existent cependant dans les Pyrénées et dans la chaîne des Alpes en Europe. D'autres encore supportent les basses températures (jusqu'à - 4 °C) en Argentine. Enfin, certaines sont acclimatées aux régions tempérées comme en Chine.

La production mondiale d'ignames alimentaires, estimée à 36 millions de tonnes, en fait la deuxième plante à racine et tubercule après le manioc [FAO 2004]. Sa consommation est importante (plus de 40 kg/an/habitant) dans au moins 10 pays (du Nigeria aux îles Salomon) totalisant 155 millions d'habitants, principalement situés en zone intertropicale. Dans plusieurs pays d'Amérique Latine (Jamaïque, Haïti, Dominique) ou d'Asie-Pacifique (Papouasie-Nouvelle Guinée, Salomon), l'igname est une culture importante pour l'alimentation des populations locales (consommation supérieure à 20 ou même 40 kg/personne/an), bien que plus faible en terme de production totale.

L'Afrique subsaharienne assure à elle seule 95% de la production mondiale d'igname, avec plus de 30 millions de tonnes annuelles, en augmentation constante depuis 30 ans au rythme annuel de plus de 3%. L'essentiel de la production provient des zones de savanes humides où l'expansion de la production s'est faite principalement par défrichement de jachères de longues durées (savanes arborées). Or l'augmentation de la production, donc des surfaces cultivées, restreint géographiquement la possibilité de continuer cette pratique. Plusieurs phénomènes apparaissent de manière plus ou moins forte selon les régions :

- déforestation massive,
- diminution du temps de jachère et épuisement des sols,
- migration de certaines populations,
- et finalement, arrêt de la culture ou abandon de toute une gamme de variétés d'igname.

Ces phénomènes, relativement récents, se traduisent par une baisse de production, observable ces dix dernières années en Afrique de l'Ouest [MANYONG *et al.* 1996].

Avec le raccourcissement des temps de jachère, la pression des adventices s'accroît. En effet, une jachère longue a notamment pour effet de diminuer drastiquement la « banque » de graines (ou rhizomes) de plantes adventices présentes dans le sol [EKELEME *et al.* 2004].

L'igname, avec un développement relativement lent dans les premiers stades (dormance, ...), y est particulièrement sensible, surtout entre la 4ème et la 16ème semaine après plantation [MOODY and EZUMAH 1974; ONOCHIE 1974; AKOBUNDU 1981; BEALE *et al.* 1985; UNAMMA and AKOBUNDU 1989]. Cependant, même si le contrôle de l'enherbement semble être reconnu comme une priorité par les acteurs de la filière, peu de solutions sont avancées ou testées.

Les recherches sur les systèmes de cultures durables à base d'igname sont peu nombreuses. Les tentatives d'intensification, avec forte utilisation d'intrants et motorisation, vulgarisées dans les années 60-70, se sont révélées infructueuses et inadaptées. Un certain nombre de techniques, adaptées à l'agriculture africaine, ont été proposées depuis quelques années par la recherche dans le domaine de la production durable d'ignames. Parmi celles-ci, on peut citer les techniques d'agroforesterie à base de légumineuses arbustives qui, notamment au Bénin, ont montré des premiers résultats encourageants en milieu paysan [DOPPLER *et al.* 2000].

Les systèmes de cultures utilisant les plantes de couverture et les techniques de semis direct sur couverture végétale (SCV) constituent une autre voie prometteuse pour la mise au point d'une agriculture durable en zone tropicale. Ces techniques sont bien connues et maîtrisées pour les plantes à graines (céréales, légumineuses, coton..).

Cependant, l'utilité de ces techniques n'est pas ou peu visible. Et un paysan ayant encore assez de terres pour revenir régulièrement à une jachère longue ne sera pas enclin à insérer dans sa rotation une plante de service qui ne produit pas de revenu direct. Ces systèmes sont donc peu adoptés et, une fois passée la vague d'enthousiasme et de soutien des institutions de développement, ils ne se retrouvent, au mieux, que dans certaines « niches » écologiques ou socio-économiques (forte pression des mauvaises herbes, sols très dégradés ou très fertiles, absence de jachère longue, manque accru de main d'œuvre, ...).

Après un élan de positivisme vers les plantes de couverture et les jachères améliorées, la recherche se tourne à nouveau vers l'utilisation des légumineuses alimentaires en culture associée¹ ou en rotation [SCHULZ *et al.* 2001]. En effet, même si leur potentiel en terme de conservation et d'amélioration du sol reste plus faible, leur adoption est nettement plus aisée. Les légumineuses alimentaires permettent de cibler des zones où la pression foncière n'est pas encore arrivée à un stade trop élevé. Il est important, dès lors, de préserver ces sols d'une dégradation excessive. De plus, en l'absence d'accès aux intrants (herbicides), ces systèmes peuvent représenter un bon moyen de lutte contre les adventices.

2. CULTURE ASSOCIEE ET GESTION DES PLANTES ADVENTICES

L'igname s'intègre encore principalement dans ce qu'il convient d'appeler l'agriculture de subsistance. Dans ces systèmes à faibles intrants, la gestion des adventices se fait d'abord par sarclage manuel. En zone tropicale humide, les sarclages répétés comptent souvent pour plus de 30% de la main d'œuvre nécessaire à la production d'igname [COURSEY 1967; MOODY and EZUMAH 1974; LYONGA 1980; UGWU *et al.* 1998]. Le recours à la jachère de longue durée est un des seuls moyens d'en diminuer le nombre. En culture intensive (Caraïbes, Nouvelle Calédonie, Costa Rica, Brésil, ...), l'utilisation d'herbicides est plus courante. Cependant, les herbicides utilisés actuellement ne sont pas sans danger et, par exemple, depuis 2005 il n'existe plus d'herbicide de post-levée autorisé pour l'igname dans les départements d'Outre-mer français ; le problème risque donc de se faire sentir dans les années à venir.

En général, on explique les baisses de rendement occasionnées par la pression des adventices principalement par une compétition accrue pour les ressources (la lumière, l'eau et les nutriments) [ASSEMAT *et al.* 1995]. Chez l'igname, les pertes peuvent s'élever à plus de 90% si aucun sarclage n'est réalisé pendant les 3 mois suivant la plantation [ONOCHIE 1974].

Les cultures associées sont une pratique couramment citée pour le contrôle des adventices [LIEBMAN and DYCK 1993; BAUMANN *et al.* 2002]. Elle fait partie du paquet technologique appelé par les anglophones « organic weed management technics » [KRISTIANSEN *et al.* 2001]. Ces techniques se basent sur le concept écologique de diversification maximale des contraintes (maximum diversification of disturbance). Le principe est d'augmenter le plus possible les cultures et les pratiques culturales afin d'éparpiller (dans le temps et l'espace) les niches écologiques possibles pour les plantes adventices. Le résultat attendu est une

¹ On parlera ici de cultures associées lorsque plusieurs espèces sont cultivées simultanément sur la même parcelle.

diminution des risques d'apparition d'un nombre limité d'espèces adventices hautement compétitives [BARBERI 2003].

En laissant de côté le phénomène d'allélopathie, la culture associée permet de réduire la densité des mauvaises herbes en jouant sur deux mécanismes à la fois :

1. En limitant la germination des mauvaises herbes : un recouvrement plus rapide et plus homogène du sol permet, pendant la plus grande partie du cycle, d'inhiber la germination des graines d'adventices en jouant sur la qualité de la lumière (la fraction rouge de la lumière favorisant la germination est absorbée par les feuilles)[BALDY and STIGTER 1993; LIEBMAN and DYCK 1993; VARLET-GRANCHEZ *et al.* 1993].
2. En limitant la croissance des mauvaises herbes (« smothering effect »). Une meilleure utilisation des ressources par l'association de cultures diminue leur disponibilité pour les mauvaises herbes[LIEBMAN and DYCK 1993; ASSEMAT *et al.* 1995; BRIDGEMOHAN 1995].

Enfin, il convient de souligner que si la culture associée permet une gestion intégrée efficace des plantes adventices [BRIDGEMOHAN 1995], elle peut aussi rendre l'utilisation d'herbicides difficile (voire impossible) et compliquer le sarclage manuel [HAMMERTON 1984].

Un cas particulier est le système de semis sur couverture végétale. En effet, l'utilisation d'un mulch vivant en association avec une culture permet un contrôle total des plantes adventices [CHIKOYE and EKELEME 1999]. Pratiqué plusieurs années, il peut même diminuer significativement le stock de graines de mauvaises herbes présentes dans le sol (comme le ferait une jachère longue) [CHIKOYE and EKELEME 2001; CHIKOYE *et al.* 2001; CHIKOYE *et al.* 2002]. De même, la culture en relais permet, grâce aux résidus (mulch mort) qu'elle produit, de diminuer drastiquement la germination des plantes adventices [BRIDGEMOHAN 1995].

3. ECOLOGIE DES IGNAME ET CULTURES ASSOCIEES

L'igname a un port grimpant et recouvre incomplètement le sol, aux densités pratiquées dans les systèmes vivriers d'Afrique de l'Ouest (4 à 7000 plants par hectare). Au Nigeria, en fin de culture, le recouvrement était seulement de 75% pour *D. rotundata* (la principale espèce cultivée en Afrique de l'Ouest) contre 93% pour *D. alata* [ORIUWA and ONWUEME 1980]. Cette tendance est confirmée en Côte d'Ivoire où *D. rotundata* présente un taux de recouvrement en fin de cycle de 37 à 67% contre 50 à 88% pour *D. alata* [KONE 1987].

Cela la rend très sensible à la pression des plantes adventices. L'IITA a montré que pour minimiser les pertes dues aux mauvaises herbes, il était nécessaire de réaliser au moins quatre sarclages durant les quatre premiers mois de croissance [IITA 1977].

Pourtant, la surface foliaire par plante peut être très élevée : 4,9 m² pour *D. esculenta* [ENYI 1972a], de 1,1 à 2,5 m² pour *D. rotundata* [ONWUEME 1972, 1974; NJOKU *et al.* 1984] et de 0,8 à 3,1 m² pour *D. alata* selon la taille des semenceaux [ONWUEME 1978a]. De fait, selon les conditions, l'indice de surface foliaire maximal peut varier énormément (tableau 1).

Tableau 1 : Indice de surface foliaire des principales ignames alimentaires dans la littérature.

Auteur(s), année	Pays	Espèce	LAI max.
------------------	------	--------	----------

[SOBULO 1972]	Nigeria	<i>D. rotundata</i>	1,9 à 2,5
[MADUAKOR <i>et al.</i> 1984]	Nigeria	<i>D. rotundata</i>	2,1 à 3,7
[GOODING and HOAD 1967]	Barabade	<i>D. alata</i>	2,7
[CHAPMAN 1965]	Trinidad	<i>D. alata</i>	4
[JIMENEZ and RODRIGUEZ 1992]	Costa Rica	<i>D. trifida</i>	7,2
[GOENAGA and IRIZARRY 1994]	Puerto Rico	<i>D. alata</i>	7,4
[ENYI 1972a]	Sierra Leone	<i>D. esculenta</i>	5 à 8,5

Lorsque l'igname est plantée à forte densité, il est même possible que son association à une autre plante diminue la quantité totale de lumière interceptée par le couvert. Ainsi, l'IITA montre que la radiation transmise, pour une association avec le maïs, était de 21% contre seulement 19% pour l'igname en culture pure [IITA 1995].

Dans ces conditions, le problème (vis-à-vis des plantes adventices) n'est pas d'augmenter la quantité totale de lumière interceptée à maturité, mais bien d'adapter les densités pour hâter le recouvrement total du sol.

L'igname se cultive traditionnellement sur butte ou billon. Ce type de travail du sol remplit plusieurs objectifs :

- la valorisation des sols à roche affleurante,
- la concentration de la fertilité au sein de la butte,
- la création d'un milieu favorable à la tubérisation (sol meuble, bien drainant, ...),
- la facilité de récolte (moindre risque de blessures),
- ...

Dans ces conditions de culture, le système racinaire de l'igname est principalement composé de racines adventives à croissance horizontale assez superficielles [NJOKU *et al.* 1973; OKEZIE *et al.* 1981; ORKWOR *et al.* 1998]. Les racines principales descendent rarement à plus d'un mètre et se concentrent dans les 30 premiers centimètres de la plupart des sols [ONWUEME 1978b].

En cas de périodes plus sèches, le système racinaire superficiel de l'igname peut devenir un handicap et la compétition pour l'eau, entre composantes de l'association, devient critique.

De même, les réponses erratiques de l'igname à la fertilisation minérale pourraient s'expliquer en partie par sa faible compétitivité vis à vis des plantes adventices pour les nutriments, la fertilisation bénéficiant surtout aux mauvaises herbes. Ainsi, Onochie (1974) montre que la fraction de temps nécessaire consacrée aux sarclages en cours de production passe de 28 à 41% si l'igname est fertilisée.

A la question de savoir si l'igname est une plante tolérante à l'ombrage, la littérature apporte peu de réponse. L'origine (peri-)forestière de plusieurs espèces d'ignames ne doit pas faire oublier que son port grimpant lui permet d'atteindre la canopée [MC KEE *et al.* 1998]. Une seule étude a été menée sur l'influence de l'ombrage sur les caractéristiques (pigments photosynthétiques, taille des feuilles, ...) de l'igname (*D. esculenta*) [JOHNSTON and ONWUEME 1998; ONWUEME and JOHNSTON 2000]. Il semble que cette igname tolère modérément l'ombrage, grâce à une augmentation de la taille individuelle des feuilles et, dans une moindre mesure, à l'augmentation de la concentration en chlorophylle foliaire des plants ombragés. L'augmentation de la taille des feuilles ombragées s'observe aussi pour *D. alata* [RODRIGUEZ 1997].

Il existe une grande variabilité de réponse à l'ombrage. Il semble par exemple que *D. alata* soit plus tolérant à un ombrage partiel de 50% (-11 et -35% de rendement respectivement pour *D. alata* et *D. rotundata*) [IITA 1995] (figure 1).

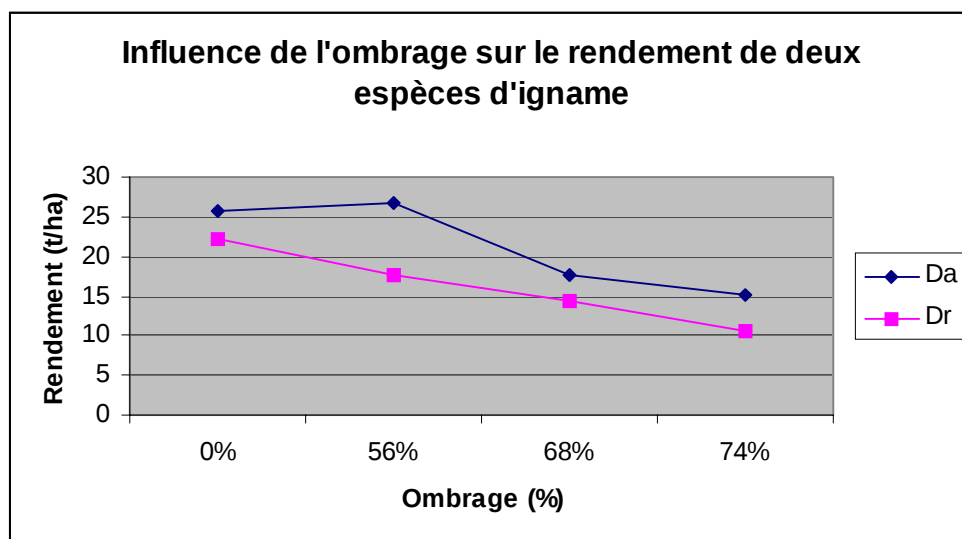


Figure 1 : Sensibilité de deux espèces d'igname à l'ombrage (Da : *D. alata* et Dr : *D. rotundata*) (source : IITA, 1977).

Son développement très lent dans les premiers stades, son cycle long et les très faibles densités pratiquées favorisent l'association de l'igname avec des plantes à cycle plus court et à démarrage rapide. De plus, la première phase de croissance de l'igname est principalement hétérotrophe (tubercule mère de 200 à 1000g selon le génotype et la densité pratiquée) et de ce fait, elle ne concurrence que très faiblement la seconde composante.

4. IMPORTANCE ET DIVERSITE DES CULTURES ASSOCIEES A BASE D'IGNAME

En Afrique de l'Ouest, les ignames sont le plus couramment cultivées en association, parfois avec plus de 5 espèces différentes [COURSEY 1967]. Cependant, l'estimation de l'importance des systèmes de culture associée est relativement difficile et dépend souvent de la définition qui leur est donnée (degré de chevauchement des espèces, complexité, densité critique des composantes secondaires, ...). Ainsi, au Nigeria, Manyong (1998) et Diehl et Winch (1979) montrent que plus de 80% des champs d'ignames sont associés à une ou plusieurs autres composantes (okra, poivrier, maïs, sorgho, mil et niébé principalement) alors que Okigbo et Greenland (1976) relèvent 41 % des surfaces d'ignames sans plantes associées [OKIGBO and GREENLAND 1976; DIEHL and WINCH 1979; MANYONG *et al.* 1998].

La conduite de l'igname en culture pure traduit toujours une orientation de la production vers le commerce [ORKWOR *et al.* 1998]. En culture associée, la majeure partie de la production reste généralement dirigée vers l'autoconsommation. Cependant, depuis quelques années, la part dédiée à la vente semble en nette augmentation [MOUSSAOUI 2002]. Le développement des cultures industrielles (café notamment), l'introduction de nouvelles plantes vivrières (manioc, patate douce) et les pressions de sélection exercées par le commerce ont modifié

l'environnement socio-économique [DUMONT *et al.* 1994]. Même s'il coexiste souvent un grand nombre d'associations culturelles faisant appel à l'igname, deux grands types prédominent : l'igname dans les plantations pérennes et l'igname associée aux cultures vivrières.

En association, les composantes vivrières les plus courantes sont le maïs, l'okra (*Hibiscus esculentus* L.) et diverses cucurbitacées [COURSEY 1967]. On retrouve moins souvent l'arachide, les haricots (*Vigna* spp. et *Phaseolus* spp.), le manioc, le gingembre, le mil, l'ananas, le taro, la tomate, ... [NWEKE 1981; DUMONT *et al.* 1994; MISSAH and PETERS 1998]. Plus récemment, la patate douce est associée à l'igname pour le contrôle des plantes adventices [PRUDENCIO *et al.* 1992].

Dans les trois pays africains principaux producteurs d'ignames (Nigéria, Ghana et Côte d'Ivoire), huit grandes associations à base d'ignames ont été identifiées [PRUDENCIO *et al.* 1992]. Dans la plupart de ces systèmes, l'igname est la composante principale et les densités des autres espèces sont réduites afin de ne pas diminuer sa production [VERNIER 2002a].

A l'inverse, lorsque l'igname est associée à une plantation pérenne de rente (caféier en Côte d'Ivoire, Cocotier en Inde, cacaoyer au Cameroun, ...), sa production passe en second plan.

4.1. La culture « pure » d'ignames

La culture « pure » est le plus souvent une association de plusieurs espèces d'ignames, chaque espèce comprenant, elle-même, plusieurs variétés [DUMONT *et al.* 1994]. Par exemple, CLAIRON (1980) relève en Basse-Terre (Guadeloupe) que 45 % des plantations sont des cultures polyclonales d'ignames [CLAIRON *et al.* 1980]. Et au Bénin, sur environs 70 exploitations enquêtées, on retrouve en moyenne de 4 à 6 variétés par champ (données personnelles).

En Afrique de l'Ouest, il n'est pas rare d'observer, sur une même butte, deux espèces d'ignames différentes (Figure 2).



Figure 2 : Exemple d'association de deux espèces d'ignames sur la même butte (à gauche, *D. alata*/*D. dumetorum* et à droite *D. alata*/*D. rotundata*).

En dehors de la plantation de deux espèces différentes sur une seule butte, il est possible de différencier deux modes de mélange variétal. Au moment de la plantation, l'agriculteur répartit son lot de semences en lignes de buttes de la même variété. Au Bénin, il n'est pas rare de retrouver l'espèce *D. alata* dans les buttes de bordure du champs et *D. rotundata* dans les

lignes. Ce mode de plantation permet de faciliter une plantation échelonnée en fonction des exigences du cultivar et facilite le tri à la récolte. A un autre niveau, le paysan choisit la variété en fonction des conditions écologiques locales (termitières, zone de stagnation, ...). Il est aussi fréquent que l'agriculteur replante une variété au développement plus rapide (comme *D. alata*) dans les buttes qui n'ont pas germé [WAITT 1961].

Le dispositif utilisé et les faibles densités pratiquées diminuent très fortement l'interaction entre buttes. L'avantage lié à la complémentarité vis à vis des ressources (eau, lumière, nutriments) entre géotype est donc assez restreint. En dehors de l'aspect socio-économique, l'avantage de la culture de plusieurs variétés voire de plusieurs espèces d'ignames dans une même parcelle réside principalement dans leur différence de comportement vis à vis des contraintes de production (biotiques ou abiotiques). L'agriculteur minimise les risques de rupture de production en misant sur la production de variétés aux comportements contrastés (tolérances, résistances, exigences, ...).

Mais il n'existe aucune étude permettant de comparer la productivité ou la durabilité entre système monoclonal ou associant plusieurs variétés. La comparaison est d'autant plus difficile que le passage d'un système à l'autre traduit souvent un changement d'objectif de production (commercial) et de niveau d'intensification.

Cependant la culture monoclonale, comme on la pratique en Guadeloupe par exemple, se heurte à de nombreux problèmes, moins aigus en culture polyclonale :

- phytosanitaires (forte pression parasitaire de *Colletotrichum gloeosporoides*, rupture de résistance, ...)
- économiques (difficulté d'étaler la production à partir d'un nombre restreint de variétés, forte variation interannuelle des rendements malgré une intensification de la culture).

Dans ces systèmes, l'association de *D. alata* et de *D. rotundata* (plus tolérant à *C. gloeosporoides*) pourrait, entre autre, aider à lutter contre l'anthracnose, diminuer les risques de rupture de résistance et mieux étaler la production en jouant sur la durée du cycle et la date de plantation.

4.2. La culture en relais

En Afrique de l'Ouest, il est courant de planter le manioc entre les buttes d'igname en fin de saison des pluies. On parle alors de culture en relais². A la récolte de l'igname, le manioc est encore peu développé et la compétition entre les deux composantes est ainsi réduite. Le manioc finit sa croissance en deuxième année.

Au Sud du Nigeria, le mil à chandelle (*Pennisetum glaucum*) et le haricot-igname Africain (*Sphenostylis stenocarpa* (Hochst ex A. Rich) Harms) sont couramment intercalés en relais à la culture de l'igname [DIEHL and WINCH 1979; DIEHL 1982].

Au Bénin, les systèmes gbego et adjiba (en langue fon) introduisent du niébé (*Vigna unguiculata* L. Walp.) ou de la lentille de terre (*Macrotyloma geocarpum* (Harms) Maréchal

² La culture est dite en relais lorsque la période de recouvrement du cycle cultural des composantes associées est courte.

& Baudet) sur les buttes confectionnées en mai-juin de l'année n-1, avant de planter l'igname en année n [VERNIER 2002b].

4.3. La culture intercalaire

La culture intercalaire³ d'ignames est assez marginale en Afrique de l'Ouest où l'on retrouve plus fréquemment la culture en mélange (voire paragraphe suivant). Au Centre Bénin, en zone de bas-fond, il est fréquent d'observer des associations à trois composantes : l'igname, plantée sur des buttes de grandes tailles (< 4000 buttes/ha) est associée à une légumineuse (souvent un haricot) plantée sur le haut de la butte et au riz entre les buttes. Ce système permet de mieux valoriser le travail nécessaire à la confection des grandes buttes (jusqu'à 2 mètres de haut), seul moyen de cultiver l'igname en zone de bas-fond.

Au Bénin, l'association avec du maïs en début de cycle, le plus souvent planté directement sur la butte est relativement courante mais se pratique sur de petites surfaces (Figure 3). La plantation de manioc sur la butte en début de cycle, quoique plus rare, se rencontre aussi au Centre Bénin (figure 4). Dans le nord-ouest, on retrouve parfois l'arachide et le niébé directement associés aux ignames dans le même champ et le plus souvent sur les mêmes buttes [DANSI 2001].

Au Cameroun, on retrouve traditionnellement l'igname associée au voandzou, à l'arachide ou aux haricots (*Vigna* spp. et *Phaseolus* spp.) [DUMONT *et al.* 1994].



Figure 3 : Association igname/maïs au Nord Bénin.

³ La culture associée est dite intercalaire si les composantes sont plantées en lignes alternées.



Figure 4 : Association igname/manioc au Centre Bénin.

4.4. La culture en mélange

La plupart des plantes à racines et tubercules ne sont pas seulement cultivées dans le cadre de systèmes agricoles, mais aussi, et beaucoup, dans celui de systèmes « végécoles »⁴. Plus largement, Okigbo et Greenland (1976) soulignent que la majorité des systèmes de cultures associées traditionnelles en Afrique sont des cultures en mélange⁵. La caractérisation de ces systèmes en vue de leur intensification n'est abordée que très récemment. Et pour cause, leur fonctionnement est complexe, principalement en raison de la multiplicité des espèces et des variétés généralement rassemblées dans des espaces réduits et d'un régime de récolte quasiment continue.

L'igname se retrouve dans de nombreux systèmes végécoles à travers le monde (jardins de cases africains, jardins créoles ou mélanésien, ...). La difficulté d'étudier ces systèmes rend l'estimation de leur importance hasardeuse. En général, dans ces systèmes d'association en mélange complexe, la notion de composante principale devient plus ponctuelle : l'igname se disperse en plusieurs petites zones dans le jardin. Les espèces associées les plus courantes sont celles à multiplication végétative (manioc, aracées, patate douce, banane, canne, ...) [RABOT 1982] (figure 5).

⁴ Végéculture : « Système horticole basé sur la reproduction végétative de plantes à racines et tubercules », Sauer 1969, in *Land and Life*, Berkeley, University of California Press.

⁵ On parle culture en mélange lorsque les composantes sont plantées sans ordre apparent.



Figure 5 : Association en mélange complexe à base d'ignames au Centre Bénin .

4.5. La culture complantée

L'igname est parfois associée aux plantes pérennes. On parle alors de culture complantée⁶. Dans ces systèmes, l'espèce ligneuse, une culture de rente (palmier à huile, cocotier, hévéa, cacao, caféier, bananier, kolatiers (*Cola* spp.), agrumes, ...) a la priorité et l'igname n'est souvent qu'une composante secondaire [AIYELAAGBE *et al.*; COURSEY 1967; MIEGE and LYONGA 1982; DUMONT *et al.* 1994; KAPINGA *et al.* 1998; ORKWOR *et al.* 1998; SUJA *et al.* 2003b]. Cette association est limitée dans le temps, tant que la composante pérenne ne recouvre pas entièrement le sol.

Au Cameroun, l'association de l'igname avec le cacaoyer ou le caféier est fréquente. Dans ces systèmes, la culture de l'igname conserve un caractère itinérant dans la mesure où le champ d'ignames est déplacé à l'intérieur de la culture pérenne, notamment à l'occasion du recépage des caféiers. Les ignames sont parfois tuteurées et le plus souvent, elles s'appuient sur les tiges des mimosées d'ombrage et des caféiers. Dans ce dernier cas, les ignames bénéficient de la fertilisation minérale apportée au caféier [DUMONT *et al.* 1994].

Par contre, en Côte d'Ivoire, la réduction des jachères longues et le changement de politique agricole de ces dernières années ne permettent plus la défriche de nouvelles plantations de caféiers. Et les vieilles plantations sont trop denses pour permettre l'association avec l'igname. Ce système qui tend à se marginaliser (Doumbia, communication personnelle) montre donc ses limites.

En Inde, l'introduction récente de *Dioscorea rotundata* (plus précoce que *D. alata*) permet de réaliser une culture d'igname sous cocotiers [SUJA *et al.* 2003a; SUJA *et al.* 2003b].

⁶ La culture complantée ou culture multiple à plusieurs étages associe des plantes pérennes (étages supérieurs) avec des plantes moins hautes, annuelles ou bisannuelles et à cycle plus court.

4.6. *Le cas particulier du tuteurage*

Même si la pratique du tuteurage à partir de bois récoltés hors de la parcelle tend à décliner en Afrique de l'Ouest, elle reste présente mais d'une façon moins systématique et avec d'autres modalités. Au moment de pratiquer la défriche, il est très courant de laisser les troncs des arbres et arbustes en place (vivants ou morts selon leur utilité) dans le champ afin de servir de tuteur (figure 6).



Figure 6 : Culture d'igname après jachère longue au Nord Bénin.

L'utilisation de supports temporaires permet aux ignames plantées en fin de saison des pluies ou en fin de saison sèche de germer plus rapidement et d'éviter que la jeune tige meure au contact du sol surchauffé avant l'installation des pluies. Plusieurs types de support sont ainsi utilisés.

La rotation céréales/igname se retrouve dans toute la « ceinture » de l'igname. Les tiges de maïs ou de sorgho sont laissées en place après la récolte et les buttes sont confectionnées à leur pied. Ils serviront de support. Les tiges de sorgho pouvant dépasser les deux mètres sont alors cassées en leur milieu afin de créer un « treillis » facilitant le démarrage de l'igname (figure 7).



Figure 7 : Rotation céréale/igname (à gauche : maïs/igname, à droite : sorgho/igname).

Dans la même optique, l'agriculteur utilise le ricin (*Ricinus communis* L.) ou le cotonnier (*Gossypium* spp.).

La plantation de tabac sur les buttes préparées en fin d'année n-1 se retrouve de manière occasionnelle dans certaines régions du Bénin. En année n, après la récolte des feuilles, la tige de tabac est laissée sur la butte afin de servir de tuteur temporaire à la plantule d'igname.

Enfin, au Congo, on observe l'utilisation de *Gliricidia sepium* comme tuteur vivant [OKIGBO and GREENLAND 1976].

5. LES RECHERCHES EN COURS

De 1990 à 1999, plus de 70 études ont été menées sur la culture associée dans les périodiques « Journal of Agricultural Science » et « Experimental Agriculture ». Aucune ne fait référence aux ignames et une seule traite de l'influence du système sur les plantes adventices [CONNOLLY *et al.* 2001].

D'une manière générale, il existe donc, comme pour beaucoup de plantes « orphelines », un déséquilibre entre :

- le constat omniprésent de la pression croissante exercée par les plantes adventices et le peu de tentatives d'y remédier,
- la fréquence des systèmes de cultures associées à base d'igname dans le monde et les tentatives d'intensification ou d'amélioration de ces systèmes (sans même parler de la compréhension des mécanismes qui les régulent).

5.1. *Objectif et dispositif de recherche*

En Afrique de l'Ouest, l'objectif des agriculteurs est de maximiser le rendement par butte plutôt que celui par hectare. La densité de plantation de l'igname est donc relativement faible et fixe pour un génotype donné. La préférence pour les tubercules de grande taille représente un frein à l'amélioration des systèmes de culture à base d'igname. Les tubercules de *D. rotundata* de poids inférieur à 600-1000 g ne se vendent pas comme igname alimentaire. Et sur le marché, on pratique des prix différents selon la taille des tubercules (figure 8). Au Nigeria, les ignames sont mêmes vendues selon leur taille, indépendamment de la variété pour une espèce donnée.

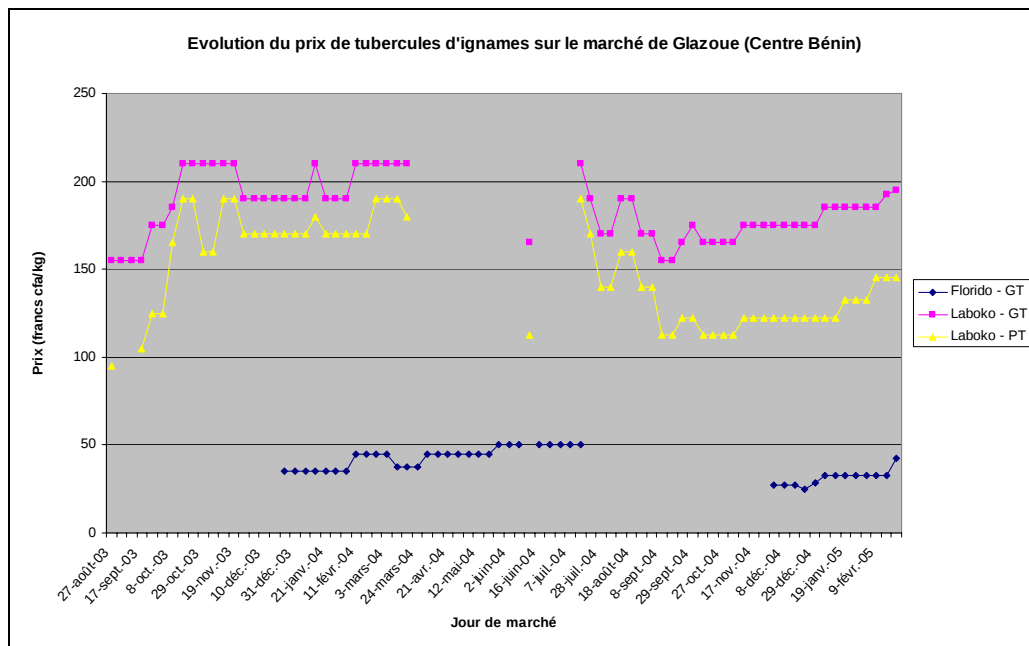


Figure 8 : Evolution du prix sur le marché de Glazoue des tubercules d'ignames en fonction de la variété et la taille des tubercules (Florido : *D. alata* ; Laboko : *D. rotundata* ; GT : tubercules > 1500g ; PT : tubercules entre 600 et 1500g).

Il est nécessaire de prendre en compte cette particularité, notamment dans le choix du dispositif expérimental et de l'indicateur de suivi. Ainsi, en culture associée, l'utilisation courante de dispositif en séries de remplacement risque de masquer l'importance du maintien du rendement par butte au profit d'un rendement surfacique, moins recherché par l'agriculteur. Il est préférable d'utiliser des dispositifs par paires, en séries d'additions ou mixte (figure 9) [CONNOLLY *et al.* 2001].

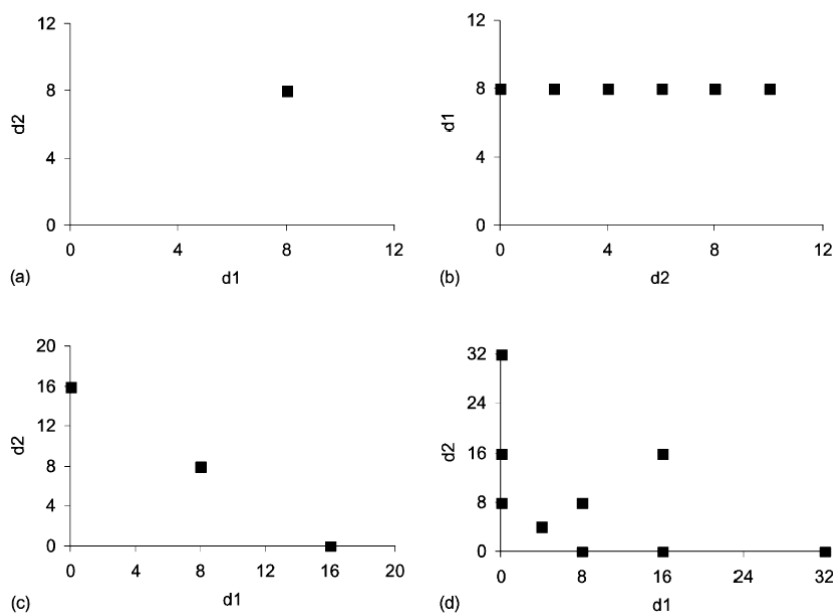


Figure 9 : Représentation de quatre dispositifs expérimentaux communément utilisés dans les expérimentations sur la compétition entre espèces. Les densités des deux composantes sont nommées *d1* et *d2* pour la première et la seconde espèce respectivement. Les dispositifs sont : (a) en paires, (b) en séries d'additions, (c) en séries de remplacement et (d) mixte (« response model design »). (source : CONNOLLY *et al.* 2001).

D'autre part, en fonction du dispositif identifié et des variables explicatives, il est nécessaire de choisir parmi les (trop) nombreux indicateurs celui qui répondra le mieux à la question posée [CONNOLLY *et al.* 2001]. L'indicateur le plus couramment utilisé est le taux de surface équivalent (Land Equivalent Ratio, LER) [WILLEY and OSIRU 1972].

$$LER = \left(\frac{Y_{ij}}{Y_{ii}} \right) + \left(\frac{Y_{ji}}{Y_{jj}} \right), \text{ où :}$$

Y_{ij} et Y_{ji} sont les rendements des composantes i et j en association,
et Y_{ii} et Y_{jj} sont les rendements des composantes i et j en culture pure.

Cet indicateur représente la surface nécessaire en culture pure pour atteindre le même rendement qu'en culture associée. Mais l'utilisation du LER suppose que les proportions récoltées de chaque composante sont celles désirées par l'agriculteur. Or ce n'est pas toujours le cas. Mead et Willey (1980) ont alors proposé l'utilisation d'un indicateur où la proportion récoltée de chaque composante est fixée a priori : le taux de surface équivalente effectif (Effective Land Equivalent Ratio, ELER). Mais fixer une proportion de chaque composante ne permet pas nécessairement d'atteindre la quantité voulue à la récolte.

En pratique et pour des raisons évidentes, beaucoup d'agriculteurs ont d'abord besoin de satisfaire un minimum de rendement de la composante vivrière. C'est pourquoi Reddy et Ramanatha-Chetty (1984) proposent une version modifiée du taux de surface équivalente prenant en compte le rendement minimum toléré de la composante vivrière : le SLER (Staple Land Equivalent Ratio). Le rapport entre ce rendement minimum toléré (Y_i) et le rendement en culture pure (Y_{ii}) est appelé le rendement standardisé.

Il est fréquent que le rendement en association de la composante vivrière (Y_{ij}) soit inférieur à son rendement minimum toléré, lui-même inférieur au rendement en culture pure. Pour atteindre le rendement standardisé, l'agriculteur doit alors réaliser l'association sur une partie de sa parcelle (P_{ij}) et planter l'autre partie (P_{ii}) avec la composante vivrière en culture pure. Ainsi : $P_{ii} \cdot Y_{ii} + P_{ij} \cdot Y_{ij} = Y_i$

L'efficacité du système répondant à l'équation précédente est appelée le « Staple Land Equivalent Ration » :

$$SLER = \left(\frac{Y_i}{Y_{ii}} \right) + P_{ij} \left(\frac{Y_{ji}}{Y_{jj}} \right) = P_{ii} + P_{ij} (LER) = LER - [(LER - 1) (Y_i - Y_{ij}) / (Y_{ii} - Y_{ij})]$$

L'utilité de ces deux indicateurs (ELER et SLER) est discutée par Riley (1985).

5.2. Le tuteurage vivant de l'igname

L'utilisation de *Gliricidia sepium* soit comme tuteur vivant, soit comme source de nutriments a été largement décrite [BUDELMAN 1989, 1991; OTU and AGBOOLA 1994; CARSKY *et al.* 1998; BUDELMAN and DEFOER 2000] et vulgarisée, au Bénin [DOPPLER *et al.* 2000] et en Côte d'Ivoire [KOUAME 2001; KOUAME and KOUAO 2001] (figure 10).

Si les résultats agronomiques sont encourageants, le taux d'adoption reste très faible. Les rares cas d'adoption au Bénin montrent que le paysan adapte les densités à ses objectifs (de

10000 à moins de 1000 pieds par hectare), perdant ainsi la majeure partie du bénéfice en terme de fertilité.



Figure 10 : Tuteurage vivant de l'igname à base de *G. sepium* après émondage au Centre Bénin.

Une meilleure connaissance de l'utilisation du *Gliricidia* dans la gestion des plantes adventices devrait permettre d'adapter le système aux zones fortement infestées en mauvaises herbes et ainsi d'augmenter son taux d'adoption. Ainsi Kouame et Kouao montrent que la jachère améliorée au *Gliricidia* permet de passer de deux à quatre sarclages et de réduire la biomasse des plantes adventices par rapport à une jachère naturelle [KOUAME and KOUAO 2001]. Le *Gliricidia* devrait aider à :

- diminuer la compétition entre igname et mauvaises herbes grâce au tuteurage,
- accélérer le développement des premiers stades de l'igname et ainsi permettre un recouvrement du sol plus rapide [BUDELMAN 1989],
- augmenter l'effet d'ombrage et d'étouffement (grâce au paillage des coupes successives) [KAMARA *et al.* 2000; KOUAME 2001].

L'utilisation de *Leucaena leucocephala* comme tuteur vivant et source de mulch a été étudiée dans le passé par l'IITA [ANON 1984; IITA 1995]. Les recherches à l'IITA sur ce système ont été abandonnées dans les années 80 malgré de bons résultats en terme de rendement. Cependant, le *leucaena* est une plante hôte de plusieurs espèces de nématodes. Leur occurrence et la nécessité d'une coupe régulière du *leucaena* sous peine de voir le rendement de l'igname chuter (-91%) ont du freiner fortement la diffusion du système.

5.3. La culture en relais

Malgré l'importance de l'association igname/manioc en milieu paysan, peu d'études ont été publiées sur cette culture en relais. Asadu montre cependant que le « remodelage » de la butte au moment de la plantation du manioc tend à diminuer le nombre de sarclages nécessaires (de 3 à 1) au cours de la culture d'igname [ASADU 1997].

5.4. Le cas particulier des systèmes de semis sur couverture végétale

En plus des effets directs de la couverture sur les plantes adventices (diminution de la germination, « smothering effect », allélopathie), les SCV ont une action indirecte sur leur développement :

- dans ces systèmes, le recours à un travail minimum du sol permet d'éviter l'exposition directe au soleil des graines de mauvaises herbes et ainsi de réduire leur germination.
- la plus faible variation des températures du sol et la diminution des températures maximales peut ralentir la germination de certaines plantes adventices.

Ces différents effets dépendent fortement de l'importance des résidus ou du couvert vivant (indice de surface du mulch ou fraction solide du volume) [TEASDALE 2003]. Une biomasse faible et hétérogène peut même favoriser l'émergence de plantes adventices. Pour les mulch morts, la qualité de la biomasse influe sur la durée de gestion des mauvaises herbes. Ainsi, une couverture avec un faible ratio C/N se décompose plus rapidement et fournira une couverture moins longtemps.

De la même façon qu'une association culturale peut améliorer le rendement biologique, l'association de plusieurs plantes de couverture présente de nombreux avantages en terme de gestion des mauvaises herbes [TEASDALE 2003].

De nombreux systèmes à base de plante de couverture sont actuellement testés. Sans entrer dans le détail, on peut citer l'utilisation de *Mucuna pruriens* (jachère améliorée), *Pueraria phaseoloides* (mulch mort ou vivant), *Aeschynomene histrix*, *Stylosanthes spp.*, ...

5.5. La culture intercalaire

Durant une vingtaine d'années, l'IITA a mené de nombreux essais sur les cultures associées à base d'igname [IITA 1995]. Les composantes secondaires testées étaient : le maïs, le niébé, l'égusi (nom donné à de nombreuses cucurbitacées⁷), le manioc et la patate douce (en associations simples ou complexes). Plusieurs facteurs ont été étudiés au cours de ces essais : fertilisation, modes de gestion des plantes adventices, ...

Les taux de surfaces équivalentes ont rarement été calculés et l'absence de données de rendement des composantes secondaires ne permet pas de le faire. On peut cependant estimer la baisse de rendement de l'igname occasionnée par l'association, en se basant sur le rapport partiel d'occupation du sol de l'igname (tableau 2 en annexe).

Malgré la grande diversité des objectifs et des itinéraires techniques, on peut dégager quelques conclusions de ces résultats :

- l'association en général et l'utilisation d'égusi ou de patate douce en particulier, permet une meilleure gestion des plantes adventices (1975, 1977),
- l'espèce *D. alata* semble mieux supporter la compétition que *D. rotundata*,
- les associations avec plus de deux composantes ont tendance à diminuer plus fortement le rendement de l'igname (1975, 1976, 1979)
- l'association avec l'égusi (croissance lente) ne concurrence que faiblement l'igname,
- l'association avec la patate douce concurrence fortement l'igname (-28 à -60%) mais son effet est diminué si elle suit l'égusi (-11%) (1977),

⁷ *Citrullus spp.*, *Colocynthis atullus*, *Cucumeropsis edulis*, *Telfaria occidentalis*.

- l'association avec le maïs a une influence très variable sur le rendement de l'igname (de -10 à -76%). Cette variabilité s'explique par la grande diversité de conditions de culture entre les différents essais (densités, dispositif, ...).

Au Cameroun, un essai d'association montre qu'il est économiquement rentable de cultiver l'igname en association avec le maïs ou l'arachide si on diminue la densité de ces dernières [LYONGA 1980]. La fertilisation modérée de ce système est recommandée par l'auteur. Cependant, il ne calcule pas les taux de surfaces équivalentes. Le calcul théorique de ces derniers montre bien un avantage biologique de l'association mais il convient de prendre les résultats avec prudence. En effet, on s'aperçoit que les rapports partiels d'occupation du sol de l'igname sont assez faibles : les systèmes recommandés présentent une réduction moyenne du rendement de l'igname de plus de 40%. On peut se demander si les objectifs du paysan peuvent s'accommoder d'une telle réduction de la composante principale.

Au Nigeria, Odurukwe a évalué l'effet de la densité et de la fertilisation de l'igname dans une culture intercalaire avec le maïs [ODURUKWE 1986]. L'association diminue en moyenne le rendement de l'igname de 29% mais présente un avantage biologique indéniable (LER de 0,98 à 1,6). La fertilisation augmente le rendement biologique de l'association alors qu'aucune différence significative n'est observée en culture pure. L'augmentation de la densité augmente fortement le rendement de l'igname et le LER mais diminue la taille des tubercules. L'auteur préconise d'autres essais en partant d'une densité de 12500 pieds par hectare et d'une fertilisation moyenne.

Toujours au Nigeria, une association igname/maïs montre un net avantage biologique (LER = 1,62) sans réduction du rendement de l'igname en association [ONWUEME 1988]. Il convient cependant de nuancer les résultats de cet essai en précisant qu'il s'agissait de *D. alata* (espèce plus rustique), plantée à forte densité (20.000 pieds par hectare au lieu de 6500 en milieu paysan) et que les rendements étaient relativement faibles quel que soit le système. Cependant, l'avantage biologique de l'association igname/maïs est confirmé pour *D. rotundata* dans un autre essai, avec des LER de 1,75 à 2,15 et sans grande réduction de rendement de l'igname (-3 à -28%) [NDEGWE 1992]. Dans la même expérience, Ndegwe observe que le coût des sarclages augmente légèrement en association (470 Naira pour 450 en culture pure).

Au Nigeria encore, l'association avec le niébé a permis d'augmenter le rendement (+ 25%) de l'igname par rapport au témoin en culture pure. Dans le même essai, l'association avec le maïs et la patate douce diminue le rendement de 47 et 32% respectivement [NJOKU *et al.* 1985].

En Amérique du Sud et dans les Caraïbes, la grosseur du tubercule à la récolte est moins recherchée et les techniques tendent alors à favoriser le rendement surfacique. Dans ces conditions, les densités préconisées sont souvent de l'ordre de 30.000 pieds à l'hectare. A Puerto Rico, dans un essai visant à étudier l'influence de l'association igname/patate douce sur le recouvrement des plantes adventices, Roman *et al.* montrent que le rendement de l'igname n'est pas (ou peu) affecté par l'association alors que celui de la patate douce diminue fortement [ROMAN *et al.* 1991]. Ces résultats, en contradiction avec ceux obtenus par l'IITA, peuvent s'expliquer par des densités plus fortes permettant à l'igname d'être plus compétitive vis à vis de la patate douce. Les taux de surface équivalents restent faibles (1,17 en moyenne) mais les auteurs observent un effet significatif sur le recouvrement par les adventices en année un. En deuxième année, la pression des plantes adventices reste trop faible pour observer des différences.

A Sainte Lucie (Caraïbes), l'association avec le niébé, le haricot (*P. vulgaris*) et le taro (*C. esculenta*) ne diminuait pas significativement le rendement de l'igname. Il semble même y avoir une synergie avec le taro et le haricot planté à faible densité (5 à 10 000 pieds par hectare) [RAO *et al.* 1989]. En augmentant les densités (50.000 pieds/ha) des cultures associées (niébé et haricot), aucune différence significative n'apparaît. Mais le rendement de l'igname baisse cependant de 5 à 15%. En revanche, à Antigua, la culture de niébé en ligne de part et d'autre du billon, réduit très significativement le rendement de l'igname, malgré le tuteurage et l'apport de matière organique. L'auteur suppose que la compétition pour l'eau dans les premiers stades de l'igname est la principale explication à cette baisse de rendement [RAO *et al.* 1989].

Enfin, une étude sur une igname médicinale (*D. floribunda* Mart and Gal) montre que l'association avec une espèce de *Vigna* (*V. unguiculata* L. Walp ou *V. mungo* L.) permet un contrôle significatif des populations de plantes adventices [SINGH *et al.* 1986].

6. AMELIORATION ET SELECTION DE VARIETES ADAPTEES AUX ASSOCIATIONS CULTURALES A BASE D'IGNAMES

Les objectifs d'amélioration et les critères de sélection sont susceptibles de varier selon le type d'association (vivrière ou pérenne) et selon le dispositif pratiqué (intercalaire, en relais, ...). L'accent sera mis dans les prochains paragraphes sur la culture intercalaire de composantes vivrières.

6.1. Pour la composante associée

L'utilisation fréquente des légumineuses alimentaires (niébé, soja, haricots, ...) dans un but de gestion de la fertilité, que ce soit en rotation ou en association, a amené les sélectionneurs à modifier certains critères de sélection. L'IITA s'oriente de plus en plus vers le choix de variétés aptes à préserver le sol. Ces variétés développent une biomasse importante, une nodulation rapide et abondante et un indice de récolte plus faible. De plus, certaines variétés permettent le contrôle de plantes adventices. Le niébé est parfois cité dans la lutte contre *Imperata cylindrica* [CHIKOYE and EKELEME 2001]. Certaines variétés de soja sont utilisées dans la lutte contre *Striga* spp. [ASAFO-ADJEI 2002]. D'autres variétés sont tolérantes aux carences en P et donc cultivables là où une plante de couverture ne l'est pas forcément.

Dans le cas de culture d'igname non tuteurée, Singh *et al.* (1986) suggèrent que la composante associée soit de type rampant plutôt que érigé ou grimpant afin de diminuer la compétition pour la lumière et réduire l'ombrage des plants d'igname [SINGH *et al.* 1986].

Le système racinaire superficiel de l'igname oriente son association avec une composante présentant un enracinement à pivot en profondeur.

6.2. Pour les ignames

Depuis peu, des méthodes participatives d'évaluations variétales (pair-wise comparison test) adaptées aux systèmes de cultures paysans ont déjà été développées et mises en œuvre pour l'évaluation des variétés d'igname (principalement en culture pure). Mais les critères de sélections retenus par les acteurs ne sont pas toujours adaptés à la culture associée [OSIRU and EZUMAH 1991] où on sélectionne plutôt des variétés tolérantes à une compétition accrue pour l'eau et les nutriments principalement. Depuis peu, une réflexion s'initie sur la sélection de caractères propres à la culture associée [Ekanayake and Asiedu 2003].

6.2.1. Facilité à lever la dormance et sensibilité à la photopériode

La maîtrise de la dormance, donc de la germination, permettrait de mieux caler le cycle de l'igname dans le temps et ainsi d'avoir un meilleur contrôle des périodes de croissance contiguës des composantes de l'association. Cela éviterait, entre autre, le chevauchement des périodes critiques vis-à-vis d'une ressource commune.

Cette maîtrise peut être obtenue par des moyens techniques relativement simple (traitement hormonal, conditions de stockage, ...) mais la longueur de la dormance et la facilité avec laquelle on peut la lever semblent être avant tout variétales [CRAUFURD *et al.* 2001].

De même, les génotypes ne répondant pas ou peu au photopériodisme permettent une plus grande latitude de choix dans la date de plantation et ainsi de décaler la tubérisation, si nécessaire.

6.2.2. Vigueur de croissance des jeunes plantes

La compétitivité d'une plante vis-à-vis des mauvaises herbes dépend fortement de sa rapidité à germer et à se développer dans les premiers stades de croissance. Il en va de même vis-à-vis de la composante associée qui exerce le même type de pression sur l'igname, bien que relativement contrôlable dans le temps et dans l'espace.

6.2.3. Système racinaire

En cas de périodes plus sèches, le système racinaire superficiel de l'igname peut devenir un handicap et la compétition pour l'eau entre composantes de l'association devient critique. Même en très petit nombre, les racines profondes sont alors d'une grande importance. La description du système racinaire de l'igname doit encore être affinée mais on peut déjà affirmer que la prise en compte de ce critère dans les programmes d'amélioration peut se révéler indispensable, notamment, pour la tolérance à la sécheresse et indirectement pour la culture intercalaire. Bien entendu, la localisation de la composante associée (sur la butte ou dans le sillon) est aussi très importante.

6.2.4. Indice de surface foliaire et durée de vie foliaire

Comme nous l'avons vu, l'indice de surface foliaire individuel peut être relativement élevé. Certains auteurs recommandent la sélection de variétés présentant un feuillage moins important avec une durée de vie foliaire plus longue [RODRIGUEZ 1997; RODRIGUEZ and LEIHNER 1997]. Ces variétés permettraient en culture associée un meilleur développement de la composante secondaire. Cependant, il est primordial de prendre en compte la densité pratiquée avant de faire le choix de ces variétés afin d'éviter un faible recouvrement du sol et une plus grande sensibilité à l'ombrage. De plus, le rôle de puits temporaires que peuvent avoir les feuilles n'est pas à négliger. L'IITA a montré qu'une défoliation partielle du feuillage (50%) avait un effet très variable selon le génotype : de -53 à +20% et de -38 à -57% de rendement respectivement pour *D. rotundata* et *D. alata* [IITA 1995].

Plusieurs études ont montré une corrélation fortement positive entre la durée de vie foliaire et le rendement [CHAPMAN 1965; ENYI 1973; HAHN and HOZYU 1983; MADUAKOR *et al.* 1984; RODRIGUEZ 1997]. La durée de vie foliaire (LAD) semble être influencée par le génotype [ORKWOR *et al.* 1998] mais aussi par les pratiques culturales [ENYI 1972b; MADUAKOR *et al.* 1984; OSIRU and HAHN 1994]. La culture de l'igname en association est susceptible de hâter la sénescence de l'appareil végétatif [IITA 1976]. La sélection de génotypes présentant un LAD supérieur permettrait de réduire l'impact négatif de l'association pour ce paramètre.

6.2.5. Résistance aux maladies et ravageurs

Peu d'études ont été réalisées sur le sujet, mais il est possible que le microclimat créé par la culture associée soit favorable au développement de certains parasites. Ainsi, certaines espèces traditionnellement associées à l'igname sont sensibles aux nématodes à galles (*Meloidogyne incognita*) [ATU and OGBUJI 1983b]. Il en est de même pour certaines plantes de couverture utilisées en Afrique de l'Ouest [ATU and OGBUJI 1983a].

7.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Très peu d'études ont été réalisées sur les cultures associées à base d'igname. La plupart d'entre elles traitent de cultures intercalaires ou complantées. Malgré leur importance, les travaux traitant de culture en mélange sont plus rares encore et seules deux études ont observé l'influence de l'association sur les populations de plantes adventices. Les résultats semblent pourtant prometteurs.

Toutes les études visent à répondre à la question : « quelle est l'association la plus productive ? », avec des résultats divers, mais aucune ne permet de savoir pourquoi. Cependant dans la plupart des études, l'igname souffre de l'association et son rendement chute significativement. Une meilleure compréhension du type de compétition (eau, nutriments, lumière) mis en jeu et des périodes critiques permettrait une gestion plus efficace du système.

Dans tous les essais, il ressort qu'aux densités communément pratiquées en Afrique de l'Ouest, l'igname n'est pas assez compétitive vis à vis des composantes associées (ou des plantes adventices). Ce qui explique pourquoi les agriculteurs associent souvent les autres composantes à de faibles densités et en suivant un schéma de plantation dispersée. Or, l'igname répond très bien en terme de rendement à une augmentation de densité ou de taille de semence (les deux étant fortement liés). Il semble donc que le principal frein à l'adoption ou à la « bonne » conduite d'association en milieu paysan soit d'ordre socio-économique : nécessité de produire de gros tubercules plutôt qu'un bon rendement par unité de surface.

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant de voir la recherche revenir vers le tuteurage de l'igname en culture intercalaire, seul moyen disponible de diminuer la compétition en l'absence de recours à de plus fortes densités. De plus, dans de nombreux systèmes traditionnels, il semble que le recours à la culture associée permette un tuteurage, même temporaire, de l'igname plantée précocement. Cette fonction de la composante associée est à prendre en compte lors d'essais ultérieurs.

Aucune étude ne porte sur l'identification ou la sélection de critères variétaux spécifiques à la culture associée. C'est pourquoi le travail d'amélioration de ces systèmes ne peut se passer d'une forte interaction entre agronomes et sélectionneurs.

Enfin, la culture de plusieurs variétés d'ignames au sein d'une même parcelle est une particularité des systèmes traditionnels qu'il serait intéressant de mieux étudier et valoriser, notamment en terme de gestion des résistances aux pathogènes et de stabilité de rendement.

8. BIBLIOGRAPHIE

- AIYELAAGBE, I. O. O., S. O. AFOLAYAN, O. O. ODELEYE, L. O. OGUNGBAYIGBE and A. O. OLUFOLAJI. Citrus production in the savannah of western Nigeria : current status and opportunities for research input.
- AKOBUNDU, I. O. Weed interference and control in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). Weed Research, 1981, vol 21, p. 267-72.
- ANON, B. G. E. Yam growers discover innovative solution to wood shortage problem. Ceres, 1984, vol 99, p. 3-4.
- ASADU, C. L. A. The optimum time for yam-mound remoulding for cassava introduction in eastern Nigeria. Trop. Agric. Trin., 1997, vol 74, no 4, p. 308-312.
- ASAFO-ADJEI, B. Communication personnelle, Amélioration du soja. Place: 2002, Published.
- ASSEMAT, L., G. CHAMPROUX and B. NEY. Measuring light interception by weeds in maize crop. In P. CRUZ (ed.) Ecophysiology of tropical intercropping. Paris: INRA, 1995, INRA, p. 109-114.
- ATU, U. G. and R. O. OGBUJI. Effets des plantes de couvertures sur les populations de nématodes à galles. In Plantes-racines tropicales. Douala, Cameroon: 1983a, p. 151-153.
- ATU, U. G. and R. O. OGBUJI. Sensibilité aux nématodes à galles des plantes intercalées avec l'igname au Nigeria. In Plantes-racines tropicales. Douala, Cameroun: 1983b, p. 149-150.
- BALDY, C. and C. J. STIGTER. Agrométéorologie de cultures multiples en régions chaudes. Paris: 1993, INRA, 1-246.
- BARBERI, P. Preventive and cultural methods for weeds management. In R. LABRADA (ed.) Weed management for developing countries. Rome: FAO, 2003, FAO.
- BAUMANN, D. T., L. BASTIAANS and M. J. KROPFF. Intercropping system optimization for yield, quality, and weed suppression combining mechanistic and descriptive models. 2002.
- BEALE, A. J., G. CALDERON, J. CORTES and C. E. ROJAS. Studies on the critical periods of weed competition in yams (*Dioscorea rotundata* poir and *Dioscorea alata*). In L. DEGRAS (ed.) Proceedings of the 7th International Symposium of the ISTRC. Gosier, Guadeloupe: 1985, INRA, p. 269-284.
- BRIDGEMOHAN, P. Intercropping - an ecophysiological approach to integrated weed management. In P. CRUZ (ed.) Ecophysiology of tropical intercropping: 1995, p. 465-470.
- BUDELMAN, A. Effect of the application of the mulch of *Gliricidia sepium* on early development, leaf nutrient contents and tuber yields of water yam (*Dioscorea alata*). Agroforestry Systems, 1989, vol 8, p. 243-256.
- BUDELMAN, A. Woody species in auxiliary roles, Live stakes in yam cultivation 1991, Royal Tropical Institute - Amsterdam, 151.
- BUDELMAN, A. and T. DEFOER. Managing soil fertility in the tropics PLAR and resource flow analysis in practice Case studies from Benin, Ethiopia, Kenya, Mali and Tanzania 2000, 192.
- CARSKY, R., N. WOLO, V. M. MANYONG and G. TIAN. Nutrient balance model for design of sustainable yam cropping systems. In J. M. NGEVE (ed.) Root Crops in the 21st century : proceedings of the 7th triennial symposium of the ISTRC-AB. Cotonou: 1998, p. 198-208.
- CHAPMAN, T. Some investigations into factors limiting yields of the White Lisbon yam (*Dioscorea alata* L.) under Trinidad conditions. Trop. Agric. (Trinidad), 1965, vol 42, no 2, p. 145-51.
- CHIKOYE, D. and F. EKELEME. Response of *Imperata cylindrica* to smothering by different *Mucuna* accessions. In IITA (ed.) Cover crops for natural resource management in West Africa. Ibadan: 1999, p. 62-70.
- CHIKOYE, D. and F. EKELEME. Growth characteristics of ten *Mucuna* Accessions and their effects on the dry matter of *Imperata cylindrica* (L.) Rauesch. Biological Agriculture and Horticulture., 2001, vol 18, p. 191-201.
- CHIKOYE, D., F. EKELEME and E. UDENSI. Congrass suppression by intercropping cover in corn/cassava systems. Weed Science, 2001, vol 49, p. 658-667.
- CHIKOYE, D., V. M. MANYONG, R. J. CARSKY, F. EKELEME, G. GBEHOUNOU and A. AHANCHEDE. Response of speargrass (*Imperata cylindrica*) to cover crops integrated with handweeding and chemical control in maize and cassava. Crop Protection, 2002, vol 21, p. 145-156.
- CIRAD-TERA. Agricultures familiales. In Atelier de travail. Montpellier: 1998, Cirad, p. 72.
- CLAIRON, M., D. NAGOU and M. J. VALONY. L'igname en Basse-Terre, Guadeloupe. In L'igname. Pointe-à-Pitre: 1980, p. 61-71.

- CONNOLLY, J., H. C. GOMA and K. RAHIM. The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2001, vol 87, p. 191-207.
- COURSEY, D. G. (ed.) Yams. An account of the nature, origins, cultivation and utilisation of the useful members of the *dioscoreaceae*. London: 1967, Longmans, Green and Co Ltd, 230 p.
- CRAUFURD, P. Q., R. J. SUMMERFIELD, R. ASIEDU and P. V. VARA PRASAD. Dormancy in Yams. *Experimental Agriculture*, 2001, vol 37, p. 147-181.
- DANSI, A. Savoir-faire paysan relatif aux variétés d'ignames cultivées, *Dioscorea cayenensis* - *Dioscorea rotundata*, au Bénin. Cotonou: FAO, CIRAD, 2001, Rapport de mission, p. 118.
- DIEHL, L. Smallholder farming systems with yam in the southern Guinea savannah of Nigeria. In: 1982.
- DIEHL, L. and F. E. WINCH. Yam based farming systems in the southern Guinea savannah of Nigeria. Ibadan: IITA, 1979, 53.
- DOPPLER, W., V. HOFFMANN and A. FLOQUET. Reports results 1994 : Adoption of Soil Improving and Agroforestry innovations in family farms in Southern Benin. Cotonou, Benin: University of Honenheim - INRAB - UNB/FSA, 2000, Special research programme 308, p. 571-610.
- DUMONT, R., P. HAMON and C. SEIGNOBOS. Les ignames au Cameroun 1994, Cirad, 9-80.
- Ekanayake, I. J. and R. Asiedu. Problems and perspectives of yam-based cropping systems in Africa. *Journal-of-Crop-Production*, 2003, vol 9, no 1/2, p. 531-558.
- EKELEME, E., D. CHIKOYE and I. O. AKOBUNDU. Changes in size and composition of weed communities during planted and natural fallows. *Basic and Applied Ecology*, 2004, vol 5, no 1, p. 25-33.
- ENYI, B. A. The effects of seed size and spacing on growth and yield of lesser yam (*Dioscorea esculenta*). *J. Agric. Sci. Camb.*, 1972a, vol 78, p. 211-225.
- ENYI, B. A. C. Effect of staking, nitrogen and potassium on growth and development in lesser yams : *Dioscorea esculenta*. *Ann. Appl. Biol.*, 1972b, vol 72, p. 211-219.
- ENYI, B. A. C. Growth, development and yield of some tropical root crops. In C. L. A. Leakey (ed.) *Proceedings of the 3rd International Symposium of the ISTRC*. Ibadan, Nigeria: 1973, IITA, p. 87-103.
- FAO. Database. FAO, acceded on www.fao.org.
- GOENAGA, R. and H. IRIZARRY. Accumulation and partitioning of dry matter in water yam. *Agron. J.*, 1994, vol 86, p. 1083-1087.
- GOODING, E. G. B. and R. M. HOAD. Problems of yam cultivation in Barbados. In ISTRC (ed.) *Proceedings of the 1st International Symposium of the ISTRC*. St Augustine, Trinidad and Tobago: 1967, University of the West Indies, p. 137-51.
- HAHN, S. K. and Y. HOZYU. Sweet potato and yams. In *Symposium on Potential productivity of field crops under different environments*. IRRI, Los Banos, Philippines: 1983, p. 319-340.
- HAMMERTON, J. Weed control in small farms systems. In *Proc. 20th C.F.C.S. Annual meeting*. St Croix, USA.: 1984, p. 133-6.
- IITA. Annual Report. Ibadan: IITA, 1976, 86-7.
- IITA. Annual Report. Ibadan: IITA, 1977, 86-7.
- IITA. Yam research at IITA : 1971-1993. Ibadan: IITA, 1995, 38.
- JIMENEZ, J. and W. RODRIGUEZ. Efecto de la poblacion y fertilizacion nitrogenada sobre la produccion y crecimiento del yampi (*Dioscorea trifida*). *Agronomia Costarricense*, 1992, vol 16, no 2, p. 271-8.
- JOHNSTON, M. and I. C. ONWUEME. Effect of shade on photosynthetic pigments in the tropical root crops : yam, taro, tannia, cassava and sweet potato. *Expl Agric.*, 1998, vol 34, p. 301-312.
- KAMARA, A. Y., I. O. AKOBUNDU, D. CHIKOYE and S. C. JUTZI. Selective control of weeds in an arable crop by mulches from some multipurpose trees in Southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems*, 2000, vol 50, no 1, p. 17-26.
- KAPINGA, R., N. M. WANYERA, R. ASIEDU, B. CHIRIMI and S. KAARE. Yams in the Tanzanian food and farming systems: implications for research and development. In M. AKORODA and J. M. NGEVE (eds.), *Root Crops in the 21st century*. *Proceedings of the 7th triennial International Symposium of the ISTRC-AB*. Cotonou, Benin: 1998, p. 230-236.
- KNUTH, R. *Dioscoreaceae*. *Pflanzenreich*, 1924, vol 87, No IV, no 43, p. 1-278.
- KONE, D. (1987). Influence des facteurs climatiques sur le comportement au champ de deux cultivars d'Igname: *Dioscorea cayenensis-rotundata* cv krenglé et *Dioscorea alata* cv Florido. Montpellier, 1-31 p.
- KOUAME, K. J. Stabilisation de la culture de l'igname en zones de forêts dégradées. In *Atelier national sur le développement durable de la production et de la consommation de l'igname en Côte d'Ivoire*. Abidjan: 2001, p. 147-152.
- KOUAME, K. J. and B. KOUAO. Rôle de la jachère améliorée à légumineuses arbustives dans la stabilisation de la culture d'ignames en zone de forêts dégradées. In *Atelier national sur le développement durable de la production et de la consommation de l'igname en Côte d'Ivoire*. Abidjan: 2001, p. 117-122.

- KRISTIANSEN, P., B. SINDEL and R. JESSOP. The importance of diversity in organic weed management. In RIRDC (ed.) The organic challenge : unity through diversity. RIRDC's inaugural national organics conference. Darling Harbour, Sydney: 2001, p. 188-198.
- LIEBMAN, M. and E. DYCK. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecological Applications, 1993, vol 3, no 1, p. 92-122.
- LYONGA, S. N. Aspects économiques de la culture de l'igname au Cameroun. In E. R. TERRY, K. A. ODURO and F. CAVENESS (eds.), Plantes-racines tropicales : stratégies de recherches pour les années 1980, compte rendu du premier symposium triennal sur les plantes-racines de l'ISTR-AB. Ibadan, Nigeria: 1980, IITA, p. 219-224.
- MADUAKOR, H. O., R. LAL and O. A. OPARA-NADI. Effects of methods of seedbed preparation and mulching on the growth and yield of white yam (*Dioscorea rotundata*) on an Ultisol in south-east Nigeria. Field Crops Research, 1984, vol 9, p. 119-130.
- MANYONG, V. M., R. ASIEDU and G. O. OLANIYAN. Farmers' perceptions of, and actions on, resource management constraints, in yam based systems of western Nigeria. In M. AKORODA and J. M. NGEVE (eds.), Root Crops in the 21st century. Proceedings of the 7th triennial International Symposium of the ISTR-AB. Cotonou, Benin: 1998, p. 156-67.
- MANYONG, V. M., J. SMITH, G. K. WEBER, S. S. JAGTAP and B. OYEWOLE. Macrocharacterization of agricultural systems in West Africa: an overview. Place: 1996, Published, 1-67.
- MC KEE, D., B. DIGIUSTO, L. PASCAL, M. ELIAS and E. DOUNIAS. Stratégies de croissance et de défense anti-herbivore des ignames sauvages : leçons pour l'agronomie. In J. BERTHAUD, N. BRICAS and J.-L. MARCHAND (eds.), L'igname, plante séculaire et culture d'avenir. Actes du séminaire international Cirad-Inra-Orstom-Coraf. 3-6 juin 1997, Montpellier, France: 1998, CIRAD, p. 181-188.
- MEAD, R. and R. W. WILLEY. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture, 1980, vol 16, p. 217-228.
- MIEGE, J. and S. N. LYONGA. Yams. In J. MIEGE and S. N. LYONGA (eds.): 1982, Oxford Science Publication, p. 411.
- MISSAH, A. and J. PETERS. Plant parasitic nematodes associated with soils, intercrops and tubers of yam in Ghana. In M. AKORODA and J. M. NGEVE (eds.), Root Crops in the 21st century. Proceedings of the 7th triennial International Symposium of the ISTR-AB. Cotonou, Benin: 1998, p. 639-644.
- MOODY, K. and H. C. EZUMAH. Weed control in major tropical root and tuber crops - a review. PANS, 1974, vol 20, no 3, p. 292-99.
- MOUSSAOUI, N. (2002). La consommation et les critères de qualité des ignames au Bénin et au Nigeria. DESS, Université Montpellier II, Montpellier, 53 p.
- NDEGWE, N. A. Economic returns from yam/maize intercrops with various stake densities in a high-rainfall area. Trop. Agric. Trin., 1992, vol 69, no 2, p. 171-175.
- NJOKU, B. O., M. C. IGBOKWE and A. C. OHIRI. Observations on Nitrogen Leaching Losses in Yam Intercropping System. In Nitrogen management in farming systems in humid and subhumid tropics. Ibadan: 1985, p. 215-221.
- NJOKU, E., F. I. O. NWOKE and S. N. C. OKONKWO. Pattern of growth and development in *Dioscorea rotundata* Poir. Trop. Agric. (Trinidad), 1984, vol 69, no 4, p. 329-332.
- NJOKU, J. E., C. OYOLU, S. N. C. OKONKWO and F. I. O. NWOKE. The pattern of growth and development in *Dioscorea rotundata* Poir. In C. L. A. Leakey (ed.) Proceedings of the 3rd International Symposium of the ISTRC. Ibadan, Nigeria: 1973, IITA, p. 1-6.
- NWEKE, F. I. Smallholder system of southeastern Nigeria : A "diagnostic" study. Agricultural Systems, 1981, vol 7, no 4, p. 267-88.
- ODURUKWE, S. O. Yam-maize intercropping investigations in Nigeria. Trop. Agric. Trin., 1986, vol 63, no 1, p. 17-21.
- OKEZIE, C. E. A., S. N. C. OKONKWO and F. I. O. NWOKE. Growth pattern and growth analysis of the white Guinea yam raised from seed. In F. CAVENESS (ed.) Tropical Root Crops Research Strategies for the 1980s. Proceedings First Triennial Symposim of International Society of Tropical Root Crops -Africa Branch. Ibadan, Nigeria: 1981, p. 180-94.
- OKIGBO, B. N. and D. J. GREENLAND. Intercropping systems in tropical Africa. IITA Reprint Series, Multiple Cropping, 1976, vol 96, p. 63-100.
- OLOJEDE, A. O., A. C. OHIRI and G. O. CHUKWU. Evaluation of new fertilizer formulations for seed yam production using miniset technique in yam/cassava/maize/melon intercrop in a highly degraded tropical rain forest soil of southeastern Nigeria. In M. AKORODA and J. M. NGEVE (eds.), Root Crops in the 21st century. Proceedings of the 7th triennial International Symposium of the ISTR-AB. Cotonou, Benin: 1998, p. 224-229.
- ONOCHIE, B. E. Critical period for weed control in yam plots. Nigerian Agricultural Journal, 1974, vol 11, p. 13-6.

- ONWUEME, I. C. Influence of weight of the planted tuber on the vegetative performance of white yam (*Dioscorea rotundata*, Poir) plants. Nigerian Agricultural Journal, 1972, vol 9, p. 170-3.
- ONWUEME, I. C. Leaf area development in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir) as affected by kinetin treatment. Niger. Agric. J., 1974, vol 11, no 3, p. 17-22.
- ONWUEME, I. C. Sett weight effects on time of tuber formation and on tuber yield characteristics in water yam (*Dioscorea alata* L.). J. Agric. Sci., 1978a, vol 91, p. 317-9.
- ONWUEME, I. C. The tropical tuber crops : yams, cassava, sweet potato, cocoyams 1978b, John Wiley and sons.
- ONWUEME, I. C. The performance of maize/yam intercrop grown with reduced labour input, using herbicidal weed control and no stakes. VIIth symposium of the ISTRC proceedings. Place: 1988, Published.
- ONWUEME, I. C. and M. JOHNSTON. Influence of shade on stomata density, leaf size and other leaf characteristics in the major tropical root crops, tania, sweet potato, yam, cassava and taro. Expl. Agric., 2000, vol 36, p. 509-516.
- ORIUWA, L. O. and I. C. ONWUEME. Determining the optimum spacing and set weight for growing yam (*Dioscorea* spp.) without stakes. Quarterly journal of International Agriculture, 1980, vol 19, p. 5-24.
- ORKWOR, G. C., R. ASIEDU and I. J. EKANAYAKE. Food Yams Advances in Research. Ibadan: 1998, IITA, Nigeria, 1-249.
- OSIRU, D. S. O. and H. C. EZUMAH. Genotype evaluation for intercropping systems. In F. OFORI and S. K. HAHN (eds.), Tropical root crops in a developing economy, proceedings of the 9th ISTRC. Accra, Ghana: 1991, ISTRC, p. 62-71.
- OSIRU, D. S. O. and S. K. HAHN. Effects of mulching materials on the growth, development and yield of white yam. African Crop Science Journal, 1994, vol 2, no 2, p. 153-60.
- OTU, O. I. and A. A. AGBOOLA. The suitability of *Gliricidia sepium* in-situ live stake on the yield and performance of white yam (*Diocorea rotundata*). In Proceedings of the 9 th symposium of ISTRC. Accra: 1994, p. 360-366.
- PRUDENCIO, C. Y., G. C. ORKWOR and A. F. K. KISSIEDU. The relationships between cassava variety set characteristics, farmers food security objectives, environmental and socio-economic conditions in Africa. Agriculture systems, 1992, vol 39, p. 387-408.
- RABOT, C. (1982). Les jardins vivriers d'une petite région de la Guadeloupe : approche agro-écologique des associations végétales. Mémoire de fin d'étude, ENITA, Dijon, 106 p.
- RAO, M. M., C. GEORGE and B. CLARKE. Increasing the production of yam in the eastern caribbean : a review of research under FSR/D project. Kingstown, St. Vincent and The Grenadines: CARDI, 1989, 20.
- REDDY, M. N. and C. K. RAMANATHA CHETTY. Staple land equivalent ratio for assessing yield advantage from intercropping. Experimental Agriculture, 1984, vol 20, p. 171-177.
- RILEY, J. Examination of the staple and effective land equivalent ratios. Expl Agric., 1985, vol 21, p. 369-376.
- RODRIGUEZ, W. M. Crop physiology of the greater yam (*Dioscorea alata* L.). Place: 1997, Published, 151.
- RODRIGUEZ, W. M. and D. E. LEIHNER. Growth rates and dry matter partitioning during different phenological growth stages of greater yam (*Dioscorea alata* L.). In J. BERTHAUD, N. BRICAS and J.-L. MARCHAND (eds.), L'igname plante séculaire et culture d'avenir, Actes du séminaire international. Montpellier: 1997, p. 247-249.
- ROMAN, F. M., A. BEALE and H. IRIZARRY. Efecto de cultivos intercalados en el control de malezas y la produccion de name y batata. J. Agric. Univ. P.R., 1991, vol 75, no 1, p. 11-18.
- SCHULZ, S., R. CARSKY and S. A. TARAWALI. Herbaceous Legumes : The Panacea for West African Soil Fertility Problems ? In G. TIAN, F. ISHIDA and D. KEATINGE (eds.), Sustaining soil Fertility in West Africa. USA: 2001, SSSA (Soil Science Society of America and American society of Agronomy), Special Publication, p. 179-196.
- SINGH, A., M. SINGH and D. V. SINGH. The successful use of intercropping for weed management in medicinal yam (*Dioscorea floribunda* Mart and Gal). Tropical pest management, 1986, vol 32, no 2, p. 105-107.
- SOBULO, R. A. Studies on white Yam (*Dioscorea rotundata*) I- Growth analysis. Expl. Agric., 1972, vol 8, p. 99-106.
- SUJA, G., V. M. NAIR, P. SARASWATHY and R. PUSHPAKUMARI. Plant population and sett size effects on white yam (*Dioscorea rotundata* Poir.) intercropped in coconut gardens. Trop. Agric. Trin., 2003a, vol 80, no 3, p. 157-162.
- SUJA, G., V. M. NAIR and J. SREEKUMAR. Influence of organic manures, nitrogen and potassium on nutrient uptake and nutrient-use efficiency of white yam (*Dioscorea rotundata*) intercropped in coconut (*Cocos nucifera*) garden. Indian Journal of Agronomy, 2003b, vol 48, no 3, p. 168-171.
- TEASDALE, J. R. Principles and practices of using cover crops in weed management systems. In R. LABRADA (ed.) Weed management for developing countries. Rome: 2003, FAO.

- UGWU, B. O., T. O. EZULIKE, G. C. ORKWOR and E. C. NWAUZOR. Comparative analysis of costs and returns in dry and wet season planted yams in Benue. In J. M. NGEVE (ed.) Root Crops in the 21st Century : Proceedings of the 7th Triennial Symposium of the ISTRC-AB. Cotonou: 1998, p. 167-173.
- UNAMMA, R. P. A. and I. O. AKOBUNDU. Effects of tropical weeds on yield in white yam (*Dioscorea rotundata* Poir). Weed Research, 1989, vol 29, p. 1-6.
- VARLET-GRANCHEZ, C., R. BONHOMME and H. SINOQUET. Crop structure and light microclimate : characterization and applications. Paris: INRA, 1993, INRA, 518.
- VERNIER, P. Enquêtes sur les systèmes de culture à base d'igname dans le département du Borgou et du Zou, Bénin, Campagne 1997-1998. CIRAD-IITA, 2002a, Document de travail, p. 76.
- VERNIER, P. Système Gbego des Fons de la région de Djidja (Bénin). P. Communication. Place: 2002b, Published.
- WAITT, A. W. Review of yam research in Nigeria 1920-1961. Place: 1961, Published, 1-18.
- WILLEY, R. W. and D. S. O. OSIRU. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. Journal of Agricultural Science, 1972, vol 79, p. 519-529.

9. ANNEXE

Tableau 2 : Baisse de rendement moyenne de l'igname en association.

Auteur	Année	Type d'essais	Intercalaire Maïs	Intercalaire Niébé	Couverture Egusi	Couverture Patate-douce	Commentaires
[IITA 1995]	1975	Amélioration	-20 %				D. alata
	1975	Système de culture	-49 %	érigé : -53 % rampant : -48%			Igname/maïs/egusi/niébé => -45 %
	1976	Système de culture	-34 %	érigé : -16 % rampant : -46%			Igname/maïs/egusi/niébé => -59 %
	1976 ⁸	Gestion des mauvaises herbes	-35 % [-43% à -32%]		-22 %	-28 %	Igname/maïs et manioc en relais => -34 % ; [-40% à -21%] Igname/egusi puis patate douce => - 11% Igname/egusi et/ou patate douce/maïs => - 36% Igname/egusi et/ou patate douce/maïs et manioc en relais => - 38%
	1976	Système de culture	-65 % (25000 pl/ha)			-64 % (17000 pl/ha)	D. rotundata (5.000 pieds/ha) Seule l'association avec la patate douce donne un LER > 1 (1,04) !! Igname/manioc => -53% de rdt d'igname
	1978 ⁸	Gestion des mauvaises herbes			-18 %	-28 %	Igname/egusi puis patate douce => - 11%
	1979 ⁸	Gestion des mauvaises herbes	- 43% [-76% à -10%]		-25 à -57 %	-49 à -65 %	Igname/maïs et manioc en relais => -49 % ; [-11% à -81%] Igname/egusi puis patate douce => -18 % Igname/egusi et/ou patate douce/maïs => - 48 % Igname/egusi et/ou patate douce/maïs et manioc en relais => - 50%
[IITA 1977]		Gestion des mauvaises herbes	-25% (30000 pl/ha)		Avec maïs	Avec maïs	D. rotundata (10000) 34% de biomasse adventice en mois si associé au maïs
[NJOKU <i>et al.</i> 1985]		Lessivage N	-47 %	+ 25%		-22 %	D. rotundata L'association diminue les pertes par lessivage en azote
[LYONGA 1980] ⁹		Agro-économie Fertilisation	-46 %				D. rotundata Igname/arachide => -30% La fertilisation renforce l'avantage de l'association (tendance)

⁸ Baisse de rendement calculée sur la moyenne des traitements en association par rapport au meilleur traitement en culture pure, hors témoins sans mauvaises herbes.

⁹ Baisse de rendement calculée sur la moyenne des meilleurs traitements en association par rapport au meilleur traitement en culture pure.

[ONWUEME 1988]	Gestion des mauvaises herbes	+8 %				<i>D. alata</i> à 20.000 pieds/ha LER = 1,62 !
[OLOJEDE <i>et al.</i> 1998]	Mini-fragment Fertilisation					<i>D. rotundata</i> sans témoin en culture pure Igname/egusi//maïs/manioc => bonne réponse à la fertilisation
[NDEGWE 1992]	Agro-économie Tuteurage	-4 % sans tuteur -3 à -28% tuteuré				<i>D. rotundata</i> LER de 1,75 à 2,15
[ODURUKWE 1986]	Densité x Fertilisation	-29 %				<i>D. rotundata</i> LER de 1 à 1,6
[ROMAN <i>et al.</i> 1991]	Gestion des mauvaises herbes et date de plantation				-39 à +6% -53 à +2 %	<i>D. rotundata</i> Association supprime les adventices pour une des 2 années La date de plantation joue sur la pression des adventices