

## Amélioration du système de culture du Macabo, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun)

Jean-Luc Schafer

### Quelques définitions

Surface Agricole Cultivée (SAC) = surfaces cultivées + surfaces en jachère + raphiale.

Unité Travailleur Humain (UTH) : unité de travail correspondant à 200 jours par an dans le contexte.

Parcelle culturale : parcelle d'un seul tenant, caractérisée par les mêmes espèces, le même itinéraire technique, souvent partie d'une parcelle d'usage gérée par la même unité de décision de l'exploitation, mari, épouse, parenté...

LER : *Land Equivalent Ratio* ou Coefficient de rendement équivalent défini comme la surface relative nécessaire à la production en cultures pures de ce qui a été obtenu en cultures associées.

UBT : Unité de bovin tropical : animal de référence adulte de 250 kg de poids vif.

J.-L. Schafer : Institut national polytechnique Félix-Houphouët-Boigny, École supérieure d'agronomie, BP 277 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

Tiré à part : J.-L. Schafer

À Cameroun, les aracées cultivées regroupent deux genres différents : le taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, et surtout le macabo, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. Souvent confondues sous le terme générique de taro, les aracées sont largement cultivées au Cameroun, depuis les hauts plateaux de l'Ouest jusqu'aux basses terres forestières du Centre-Sud. En 1988, la production nationale était estimée à 232 680 tonnes dont 18,5 % pour la province de l'Ouest, plaçant ainsi les aracées au deuxième rang (derrière le manioc) avec 14 % du total de la production de tubercules et de racines amyliacées [1]. Le macabo est bien adapté au contexte pédo-climatique d'altitude de la région ouest où il est relativement à l'abri de la pourriture racinaire causée par *Pythium myriotylum*, qui ravage depuis 15 ans les plantations de basse altitude [2]. Il constitue un aliment de base des populations du fait de sa rusticité, de sa productivité [3], de sa richesse en principes nutritifs (tableau 1) permettant de couvrir la quasi-totalité des besoins énergétiques et jusqu'à 60 % des besoins protéiques d'un adulte [4] et de ses qualités organoleptiques [5]. La plante adulte se présente sous la forme d'une tige courte et large, portant un bouquet de 7 à 8 grandes feuilles alternes, constituées d'un long pétiole (jusqu'à 1 m de long) engainé à sa base et d'un limbe épais, de couleur vert luisant à la forme

sagittée-ovale caractéristique, la différenciant du taro. À maturité, les feuilles sont très réduites et la partie souterraine (figure 1) est constituée d'un rhizome (ou corme) d'où partent de nombreuses racines et des tubercules secondaires (ou fils) qui sont issus des zones méristématiques des entre-nœuds [2] et qui peuvent aussi évoluer en rejets (ou repousses).

On admet [6] qu'il existe au Cameroun trois principales variétés cultivées de Macabo qui se distinguent par la couleur du tubercule et de la feuille et qui sont par ordre d'importance décroissante :

- la variété blanche, productive et aux tubercules tendres ;
- la variété rouge peu productive, aux tubercules durs réservés à des plats spéciaux ;
- la variété jaune de productivité presque nulle, qui pourrait appartenir à une espèce différente, *X. atrovirens* [6].

Après un cycle cultural de 9 à 10 mois (figure 2) suffisamment humide (1 500-2 000 mm), on récolte les tubercules-fils (de 25 g à 250 g) pour consommation immédiate ou différée après un stockage délicat, limité à 2 mois [4]. Le tubercule principal (*mammy* des Anglo-Saxons) est souvent réservé à la semence car il est très fibreux. Les jeunes feuilles encore enroulées (*namofouhy* en bamiléké) sont riches en protéines (12-15 % de la MS [7]) et sont également appréciées. La production non autoconsommée est vendue localement à des prix supérieurs à ceux du manioc.

**Tableau 1**

**Valeurs alimentaires moyennes de différentes racines et tubercules cultivés au Cameroun (d'après Treche et Guion [4])**

| Espèces                                      | Valeurs en pourcentage de la matière brute |           |                 |                  |         |                    |
|--|--|-----------|-----------------|------------------|---------|--------------------|
|  | Matière sèche (%)                          | Cellulose | Glucides totaux | Protéines brutes | Lipides | Matières minérales |
| <i>Xanthosoma sagittifolium</i> (macabo)     | 39,4                                       | 1,60      | 33,77           | 2,09             | 0,10    | 1,06               |
| <i>Dioscorea cayenensis</i> (igname jaune)   | 23,5                                       | 1,22      | 18,66           | 1,83             | 0,03    | 0,66               |
| <i>Dioscorea rotundata</i> (igname blanc)    | 35,9                                       | 1,35      | 29,48           | 2,29             | 0,09    | 0,90               |
| <i>Dioscorea dumetorum</i> (igname trifolié) | 21,5                                       | 1,87      | 15,82           | 1,99             | 0,06    | 0,79               |
| <i>Manihot utilissima</i> (manioc)           | 39,0                                       | 3,39      | 33,58           | 0,43             | 0,39    | 1,21               |
| <i>Ipomea batatas</i> (patate douce)         | 32,5                                       | 1,07      | 27,79           | 1,49             | 0,17    | 1,98               |
| <i>Solanum tuberosum</i> (pomme de terre)    | 25,0                                       | 0,70      | 21,00           | 2,10             | 0,20    | 1,00               |

**Mean food values of tuber and arrowroot crops grown in Cameroon**

## Des systèmes de culture intensifs et diversifiés

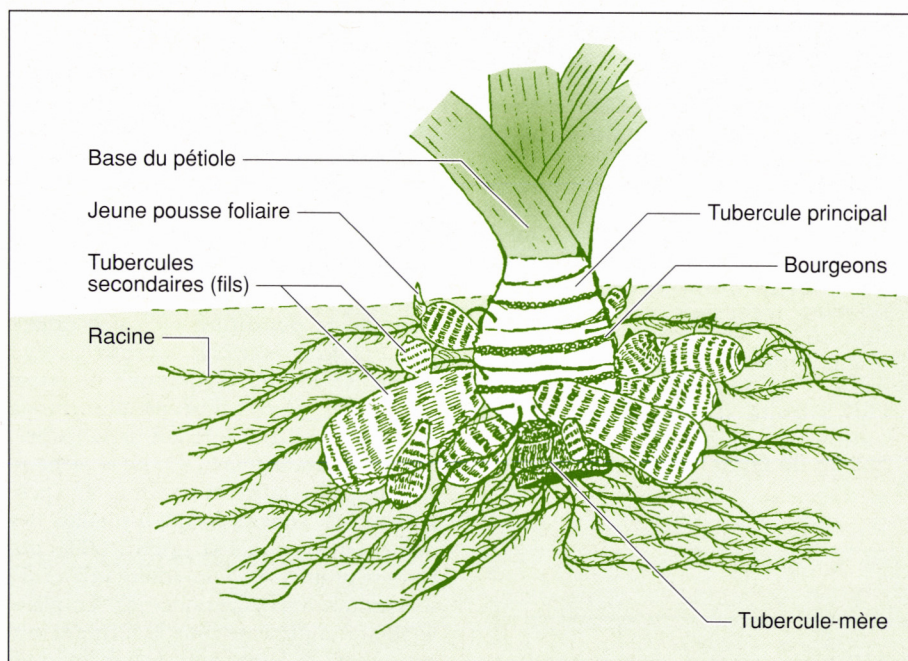
Les essais ont été conduits dans le cadre d'une opération de recherche/développement mise en œuvre par le Centre universitaire de Dschang à Bafou (figure 3), qui est l'une des plus importantes chefferies du pays bamiléké, caractérisée par sa densité démographique (300 hab./km<sup>2</sup>), l'intensité et la diversité de ses systèmes de culture. Étagée du sud au nord entre 1 450 et 2 700 m d'altitude sur 160 km<sup>2</sup> de collines cristallines puis basaltiques, Bafou compte environ 5 000 petites exploitations familiales, disséminées dans un paysage bocager typique et organisées en un système agraire complexe et largement marchand [8, 9]. La pluviométrie annuelle moyenne est de 2 000 mm dont 95 % tombent de mars à octobre. L'exploitation moyenne est petite, avec une forte intensité de main-d'œuvre et parcellisée (1,8 ha de SAC, 4,5 UTH/ha de 15 à 30 parcelles culturales, de 4 à 6 ares [10]). Limitée par un réseau dense de haies vives, elle peut inclure jusqu'à cinq systèmes de culture complexes (entre 6

et 15 espèces présentes en même temps) et performants (LER variant entre 1,5 et 1,9 [11]). L'élevage fami-

lial (volailles, petits ruminants, porcs) y est également dense et représente une charge moyenne de 0,86 UBT par ha de SAC [10]. Les logiques paysannes de mise en valeur et de gestion de ce milieu contrasté et riche s'expriment à travers cinq systèmes de culture associés principaux :

1. la caféière Arabica ombragée (fruitiers et bananiers + vivriers) ;
2. le champ vivrier de maïs associé (maïs, haricot, aracées, igname, pomme de terre, courge, etc.) ;
3. le champ d'arachide associé sur sol pauvre (avec jachère de 2 à 3 ans) ;
4. le champ maraîcher pur (chou, pomme de terre, carotte, poireau, oignon, etc.) ;
5. la raphiale (*Raphia humilis* pur) colonisant les bas-fonds.

Le mari, chef d'exploitation, et ses femmes (2 en moyenne) constituent des unités de décision interdépendantes où l'homme assure la gestion directe de la caféière, des arbres fruitiers, de la raphiale et des cultures maraîchères intensives et la femme celle des vivriers associés au café ou non et de ses propres cultures maraîchères. Les engrais, introduits vers les années 50, ont été un facteur clé du développement de la caféiculture Arabica, puis des cultures vivrières et maraî-



**Figure 1.** Morphologie de l'appareil souterrain de *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott à maturité.

**Figure 1.** Morphology of the underground part of a mature *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott plant.

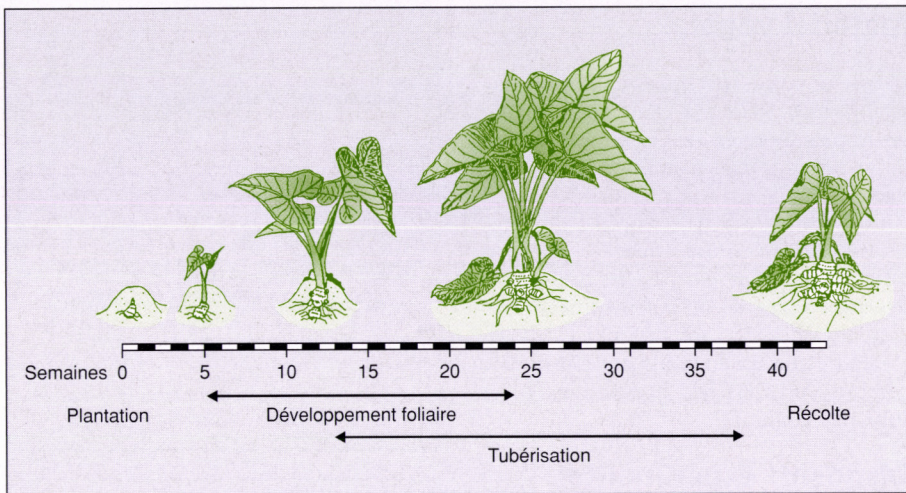


Figure 2. Cycle culturel du macabo *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott.

Figure 2. Growth cycle of tannia, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott.

chères. Face au déficit croissant en terres (90 % de la surface agricole utilisable est cultivée) et à la disparition de l'élevage porcin (due à la peste porcine), le recours aux engrais, largement subventionnés jusqu'en 1992, a pallié l'abandon des pratiques traditionnelles de conservation de la fertilité des sols (jachère, fumier de porc). En 1991, la jachère ne représentait plus que 7 % des superficies cultivables et l'élevage porcin ne concernait plus que 42 % des exploitations contre 86 % en 1980 [12]. Le recours à la fertilisation minérale, considérable pour l'Afrique (de 200 à 500 kg d'engrais par hectare et par an [11-13]), est devenu quasi obligatoire pour assurer le maintien des rendements des cultures vivrières sans toutefois permettre de rétablir la fertilité de tous les systèmes de culture de l'exploitation.

## Le macabo, une culture du terroir en déclin prononcé

Le macabo (*macaba* en bafou) est cultivé plus fréquemment par les femmes que le taro (rapport de 2 à 1 selon nos observations) et il produit de 1,5 à 2 fois plus [5, 11]. La production d'aracées est concentrée pour 80 % dans les systèmes (1) et (2) où elle représente la deuxième source d'énergie (20 à 26 % des cal. produites/ha) et la deuxième

source de protéines (16 à 20 % des protéines/ha), derrière le maïs mais devant la banane et le haricot [11]. Trois situations culturales, en peuplement presque pur, sont particulièrement réservées à cette culture réputée exigeante : les zones d'écobuage au fort potentiel productif mais assez éphémère [14], les champs en lisière de raphiale, terroir riche, ombragé, bien alimenté en eau et le jardin de case bénéficiant d'apports réguliers de matières organiques et minérales. Des enquêtes conduites en 1977 et en 1980-1981 par le Projet de développement rural des hauts plateaux de l'Ouest [15, 16] indiquaient que les rendements moyens des aracées étaient de 3,5 t.ha<sup>-1</sup> en système associé et de 7,5 t.ha<sup>-1</sup> en culture pure. Une enquête parcelle fine, menée à Bafou en 1985 sur 289 parcelles [11], estimait la fourchette du rendement moyen du macabo entre 1,2 et 2,2 t.ha<sup>-1</sup> en culture associée. Ces chiffres concordants montrent que la productivité actuelle est faible et qu'elle décline par rapport à sa potentialité de 25 à 35 t.ha<sup>-1</sup> observée en culture pure dans certaines situations culturales favorables. Les agricultrices se plaignent de cette situation qui affecte tous les tubercules traditionnels, sans qu'un problème phytosanitaire ou d'érosion soit perceptible et ce malgré une gestion traditionnelle très minutieuse de la matière organique [17]. L'attachement des populations à cette culture se remarque à travers les tentatives spontanées faites pour entraver la chute de sa production :  
– fertilisations à base d'engrais 20.10.10

ou d'engrais azotés (les engrais café), qui ont été si décevantes que beaucoup en arrivent à accuser la variété locale d'avoir dégénéré avec le temps au point qu'il faudrait maintenant la remplacer ;

– extension des systèmes hautement productifs (écobuage, lisière de raphiale, jardin de case), qui se heurte à la pénurie de terres.

Des essais de fertilisation azotée et potassique conduits à la station de recherche agronomique de Dschang se sont révélés intéressants mais ils n'ont pas été validés dans les conditions paysannes [18].

Notre hypothèse de travail a été la suivante : les pratiques actuelles de gestion de la fertilité des sols sont devenues insuffisantes compte tenu, d'une part, des récentes évolutions du système agraire (réduction drastique de la jachère, déficit des fumures organiques lié à la disparition de l'élevage porcin, extension des surfaces cultivées sur des sols moins fertiles) et, d'autre part, du fait de l'absence de recommandations adaptées pour la fertilisation minérale des systèmes vivriers.

L'objet principal de cette expérimentation était donc de vérifier si, en conditions paysannes, une fertilisation minérale NPK équilibrée, intégrée dans un mode de conduite améliorée pouvait augmenter le rendement et la rentabilité de la variété locale. Un second cultivar blanc, provenant d'une chefferie voisine réputée pour sa production de macabo, Fongo-Ndeng, était également testé pour vérifier l'hypothèse paysanne de dégénérescence de la variété locale. Enfin, il paraissait utile de préciser la relation entre développement foliaire et rendement en tubercules-fils, car beaucoup d'agricultrices nous avaient signalé, après un apport d'engrais café (20.10.10, urée), un fort développement foliaire sans qu'il s'ensuive un accroissement en rapport de la production de tubercules.

## Matériel et méthodes

### Une démarche : l'expérimentation en milieu paysan

Cet essai a été conçu comme une expérimentation en milieu paysan (EMP). Elle se rattache au type diagnostic et participation paysanne (EMP-DPP). L'objet principal de l'étude est le système de culture en tant que sous-système du système

de production. Il est défini comme « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique » [19]. La parcelle en est la « porte d'entrée » et le système se définit par la nature des espèces cultivées, leur succession ainsi que par les itinéraires techniques appliqués. La notion de système de culture apparaît pertinente pour déboucher sur des conseils techniques aux agriculteurs par sa dimension spatiale (la parcelle), temporelle (l'année ou plusieurs années) et par la prise en compte de la diversité des situations culturales, concrétisée par les divers types de « champs » de la zone d'investigation [9, 11, 17]. Nous ne nous sommes pas intéressés à établir des diagnostics régionaux mais à explorer dans un environnement donné, caractérisé par une « crise » de la culture du macabo vécue comme telle par les paysans, des itinéraires techniques permettant de relever et de stabiliser le rendement de cette culture, avec un niveau d'intrants adapté et compatible avec les moyens de production des exploitants. Cela montre bien que certains déterminismes du système de culture relèvent également de la logique de fonctionnement de l'exploitation.

L'EMP a été conduite selon les trois phases suivantes :

- mars 1989 à janvier 1990 : essai exploratoire. Diagnostic préalable des principales contraintes à l'expression du rendement du macabo dans huit situations paysannes types, complété par des enquêtes légères, le tout finalisé par la proposition d'un premier itinéraire technique amélioré ;

- avril 1990 à février 1991 : essai factoriel complet fertilisation  $\times$  variété dans neuf situations culturales représentatives de la diversité des modes d'exploitation du milieu en zone granitique, sur la base du diagnostic élaboré en phase 1 et des acquis des recherches menées sur les systèmes de production et de culture à Bafou [9-13, 17] ;

- avril 1991 à février 1992 : essai d'adaptation/vérification de la solution retenue dans vingt situations paysannes en vraie grandeur, en y intégrant la variabilité des pratiques paysannes.

Nous ne détaillerons ici que la méthode et les résultats de la phase centrale (1990 à 1991), à savoir l'expérimentation contrôlée en milieu paysan portant sur l'effet de la fertilisation minérale complète et du cultivar, sur le rendement et ses composantes.

## Matériel végétal

L'essai a porté sur l'espèce *Xanthosoma sagittifolium*, variété à chair blanche, qui est la plus cultivée au Cameroun du fait de sa productivité et de ses qualités culinaires [5].

Afin d'homogénéiser le matériel de plantation qui comporte quatre types en milieu paysan, nous n'avons utilisé que des tubercules secondaires sains possédant un bourgeon foliaire intact. Un tri a été effectué sur le poids qui devait être compris entre 80 et 150 grammes [6] et sur l'état sanitaire.

## Dispositif expérimental

L'expérimentation a été conduite dans un quartier du sud de Bafou (Bawouwa), sur le plateau cristallin, moins favorable à l'activité agricole (sols ferrallitiques argilo-sableux, zones cuirassées), à 1 500 mètres d'altitude (figure 3). Le modelé détermine trois types de situations morphopédologiques où l'on cultive les aracées : sommet de versant, milieu de versant et bas de pente, avec des aptitudes culturales bien différentes liées aux facteurs édaphiques mais aussi au mode de gestion de la fertilité du sol (apports réguliers ou non de matières organiques et/ou d'engrais, durée de la jachère, pratique de l'écobuage). Nous avons utilisé un plan factoriel complet en blocs randomisés à deux facteurs étudiés. Le facteur fertilisation minérale comporte deux niveaux :

- sans fertilisation minérale, témoin de la pratique paysanne ;

- avec une fertilisation minérale de 80 kg de N, 200 kg de  $P_2O_5$ , 200 kg de  $K_2O$  par ha sous forme d'engrais disponibles localement (400 kg de 20.10.10 + 350 kg de superphosphate triple + 267 kg de chlorure de potasse par hectare).

Le niveau de la fertilisation minérale a été fixé en fonction de résultats d'essais de fertilisation azotée et potassique obtenus à la station agronomique de Dschang [18] montrant un effet significatif pour 100 kg de N, 45 jours après la plantation, et pour 100 kg de  $K_2O$ , 90 jours après la plantation, sur sol fertile. L'effet positif de l'azote, du potassium et de divers niveaux d'utilisation de N, P, K a été signalé tant en Martinique qu'au Nigeria, au Ghana et en Amérique centrale (60 à 112 unités de  $N \cdot ha^{-1}$ , 45 à 130 unités de  $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ , 90 à 120 unités de  $K_2O \cdot ha^{-1}$  [20, 21]).

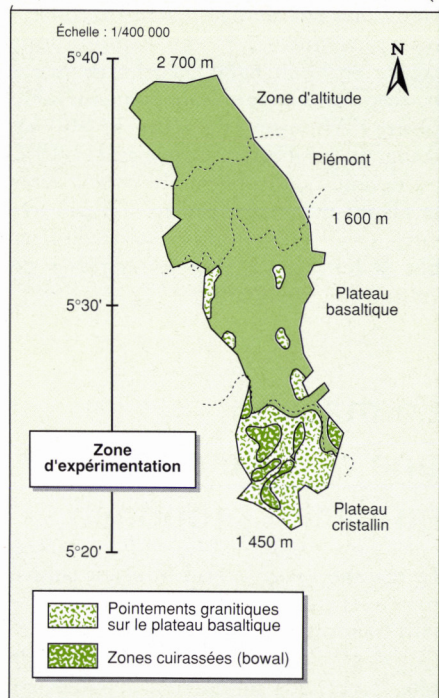
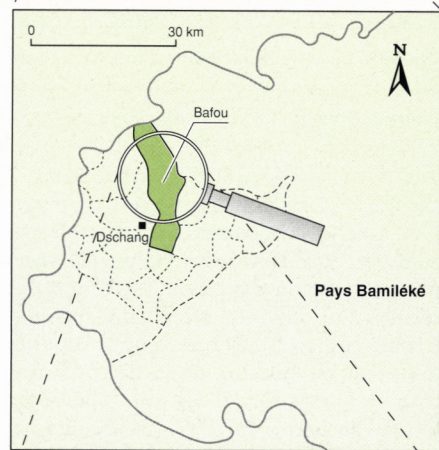
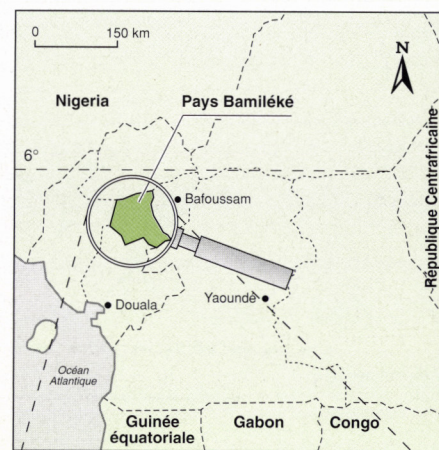


Figure 3. Localisation du pays Bamiléké, de la chefferie Bafou et de la zone d'expérimentation.

Figure 3. Location of the Bamileke region, Bafou chiefdom, and the experimental area.

Cependant ces doses sont inadaptées aux sols ferrallitiques rouges du plateau cristallin intensément cultivés, caractérisés par une carence généralisée et souvent très forte en phosphore et fréquente en potassium [22-24], qui demandent plutôt une fumure P-K équilibrée. L'essai porte sur deux cultivars de la variété blanche : le cultivar local de Bafou (B) et le cultivar introduit de Fongo-Ndeng (FN).

Un essai exploratoire a permis d'évaluer la variabilité des rendements ( $cv = 59\%$ ) fonction de la fertilisation NPK et de la situation culturale. Pour être significatif aux yeux des agricultrices, la fertilisation doit au moins doubler le rendement. Sur une parcelle élémentaire de  $20\text{ m}^2$  utile, cela représente  $7\text{ kg}$  (soit une demi-bassine, unité locale de mesure). Dès lors, une puissance de  $90\%$  associée à un risque unilatéral de première espèce de  $5\%$  nécessitait au moins neuf blocs [25], qui ont été répartis au sein des trois situations morphopédologiques. Chaque bloc comporte quatre traitements notés de T1 à T4 : T1 = cultivar B non fertilisé, T2 = cultivar B fertilisé (80-200-200), T3 = cultivar FN non fertilisé, T4 = cultivar FN fertilisé (80-200-200). Chaque parcelle élémentaire utile de  $20\text{ m}^2$  est constituée de trois billons de  $5,5\text{ m}$  de long,  $0,8\text{ m}$  de large et  $0,5\text{ m}$  de hauteur séparés par un interbillon de  $0,4\text{ m}$  ; elle comporte trente pieds.

## Itinéraire technique amélioré

Chaque bloc a été choisi selon sa place sur la toposéquence, le précédent culturel (cultivé durant les 3 années précédentes sans aracées majoritaires) et en l'absence de sources d'hétérogénéité (zone d'écobuage, tas d'épierrage, espèces pérennes). Après une préparation soignée du sol et un billonnage, la plantation a eu lieu en avril 1990 une fois la saison pluvieuse installée, à une densité de  $15\ 100$  pieds par ha en culture pure [26]. La totalité de l'engrais phosphaté (superphosphate triple  $45\%$ ) a été localisée au fond de chaque trou de plantation ( $15\text{ cm}$  de profondeur) pour les traitements T2 et T4.

Un premier sarclage manuel a été réalisé 40 jours après la plantation. Les semences non reprises ( $3\%$ ) ont été remplacées et la totalité de l'engrais azoté (20.10.10) a été épandue et enfouie autour de chaque pied. Un deuxième sarclage manuel a eu lieu au moment de

la fumure potassique (chlorure de potasse  $60\%$ ) qui a été enfouie superficiellement autour de chaque pied le 90<sup>e</sup> jour. Les agricultrices supprimaient de façon régulière les repousses et toute plante autre que le macabo. La récolte a eu lieu en février 1991 sur la totalité des parcelles élémentaires après un cycle cultural de 306 jours, correspondant au fait que le tubercule doit être à maturité [4] et le sol ameubli par les premières pluies pour pouvoir récolter, sans les blesser, les tubercules, ce qui compromettrait leur conservation.

## Méthodes de mesure

L'indice foliaire a été estimé tous les 50 jours à partir d'une méthode originale non destructive mise au point l'année précédente sur 41 plants et 139 feuilles à partir de la mesure de deux dimensions d'une feuille par pied. Cette méthode repose sur l'estimation de la surface de la plus grande feuille (SF) d'un pied et sur le nombre total de feuilles présentes (NF). On en déduit la surface foliaire du plant (SFP) estimée en centimètres carrés à partir de l'équation de régression suivante dont la valeur prédictive a été validée par la méthode du Jackknife [27] :

$$\text{SFP} = 124,247 \text{ SF}^{1,87} + 0,00266 \text{ NF}^2 - 165,8564 \quad (r^2 = 0,993 ; p < 0,0001).$$

L'échantillon est aléatoire avec un taux de sondage de un tiers pour chaque parcelle élémentaire.

Au moment de la récolte, le nombre de pieds présents par parcelle élémentaire a été dénombré, les tubercules-fils ont été comptés et pesés. Le tubercule-mère n'a pas été comptabilisé dans la récolte. Un suivi sanitaire a été effectué tous les 15 jours en notant la présence et l'étendue de maladies ou l'attaque de ravageurs.

## Méthodes statistiques

Les données de l'essai ont été analysées sur le logiciel STAT-ITCF de l'Institut technique des céréales et des fourrages (Paris, France, 1992). Cette analyse a été complétée par la méthode de l'analyse de variance stabilisée de Hidelbrand [28], afin de mettre en évidence d'éventuels domaines de recommandation. Les modèles de régression entre indice foliaire maximal et rendement ont été validés par l'analyse des résidus et la méthode de ré-échantillonnage du Jackknife [27].

# Résultats

## Données agronomiques

Les principaux résultats agronomiques de cet essai sont illustrés par les tableaux 2, 3, 4 et les figures 4, 5, 6.

## Résultats de l'essai factoriel (1990-1991)

L'analyse de l'essai a été réalisée sur huit des neuf blocs initiaux. Le tableau 2 montre les principaux résultats de l'essai factoriel. La fertilisation minérale complète a presque doublé le rendement moyen en tubercules-fils ( $20,7\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  contre  $11,4\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $p < 0,001$ ), les deux cultivars confondus. La fertilisation augmente significativement les deux composantes du rendement, soit le nombre de tubercules-fils par pied ( $6,6$  à  $8,9$ ;  $p < 0,001$ ) et le poids moyen d'un tubercule ( $116,3$  à  $159\text{ g}$ ;  $p < 0,00001$ ). Les effets bloc sont très significatifs, ce qui était recherché, et les *cv erreur* sont acceptables pour un essai en milieu paysan.

On constate que le cultivar de Bafou a eu un rendement supérieur à celui de Fongo-Ndeng ( $17,7\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  contre  $14,5\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $p < 0,05$ ) avec plus de tubercules par pied ( $8,8$  contre  $6,8$ ;  $p < 0,01$ ) et un poids moyen du tubercule non significativement différent.

Sur trois blocs, le suivi d'une parcelle élémentaire écobuée non fertilisée a montré un rendement moyen de  $12,6 \pm 4,7^* \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  à comparer au rendement moyen des parcelles non écobuées et non fertilisées ( $9,6 \pm 3,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) et à celui des parcelles non écobuées et fertilisées ( $17,8 \pm 5,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Le tableau 3 présente l'analyse de variance stabilisée (Hidelbrand), portant sur le calcul de droites de régression du rendement de chaque traitement ( $Y_1$  à  $Y_4$ ) en fonction d'un index du milieu (IM). IM est ici le rendement moyen de chaque bloc (représentatif de la diversité des situations culturales), variant entre  $8$  et  $32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  pour les huit blocs analysés. Pour des situations culturales ayant IM compris entre  $8$  et  $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , il s'avère donc qu'il n'existe pas de domaines de recommandation puisque, d'une part, la réponse à la fertilisation est toujours positive et à peu près constante quel que soit le cultivar et que, d'autre part, les performances du cultivar local sont toujours au moins égales, sinon supérieures, à celles du cultivar de Fongo Ndeng.

\* Le deuxième chiffre est le demi-intervalle de confiance à  $95\%$ .

**Tableau 2**

**Principaux résultats agronomiques de l'essai factoriel (1990-1991) (ANOVA sur 8 blocs x 4 traitements)**

| Variables  | Cultivar Bafou |              | Cultivar Fongo-Ndeng |              | cv erreur (%) |
|--|----------------|--------------|----------------------|--------------|---------------|
|  | sans engrais   | avec engrais | sans engrais         | avec engrais |               |
| Tubercules-fils récoltés (kg/parcelle)                       | 25,1 a*        | 44,8 b       | 19,8 c               | 37,4 d       | 22,2          |
| Rendement tubercules-fils (t/ha)                             | 12,7 a         | 22,6 b       | 10,1 c               | 18,9 d       | 22,2          |
| Nombre de tubercules-fils par pied                           | 7,3 a          | 10,3 b       | 5,9 c                | 7,6 d        | 22,0          |
| Poids moyen du tubercule-fils (g)                            | 113,2 a        | 157,2 b      | 119,2 a              | 160,8 b      | 15,5          |
| Indice foliaire maximum (171 <sup>e</sup> jour)              | 1,36 a         | 2,23 b       | 1,18 a               | 2,06 b       | 20,0          |
| Surface foliaire maximale/plant (cm <sup>2</sup> )           | 9 006 a        | 14 768 b     | 7 814 a              | 13 642 b     | 20,0          |
| Vitesse de croissance foliaire maximale (cm <sup>2</sup> /j) | 199 a          | 327 b        | 134 c                | 244 d        | 30,6          |

\* Des lettres différentes indiquent des moyennes séparées par le test de Newman-Keuls au seuil de 5 %.

**The main agricultural results of the factorial trial (1990-1991; ANOVA with 8 blocks x 4 treatments)**

**Tableau 3**

**Équations de régression de l'analyse de Hidelbrand dans l'essai factoriel : rendement en fonction de l'indice du milieu (IM)**

| Traitements                 | Droites de régression    | ddl | r <sup>2</sup> | p      |
|-----------------------------|--------------------------|-----|----------------|--------|
| BT (Bafou non fertilisé)    | $Y_1 = 1,134 IM - 5,525$ | 6   | 0,924          | 0,0001 |
| BF (Bafou fertilisé)        | $Y_2 = 0,908 IM + 8,025$ | 6   | 0,779          | 0,0037 |
| FT (Fongo N. non fertilisé) | $Y_3 = 0,748 IM - 1,891$ | 6   | 0,861          | 0,0008 |
| FF (Fongo N. fertilisé)     | $Y_4 = 1,211 IM - 0,608$ | 6   | 0,912          | 0,0002 |

**Regression equations based on Hidelbrand's analysis in the factorial trial, correlating yield with the environmental index (IM)**

**Tableau 4**

**Principaux résultats agronomiques de l'essai de validation (1991-1992 ; n = 17)**

| Précédent cultural                             | Aracées     | Maïs (fertilisé) | Jachère      | Ensemble     |
|--|-------------|------------------|--------------|--------------|
| Nombre de parcelles                            | 5           | 4                | 8            | 17           |
| Rendement moyen sans fertilisation (t/ha) ± IC | 1,17 ± 1,61 | 2,84 ± 1,49      | 5,14 ± 5,79  | 3,43 ± 2,00  |
| Rendement moyen avec fertilisation (t/ha) ± IC | 3,33 ± 1,72 | 12,85 ± 2,44     | 15,66 ± 9,95 | 11,37 ± 4,17 |
| Quantité totale d'engrais utilisé (kg/ha)      | 1 014       | 1 014            | 1 014        | 1 014        |
| R ± IC   | 2,13 ± 0,11 | 9,86 ± 3,41      | 10,36 ± 4,76 | 7,82 ± 2,49  |

R : ratio kg de récolte supplémentaire sur kg d'engrais utilisés.  
IC : intervalle de confiance à 95 % de la moyenne observée.

**The main agricultural results of the validation trial (1991-1992 ; n = 17)**

L'indice foliaire moyen maximum (IF<sub>m</sub>) au 171<sup>e</sup> jour du cycle (figure 4) a été influencé par la fertilisation (2,14 contre 1,27 en moyenne pour le témoin, p < 0,001), mais non par le cultivar (IF<sub>m</sub> de 1,79 et 1,62). Le bon ajustement (0,987 ≤ r<sup>2</sup> ≤ 0,999) des 32 courbes (8 blocs x 4 traitements) de croissance foliaire à un modèle logistique (E{y} = a/(1 + b.l)<sup>-c.x</sup>) pour la période 47<sup>e</sup>-171<sup>e</sup> jour (5 mesures) a été établi, par une analyse de variance (tableau 2) que la vitesse de croissance maximale de la surface foliaire des plants fertilisés (285 cm<sup>2</sup>/j) est significativement supérieure à celle des plants témoins (167 cm<sup>2</sup>/j). Par ailleurs, le cultivar local se caractérise par une vitesse de croissance foliaire maximale significativement plus forte (263 cm<sup>2</sup>/j) que celle du cultivar FN (189 cm<sup>2</sup>/j). Les réponses du rendement, des deux composantes du rendement et de IF<sub>m</sub> aux traitements ont été homogènes sur l'ensemble des huit blocs représentatifs de situations morphopédologiques bien distinctes (les interactions « blocs x traitements » sont toutes non significatives avec des valeurs du test de Tukey comprises entre 0,31 et 0,69).

On a mis en évidence une corrélation hautement significative (p < 0,0005) entre IF<sub>m</sub> et rendement en tubercules-fils (figure 5). La régression est une fonction curvilinéaire du type puissance, typique des relations d'allométrie. L'estimation du coefficient de détermination r<sup>2</sup> par la méthode du Jack-knife est égale à 0,714 ± 0,118.

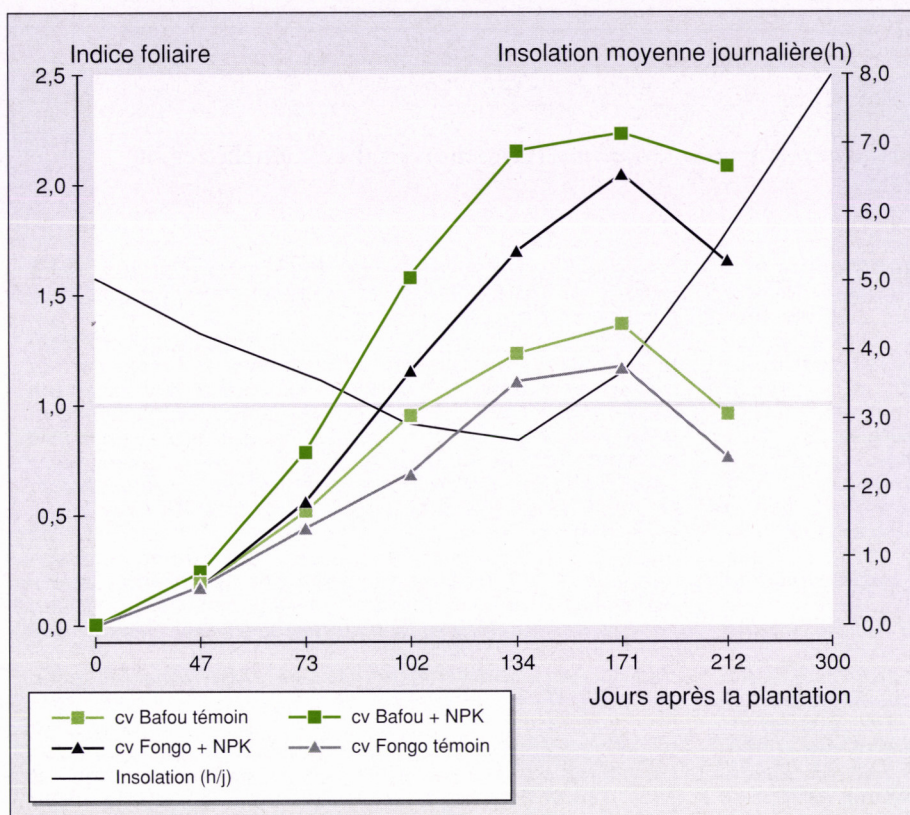


Figure 4. L'indice foliaire selon les traitements et l'insolation moyenne journalière (Dschang, latitude nord 5°30' ; essai factoriel 1990-1991 ; n = 28).

Figure 4. Variations in the leaf area index (LAI) over a time course according to treatments and daily insolation (Dschang, latitude 5°30' north ; factorial trial 1990-91 ; n = 28).

## Tableau 5

### Bilan économique moyen de la fertilisation sur l'essai de validation (marge brute monétaire par ha en 1 000 F CFA en 1997)

| Produits et coûts par ha               | Culture améliorée de macabo  |            |                              |                  | Culture de pommes de terre* |
|--|------------------------------|------------|------------------------------|------------------|-----------------------------|
|  | Aracées (n <sub>1</sub> = 5) |            | Autres (n <sub>2</sub> = 12) |                  |                             |
| Niveau de fertilisation                | non fertilisée               | fertilisée | non fertilisée               | fertilisée       | fertilisée                  |
| Production commerciale                 | 1 170 kg                     | 3 330 kg   | 4 380 kg                     | 14 720 kg        | 12 000 kg                   |
| Produit brut monétaire                 | 117                          | 333        | 438                          | 1 472            | 1 800                       |
| Coût des semences                      | 150                          | 150        | 150                          | 150              | 300                         |
| Coût des engrais                       | 0                            | 219        | 0                            | 219              | 250                         |
| Coût des pesticides                    | 0                            | 0          | 0                            | 0                | 180                         |
| Coût de la main-d'œuvre supplémentaire | 0                            | 21         | 0                            | 21               | 10                          |
| Total coûts variables                  | 150                          | 390        | 150                          | 390              | 740                         |
| Marge brute monétaire                  | - 33                         | - 57       | + 288<br>± 2 722**           | + 1 082<br>± 458 | + 1 060                     |

\* D'après Bertrand [29].

\*\* Les nombres en italiques donnent le demi-intervalle de confiance à 95 %.

### Mean cost-effectiveness of fertilization in the validation trial (gross margin/ha in 1 000 CFA francs - 1997)

## Essai d'adaptation chez les agricultrices (1991-1992)

Les résultats d'un essai de validation mené en 1991-1992 auprès de 20 agricultrices (cultivar « Bafou », fertilisation 80.200.200 par rapport à un témoin sans engrais et itinéraire technique amélioré comportant un tri rigoureux des semenceaux, un billonnage soigné, le respect de la densité en culture pure, l'élimination des repousses et la récolte après 9 mois) confirment les résultats de l'année précédente. Sur 17 parcelles analysées (surface moyenne de 72 m<sup>2</sup>), le rendement moyen avec fertilisation (11,37 t.ha<sup>-1</sup> ± 4,17\*) a été très significativement supérieur (p < 0,0001) au rendement sans fertilisation (3,43 t.ha<sup>-1</sup> ± 2). La figure 6 et le tableau 4 montrent que cette réponse est très différente selon le précédent cultural. Lorsque le sol a porté des aracées durant les 2 ou 3 années antérieures, l'augmentation de rendement due à la fertilisation n'a été en moyenne que de 2,16 t.ha<sup>-1</sup> contre 10,34 t.ha<sup>-1</sup> en moyenne quand les cultures précédentes ne sont pas des aracées.

## Données économiques

Le tableau 5 présente le bilan économique de l'innovation (marge brute monétaire par ha) pour l'essai de validation chez les agricultrices, plus représentatif de la variabilité des situations paysannes. Le choix de maximiser le revenu à l'unité de surface est justifié par la grande pression foncière des systèmes agraires de la zone d'essai [8-10]. Depuis cet essai, l'environnement économique s'est considérablement modifié suite à la dévaluation du franc CFA en janvier 1994 et au désengagement de l'État [12]. Si les résultats économiques de l'essai étaient très positifs en 1992 qu'en est-il aujourd'hui ? Afin de tester le bien-fondé de l'innovation fondée sur une intensification du travail et des intrants, les prix bord champ ont été actualisés pour l'année 1997. On peut constater que, en moyenne, le prix de l'engrais complet a triplé alors que le prix de vente du macabo n'a été multiplié que par 1,7 (entre parenthèses les prix en francs CFA pour 1992) :

- prix engrais au kg : 20.10.10 : 200 F (70) ; chlorure de potasse : 180 F (91) ; superphosphate triple : 260 F (154) ;
- prix de vente au kg à la récolte au marché de Dschang : macabo : 100 F (60) ; pomme de terre : 150 F (100) ;
- main-d'œuvre : 90 journées de travail (jt) par hectare plus environ 30 jt pour

## Summary

### Improved cropping practices with tannia, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott in the Bamileke region of western Cameroon

J.L. Schafer

In Cameroon, tannia, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, called macabo or cocoyam, and taro, *Colocasia esculenta* (L.) Schott, are cultivated from the western highlands to the southern forest region. Araceae crops occupy the second position in terms of national tuber and arrowroot production, with 232,000 t produced in 1988. Cocoyam cropping is twofold that of taro due to its higher productivity, rusticity and nutritional value (Table 1). A fully-grown cocoyam plant has six to seven large leaves, and at maturity the underground part (Figure 1) is composed of a corme (mammy) and five to ten cormels which are eaten, sold or used as seed. The cropping cycle (Figure 2) lasts 9 to 10 months. The crops require 1,500 to 2,000 mm of rainfall, fertile soil and moderate insolation.

An experiment was conducted from 1989 to 1992 on the granitic plateau of Bafou (Figure 3), one of the most important chiefdoms of the Bamileke region. The agricultural system is based on five main mixed intercropping systems, with arabica coffee plantations and intensively-grown food crops. Cocoyam productivity under such conditions is decreasing markedly (1.2 to 3.5 t.ha<sup>-1</sup>), even though this product is a staple food for people in this region.

Since 1989, on-farm research has been carried out to propose solutions for improving tannia yields (and household incomes), while preserving soil fertility. Three methods were evaluated: improving cultivation practices, selecting productive varieties and testing adapted mineral fertilization. In 1989-1990, farming-system diagnosis and exploratory on-farm trials at eight sites identified and prioritized some of the main constraints to tannia production. Improved cultivation practices were developed in collaboration with farmers: choice of fields based on previous crops, careful ridging, seed selection

based on type, weight and phytosanitary status, fixed density of 15,100 plants.ha<sup>-1</sup>, regular weeding and destruction of sprouts.

In 1990-1991, a randomized complete block design (RCBD) with four treatments was used for tests carried out on nine farms, which were selected to represent the wide range of environments in the area. Two varieties of white macabo were planted: the local Bafou variety and a variety from Fongo-Ndeng. Two fertilization levels were used: none for the control treatment (i.e. the local practice), and 80 kg N + 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 200 kg K<sub>2</sub>O per ha, a level that was determined through research work at the local research station on N and K fertilization and soil analyses. Four treatments were set up: Bafou variety without (T1) or with fertilization (T2), and Fongo-Ndeng variety without (T3) or with fertilization (T4). The farmers used improved cultivation practices on 20 m<sup>2</sup> traditional ridging plots and fertilizers were spread three times on the plots (P on plantation under seed, N 45 days after planting and K 90 days after planting). An original and significant (r<sup>2</sup> = 0.993) non-destructive method highlighted changes in the leaf area index (LAI) every 50 days for each plot in a randomized sample. The crop cycle lasted from April 1990 to February 1991, and 1,800 mm of rain fell over this period; no diseases were observed.

In 1991-1992 a validation trial was carried out on 20 small farms representative of the wide range of different cultivation practices implemented and environments in this granitic plateau area. Two treatments were conducted: local Bafou variety without fertilization or with 80 kg N + 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 200 kg K<sub>2</sub>O per ha. Improved cultivation practices were used by farmers on each 72 m<sup>2</sup> plot.

Data were analysed with the Stat-Itcf 7 software program, based on ANOVA and regression analysis. The modified stability analysis (MSA) technique of Hidel-

fertiliser 1 ha de macabo selon l'itinéraire proposé. Coût de la main-d'œuvre : 700 F CFA la journée ;

- le coût des semences a été compté au prix de vente des tubercules à raison de 2 t.ha<sup>-1</sup> pour la pomme de terre et de 1,5 t.ha<sup>-1</sup> pour le macabo ;
- seuls les intrants coûteux et le surcroît de travail occasionné par l'épandage des engrais ont été comptabilisés, étant donné que le reste de l'itinéraire technique est le même.

Pour les douze parcelles où le précédent n'était pas constitué d'aracées, la fertilisation du macabo en système de culture amélioré reste économiquement rentable en 1997 malgré le fait que le prix moyen du kilogramme de fertilisation de l'innovation soit passé de 103 F CFA en 1992, à 215 F CFA, et qu'il faille plus de kilogrammes de macabo pour payer un kilo-

gramme de fertilisation en 1997 (2,2) qu'en 1992 (1,7). Pour ces douze parcelles, la fertilisation procure un revenu moyen supplémentaire de 794 000 F CFA par hectare, soit plus qu'en 1992 (494 000 F CFA), du fait de l'augmentation sensible du prix de vente du macabo (+ 67 %) et ce malgré une hausse relative de 73 % des coûts variables. Par contre, la marge brute monétaire moyenne des cinq parcelles dont le précédent était constitué d'aracées se révèle négative, sans (- 33 000 F CFA/ha) ou avec fertilisation (- 57 000 F CFA/ha). L'innovation n'est donc économiquement rentable que dans le cadre de systèmes de culture ne comportant pas de succession d'aracées. On note également que, dans de bonnes conditions, la culture du macabo fertilisé est aussi rentable que la culture de la pomme de terre [29], avec

un besoin de trésorerie deux fois inférieur et une sécurité plus grande tant au niveau de l'approvisionnement en semences que de la protection phytosanitaire.

## Discussion et perspectives

Les résultats des essais conduits pendant les années 1989 à 1992 confirment l'efficacité de la fertilisation azotée et potassique testée en station à Dschang et les résultats obtenus par d'autres auteurs, tout au moins lorsque l'itinéraire technique permettant l'expression agronomique optimale de cette fumure est respecté. Ils montrent en outre que le



brand was used to determine recommendation domains according to an environmental index (IM). Analysis of MSA regression lines assessed the technological risks in the different environments. The partial budgeting method based on gross margin was used for economic evaluations for each treatment.

The results of the 1990-1991 trial in 8 blocks (Table 2) indicated that the effect of NPK fertilization was very highly significant on the tannia Bafou variety ( $22.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  versus  $12.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and on the Fongo-Ndeng variety ( $18.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  versus  $10.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). The Bafou variety was characterized by higher ( $p < 0.02$ ) mean yield ( $17.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  versus  $14.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) and higher fertilization response ( $9.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  versus  $8.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), as compared to F. Ndeng. The two main yield components were also significantly increased by fertilization: the mean number of tubers per plant increased from 6.6 to 8.9 ( $p < 0.001$ ) and mean weight of a tuber from 116 g to 150 g ( $p < 0.00001$ ). The modified stability analysis technique of Hidelbrand applied to tuber yield indicated that the best treatment involved the fertilized Bafou variety, regardless of the environmental index (mean yield at each of the eight locations). Each  $r^2$  of the fourth linear regression was significant (Table 3), indicating that the model was valid considering the wide range of IM (8 to  $32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Figure 4 illustrates the time course of LAI changes according to treatments and mean sunlight levels. Regression curves were determined on the basis of the logistic function, with a goodness-of-fit between 0.987 and 0.999. We noted that fertilization increased the maximum mean LAI from 1.27 to 2.14. The earliest soil cover (LAI = 1) seemed to enhance photosynthesis activity and soil protection against rainfall erosion during this rainy (200 mm) and low sunshine period (70 h). A significant curvilinear regression (Figure 5) between maximum LAI and yields in each treatment ( $r^2 = 0.714 \times 0.118$ , Jackknife method) was demonstrated, in agreement with the model of synchronous development of tubers and leaves.

The validation trial (1991-1992) confirmed the RCBD results (mean  $11.37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  for the NPK treatment versus  $3.43 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  without fertilizer for 17 analysed plots). Nevertheless, the mean yield of fertilized plots was twofold lower than the RCBD trial ( $11.37 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  versus  $22.6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ),

suggesting that other factors, mainly the previous crop, should be taken into account for fertilization planning (Table 4, Figure 6).

Cost-effectiveness was calculated for the validation trial with 1997 prices and costs (Table 5), 3 years after the CFA franc devaluation. Since 1992, fertilizer costs increased threefold, while macabo retail prices increased 1.7-fold. The mean gross margin was 1,082,000 CFA francs for the 12 fertilized plots without Araceae as previous crops, compared to 288,000 CFA francs for non-fertilized plots and 1,060,000 CFA francs for fertilized potato crop. The five plots with Araceae as previous crop had a negative gross margin. The investment for a smallholder cultivating  $500 \text{ m}^2$  of pure tannia was about 19,500 CFA francs, which could lead to cash problems. The mean fertilizer ratio in the validation trial (kg of extra crop: kg of fertilizers) was 7.8 and the economic ratio (extra receipts: expenditure on fertilizers) was 3.3. Tannia could thus be both a subsistence and a cash crop, and this innovation was still attractive in 1997, but only on condition that macabo was not preceded by Araceae.

We conclude that well balanced mineral fertilization, based on NPK requirements of tannia and the soil, including improved cropping practices, significantly increased yields and gross margins and had a positive effect on the cooking quality of tubers. Coffee fertilizer (20-10-10), which is currently used by farmers, is therefore unsuitable for fertilizing tannia crops.

We recommend carrying out on-farm trials (i) to determine, over several years, optimum levels of N, P and K of mineral fertilization in typical cropping situations, (ii) to test the effects of the prior history of a field on subsequent crops in the cropping system, (iii) to test the effect of organic fertilization with or without mineral fertilization on yield and on soil organic matter.

The highly fluctuating economic environment and agricultural liberalisation also have marked effects on Bami-leke intensive cropping systems and on farmers' strategies and behaviour. In the light of this new agricultural situation, further research should be carried out to come up with better adapted cropping systems and provide farmers with effective decision-support tools.

Cahiers Agricultures 1999 ; 8 : 9-20.

cultivar blanc local possède un fort potentiel qui peut s'exprimer en présence d'une fumure NPK équilibrée, un développement foliaire rapide et élevé étant une condition nécessaire à l'obtention de forts rendements en tubercules-fils.

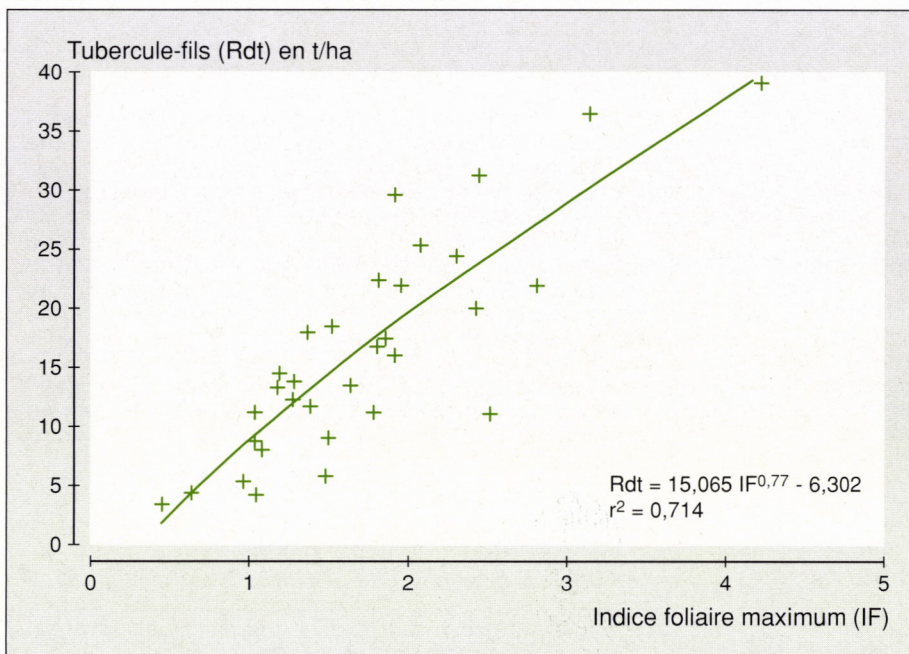
L'absence d'interaction tant entre les deux facteurs qu'entre les blocs et les traitements ainsi que l'analyse de Hidelbrand indiquent que la fumure minérale complète du cultivar local semble être le meilleur choix, quelle que soit la situation culturale, ce qui est important pour la vulgarisation de l'innovation. Cependant, l'essai d'adaptation/validation montre que le précédent cultural (facteur neutralisé lors de l'essai factoriel) a une influence très nette sur la réponse à la fumure minérale.

On constate en effet que le rendement moyen obtenu sur les parcelles fertilisées

de l'essai de validation ( $11,4 \pm 4,17 \text{ t/ha}$ ) est deux fois inférieur à celui de l'année précédente ( $22,6 \pm 6,40 \text{ t/ha}$ ), obtenu sur les parcelles fertilisées de l'essai factoriel portant le même cultivar Bafou. La qualité de l'entretien des parcelles (notamment le contrôle des adventices et des repousses) ainsi que la pluviométrie plus faible ( $-14\%$ ) peuvent expliquer en partie la différence globale. L'effet lié au précédent est réel car, en prenant comme critère global de mesure de la réponse à l'engrais le ratio  $r = \text{kg de tubercules supplémentaires/kg d'engrais utilisé}$ , l'analyse de l'essai de validation montre (tableau 4) que les réponses les plus faibles à la fertilisation ( $r = 2,1 \pm 0,11$ ) ont été constatées sur les cinq parcelles qui portaient des aracées depuis au moins 2 ans et que les meilleures réponses ( $r = 10,2 \pm 4,2$ ) ont été obser-

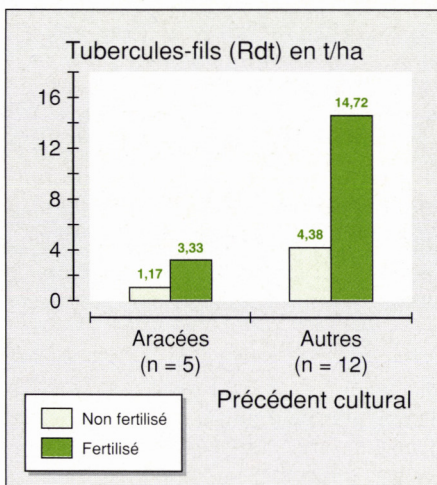
vées dans les douze parcelles en jachère depuis plus de 1 an ou emblavées précédemment avec du maïs ayant reçu une fumure minérale.

Un suivi régulier de l'essai factoriel de 1990-1991 a permis de constater que la tubérisation s'amorce entre le 80<sup>e</sup> et le 90<sup>e</sup> jour, période où la vitesse de croissance de la surface foliaire est maximale, ce qui confirme les observations faites aux îles Fidji et au Nigeria [30] sur le mode de développement du macabo qualifié de synchrone et sur l'importance de maintenir une surface foliaire importante pendant un laps de temps suffisant afin de favoriser le rendement en tubercules-fils. L'influence positive de la fumure sur la tubérisation semble à mettre en relation avec un développement foliaire rapide qui permettrait d'exploiter au mieux les faibles niveaux



**Figure 5.** Rendement en tubercules-fils et indice foliaire maximal : valeurs observées (+) et ajustées (courbe) (essai factoriel 1990-1991 ; n = 32).

**Figure 5.** Tuber yield and LAI (observed (+) and adjusted (-) values ; factorial trial 1990-91; n = 32).



**Figure 6.** Réponse à la fertilisation minérale selon le précédent cultural (essai de validation 1991-1992 ; n = 17).

**Figure 6.** Fertilizer response according to the previous crop (validation trial 1991-1992 ; n = 17).

de radiation lumineuse (moins de  $4 \text{ h.j}^{-1}$ ) de la période  $60^{\circ}$ - $170^{\circ}$  jour du cycle (mi-juin à début octobre) qui correspond à la phase active d'élaboration de photosynthétats. À cet égard, un gain de rendement dû à une plantation précoce a été mis en évidence dans une expérimentation menée à Dschang [31]. La fumure paysanne, constituée du seul engrais complet 20.10.10, est déséquilibrée

et ne peut pas permettre au macabo d'exprimer son potentiel, même si le développement foliaire paraît satisfaisant. Un aspect intéressant de cette étude est de constater que la fertilisation permet indirectement de mieux lutter contre l'érosion des sols (situation de versant) et contre les adventices ; en effet (figure 4), les parcelles portant la variété locale fertilisée ont été couvertes (IF = 1) vers le  $85^{\circ}$  jour alors que celles non fertilisées ne l'ont été qu'au  $110^{\circ}$  jour. Or, entre ces deux dates, l'agressivité des pluies fut assez forte (pluviométrie de 220 mm). Un dernier point important concerne l'évolution de la qualité organoleptique de l'aliment sous l'influence de la fertilisation. Un test sensoriel en aveugle a révélé que 80 % des 17 agricultrices interrogées ont apprécié les tubercules fertilisés pour leur fermeté après cuisson et pour leur saveur jugée supérieure à celles des tubercules témoins. Néanmoins, malgré les acquis de cette première phase, il reste encore beaucoup de points à éclaircir concernant les niveaux optimum de N, P, K, dont notamment celui du phosphore, qui n'a pas été testé dans nos essais alors que les sols de la région présentent des réponses au phosphore fort variables [23]. Il faudrait aussi étudier la régularité de la réponse à la fumure sur plusieurs années (effets du climat) et les

arrière-effets de P et K sur les cultures successives. La culture du macabo est exigeante et laisse apparemment peu de restitutions au sol, ce qui induirait à terme une influence défavorable sur le statut de la matière organique du sol et, par là même, sur sa fertilité. Nous recommandons donc la poursuite d'expérimentations de fumures minérales et organiques pluriannuelles en remplaçant le fonctionnement de la sole macabo au sein du système de culture. L'effet des fumures doit alors être analysé à travers la régularité des performances des différentes espèces du système et à travers l'évolution du statut organique du sol.

Le contexte économique a profondément changé depuis les années 90, avec la dévaluation du franc CFA et le désengagement de l'État pour faire place à la libre concurrence. La rentabilité de la fertilisation dépend non seulement de la réponse à la fertilisation (ratio  $r$ ) mais également du rapport entre le prix de vente du produit et le prix des engrais bord champ. Or ces paramètres dépendent largement de contextes locaux, nationaux et internationaux de plus en plus caractérisés par leur grande instabilité, ce qui rend toute analyse économique aléatoire. En 1991-1992, sur les douze parcelles de l'essai de validation ayant une marge brute positive, le rapport valeur/coût (RVC), calculé en divisant la valeur de l'augmentation de récolte par le coût de la fertilisation nécessaire pour la produire [32], était en moyenne de 4,9, ce qui paraissait suffisamment attractif pour que les agriculteurs utilisent l'engrais. Cette hypothèse avait été largement confirmée par l'empressement des agricultrices de la zone d'essai à constituer d'elles-mêmes une banque d'engrais pour autofinancer l'achat des engrais nécessaires à la culture améliorée du macabo.

En 1997 ce même rapport est encore de 4,3 mais au prix d'une augmentation de 67 % du prix de vente du macabo. Dans les conditions de la zone d'expérimentation, avec une marge brute moyenne par hectare de  $1\ 082\ 000 \pm 458\ 000 \text{ F CFA}$ , la culture améliorée du macabo représente une alternative intéressante à la culture de la pomme de terre ou même à certaines cultures maraîchères (chou, tomate) qui présentent des risques phytosanitaires élevés et des besoins plus forts en travail ( $300 \pm 500 \text{ jt/ha}$  [29]). Le macabo, aliment délaissé malgré son intérêt nutritionnel

et sa rusticité, peut ainsi devenir un des produits clé du marché intérieur. Mais sa part de marché, en milieu citadin largement paupérisé, dépendra surtout des rapports de prix de vente qui s'établiront avec les autres tubercules (manioc, igname), voire avec le maïs et le riz. L'appropriation de l'innovation proposée suppose aussi, outre l'accès au foncier, au marché et aux engrais, que les besoins en trésorerie (estimés à 19 500 F CFA pour une parcelle de 500 m<sup>2</sup>) puissent être satisfaits, ce qui est loin d'être le cas de la majorité des agricultrices, aux budgets devenus très tendus depuis 1994. Enfin, la hausse prodigieuse du prix du café *Arabica* au producteur, si elle se maintient, constitue également un facteur qui peut décourager les stratégies de diversification vers la production de vivriers marchands, en provoquant une remise en question des rapports entre hommes et femmes pour l'accès aux ressources foncières, aux intrants et à la force de travail familiale ou externe [12].

## Conclusion

Dans la situation actuelle de l'agriculture, caractérisée par une grande variabilité, l'étude des systèmes de culture en vue de propositions d'amélioration/adaptation doit prendre en compte une multitude de facteurs dont certains hautement imprévisibles et/ou variables. Cela doit conduire l'agronome à proposer des démarches pluridisciplinaires, fondées sur des typologies des situations culturelles. Il devient inopérant de ne proposer qu'un seul mode de conduite, fondé sur le rendement maximal d'une seule espèce. Il faut donc construire un éventail d'itinéraires techniques possibles, qui prennent en compte divers objectifs de rendement de groupes d'espèces (maximal, optimal, anti-aléatoire, etc.), les contraintes liées au fonctionnement de l'exploitation et qui estiment les risques pris [19]. Mais cette approche prévisionnelle modélisée exige, dans des environnements économiques et sociaux perçus comme de plus en plus mouvants et complexes, un effort très difficile de mise au point, à l'échelle locale,

de références fiables et durables. L'utilisation du système de culture comme outil d'aide à la décision reste un objectif pertinent mais il demande un effort sans précédent de la part des agronomes pour repenser les démarches de terrain, en dialogue avec les agriculteurs et leurs organisations ■

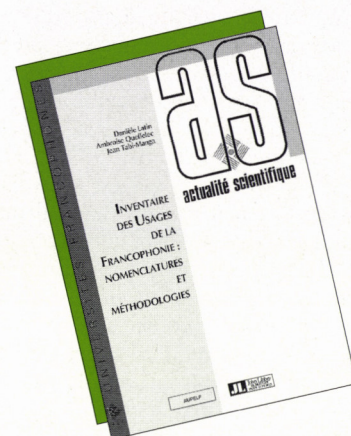
## Références

1. Statistiques agricoles 1986-1988. Ministère de l'Agriculture, direction des Statistiques. Yaoundé, 1988 ; 65 p.
2. Nzietchueng S. *Genre Xanthosoma (macabo) et contraintes de production : cas particulier de la pourriture racinaire causée par Pythium myriotylum*. Thèse de l'université de Yaoundé, 1983 ; 253 p.
3. Doku EV. Comment faire progresser la recherche sur les taros. In : *Compte rendu du premier symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales à Ibadan (Nigeria)*. Ottawa : CRDI, 1980 : 237-41.
4. Treche S, Guion P. Étude des potentialités nutritionnelles de quelques tubercules tropicaux au Cameroun. *Agron Trop* 1979 ; 34 : 127-46.
5. Catherinet M. Note sur la culture du macabo et du taro au Cameroun. *Agron Trop* 1965 ; 20 : 717-23.
6. Lyonga SN. *Tubercules et plantes à racines*. Yaoundé : rapport synthétique, Institut de la Recherche Agronomique, 1979 ; 12 p.
7. Knipscheer HC, Wilson JE. Les systèmes de culture du taro au Nigeria. In : *Compte rendu du premier symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales à Ibadan (Nigeria)*. Ottawa : CRDI, 1980 : 259-66.
8. Dongmo JL. *Le dynamisme bamiléké (Cameroun). Tome 1 : la maîtrise de l'espace agraire*. Yaoundé : CEPER, 1987 ; 424 p.
9. Bergeret P, Ducret G, Grangeret I, Roux MN, Schafer JL. *Le système agraire de Bafou*. Dschang : Centre Universitaire, 1988 ; 85 p.
10. Mogavero JP. *Typologie de structure des exploitations agricoles de Bafou (Ouest-Cameroun)*. Dschang : Centre Universitaire, 1986 ; 20 p.
11. Ducret G, Grangeret I. *Quelques aspects des systèmes de culture en pays bamiléké*. Dschang : Centre Universitaire, 1986 ; 33 p.
12. Grangeret-Owona I. De la crise à la dévaluation du franc CFA : évolutions de l'agriculture intensive familiale bamiléké. *Cahiers Agricoles* 1995 ; 4 : 45-51.
13. Ducret G, Schafer JL. *Résultats d'un essai de fertilisation NPK à Bafou sur 64 parcelles*. Dschang : Centre Universitaire, 1987 ; 10 p.

14. Praquin J, Seguy L, cités par Ducret et Grangeret [11].
15. Banque Mondiale. *Rapport d'évaluation du Projet de développement des Hauts Plateaux de l'Ouest*. Bureau régional de l'Afrique de l'Ouest, 1977, Rapport n° 1780-CM.
16. Ministère de l'Agriculture. *PDRPO : Enquête de base sur la zone du Projet des Hauts Plateaux de l'Ouest*. Bafoussam : Union des Coopératives de Café Arabica de l'Ouest, 1981 ; 222 p.
17. Kleitz G. *Les systèmes de culture en pays bamiléké (Ouest Cameroun), exemple de la chefferie Bafou*. Dijon : Mémoire de fin d'études ENSSAA, 1988 ; 121 p.
18. Praquin J. *Essai de fertilisation azotée et potassique du macabo à Dschang*. Dschang : Institut de la Recherche Agronomique, 1979 ; 2 p.
19. Sebillotte M. Système de culture, un concept opératoire pour les agronomes. In : Combe L, Picard D, eds. *Les systèmes de culture*. Paris : INRA, 1990 : 165-96.
20. Onwueme, Enyi, Kakikari, Cardin, cités par Nzietchueng [2].
21. De Bon H, Boula R. Amélioration de la culture du chou caraïbe, *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, à la Martinique. *Agron Trop* 1992 ; 46 ; 3-11.
22. Autray P. *Synthèse d'analyses de sol dans la zone de caféiculture arabica de la province de l'Ouest (1 000-1 600 m d'altitude)*. Dschang : Institut de la Recherche Agronomique, 1991 ; 17 p.
23. Valet S. Recherche sur les carences minérales des sols de l'Ouest-Cameroun en vases de végétation. In : *Colloque sur la fertilité des sols tropicaux, Tananarive*. Tananarive : IRAT 1969 : 341-55.
24. Guillobez S. *Diagnostic des analyses de sol dans les hauts plateaux de l'Ouest*. Bafoussam : UCCAO/PDRPO/IRA, 1986 ; 23 p.
25. Philippeau G. *Puissance d'une expérience*. Paris : Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 1984 ; 10 p.
26. Lyonga SN, cité par Nzietchueng [2].
27. Dagnélie D. *Statistique théorique et appliquée, Tome 1*. Gembloux : Les Presses Agronomiques de Gembloux, 1992 ; 492 p.
28. Hidelbrand PE. Modified stability analysis of farmer managed, on-farms trials. *Agron J* 1984 ; 76 : 271-4.
29. Bertrand V. *Intégration du maraichage dans les systèmes de production dans le nord de la chefferie Bafou (pays bamiléké)*. Montpellier : mémoire de fin d'études ESAT, 1988 ; 47 p.
30. Ibokwe MC. Croissance et développement de *Clocasia* et de *Xanthosoma* spp. en région de plateaux. In : *Actes du deuxième symposium triennal sur les plantes-racines de la Société internationale pour les plantes-racines tropicales à Douala (Cameroun)*. Ottawa : CRDI, 1983 : 176-8.
31. Praquin J, Tchatchoua J. *Essais dates de plantation du macabo*. Dschang : Institut de la Recherche Agronomique, 1968 ; 3 p.
32. FAO. *Stratégies en matière d'engrais*. Rome : Coll. FAO, mise en valeur des terres et des eaux, 1989 : 10 ; 166 p.

## Résumé

Cet article décrit la première phase d'une expérimentation en milieu paysan (EMP) conduite au Cameroun entre 1989 et 1992 sur les hauts plateaux densément peuplés du pays Bamiléké (chefferie Bafou). Cette EMP vise à répondre aux inquiétudes des agricultrices concernant le déclin de la productivité du macabo ( $1,5$  à  $3,5 \text{ t.ha}^{-1}$ ), *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, qui constitue la première culture à tubercules de la zone et l'une des principales ressources alimentaires des populations. Un diagnostic mené en 1989-1990 a permis de préciser trois axes possibles d'intervention : l'amélioration de l'itinéraire technique, l'introduction de cultivars performants et la mise au point d'une fertilisation minérale adaptée aux diverses situations culturales et aux contraintes paysannes. Un essai factoriel mené en 1990-1991 dans neuf situations culturales représentatives de la diversité du milieu a montré qu'une fertilisation minérale complète de  $80 \text{ kg N}$ ,  $200 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  et  $200 \text{ kg K}_2\text{O}$  par hectare, intégrée dans un itinéraire technique amélioré, permettait de faire passer le rendement moyen en tubercules-fils de  $12,7 \text{ t.ha}^{-1}$  à  $22,6 \text{ t.ha}^{-1}$  pour le cultivar local Bafou qui s'est toujours révélé supérieur à un cultivar introduit, pourtant réputé pour sa productivité. La fertilisation a favorisé un bon développement foliaire (indice foliaire moyen maximum de  $2,14$  contre  $1,27$ ), condition nécessaire à une tubérisation élevée largement synchronisée. Bien que le précédent cultural ait influencé l'effet de la fertilisation NPK, la réponse positive du cultivar local Bafou s'est trouvée confirmée par un essai de validation mené en 1991-1992 dans dix-sept parcelles paysannes (rendement moyen de  $11,4 \text{ t.ha}^{-1}$  contre  $3,4 \text{ t.ha}^{-1}$ ), montrant en outre que la qualité organoleptique s'en trouvait améliorée. Malgré un contexte économique profondément modifié depuis 1992 (dont triplement du prix des engrais), la rentabilité économique de l'innovation, calculée en 1997, reste attractive sous réserve d'accès aux engrais et de disponibilités de trésorerie : pour l'essai de validation, la marge brute moyenne par hectare des douze parcelles fertilisées dont le précédent cultural n'était pas des aracées est de  $1\ 082\ 000 \text{ F CFA}$  contre  $288\ 000 \text{ F CFA}$  pour le témoin non fertilisé. La fertilisation à base de l'engrais diffusé pour le café (20.10.10) est tout à fait inadaptée au macabo et une formule 10.20.20 serait plus indiquée. Des EMP complémentaires incluant la fumure organique sont nécessaires pour affiner les conseils de fumure et pour analyser à moyen terme les performances techniques et économiques globales et l'évolution de la fertilité du système avec macabo « amélioré ». Enfin, l'actuel environnement socio-économique très mouvant de l'agriculture nécessite que soient entreprises de nouvelles démarches de terrain pour améliorer l'approche « système de culture » comme outil d'aide à la prise de décision pour les agriculteurs.



DANIÈLE LATIN  
AMBROISE QUEFFELEC  
JEAN TABI-MANGA  
1993, broché, 480 pages  
**200 FF.**

Prix préférentiel : Afrique, Asie  
Amérique du Sud, Haïti, **80 FF\***

## INVENTAIRE DES USAGES DE LA FRANCOPHONIE : NOMENCLATURES ET MÉTHODOLOGIES

Collection actualité scientifique  
co-édition John Libbey  
Eurotext/AUPELF-UREF

NOM ..... Prénom .....

Adresse.....

Désire recevoir

**Inventaire des usages de la francophonie**  
soit au prix de 230 F (200 F + 30 F de port)  
soit au prix de 110 F\* (80 F + 30 F de port).

Ci-joint mon règlement à l'ordre de

**John Libbey Eurotext**

127, avenue de la République  
92120 MONTROUGE, FRANCE  
Tél. : 01 46 73 06 60