

REFLEXIONS SUR UNE EXPERIENCE D'AMELIORATION DE
LA CULTURE DU MANIOC EN COTE D'IVOIRE

D. POUZET

Ingénieur CIRAD/IRAT BP 5035, 34032 Montpellier CEDEX France

RESUME

Des recherches d'appui à une Société de développement, ont été conduites pendant 5 ans en Côte d'Ivoire. L'objectif est de mettre au point la culture mécanisée du manioc dans le Centre du pays. Les principaux résultats phytotechniques obtenus sont indiqués. Les caractéristiques propres au manioc sont mises en évidence. Elles conduisent à une conception plus raisonnée des techniques culturales.

SUMMARY

Reflections on an improvement experience of Cassava growing
in Ivory Coast

Investigations to assist a development society were undertaken during five years in Ivory Coast. The objective is to adjust the mechanized growing of cassava in the center of the country.

The main phytotechnical results are presented. The specific characteristic of cassava are pointed out. They lead to a more reasoned conception of the growing technics.

SITUATION DES RECHERCHES

Des recherches phytotechniques ont été conduites pendant 5 ans (1979-1984) en Côte d'Ivoire. Elles s'insèrent dans un projet agro-industriel de production d'attieké déshydraté (produit proche du gari, destiné à l'alimentation des citadins). La production provient d'une exploitation mécanisée assurant le volant d'approvisionnement et de villageois encadrés. Les objectifs assignés à la recherche sont la mise au point de la culture mécanisée dans la zone du projet et l'extrapolation des résultats aux autres régions agricoles.

La région de Toumodi (carte), a été retenue pour l'opération. Son climat est de type savane à deux saisons. Il est caractérisé par une pluviosité irrégulière et des températures élevées (tableau 1).

Tableau 1 : Pluviosité (1972-1983) et température (1963-1979) de la région de Toumodi.

caractéristiques	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	tot./ moy.
Pluvio. moy. mm	11.7	54.4	89.9	115.3	161.1	214.7	73.5	53.6	139.3	121.6	55.6	22.4	1113.1
Minimum mensuel	0.0	9.9	4.2	63.8	37.8	121.9	7.4	0.0	18.0	31.5	0.0	0.0	-
Maximum mensuel	102.5	127.1	165.2	174.4	293.9	315.6	166.5	230.3	218.6	426.9	174.6	67.4	-
Température mini	20.6	22.7	23.1	23.1	23.0	22.4	22.0	21.8	21.9	22.2	22.0	21.2	22.2
Température maxi	33.7	35.2	34.9	34.0	33.2	31.5	30.2	29.5	30.5	31.6	32.5	32.1	32.4

Les sols, de type ferrallitique remanié appauvri, ont été défrichés entre 1977 et 1979. La texture est généralement sableuse (paysage de savane) mais parfois argileuse (parcelles forestières). Il s'agit toujours de sols carencés en phosphore, à faible teneur en potassium échangeable (à la limite de la carence) et faiblement pourvus en matière organique et en azote.

Le système de culture est imposé. La manioc alterne avec deux années de cultures fourragères valorisées par un élevage ovin.

La méthodologie de recherche consiste à identifier les contraintes et contrôler les techniques par sondages dans les parcelles cultivées (levée, enherbement, composantes du rendement, pertes à la récolte). Les mises au point sont issues d'essais classiques disposés en blocs. Nous utilisons 6 ou 8 répétitions et des parcelles utiles de 40 à 80 m². Les coefficients de variation de la plupart des paramètres mesurés sont inférieurs à 25%.

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE PRODUCTION

Croissance et développement de la culture

Dans les conditions de Toumodi, le début de levée intervient 8 à 10 jours après la plantation. La densité est maximale au bout d'un mois. Le couvert est généralement fermé à 3 mois. Vers 6 à 8 mois, la base des tiges commence à se défolier. La croissance se ralentit. Les entrenœuds se raccourcissent. Les feuilles sont progressivement regroupées au sommet des tiges. La couverture du sol diminue et le rayonnement direct peut pénétrer jusqu'au sol. Ce vieillissement rapide du couvert est décrit par Cock et al. (1979). La surface moyenne des feuilles et le taux de formation des feuilles par apex diminuent avec l'âge de la culture au delà de 4 mois. Cet âge correspond à un indice foliaire (IF) maximum.

Nous n'observons pas de lien entre la masse aérienne et la densité entre 10 et 20.000 plantes par hectare. Ce résultat est encore valable, dans le cas du CB, entre 5 et 10.000 plantes par hectare. Une réduction progressive de la dominance apicale permet le démarrage d'un nombre croissant de bourgeons latéraux, lorsque la densité diminue. L'IF est donc peu lié à la densité du couvert.

Le stockage de l'amidon dans les racines est très précoce. Il commence dès la troisième semaine de culture (Silvestre et al., 1983). Les racines tubérisées n'excèdent pas 30 cm de profondeur dans nos conditions expérimentales.

La production totale est importante (tableau 2). Très étalée dans le temps elle correspond à une faible production journalière.

L'accumulation des éléments minéraux est régulière au cours du cycle (Nyoir 1935). La chute des feuilles âgées entraîne toutefois une diminution des mobilisations en azote à partir de 4 mois. Les mobilisations totales ont été estimées à Toumodi pour un rendement de 25 t/ha de racines (Pouzet et al., 1981). Les besoins journaliers sont faibles et les mobilisations importantes.

Tableau 2 : Gamme moyenne de production et de mobilisation du manioc en Côte d'Ivoire

Période	Production		Mobilisations en kg/ha		
	Parties aériennes	Racines	N	P205	K20
Sur 12 mois	15 à 70 t/ha de matière verte	15-15 à 40 t/ha de matière verte	145	37	245
Par jour	25-90 kg de matière sèche		0.4	0.1	0.7

L'indice de récolte (production de racines en % de la production totale) est de l'ordre de 30 à 35% à 10 mois et de 50 à 55% à 16.

Composantes du rendement

Le rendement est décomposé dans nos essais de la manière suivante :

(densité de plantes)(nombre de racines par plante)(poids moyen d'une racine)(teneur en matière sèche)

Les racines sont sous-échantillonnées lors du comptage et des pesées en commerciales (plus de 20 cm de long et 4 cm de diamètre) et non commerciales.

Tableau 3 : Evolution des composantes du rendement du CB à Toumodi (moyennes de 12 essais).

Composantes	âge en mois						
	8	10	12	14	16	18	20
Densité plante % valeur à 8 mois	100	96.2	97.7	97.8	91.9	91.2	89.1
Nombre racine/plte % valeur 8 mois	100	92.4	87.1	83.7	84.1	77.4	74.8
% racines pourries en nombre	0.7	0.7	3.5	3.6	4.1	7.3	11.5
Poids moyen des racines en g	332	410	492	509	605	628	670
Rendement commercial. % rdt. total	72.4	79.2	82.6	84.8	83.9	84.9	82.5

La densité de plante varie dans des proportions de 1 à 4. La gamme la plus fréquente s'étend de 3 000 à 12 000 plantes. Les variations de densité sont surtout marquées en début de cycle et plus particulièrement à la levée. La tendance la plus fréquente est une légère diminution de densité au cours du cycle. Le phénomène semble s'accroître à partir de 18 à 20 mois (tableau 3).

L'aptitude à la levée présente un caractère variétal très marqué (tableau 4).

Tableau 4 : Pourcentage de levée (*) à 45 jours de quelques variétés en culture industrielle (Toumodi).

variété	plant	N° bloc	% levée	texture	variété	plant	N° bloc	% levée	texture
B33	24/6/83	1	86.9	sable	H 3	18/7/83	3	75.2	sable
Kataoli	15/7/83	1	84.6	sable	B 6	20/7/83	12	91.6	arg-sab.
Tabouca	15/7/83	1	79.6	sable	B 7	20/7/83	12	91.5	arg-sab.
H 56	15/7/83	1	59.9	sable	B 58	27/7/83	12	81.2	arg-sab.
B 33	15/7/83	3	92.3	sable	B 4	21/7/83	12	57.7	arg-sab.
E (AEF)	15/7/83	3	90.8	sable	H 45	22/7/83	12	42.8	arg-sab.

(*) Un déficit hydrique post-plantation prolongé explique la mauvaise levée générale.

Le nombre de racines par plante varie de 1 à 5. Les valeurs extrêmes courantes sont 2 et 10. Cette composante du

rendement est stable ou diminue légèrement au cours du cycle (tableau 3). Le développement des pourritures explique ce dernier cas.

Nombre de racines par plante du CB à Fitabro.

Age en mois	8.3	10.5	12.1	14.6	17.3	test
nb. racine/plante	2.75 a	3.90 b	3.83 b	4.66 c	4.33 bc	HS

Les lettres correspondent aux classes du test de Duncan

Selon Tan et al. (1979), le nombre de racines de stockage par plante est déterminé dans les 4 premiers mois de culture. Nous avons toutefois obtenu des cas significatifs d'augmentation entre 8 et 18 mois. Pour l'un des plus démonstratifs (tableau 5), l'enherbement continu en *Rottboellia exaltata* explique un faible nombre initial de racines par plante. Les conditions excellentes de fertilité et d'alimentation hydrique peuvent être à l'origine de l'accroissement observé au cours du cycle.

Le poids moyen des racines augmente en période humide. Il se stabilise, ou diminue en saison sèche. Il varie généralement entre 200 et 1000g soit dans des proportions de 1 à 5.

La teneur en matière sèche du matériel végétal dont nous disposons, va de 25 à plus de 40% (Vandevenne, 1979). Pour une même variété, les fluctuations dépendent plus de la période de récolte que de l'âge.

La teneur en matière sèche du CB varie dans un rapport de 1 à 1.5 à Toumodi (22 à 33%). L'impact de cette composante est donc faible, mais son incidence économique sur la transformation est considérable.

Conséquences sur le fonctionnement du couvert

Les trois principales composantes étudiées (en dehors de la matière sèche) peuvent varier tout au long du cycle avec des amplitudes proches. Leur poids respectif sur la production est donc comparable.

Les résultats expérimentaux montrent que les variations de rendement peuvent provenir du jeu de l'une quelconque des combinaisons des composantes étudiées.

Il existe toutefois dans de nombreux cas, des relations négatives entre les trois composantes (tableau 6). Le lien entre nombre de racines par plante et poids moyen des racines n'est toutefois pas toujours très étroit. Lorsque la densité de plante augmente, le nombre de racines par plante et leur poids moyen diminue. Des résultats comparables sont signalés par Raffaillac et al. (1984) sur le site d'Adiopodoumé.

L'analyse pondérale de la fraction commerciale de la récolte (tableau 3) indique dans tous les cas, un minimum de 10 à 15% de racines dont la capacité de stockage n'est que partiellement utilisée. Le comptage des racines par classe donne des résultats identiques. Nous trouvons un minimum de 50% de racines insuffisamment remplies pour être commercialisables.

Tableau 6 : Coefficient de corrélation entre composantes de rendement du CB (30 couples, essai densité Toumodi)

Composantes	Nb. racine/plante	Pds. en q/racine
Densité plantes/ha	-0.68	-0.41
Poids sec q/racine	-0.30	

Dans nos conditions expérimentales qui couvrent la plupart des sites agricoles du pays, la production semble donc limitée plutôt par la capacité de photosynthèse (source) que par la capacité de stockage. Cock et al. (1979) montrent que la capacité de stockage ne limite pas la production lorsque le nombre racines par plante est inférieur à 9 ou 10. Nous n'obtenons pour cette composante que des valeurs de 4 à 8 et rarement 9 ou 10. Nos conditions expérimentales ne permettent pas toutefois de maîtriser l'alimentation hydrique et les problèmes phytosanitaires. Les limites possibles de la source peuvent être :

- l'éclaircissement ;
- l'interception de la lumière par le couvert (IF) ;
- la capacité de photosynthèse, liée à de nombreux facteurs dont l'alimentation minérale et hydrique et la température
- la répartition des assimilats photosynthétique entre les parties aériennes et les racines.

TECHNIQUES MILIEU ET PRODUCTION

Préparation du sol

L'expérimentation met en évidence l'action bien connue de la préparation sur l'enherbement de la culture. Une bonne préparation accélère la vitesse de fermeture du couvert.

Le billonnage est sans effet sur sol argileux, mais accroît la production sur sols sableux (tableau 7). Les 3 composantes du rendement sont modifiées de manière non significative mais convergente.

Nous n'avons pas d'explication logique des différences entre texture. Certains auteurs dont Grace (1977) indiquent un effet dépressif du billonnage sur la production. Nous préconisons néanmoins cette technique pour son action anti-érosive

ve (Godon, 1985). La faible vitesse de fermeture du couvert de manioc et les conditions édaphoclimatiques souvent défavorables du site de Toumodi (texture légère, pente, forte intensité des pluies en période de plantation) sont en effet à l'origine de nombreux cas d'érosion.

Tableau 7 : Influence du billonnage sur la production du CB à Toumodi.

Texture	modalité	% levée	% verse	rac/plante	poids moyen g/racine		rendement en t/ha de racine		
					commerc.	toute rac.	commerc.	toute rac.	mat. sec.
sableuse	billon	95.4	26.0	4.78	578	387	17.12	21.69	3.78
	sol plat	92.9	21.0	4.49	597	378	14.75	18.58	2.98
	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	HS
argilo-sabl.	billon	91.8	60.0	5.41	550	427	19.26	25.57	8.28
	sol plat	88.8	70.0	5.14	562	443	18.18	24.32	8.24
	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Plantation

Le positionnement de la bouture (verticale, incliné ou horizontale) est sans effet sur la production du CB à Toumodi. La texture des sols ne modifie pas le résultat. Miège (1957) obtient de meilleurs résultats à Adiopodoumé, lorsque la bouture est horizontale.

Tableau 8 : Influence de la profondeur de plantation sur la production du CB en zone sableuse.

Profondeur	Densité %	Verse %	Racines/plante	Poids racines g		Rendement en t/ha de racines			T/ha part.
				commercial	total	commercial	total	mat. séc.	aériennes
5 à 10 cm	95	40.1	4.37	555	387	15.19	19.47	3.33	25.48
20 à 25 cm	94	21.3	3.27	519	343	10.03	12.91	2.09	23.27
différence	NS	HS	HS	NS	NS	HS	HS	HS	NS

Des plantations industrielles trop profondes se sont traduites par un retard de levée de 2 semaines et un faible peuplement (69% de la densité de plantation). L'expérimentation montre que l'excès de profondeur sur sol sableux provoque une diminution de la production (tableau 8). La composante du rendement affectée est le nombre de racines par plante.

La tendance est identique mais non significative lorsque la texture est plus lourde.

Le soin apporté aux techniques de plantation a permis une amélioration importante de la levée en culture mécanisée.

La faible vitesse de colonisation du sol par le couvert explique l'importance de la plantation. Il s'agit d'une phase critique, mais techniquement au point, de la culture.

Fertilisation

Des essais de courbe de réponse à l'azote, au phosphore, au potassium (tricalcique et super-phosphate), et à l'amendement calco-magnésien (dolomie 33-17) ont été conduits à Toumodi sur les deux principaux types de sol avec trois variétés.

Nous n'avons obtenus qu'un cas de réponse à l'azote. Il se traduit par un accroissement significatif du développement aérien sans modification du rendement (tableau 9). Pour Obigbesan et al. (1976), l'azote à forte dose augmente la masse aérienne et diminue le rendement en racine.

Quelques symptômes proches de ceux décrits par Asher et al. (1980) pour la carence en zinc ont été observés sur les cultures à Toumodi.

Tableau 9 : Influence de l'azote sur la production de la variété CB à Toumodi.

Variété	texture	Cycle	Product. t/ha	doses d'azote en unités par hectare					test
				0	50	100	150	200	
CB	arg.sab.	10.4	racines	18.33	16.61	18.38	17.10	16.37	NS
			part. aer.	40.47 a	39.80 a	44.20 ab	48.32 b	48.71b	HS

Le manioc ne répond pas à un engrais ternaire simple (10-18-18) à Adiopodoumé, Ferkessedougou, Pitiessi et Zagné. La réponse à la potasse décrite par Berlier (1955) à Adiopodoumé n'a donc pas été reproduite. La réponse obtenue à Man correspond à un niveau de fertilité très faible. Elle met en jeu les 3 composantes du rendement. Yerekay est un cas unique de réponse avec un niveau élevé de production du témoin (tableau 10). Le poids moyen des racines est dans ce cas seul modifié par le traitement. Le développement aérien très faible sur les deux sites s'accroît en présence d'engrais.

Tableau 10 : Réponse du CB au 10-18-18 à Man et Yerekay.

Site	Man				Yerekay			
	dose de 10-18-18 en kg/ha			test	dose de 10-18-18 en kg/ha			test
	0	250	500		0	250	500	
Paramètres de production								
nombre de racines/plante	2.60 a	4.05 b	4.31 b	HS	5.78	5.99	6.04	NS
nombre de racines/m ²	3.20 a	5.04 b	5.34 b	HS	6.82	7.27	7.31	NS
poids moyen en g/racine	225 a	2.52 b	2.75 b	HS	374 a	451 b	453 b	HS
rendement aérien t/ha	9.40 a	13.73 b	16.27 b	HS	9.38 a	14.00 b	13.84 b	HS
poids frais racines t/ha	7.18 a	12.73 b	14.66 c	HS	25.37 a	32.74 b	32.92 b	HS
poids sec racines t/ha	1.83 a	3.33 b	3.68 b	HS	8.81 a	11.18 b	11.07 b	HS
% de la production comm.	24.9 a	29.8 b	34.3 c	HS	35.0 a	43.7 b	46.0 b	HS

De nombreux auteurs indiquent que la fertilisation organique accroît la production du manioc. Ce résultat a été confirmé à Adiopodoumé par Botton et al. (1962). Les essais d'utilisation du fumier ovin à Toumodi donnent des résultats contraires. Nous n'obtenons pas de réponse sur sol lourd et un effet phytotoxique sur sol sableux (tableau 11).

Tableau 11 : Effet du fumier ovin sur la production du CB sur sol sableux à Toumodi.

Paramètres de production	dose de fumier en t/ha			test
	0	20	40	
% plante chlorotique à 55 jours	14.6 a	48.9 b	79.5 c	HS
Densité de plantes en % 315 j.	92.1	91.9	87.5	NS
% de verse à 315 jours	6.4 a	11.7 a	25.0 b	S
nombre de racines par plante	6.64 c	5.87 b	4.68 a	HS
poids moyen fais en g/racine	270	263	227	NS
rendement aérien frais en t/ha	22.16	20.08	20.35	NS
poids frais en t/ha racines	20.69 b	17.60 b	10.92 a	HS
poids sec en t/ha racines	3.34 b	3.17 b	1.82 a	HS

Le phénomène affecte surtout le nombre de racines par plantes. Une expérience en cours confirme l'effet phytotoxique observé. Il pourrait s'agir d'une carence en azote provoquée par la décomposition du fumier, ou de carences induites en oligoéléments tels que manganèse, molybdène ou zinc (pH 7.9 du fumier au moment de l'emploi).

Nous n'observons pas de réduction significative de production attribuable à la fertilité après 3 cycles de culture annuelle de manioc sur sols sableux de Toumodi, malgré l'exportation totale de la production (parties aériennes collets et racines).

L'étalement des besoins de la culture et ses possibilités exceptionnelles d'assimilation du phosphore (mycorhizes) explique les résultats obtenus. Bien que le manioc ne réponde pas aux engrais, le volume des mobilisations contribue à épuiser

ser le sol. Vingt ans de monoculture intensive ont ainsi conduit à des rendements moyens de 4 t/ha sur les terres de barre à l'origine très fertiles du Togo (Tkatchenko, 1958).

Enherbement

L'enherbement est à l'origine de la plupart des cas de mauvaise production. Son incidence sur le rendement est considérable en début de cycle (tableau 12). En dehors du traitement non désherbé (0 du tableau), l'enherbement limite de manière comparable les développements aériens et racinaires. La densité de plantes est surtout affectée pendant le premier mois de culture.

Tableau 12 : Production à 9 mois du clone CB en fonction de l'enherbement à Toumodi.

Durée de l'entretien en mois après plantation	0	1	1.5	2	3	4	9
densité à la récolte en % du témoin	56.2	63.4	98.9	92.2	99.7	100.0	100.0
rendement en t/ha de racines	2.08	4.06	8.41	13.45	17.25	17.94	18.53
rendement de racines % du témoin propre	11.2	21.9	45.4	72.6	93.1	96.8	100.0
rendement en t/ha de parties aériennes	5.24	6.66	17.26	25.44	32.80	37.92	30.13
rendement de parties aériennes % du témoin propre	17.4	22.1	57.3	84.4	109.2	125.9	100.0
t/ha d'herbe à la récolte (poids frais)	21.02	9.22	6.62	1.73	0.44	0.22	trace
indice de récolte (racines % total en frais)	28.4	37.9	32.8	34.6	34.4	32.1	38.1

Le désherbage en début de cycle agit essentiellement sur le nombre de racines par plantes et dans une moindre mesure sur la densité (tableau 13). Le poids moyen des racines n'est pas modifié.

Tableau 13 : Influence des modalités de sarclage sur la production du CB à Toumodi

caractéristiques	date de sarclage en semaine après plantation			test
	0	5	4 et 8	
densité à la récolte en %	89.9 b	100 a	99.3 a	S
T/ha part aérienne en frais	13.89 b	25.60 ab	35.87 a	S
T/ha de racines en frais	20.33 b	39.49 a	41.48 a	HS
T/ha de racines en sec	6.59 b	12.79 a	13.30 a	HS
Nombre de racines par plante	3.53 b	7.17 a	7.67 a	HS
Poids moyen des racines en g	501	442	440	NS

La maîtrise de l'enherbement de début de cycle demande d'importants moyens. Une bonne préparation du sol, 2 sarclages à 3 et 6 semaines et 7 journées de sarclage manuel par hectare sont nécessaires à Toumodi.

La couverture insuffisante du sol par les cultures âgées requiert de plus 40 journées de sarclage par hectare pour maintenir le sol propre.

Le test d'herbicides dans les conditions de la zone centre a permis de retenir l'oxyfluorfen (Marnotte et al., 1983) et le mélange "ex-temporane" métribuzine + diuron (Marnotte et al. 1985).

Climat

Les conditions climatiques en début de cycle ont une influence directe sur la densité de plantes du couvert (fig. 1).

Le nombre de racines par plante est plus stable. Les variations de cette composante sont largement compensées par le poids moyen des racines. Lorsque le déficit hydrique devient trop important, la croissance des racines finit par être également affectée.

Le déficit hydrique après la phase d'installation du couvert (plus de 3 mois) provoque un arrêt de la croissance racinaire. Son prolongement peut entraîner une diminution du poids moyen des racines.

La période de récolte a une incidence importante sur la qualité de la production (tableau 14). La pluviométrie et la teneur en matière sèche ne sont pas liées. Les racines s'hydratent fortement à chaque reprise de végétation en fin de saison sèche. Le phénomène s'accroît pendant la saison des pluies. Connors et al. (1981) mettent en évidence une diminution des teneurs en matière sèche et en amidon des racines pendant la période pluvieuse qui suit 10 semaines de déficit hydrique artificiel.

Tableau 14 : Influence de la période de récolte sur la teneur en matière sèche à 12 mois du BR (Toumodi).

Date de récolte	06.07 82	02.08 82	08.09 82	04.10 82	05.11.82	03.12.82	25.02.83	06.04.83	05.05.83	01.06.83
matière sèche %	33.0	28.9	29.5	27.4	32.6	33.8	32.7	30.7	34.8	31.9
Saison	petit saison sèche		petite saison des pluies		saison sèche.. (fin début mars)		saison des pluies (fin début juillet)			

Dans les conditions de Toumodi, la teneur en matière sèche ne varie pas au cours de la saison sèche principale.

La récolte en saison sèche s'accompagne d'un taux de perte d'autant plus élevé que le sol est repris en masse.

Fig.1 : Expérimentation multilocale manioc

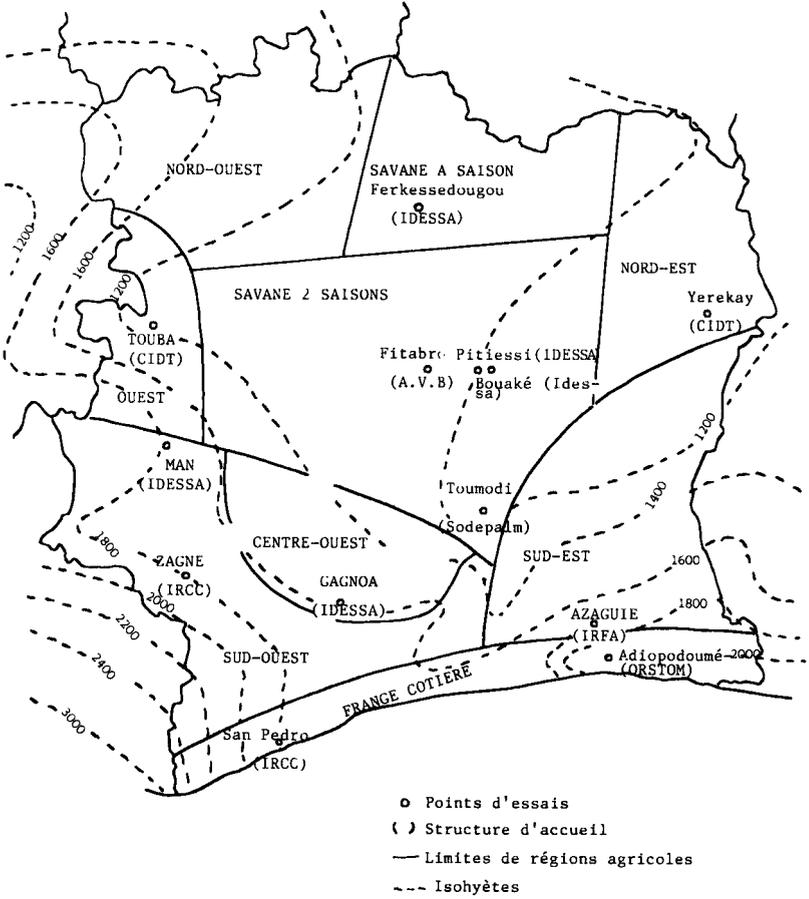


Tableau 15 : Production du CB à 12 mois dans 3 conditions climatiques de Côte d'Ivoire.

Situations	Adiopodoumé	Toumodi		Ferkessedougou
		sans acarien (1980)	acariens (1981)	
Type de climat	trop. humide	savane à 2 saisons		savane 1 saison
Saison sèche en mois	2 + 3.5	2 + 4		6
pluviosité annuelle mm	2314	1146	1153	1336
Densité de plante en %	100	96	95	90
Nb. de racines/plante	6.72	9.22	7.07	3.26
G/racine en frais	370	369	303	722
Rdt. t/ha racines frais	38.7	39.2	24.3	27.2
Rdt. t/ha aérien frais	73.7	30.7	24.0	19.5
Verse en %	100	89	13	16

Les potentialités de production sont plus élevées en zone tropicale humide qu'en climat de savane (tableau 15).

A Adiopodoumé, sur sol sableux à pH 4, le développement aérien est considérable. La verse est généralement totale dès 6 à 7 mois.

Les composantes du rendement varient beaucoup d'un site à l'autre.

Récolte

La récolte est conditionnée par les techniques antérieures : billonnage, densité de plantation, propreté du sol.

La destruction préalable des parties aériennes doit être complète. Les pertes de racines sont ainsi réduites et le broyage des tiges évite une nouvelle levée. Le principal facteur limitant est la verse qui provient surtout de la masse trop importante du couvert et éventuellement d'un excès d'azote. Le broyage mécanisé du couvert à partir d'ensileuses à mafs ou de rotobroyeurs est satisfaisant (Pouzet et al. 1981).

Le soulèvement mécanique est encore trop coûteux dans les conditions économiques ivoiriennes. Le décolletage des racines et les opérations de collecte et de déchargement ne sont pas mécanisés.

Contraintes

Certains problèmes phytosanitaires sont généralisés dans le pays.

La mosaïque africaine contribue à réduire la surface foliaire de la plante. La variété CB tolère bien le virus.

Le développement d'acariens sur le manioc date de la saison sèche 1980-1981 (Pouzet et al. 1983). Il s'agit de parasites introduits récemment d'Amérique du sud en Afrique (Neuenschwander et al. 1984). Leur incidence exacte sur la

production semble considérable si l'on compare les résultats d'essais conduits à Toumodi avant et après 1981 (tableau 15). En culture industrielle, les rendements des blocs normalement entretenus (plus de 200 ha), sont passés de 28 à 20 t/ha. L'apparition des acariens coïncide en outre avec l'arrêt de fermeture des couverts pendant l'ensemble du cycle et le recourt au sarclage manuel tardif.

D'autres problèmes sont localisés ou en cours d'extension

La bactériose vasculaire *Xanthomonas manihotis* a été identifiée pour la première fois en 1979 dans le nord ouest du pays (Notteghem et al. 1980). Son extension à la région de Toumodi est effective depuis 1984 selon J.F. Daniel (communication personnelle).

La cochenille farineuse *Phenacoccus manihotis* est signalée pour la première fois pendant la saison sèche 1983-1984 dans la région d'Adiopodoumé par J.P. Raffailac (communication personnelle). Son extension à l'ensemble du pays est probable à très court terme.

Les cas de pourriture des racines sont fréquents en zone humide. Le rendement est inférieur à 25 t/ha à Gagnoa où le taux de pourriture des racines dépasse 10% à 1 an. A Zagné, un champignon imparfait non identifié provoque la pourriture de la plupart des racines et entraîne la mort des plantes. La production est souvent limitée à quelques tonnes. Lozano et al. (1977), préconisent d'arrêter la culture du manioc dès que le nombre de racines pourries dépasse 3%.

Acariens, Cochenille et bactériose sont trois problèmes nouveaux en Afrique. Ils ont été vraisemblablement introduits d'Amérique du sud au cours du transfert de matériel destiné à l'amélioration variétale. La FAO (1984) note des chutes de 30 à 35% de la production des pays les plus touchés (Tanzanie, Gabon, Congo). La Côte d'Ivoire commence juste à être affectée.

La coupe des parties aériennes pour le bouturage provoque des chutes de production de 30% (Fritz, 1959). Le prélèvement répété de feuilles pour la consommation peut réduire de la moitié le rendement (Lutaladio et al., 1980). La période de sécheresse qui sévit depuis 1982 en Côte d'Ivoire a pour principale conséquence la destruction systématique des parties aériennes par les feux de brousse en saison sèche. L'effet sur la production a été simulé par recépage du couvert à 5 cm du sol. La coupe des parties aériennes en début de saison sèche (CB et BR) entraîne d'importantes chutes de production. Les pertes sont moins élevées en fin de saison sèche (H 58). Les parties aériennes néoformées atteignent 50% du poids du couvert coupé après trois mois de saison sèche. L'incidence des feux de brousse est donc considérable. Nos essais montrent que les jeunes plantations ne propagent pas le feu. Les plantations faites 3 mois avant le début de la saison sèche pourraient être envisagé comme moyen de lutte.

ELEMENTS DE CHOIX - PERSPECTIVES

Le site

Les sites à haut risque d'érosion sont à éviter (texture des sols, pente, intensité des pluies).

Les sols à engorgement temporaire ne conviennent pas au manioc. Un bon drainage est indispensable. Les risques sont plus élevés en climat tropical humide lorsque les sols sont argileux. On recherchera par contre des sols présentant une bonne capacité de rétention en eau en savane.

Des sols pauvres en azote sont préférables en région humide où le développement aérien est trop important. L'azote peut par contre contribuer en savane à accroître un indice foliaire insuffisant.

Calage du cycle

La plantation doit être réalisée au cours d'une période de pluviosité régulière. Elle sera d'autant plus précoce que la durée de la saison sèche est longue. La souplesse est toutefois suffisante pour répondre aux principales contraintes de culture (problèmes phytosanitaires, érosion, enherbement, feux de brousse, problèmes socio-économiques...).

Le cycle dans nos conditions expérimentales ne doit pas excéder 16 à 18 mois, afin de limiter les problèmes de pourriture.

Les récoltes doivent être de préférence réalisées en fin de période pluvieuse. La teneur en matière sèche est alors maximale. Les récoltes en saison sèche risquent de s'accompagner de pertes importantes si les sols se reprennent en masse.

La récolte des racines sera dans la plupart des cas dissociée de la production de boutures. La coupe des boutures en saison des pluies provoquent des pertes de l'ordre de 20 % en quantité et 4 en qualité si la récolte est différée. La multiplication n'intéresse toutefois que 10% des surfaces. L'incidence économique est donc négligeable.

Les techniques culturales

La fertilisation n'a pas d'incidence dans la grande majorité des cas sur la production. Nous déconseillons donc l'emploi d'engrais sur manioc, en dehors de quelques situations particulières où son intérêt économique devra être étudié.

Un amendement calcaire est nécessaire lorsque les sols sont trop acides (cas d'Adiopodoumé).

La mise en place de la culture (préparation du sol, choix des boutures, modalités de plantation), conditionnent la den-

sité et le nombre de racines par plante.

La maîtrise de l'enherbement pendant les 3 premiers mois de culture, détermine les mêmes composantes du rendement.

Le soin apporté à ces deux techniques garantit donc la qualité et la vitesse de couverture du sol par la culture, ainsi que sa capacité de stockage.

Le détail des résultats obtenus et des itinéraires techniques proposés est consigné dans une synthèse en cours d'achèvement (Pouzet, 1985). Nos propositions permettaient en 1984 de garantir des productions de 20 à 25 t/ha en culture mécanisée industrielle, et de 15 à 20 t/ha en culture villageoise pure. Les problèmes phytosanitaires récents hypothèquent la rentabilité de la culture mécanisée. Il ne s'agit toutefois que d'un volant de sécurité pour l'approvisionnement industriel. Le gain au niveau villageois est encore appréciable (rendement national moyen de 5,3 t/ha), mais il ne tient pas encore compte de la bactériose et de la cochenille.

Potentialités régionales

Selon Cock et al. (1979), la production du manioc est étroitement liée à l'indice foliaire du couvert. Irikura et al. (1979) obtiennent une production maximale de racines entre 8 et 16 mois, pour un IF de 3 quelque soit la température entre 20 et 28°C. La production chute très rapidement si l'IF s'écarte de cette valeur.

A Toumodi et plus généralement en climat de savane, l'éclairement est satisfaisant et la nutrition minérale n'est que rarement limitante. Par contre, l'absence de fermeture des couverts correspond à des valeurs de l'IF vraisemblablement inférieures à 1,5 pendant une partie importante du cycle. L'hypothèse d'une photosynthèse insuffisante est donc renforcée.

L'alimentation hydrique joue un rôle essentiel en limitant le développement aérien et surtout en favorisant la multiplication des acariens.

La production en zone de savane doit être particulièrement sensible aux problèmes phytosanitaires qui limitent l'IF (bactériose, cochenilles, mosaïque).

A Adiopodoumé et en zone tropicale humide, le potentiel de production est supérieur malgré un éclairage plus faible. L'alimentation minérale n'est pas limitante. Le développement aérien est considérable. Il traduit une mauvaise répartition des produits de la photosynthèse entre les racines et les parties aériennes. Ainsi, la production de racines représente seulement 45% de la production totale pour 55 à 60 en savane.

Il serait important de vérifier si la masse aérienne est liée au seul accroissement des tiges ou traduit également un IF élevé. La chute accélérée des feuilles faiblement éclairées

rées (Cock et al., 1979) pourrait expliquer une valeur limitée de l'IF. Le faible éclaircissement provoque un étiolement des plantes qui versent plus facilement. Il en résulte un démarrage des bourgeons latéraux et une augmentation probable de la proportion de tiges.

Irikura et al. (1979) ont mis en évidence des comportements variétaux très différents en analysant la production en fonction de la température. L'écart entre les deux sites n'est pas négligeable, puisque les températures minimales et maximales moyennes d'Adiopodoumé sont de 23 et 29° C.

La vérification de ces hypothèses conditionne le choix techniques pour les deux zones. Si l'objectif est de maintenir ou d'accroître l'IF en région de savane, il est important de :

- sélectionner pour la résistance variétale aux maladies
- choisir des variétés à développement aérien important et rapide
- de reconsidérer la fertilisation azotée
- étudier la densité de culture comme une technique de lutte contre l'enherbement (Leihner, 1980) et non plus uniquement comme un facteur direct de production
- proscrire l'étêtage
- séparer les productions de racines et de feuilles lorsque celles-ci sont consommées.

La limitation de la surface foliaire ou/et du développement des tiges en zones tropicales humides, conduit le plus souvent à des choix techniques opposés. L'architecture des plantes la mieux adaptée apparaît en particulier très différente pour les deux types de climats.

Il est donc important de développer les recherches physiologiques de base pour préciser l'incidence des caractéristiques climatiques et des problèmes phytosanitaires sur les composantes du rendement. Il est en outre nécessaire d'y associer des études phytotechniques appliquées aux conditions écologiques et socio-économiques de production.

Autres problèmes

Les risques de diminution de potentialité du matériel végétal reproduit par bouture pose des problèmes pratiques (conception des parcs à bois, sélection des boutures) et scientifiques (valeur des collections testées, méthodologie de sélection des nouvelles variétés introduites). Il est important d'identifier les agents responsables du phénomène, d'évaluer les vitesses de recontamination et de concevoir des techniques simples pour les maîtriser.

L'absence de réponse du manioc aux engrais et l'importance de ses exportations minérales pose un problème de maintien de fertilité. Les solutions doivent être adaptées au contexte socio-économique des cibles.

Les recherches en matière de lutte contre l'enherbement précoce comme tardif doivent être poursuivies. Le poste désherbage peut en effet représenter plus de 45% du coût total de la culture (Doll et al., 1977).

Les connaissances nécessaires à la conception de système de culture intensive stable, destinés au milieu villageois sont insuffisantes (conservation du milieu, choix des cultures entrant dans la rotation, calage optimum des cycles pour les différentes conditions de milieu, traitement des parties aériennes...).

Le problème le plus inquiétant en Afrique est le développement des nouveaux problèmes phytosanitaires. Des techniques culturales appropriées devraient permettre de renforcer l'impact des recherches actuelles dans les domaines de la résistance variétale et la lutte biologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASCHER C.J., EDWARDS D.G., HOWELER R.H. 1980. Nutritional disorders of cassava. Fielder Gillespie Limited, Bundaberg, Queensland, 4670, Australia, 47 p.
- BERLIER Y. 1955. Essai d'engrais sur manioc. Adiopodoumé. Côte d'Ivoire, IDERT, 3 p.
- BOTTON H., PERRAUD A. 1962. Expérimentation fumure organique (gadoues-fumier) sur manioc. Abidjan, Côte d'Ivoire, IDERT, dactylographié, 9 p.
- CIAT, 1984. The cassava germplasm bank. In : A Summary of Major Achievements during the period 1977-1983, Cali, Colombia, CIAT : 27.
- CAMPOS H. DOS, R. SENA, Z.F. De, 1974. Profundidade do sistema radicular do aipim maragogipe (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes idades. Cruz Das Almas, Bahia, Brasil, Univ. Fed. de Bahia, Escola da Agronomia.
- CONNORS D.J., COCK J.H., PARRA G.E. 1981. Response of cassava to water shortage. I. Growth and yield. Amsterdam, Netherlands, Elsevier, Field Crops Research, 4 : 181-200.
- COCK J.H., FRANKLIN D., SANDOVAL G., JURI P. 1979. The ideal cassava plant for maximum yield. Crop Science, 19 : 271-279.
- COURS G. 1951. Le manioc à Madagascar. Mémoires de l'Institut Scientifique de Madagascar. Série B, 3 (2) 203-416.
- DOLL J.D., PINSTRUP-ANDERSEN P., DIAE R.O. 1977. An agronomic survey of the weeds and weeding practices in cassava in Colombia. Weed res., 17, p. 153-160.

- DOMINGUEZ C.E., CEBALLOS L.F., FUENTES C.S.D. Morfología de la planta de yuca. In : Yuca : investigación, producción y utilización, Cali, Colombia, CIAT, p. 29-49.
- FAO, 1984. Rapport et perspectives sur les produits 1983-1984 : 60-68.
- FRITZ J. 1959. Note sur l'influence de la coupe des boutures sur les rendements et la densité des racines de manioc. Station Agronomique de lac Alaotra, Madagascar, 2 p.
- GORDON Ph. 1985. Le manioc plante érosive ? Paris, CIRAD/IRAT : 11 p. Document proposé à l'Agronomie tropicale.
- GRACE M.R. 1977. ELABORACION DE LA YUCA. Roma, Italia, FAO, Produccion y Proteccion vegetal, 3 : 162 p.
- HOWELER R.H. 1977. Repuesta de la yuca a la aplicacion del fosforo. Cali, Colombia, Centro International de Agricultura Tropical (CIAT). Series SE-07-77.
- HOWELER R.H. 1980. The effect of Mycorrhizal inoculation on the phosphorus nutrition of Cassava. In : Proceedings of a workshop on cassava cultural practices ; Salvador, Bahia, Brasil, 18-21 march 1980. E.J. Weber, J.C. Toro, M. Graham editors, IDRC, Serie 151e : 131-137.
- IRIKURA Y., COCK J.H., KAWANO K. 1979. The physiological basis of genotype - Temperature interactions in cassava. Amsterdam, Netherlands, Elsevier, Field Crops Research, 2 : 227-239.
- LEIHNER D.E. 1980. Cultural control of weeds in cassava. In : Proceedings of a workshop on Cassava cultural practices, Salvador, Bahia, Brasil, 18-21 march 1980. E.J. Weber, J.C. Toro and M. Graham editors, IDRC, Serie 151e : p. 107-111.
- LOZANO J.C., TERRY E.R. 1977. Cassava diseases and their control. In : 4th Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, Cali, Colombia, 1976. Ottaxa, Canada, IDRC : 156-160.
- LUTALADIO N.B., EZUMAH H.C. 1980. La récolte des feuilles de manioc au Zaïre. In 1er Symposium de la Société Internationale des plantes à Racines Tropicales (ISTRC) branche Afrique, 8-12 Septembre 1980, Ibadan, Nigeria. Ottawa, Canada, IDRC-163 f : 142-144.
- MARNOTTE P., POUZET D. 1983. Mise au point du désherbage chimique des cultures mécanisées de manioc en Côte d'Ivoire (synthèse des essais 1981 et 1982). Bouaké, Côte d'Ivoire, IDESSA-GERDAT : 8 p. Document présenté à la 12ème conférence du COLUMA, Paris 15-16 décembre 1983.
- MARNOTTE P., TEHIA K.E. 1985. Résultat des expérimentations pour le désherbage chimique du manioc, à Bouaké, en 1983 et 1984. Bouaké, Côte d'Ivoire, IDESSA/CV, note technique 2/85 : 14 p.
- MIEGE J. 1957. Essais culturaux sur le manioc. Journal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée, 4 (9-10) 402-441.
- NEUENSCHWANDER P., HAUG T., HERREN H.R., MADJEMU E. 1984. Biological control, Roots and Tubers. In IITA Annual report 1983. Ibadan, Nigeria, p. 114.
- NOTTEGHEM J.L., CHATENET M., POUZET D. 1980. Mise en évidence de *Xanthomonas campestris* Pv *manihotis*. Agent du dépérissement du manioc en Côte-d'Ivoire. Agron. trop. 25 (2) 189-191.

- NYOLT J.A. 1935. Opname van voedingsstoffen vit den boden bij cassave (Absorption des éléments minéraux du sol par une culture de manioc). Buitenzorg, Algemeen Proefstation voor den Landbouw, Korte Mededeelingen, N° 15 : 25 p.
- OBIGBESAN G.O., FAYEMI A.A. 1976. Investigations on nigerian root and tuber crops. Influence of nitrogen fertilization on the yield and chemical composition of two cassava cultivars. Journal of Agricultural Science 86 (2) : 401-406.
- POUZET D., GOURVAT T. 1981. Agronomie et expérimentation multilocale. In Rapport semestriel d'exécution technique n° 5, recherches d'accompagnement manioc. Bouaké, Côte d'Ivoire, SODEPALM/IDESSA : 5-27, annexes 5 p.
- POUZET D., GOURVAT T., TARTAR M. 1983. Amélioration de la culture du manioc en Côte d'Ivoire. Paris, France, IRAT : 12 p. Document proposé au 3è Congrès Brésilien du Manioc, Brasilia 7-11 novembre 1983.
- POUZET D., GODON Ph. 1985. La recherche manioc et l'autosuffisance alimentaire en Côte d'Ivoire. CIRAD/IRAT, 10 P. Document proposé au Colloque de l'Association Technique Africaine, Paris, 9 mars 1985.
- POUZET D. 1985. La culture mécanisée du manioc en Côte d'Ivoire (titre provisoire). Document proposé à Techniques et Travaux. CIRAD/IRAT, Paris : 120 p.
- RAFFAILLAC J., NEDELEC G. 1984. Comportement du manioc (*Manihot esculenta* Crantz, Variété CB) pour différentes densités de plantation. Premiers résultats. Abidjan, Côte d'Ivoire, ORSTOM, multicop. : 15 p.
- SILVESTRE P., ARRAUDEAU M. 1983. Le manioc. Paris, Maisonneuve et Larose, 263 p.
- TAN, S.L., COCK J.H. 1979. Cassava plant forms and their associated morphological characters. MARDI Res. Bull. : 55-69.
- TKATCHENKO, B. 1968. Rapport de la mission d'études aux Etats Unis, au Brésil, au Togo et en France sur la technologie et la culture du manioc, Tananarive, Services d'agrochimie-technologie de l'IRAM : 193 p., 46 p. d'annexes.
- VANDEVENNE R. 1980. Principaux résultats des travaux expérimentaux effectués sur manioc à la station centrale de l'IRAT à Bouaké, IRAT, 87 p.